



266

D G C L
A
(v. 1)



Del D.^o Mariano
Térez, y Pasqual.
d. Torreza.



240

ELEMENTOS DE FILOSOFIA

COMPUESTOS EN FRANCES

POR EL ABATE PARA DE FANJAS,
Presbítero de la extinguida Compañía de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

POR DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
*Catedrático de Filosofía por segunda vez en la
Real Universidad de Valladolid, y Abogado
de su Real Chancillería.*

TOMO I.

ELEMENTOS DE FISICA,

6 COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA
ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMATICA
Y GEOMETRICA.

PARTE PRIMERA.

EX LIBRIS COLL
MISSIONIS
DOMUS-ESPLUGA

Don Mariano Peréz
EN VALLADOLID:

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE SANTANDER.

AÑO DE MDCCXCVI.

ELEMENTOS
DE FILOSOFIA

COMPUSTOS EN FRANCÉS

POR EL ABATE PARA DE FANIAS,
Profesore de la distinguida Compañia de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

POR DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
Catedratico de Filosofia por segunda vez en la
Real Universidad de Valladolid, y Abogado
de su Real Chancilleria.

Tomo I.

ELEMENTOS DE FISICA

Ó COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA
ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMÁTICA
Y GEOMÉTRICA.

PARTE PRIMERA.

EN VALLADOLID.

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE BARRANDIEN.

AÑO DE MDCCXCVI.



PROLOGO DEL TRADUCTOR.

Deseando dar al Público para el aprovechamiento de toda persona culta, pero principalmente de los Jóvenes que se dedican al estudio de la Filosofía unos Elementos de esta Ciencia, raiz y tronco de todas las humanas, bastante completos, muy metódicos, muy claros y en language vulgar, de los que carecemos, y cuya necesidad es manifiesta; me ha parecido que lo conseguiria dando traducidos á nuestro idioma los dos Compendios que de sus dos Cursos completos de Física y Metafísica compuso el Abate Pará de Fanjas. Pues aunque cada uno de ellos forma una Obra aparte, estan dispuestos con tal proporcion entre sí que juntos componen un Curso elementar de Filosofía. Estos Elementos reunen á mi parecer las buenas qualidades que he indicado, como lo acredita la general aceptacion que tienen en Inglaterra y Italia, su aprecio en nuestra España, y aun su uso en algunos Estudios de ella. Pero mi voto de nada puede servir para determinar el ánimo de ninguno á que los estudie; aun menos mis elogios. No quiero pues molestar á nadie ni hacerle perder su precioso tiempo poniendo al frente de ellos un largo Prólogo en que expusiese por menor su mé-

rito y los pintase como los mejores en su línea, aunque en esto no habria hipérbole. Ruego á los Sabios que se los recomienden á todo el que quiera instruirse, pero en especial á los Jóvenes, y á éstos que se aprovechen de mi trabajo, si oido el parecer de aquellos juzgaren que les puede ser útil.

Desluciendo dar al Público, pero principalmente de los Jóvenes que se dedican al estudio de la Filosofía unos Elementos de esta Ciencia, raris y roncios de todas las humanas, bastante completos, muy metódicos, muy claros y en lenguaje vulgar, de los que carecíamos, y cuya necesidad es manifiesta; me he permitido que los compusiera dando traducción á nuestro idioma los dos Tomos de los dos Cursos completos de Física y Metafísica compuso el Abate Lais de París. Para que cada uno de ellos forme una Obra aparte, están dispuestos con tal proporción entre sí que juntos componen un Curso elemental de Filosofía. Estos Elementos me parecen á mi parecer las buenas traducciones que he indicado, como lo acredita la general aceptación que tienen en Inglaterra y Italia, su aprecio en nuestra España, y aun su uso en algunos Estudios de ella. Pero mi voto de cada uno puede servir para determinar el número de ninguno á que los estudie; una muestra de elogio. No quiero pues molestiar á nadie ni hacerle perder su precioso tiempo poniendo al frente de ellos un largo Prólogo en que expusiera por menor su mé-

PROLOGO DEL AUTOR.

La Física es la Ciencia de los Cuerpos; es decir, de todas las Sustancias sensibles que componen este visible Universo. Su objeto es conocer los Cuerpos por las propiedades que los caracterizan, por los efectos que producen, y por las Leyes que siguen en el ejercicio de sus acciones recíprocas.

La Física, ó la Ciencia de los Cuerpos no es otra cosa que la Ciencia de la Materia y del Movimiento. *Dadme Materia y Movimiento* decía el inmortal Des-cartes, *y yo formaré este Mundo visible*. No es nuestro ánimo adoptar el Sistema de Des-cartes, pero no podemos ménos de reconocer como verdadero su Principio.

Reconocemos que este Mundo visible no debe, ni ha podido deber su formacion y disposicion á los movimientos y modificaciones de la Materia: sino única y esencialmente á otras tantas *Voluntades libres y eficaces* del Criador, que es el único que ha podido dar existencia á la Materia; el único que ha podido formar de ella esta Obra maestra de la Naturaleza: el único que efectivamente ha criado y formado este Mundo, tal como le vemos, y del modo que lo cuenta Moises el mas antiguo Historiador del Universo, y cuya Historia por lo que respecta al *Origen de las cosas* es la única que puede admitir la sana Razon.

Despues de una confesion tan clara y tan sencilla afirmamos y sostenemos, que este Mundo inanimado no dice, ni encierra en sus Constitutivos físicos otros principios que la *Materia y el Movimiento*, y que con estos dos Principios de una fecundidad inagotable ha tenido el Ser supremo bastante para componer y perpetuar este Todo ad-

mirable, este brillante Universo, cuyo espectáculo infinitamente variado nos regocija y encanta, y cuya belleza y fecundidad publican acordemente el poder y la sabiduría de su Autor.

En un Siglo en que el *gusto de la Física* se ha hecho el gusto dominante de la Europa ilustrada y culta, en que hasta aquella Porcion de la Humanidad que solamente parecia destinada á ser las delicias y embeleso de la Sociedad, ha osado hacernos ver que tambien ella habia nacido para profundizar y descubrir los sublimes misterios de la Naturaleza; no le es permitido á nadie, sino á un corto número de Espíritus lastimosamente Góticos mirar con poco aprecio una Ciencia que forma el adorno y el recreo de todo el que se precia de no carecer enteramente de cultura y luces.

¡Que satisfaccion para un *Espíritu elevado y perspicaz* ser por decirlo así, el Confidente de la Naturaleza: ver los Acontecimientos físicos en sus causas y en sus principios: conocer y comprender el verdadero Resorte secreto, el verdadero Mecanismo físico de los brillantes fenómenos que observa; sea en el Cielo, donde el movimiento armonioso de los Astros regla y varia las Estaciones; sea en la Atmósfera terrestre, en que la Escena mudable de los Meteoros excita alternativamente la admiracion y el terror; sea en fin sobre la Tierra, en que todo se mueve y se forma, se conserva y se destruye por un encadenamiento reglado de causas y efectos, no ménos admirable que interesante!

¡Que consuelo para un *Espíritu Religioso y Cristiano*, no poder fixar la vista sobre parte alguna de la Naturaleza sin descubrir en ella palpablemente á su Dios, y sentir su admirable Presencia que conserva y perpetua su obra, da orden y movimiento á todo, y se nos da á conocer en todas partes por medio de rasgos brillantes de Sabiduría, poder y beneficencia capaces de pasmar y mover á qualquier Alma noble, llenando su razon de gratitud, y de admiracion su entendimiento!

Una Obra de Física en que la Expeculacion caminase á par de la Experiencia; en que las Demostracio-

nes matemáticas ilustrasen apropósito los grandes Fenómenos de la Naturaleza, en que la triste secura de los cálculos, que hace fastidiosa y desfigura frecuentemente la Física, no se admitiese sino con economía y por necesidad; en que la parásita redundancia no aborviese jamas inútilmente el tiempo y la atencion; en que las materias se presentasen sucesivamente al entendimiento con un método claro, y baxo de sus aspectos interesantes y sensibles; y en que se ofreciese á nuestra vista la Naturaleza entera, no como un Esqueleto inánime y descarnado, sino como un Cuerpo vivo y que respira, cuya economía se comprehende, y cuyas proporciones nos admiran; una Obra, vuelvo á decir que tuviese todas estas perfecciones, no admite duda que debería interesar al Público ilustrado.

Pues tal es el Plan que hemos formado é intentado executar en nuestro *Curso completo de Física especulativa y experimental, sistemática y geométrica*. Así se verá que en él hemos hecho todos nuestros esfuerzos á fin de reunir lo mas que hemos podido la claridad con la mayor concision; la amenidad con la mas eferupulosa exâctitud; las luces de la Experiencia con las de la Expeculacion y Matemáticas; el órden y encadenamiento de materias con el de las ideas; la brillantez de los sistemas que divierte, con la serenidad de la Razon que los aprecia; el gusto pintoresco que anima y vivifica la Naturaleza, con el filosófico que la estudia y se esfuerza á arrancarla el velo con que ha querido ocultarnos los resórtos secretos de sus obras.

Esta Obra ha sido recibida del Público con bastante aprecio; pero pareciéndonos que aun deseaba que se hiciese un *Compendio de este Curso completo de Física* para el uso de los Seminarios, Colegios, y otras muchas Casas de educacion, nos hemos tomado el trabajo de formarle, y se le damos en la presente Obra elemental, de la qual vamos á dar aquí una idea general á nuestros Lectores.

Estos *Elementos de Física* no son en el fondo mas que un simple extracto ó compendio de nuestro *Curso completo*

4
de Física que corre impreso en quatro grandes Tomos en Oétavo.

De estos quatro tomos ; el primero no nos ha parecido que debia de ser extractado ó compendiado. Todo quanto hay en él lo tenemos por indispensable , porque dirigiéndose á enseñar el camino , y á abrir el Santuario de la verdadera Física , no se le puede quitar cosa alguna sin obscurecer ó debilitar los principios fundamentales de esta Ciencia. Y así lo único casi que hemos hecho por lo que toca á este *primer Tomo* , ha sido dividir los dos grandes Tratados que contiene en cinco partes diferentes que forman sin mudanza muy notable , los cinco primeros Tratados de esta Obra Elementar.

En quanto á *los otros tres Tomos* hemos escogido con todo el cuidado posible , reunido y enlazado con todo el arte y gusto de que hemos sido capaces , aquellas materias que nos han parecido mas apropósito para interesar la Juventud Nacional , y agrandar y perfeccionar sus ideas , no ménos que para darla gusto ó inclinacion á los mas elevados y profundos conocimientos , mediante el atractivo de aquellos en que los hemos procurado iniciar en esta Obra , y que son como la fuente de donde deben nacer todos los demas.

Este *Curso Elementar de Física* está dividido en diez Tratados bastante extensos , que abrazan lo mas útil que hay en esta Ciencia tan digna de interesar al Espíritu humano.

El primer Tratado tiene por objeto la *Teoría general de la Materia*. En él se observa á la luz de la Experiencia y el Discurso su Extension , Division , Divisibilidad , Inercia , las Leyes de donde depende su Accion , y su Homogeneidad.

El objeto del segundo Tratado es la *Teoría general de los Cuerpos* ; en él se procura descubrir por los mismos medios , quales son los Principios que los constituyen , quales las Propiedades que los confunden en sus géneros , quales son las Causas físicas que producen los grandes fenómenos que nos presentan su Condensabilidad y Dilatabilidad , su Solidez ó Fluidez , su Elasticidad ó falta de

Elasticidad, y su Pesantez ó Gravitacion mayor hácia los Polos que hácia el Equador.

En estos dos Tratados, destinados mas particularmente á desenvolver la *Física corpuscular*, se verá digámoslo así pasar revista todos los Sistemas de los Filósofos antiguos y modernos sobre la Materia y los Cuerpos, se presentará á los ojos del Lector la Historia del Ingenio y la de la Naturaleza, y este gozará del espectáculo de la Naturaleza desenredada, acaso con ménos placer que de el del Ingenio ocupado por espacio de dos ó tres mil años en desenredar el Caos de la Naturaleza.

El tercer Tratado tiene por objeto la *Teoría general del Movimiento*. En él exâminaremos y explicaremos sucesivamente quanto concierne á la estimacion del Movimiento, sus obstáculos, sus leyes generales, su comunicacion así en los Cuerpos elásticos como en los que no lo son.

El Objeto del quarto es la *Teoría particular del Movimiento*. En él haremos sensibles á la vista, á la imaginacion y al entendimiento los grandes fenómenos del Movimiento compuesto, rectilineo y curvilíneo, del Movimiento acelerado y retardado, considerándole tanto en sí mismo como segun que pertenece á la Balística, y en fin del Movimiento reflexo y refracto en toda especie de Cuerpos.

En el quinto Tratado daremos la *Teoría del Movimiento en las Máquinas, ó la Mecánica*. Expondremos en él sucinta y claramente los Principios fundamentales de la Mecánica; la Teoría de todas las Máquinas tanto simples como compuestas, y la de las Resistencias que se originan de las Máquinas mismas.

En el sexto Tratado en que expondremos la *Teoría de la Tierra* daremos una idea bastante extensa de quanto pertenece á su Constitucion, su Antigüedad, y sus tres Reynos.

En el Séptimo Tratado que tiene por objeto la *Teoría del Agua* nos ceñiremos á establecer bien las Leyes de la Hidrostática, haciendo ver ademas qual es el origen de las Fuentes y de los Rios.

En el Octavo cuyo objeto será la *Teoría del Ayre* consideraremos el Ayre como Cuerpo elementar, y como cuerpo sonoro; y de nuestras especulaciones resultará todo lo mas útil y esencial que hay que conocer sobre la naturaleza del Ayre, y la del Sonido.

En el nono Tratado en que daremos la *Teoría de la Luz*, expondremos sucesivamente nuestras especulaciones y averiguaciones sobre la naturaleza de la Luz, sobre la diversidad de sus Colores, sobre las Leyes de su propagacion fuera del ojo, y sobre sus Fenómenos en el mismo ojo.

En el décimo Tratado que tendrá por objeto la *Teoría del Cielo* no haremos mas que explicar y establecer bien lo que concierne al Sistema de Copérnico, á los Vacíos de Newton, y á las Leyes de la Atraccion.

Estos Elementos de Física están dispuestos con relacion y proporcion á nuestros Elementos de Metafísica. En unos y otros el Método es el mismo, y de su reunion resultará un fondo de conocimientos filosóficos, suficiente para ocupar con utilidad y gusto por espacio de dos años á los Jóvenes dedicados al Estudio de la Filosofía; en especial si á estas dos obras elementares se añade un Curso elementar de Matemáticas, sin las cuales no puede conseguirse verdadera Ciencia en materia de Física. (*)

Si en estos Elementos de Física no se hallan ciertos ramos ó partes de esta Ciencia, que otros filósofos tratarian acaso con preferencia, y acaso tambien algunos Lectores desearian ver encadenadas con las que hemos tratado en ellos, será muy fácil á Maestros instruidos

(*) El Autor dió posteriormente á luz aumentado y perfeccionado el Curso elementar de Matemáticas, que justamente considera aquí como indispensable para la inteligencia de la Física, y es el mismo que daremos traducido al Castellano con el título de PRINCIPIOS DEL CALCULO Y DE LA GEOMETRIA, ó Curso completo de Matemáticas elementares, que es el que le dió el Autor: para que de este modo tengan nuestros Jóvenes unos Elementos completos de Filosofía de un mismo Autor en Lengua Castellana, y de la perfeccion que queda expuesta, y se experimentará con su estudio ó lectura.

fuplirlas sucesivamente por sí mismos, diciéndolas á parte á sus Discípulos, ó segun las ideas y miras que les dará nuestro Curso completo de Física, ó segun las que ellos tengan, ó las que podrán tomar en las Obras mas análogas á su modo de ver y de pensar en esta materia. *Facile est inventis addere, demere facilius.*

Lo mismo con corta diferencia se puede decir acerca de nuestros Elementos de Metafísica: aunque bastante mas completos en su línea son tambien susceptibles de mayor extension, especialmente en los Tratados de Dios, del Alma, de la Religion, y de las Costumbres. Si se les quiere dar esta mayor amplitud, se hallarán suficientes materiales para ello en las dos Obras filosóficas de que no son mas que un Compendio, ó extracto.

En una Obra científica que se ha de adoptar, lo mismo que en una Casa ó Sala que ha de alquilarse es imposible que las dimensiones de las casas se acomoden exáctamente al gusto de todos. Lo que uno tiene por muy pequeño y estrecho, el otro lo tiene por muy grande y muy extenso, y así las producciones de un Arquitecto y de un Autor no pueden agrádar á todos los inquilinos y lectores; pero uno y otro habrán llenado su objeto, y conseguido su fin, si sus Obras tienen toda la abundancia, grandeza y perfeccion que exige su naturaleza, y requiere su destino.

De qualquiera manera hacemos presente al Público, que como lo hemos anunciado en el título de la Obra, el objeto y fin de estos Elementos de Física no es abrazar todos los ramos de esta Ciencia inmensa, sino simplemente allanar el Camino, establecer sólidamente los verdaderos principios, y presentar con claridad las partes mas interesantes de ella, haciéndolas baxar, digámoslo así de las *alturas demasiado elevadas* que ocupan en la mayor parte de las Obras científicas sin utilidad alguna de los Seres que piensan, poniéndolas aquí proporcionadas en quanto la materia lo permite, á la inteligencia de qualquiera entendimiento que pueda hacer ó seguir los mas sencillos racionios, y en quien haya algo de penetracion, extension y exáctitud.

distintos, igualmente por sí mismos, digámoslo a parte
de los principios de las ideas y miras que las dan
nuestro. Como completo de Física, o según las que ellos
tengan, o las que podido tomar en las Obras más an-
tiguas a su modo de ver y de pensar en esta materia.

Las ciencias con esta diferencia se puede decir acerca
de nuestros Elementos de Matemática; aunque bastan
mas conceptos en su linea son tambien susceptibles de
mayor extension, especialmente en los Tratados de Dios,
del Alma, de la Religion, y de las Costumbres. Si se
les aplica esta mayor estension, se hallan sus
cientificas materias para ello en las dos Obras filosoficas
de que no son mas que un Compendio, o extracto.

En una Otra ciencia que se ha de adoptar, lo
mismo que en una Otra o sea que se de aludirse es
imposible que las distinciones de las cosas se acomoden
exactamente a cada de todos. Lo que uno tiene por
unopropio y distinto, el otro lo tiene por muy gran-
de y muy extenso, y así las producciones de un Ar-
tífice, y de un Actor no pueden agrandar a todos los
indianos y letores; pero uno y otro habrán llenado
su objeto, y contenido su fin, si las Obras tienen toda
la abundancia, brevedad y perfeccion que exige su na-
tura, y se reducen a lo debido.

Las ciencias que se hacen presentes al Público,
quasi como lo hemos llamado en el libro de la Oca,
objetos y fin de ellos Elementos de Física no es abra-
zar todos los ramos de esta Ciencia entera, sino sim-
plemente señalar el Camino, caracterizar e ilustrar los
verdaderos principios, y presentar con claridad las par-
tes mas interesantes de ella, haciéndolas parecer dignas
así de las ciencias humanas que ocupan en la
mayor parte de las Obras científicas en utilidad alguna
de los seres que piensa, poniéndolas en una proporcion
de que pueda la mente humana a la inteligencia de
distinguir convenientemente que pueda hacer o seguir los
mas sencillos razonamientos, y en quien haya algo de per-
turbacion, extension y exaltación.

INDICE

DE LOS TRATADOS, SECCIONES, ARTICULOS
y PARRAFOS que contiene esta primera Parte de
LOS ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO PRIMERO.

	<i>Págin.</i>
TEORIA GENERAL DE LA MATERIA.	9.
SECCION I. <i>Extension de la Materia.</i>	17.
SECC. II. <i>Division de la Materia.</i>	20.
SECC. III. <i>Divisibilidad de la Materia.</i>	42.
PARRAFO I. <i>Sentencias contra la infinita di-</i> <i>visibilidad de la Materia.</i>	44.
PARR. II. <i>Sentencias á favor de la infinita di-</i> <i>visibilidad de la Materia.</i>	59.
SECC. IV. <i>Inercia de la Materia, y Leyes generales</i> <i>de que depende su accion.</i>	74.
ARTICULO I. <i>Inercia de la Materia.</i>	75.
ARTIC. II. <i>Leyes generales de la Naturaleza ma-</i> <i>terial.</i>	81.
PARR. I. <i>Ley de Impulsion.</i>	83.
PARR. II. <i>Ley de Atraccion.</i>	85.
PARR. III. <i>Ley de Afinidad.</i>	90.
SECC. V. <i>Homogeneidad de la Materia.</i>	135.

TRATADO SEGUNDO.

TEORIA GENERAL DE LOS CUERPOS. 152.

SECC. I. <i>Principios de los Cuerpos.</i>	<i>id.</i>
SECC. II. <i>Propiedades de los Cuerpos.</i>	190.
ARTIC. I. <i>Porosidad de los Cuerpos.</i>	191.
ARTIC. II. <i>Solidez y Fluidez de los Cuerpos.</i>	206.
ARTIC. III. <i>Elasticidad de los Cuerpos.</i>	219.
ARTIC. IV. <i>Pesantez ó Gravedad de los Cuerpos.</i>	231.

TRATADO TERCERO.

	<i>Págin.</i>
<i>TEORIA GENERAL DEL MOVIMIENTO.</i>	247.
SECC. I. <i>Estimacion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.</i>	id.
PARR. I. <i>Estimacion de la Velocidad del Movimiento.</i>	249.
PARR. II. <i>Estimacion de la cantidad del Movimiento.</i>	251.
PARR. III. <i>Exámen de las Fuerzas vivas y muertas.</i>	256.
SECC. II. <i>Obstáculos del Movimiento.</i>	266.
PARR. I. <i>La Fuerza de Inercia.</i>	268.
PARR. II. <i>Resistencia de los Medios.</i>	274.
SECC. III. <i>Leyes generales del Movimiento.</i>	280.
SECC. IV. <i>Comunicacion del Movimiento.</i>	294.
PARR. I. <i>Comunicacion del Movimiento en los Cuerpos sin resorte, ó que carecen de elasticidad.</i>	298.
PARR. II. <i>Comunicacion del Movimiento en los cuerpos de resorte ó elásticos.</i>	306.

TRATADO CUARTO.

<i>TEORIA PARTICULAR DEL MOVIMIENTO compuesto, acelerado, reflexo y refracto.</i>	325.
SECC. I. <i>El Movimiento compuesto rectilíneo y curvilíneo.</i>	id.
PARR. I. <i>Movimiento compuesto rectilíneo.</i>	327.
PARR. II. <i>Descomposicion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.</i>	335.
PARR. III. <i>Movimiento compuesto curvilíneo.</i>	341.
SECC. II. <i>El Movimiento acelerado y retardado.</i>	345.
PARR. I. <i>Leyes de la Aceleracion de los Graves.</i>	346.
PARR. II. <i>Principios físicos de la Balística.</i>	366.
SECC. III. <i>Movimiento reflexo y refracto.</i>	380.
PARR. I. <i>Movimiento reflexo.</i>	id.
PARR. II. <i>Movimiento refracto.</i>	387.

TRATADO QUINTO.

Pág.

TEORIA DEL MOVIM. EN LAS MAQUINAS
ó la Mecánica. 395.

SECC. I. Principios físico-matemáticos de la Mecá-
nica. id.

SECC. II. Las varias Máquinas. 404.

ARTIC. I. Teoría de la Palanca. id.

PARR. I. Accion perpendicular á la Palanca. 406.

PARR. II. Accion obliqua á la Palanca. . . . 413.

ARTIC. II. Teoría de la Polea. 425.

ARTIC. III. Teoría del Torno. 428.

ARTIC. IV. Teoría del Plano inclinado. . . . 436.

ARTIC. V. Teoría de la Rosca. 444.

ARTIC. VI. Teoría de la Cuña. 448.

SECC. III. Resistencia de las Máquinas. 452.

FIN DEL INDICE.

ERRATAS.

<i>Pág.</i>	<i>lin.</i>	<i>dice</i>	<i>lee.</i>
7.	17.	casas	cosas.
18.	17.	concibe	se conciben.
24.	14.	déscubiertas	dos cubiertas.
26.	6.	se la caliente	se le caliente.
35.	17.	extensos á indivisibles.	extensos é indivisibles.
69.	27.	$\frac{1}{\infty}$	$\frac{1}{\infty}$
Id.	30.	$\frac{1}{\infty}$	$\frac{1}{\infty}$
73.	17.	$\frac{1}{\infty}$	$\frac{1}{\infty}$
74.	6.	ó extender.	á extender.
92.	25.	ni pueda.	ni puede.
126.	31 y 32.	ciertos estaláctitos.	ciertas estaláctitas.
141.	36.	a que sacrifican.	ó que sacrifican.
163.	15.	que ha debido.	ha debido.
184.	31.	por cada causa.	por causa.
191.	13.	Propiedades.	Porosidad.
414.	22.	ó la palanca.	á la palanca.
422.	2.	del ayre, la fuerza.	del ayre la fuerza.
441.	9.	lanaz	lanza.
442.	30.	camino en levantarla.	camino, ó en levantarla.
447.	14.	utilidad sea,	utilidad, sea.

ELEMENTOS DE FÍSICA.

TRATADO PRIMERO.

TEORIA GENERAL DE LA MATERIA.

La Materia puede ser objeto de nuestras especulaciones metafísicas que no dependen mas que del *Testimonio de las Ideas*, y de nuestras observaciones físicas que solo dependen del *Testimonio de los Sentidos*. Consideramos la Materia baxo de la primera relacion en el último Tratado de nuestros Elementos de Metafísica: vamos á examinarla aquí baxo de la última, mucho mas extensa é interesante que la primera.

DEFINICIONES GENERALES Y PRELIMINARES.

1. DEFINICION I. La Física es la Ciencia de los Cuerpos, es decir de todas las sustancias sensibles que componen el Universo.

I. Entendemos por *Materia* todas las sustancias sensibles que componen este Mundo, qualquiera que sea su naturaleza, su figura, su grandor ó pequenez.

II. Entendemos por *Sustancias sensibles* todas las Sustancias que por su reunion en una masa mas ó ménos grande, en un volúmen mayor ó menor son capaces de hacer qualquiera impresion sobre alguno de nuestros Sentidos, ú ocasionar en él un movimiento orgánico que pueda dar motivo á nuestra alma para conocer y sentir su existência ó su naturaleza.

La idea de Materia, la idea de Sustancias sensibles, la idea de Cuerpo en general haciendo abstraccion de sus especies y sus masas, son tres ideas que tienen en el fondo un mismo objeto. Con todo se puede hacer alguna diferencia entre la *Idea de Materia* que es siempre abstracta é indeterminada, y ni incluye, ni excluye alguna union ó defunion en las sustancias materiales que son su objeto, y la *idea de Cuerpo* que incluye siempre en su objeto una reunion de un número mayor ó menor de Sustancias materiales en un mismo Todo.

2. DEFINICION II. Llamamos *Naturaleza de la Materia* las diferentes qualidades ó propiedades que la son inherentes, que la distinguen de todo lo que no es materia, y la caracterizan y especifican en su estado natural, sin exâminar que qualidades ó propiedades podria tener la Materia, ó en otro orden de cosas, ó en un estado milagroso del que prescindimos enteramente por ahora.

3. DEFINICION III. Llamamos *naturaleza de los Cuerpos* las diferentes qualidades ó propiedades que los distinguen en sus especies, que hacen que una especie no sea otra, y se distinga de ella tanto en sus principios como en sus efectos.

Llamamos v. g. *naturaleza del Mármol* las qualidades ó propiedades características del Mármol, que hacen que esta materia se distinga de qualquiera otra, como de la madera, la arcilla, el ayre, el fuego, el agua, &c.

Igualmente llamamos *naturaleza del Ayre* las qualidades ó propiedades características del ayre, que hacen que esta materia distinta de qualquiera otra no sea agua, ni tierra, ni fuego, ni un mineral, ni un vegetal, &c.

4. DEFINICION IV. Se llaman *Elementos, Moléculas, ó Atomos* de la Materia las mas pequeñas partes á que puede ser reducido un cuerpo, si se descompone.

Por exemplo: si yo pongo á la lumbre una raja de encina ó de haya, esta raja se descompone y resuelve en partículas de fuego, de ayre, de tierra, de varias sales fixas, de vapores áqueos, oleosos, sulfúreos, &c. Estas partículas sumamente pequeñas y reducidas á su últi-

tima division natural son los elementos, las moléculas, ó los átomos de esta raju. El famoso Leibnitz da á estos mismos Seres el nombre de *Mónades*. (*)

5. DEFINICION V. Se llama *Cuerpo* un conjunto mas ó ménos considerable de estas partes primitivas. La idea de un *Cuerpo* expresa pues necesariamente una multitud de elementos reunidos en un mismo Todo. La raju de que acabamos de hablar es un *Cuerpo*; el agua contenida en un vaso es un *Cuerpo*; un grano de arena casi insensible es tambien un *Cuerpo*; un rayo de luz que de mi pupila pasa á mi retina es asimismo un *Cuerpo*. Un solo y único elemento de ayre, ó de agua, de mármol, ó de tierra feria materia, y no feria un *Cuerpo*.

6. DEFINICION VI. Los *Cuerpos* se dividen en *cuerpos simples*, y *cuerpos mixtos*.

Se llaman *Cuerpos simples* aquellos cuyos elementos fuesen todos de una misma especie, ó naturaleza. Se llaman *Cuerpos mixtos* aquellos cuyos elementos son de diferente especie ó naturaleza.

Si los elementos del oro fueran todos de una misma naturaleza, de fuerte que cada elemento se afemese perfectamente á otro, tanto por su materia como por sus configuraciones, el oro feria un *cuerpo simple*. Un árbol compuesto de partículas ígneas, aéreas, salinas, oleosas, áquicas, y térreas enteramente desemejantes entre sí es un *Cuerpo mixto*.

(*) ETIMOLOGIA. I. ELEMENTOS: principios primitivos. PRIMIGENIE PARTES, SEU PRINCIPIA EX QUIBUS CONFLATUR CORPUS QUODLIBET.

II. MOLECULAS: masas muy pequeñas. Diminutivo de MOLES: PARVULA MOLES: MOLECULA.

III. ATOMOS: partículas indivisibles. MOLECULA INSECABILIS, AUT QUÆ CONSIDERATUR, UT NON ULTRA SECABILIS: DE ATOMOS, INDIVISIBILIS, NON SECABILIS.

IV. MÓNADE. Ser solo y único: ENS UNICUM, ET SOLITARIUM: ENS OMNEM A SE COMPOSITIONEM EXCLUDENS: de MONOS, SOLUS. El término de MÓNADE ha sido aplicado por Leibnitz, para expresar la unicidad y simplicidad de cada ente primordial material ó inmaterial. (59)

7. DEFINICION VII. Las partes que componen los Mixtos se dividen en partes constituyentes, y partes integrantes.

Partes constituyentes de un Mixto son aquellas que por su union y combinacion determinan su naturaleza y qualidad.

Partes integrantes son aquellas que determinadas en su naturaleza por las constituyentes determinan la masa y cantidad del Mixto. Un pedazo de Madera es determinado á ser madera mas bien que piedra por una particular mezcla de partes térreas, salinas, áqueas, oleosas, igneas, aereas, que son sus partes constituyentes. Este mismo pedazo de madera es determinado á tener una masa de una libra, de una onza, ó de un grano por el número de sus partes integrantes, cada una de las quales tiene la naturaleza y qualidad de Madera.

I. Las *Partes constituyentes* de un Mixto son unos elementos de diferente naturaleza, que por su combinacion mutua constituyen realmente una mezcla, un cuerpo mixto, el qual participa de las propiedades de sus diversos principios.

Por exemplo. La *Sal comun* tiene por partes constituyentes el ácido y el alkali que determinan su Ser y su naturaleza. Y como este ácido, y este alkali unidos y combinados entre sí, son los constitutivos intrínsecos de la *Sal comun*, es evidente que no se pueden desunir, ni separar estos dos principios sin destruir la naturaleza de esta *Sal*. De fuerte que lo que haya despues de esta separacion no será la *Sal comun*, sino solamente el ácido y el alkali de esta misma *sal*, que son dos cosas muy diferentes entre sí, y muy diferentes de la *Sal* que formaban por su combinacion. Las partes constituyentes se deben mirar como principios primitivos de los Cuerpos.

II. Las *Partes integrantes* de un Mixto son las mas pequeñas porciones que se pueden quitar al Mixto, sin quitarle su naturaleza. Las partes constituyentes se diferencian entre sí, y tambien del Mixto que forman. Las partes integrantes no se diferencian entre si absoluta-

mente en nada, ni tampoco se diferencian en quanto á su naturaleza y sus principios, de aquel Cuerpo cuya masa entran á componer.

Si se divide una masa de Sal comun en moléculas mas ó ménos pequeñas sin que se defunan el ácido y el alkali, cada una de estas moléculas tendrá siempre la naturaleza de Sal comun, como la tiene la masa entera.

Y si se supone que cada una de estas moléculas de Sal atenuadas hasta el último grado no está compuesta mas, que de un solo átomo de ácido, y de un solo átomo de alkali reunidos de suerte que no se las puede dividir mas sin separar el ácido del alkali; estas moléculas serán las partes integrantes primitivas de esta Sal.

8. DEFINICION VIII. Se dividen ademas los Cuerpos en Sólidos y Fluidos; se llaman *Cuerpos Sólidos* aquellos cuyos elementos adhieren los unos á los otros. Y así es cuerpo sólido un pedazo de mármol, de hierro, de madera, &c.

Se llaman *Cuerpos Fluidos*, aquellos cuyos elementos no tienen entre sí ninguna adherencia sensible. Tales son el ayre, el fuego, el agua, la luz.

I. Entre los Fluidos hay unos que se llaman *Líquidos*, y otros que se llaman simplemente *Fluidos*.

El nombre de *Líquido* se da con propiedad á ciertas especies de fluidos, cuyos elementos reunidos en masa considerable son visibles y palpables en sí mismos, y cuyas superficies se ponen por lo comun á nivel, como son el agua, el vino, la sangre, los humores, los licores de qualquier género &c.

El nombre de *Fluido* se da especialmente á aquellas especies de fluidos, cuyos elementos reunidos no son visibles, ni palpables en sí mismos, y cuyas superficies por lo comun no se ponen á nivel, como el ayre, la luz, la materia futil.

Resulta de esta division del término genérico de Fluido que se podrian dividir los Cuerpos con propiedad y exáctitud en sólidos, líquidos y fluidos.

II. Para formarse una idea sensible de la diferencia que hay entre los Cuerpos fluidos y los sólidos.

Imagínese en primer lugar un vaso cúbico ó cilíndrico lleno de pequeños corpúsculos en forma de globitos, ó de conos cuyas superficies esten sumamente alifadas, y sin ligazon ó adherencia alguna entre sí. He aquí la imagen de un *fluido*.

Líguense ahora y únanse con el pensamiento estos mismos corpúsculos por sus puntos de contacto, de suerte que todos ellos no hagan mas que una misma masa, tal que levantando uno ó muchos de ellos, se levanten tambien todos los demas. He aquí la imagen de un *Sólido*. Cuerpo sólido, y cuerpo duro son en esta parte dos términos perfectamente sinónimos.

9. DEFINICION IX. Se llama *Fixeza* en ciertos Cuerpos la propiedad que tienen de resistir á la accion del fuego, sin elevarse, ni disiparse en vapores. Se llama *Volatilidad* la propiedad opuesta que tienen muchísimos cuerpos de reducirse á vapores ligeros que se exhalan, quando se les expone á la accion del fuego.

No está todavia determinado hasta que punto debe un cuerpo resistir á la accion del fuego sin ser sublimado, para que sea tenido por Cuerpo fijo. De suerte que regularmente se tiene á las sustancias por *fixas* ó *volátiles*, por comparacion con otras sustancias que lo son ménos que ellas. El oro y la plata son cuerpos fijos: el agua y el mercurio son cuerpos volátiles.

10. DEFINICION X. Llámanse *Poros* en los Cuerpos los vacíos ó intersticios que dexan entre sí los elementos de materia, que forman un mismo todo sea sólido, sea fluido.

Para formarse una idea sensible de los poros que se hallan en todos los cuerpos sean sólidos, ó sean fluidos en que se han podido hacer observaciones, concíbase una cesta llena de bolas de juego, ó de piedras irregulares de diferentes figuras y volúmen. Estas bolas, ó estas piedras puestas unas sobre otras segun cayéron por casualidad, no se tocan en todos los puntos de su superficie, y asi dexan vacíos mas ó ménos grandes, mas ó menos regulares entre sus partes sólidas. He aquí una

imágen bastante semejante, y bastante natural de la configuración interna de todos los Cuerpos sólidos y líquidos en que se han podido hacer experiencias; pues por estas se ha averiguado que todos tienen un mayor ó menor número de poros, por los cuales como por otros tantos conductos entran y salen los fluidos mas sutiles con muchísima facilidad.

11. NOTA. Los elementos primitivos de los Cuerpos sólidos ó fluidos se deben considerar como masas de una *dureza infinita*; pues como observaremos en otro lugar (145) ningun Agente criado puede dividir, ni separar las partes que componen estos elementos primitivos, que son, sí divisibles en sí mismos, pero indivisibles en virtud de una ley y voluntad del Criador.

Esta dureza infinita de los elementos primitivos no quita que los elementos infinitamente duros del agua, &c. formen un líquido; porque la naturaleza de un líquido como líquido sólo resulta de la falta de ligazon y adherencia entre sus elementos.

La dureza de los Cuerpos tiene por principio la adherencia de sus elementos en los puntos de contacto: sea la que quiera la causa de esta adherencia, que examinaremos en otra parte. Los Cuerpos sólidos tienen sus elementos de una dureza infinita, ligados y adherentes unos á otros en sus puntos de contacto. Los Fluidos tienen tambien los suyos de una dureza infinita, deleznales y privados de toda adherencia sensible entre sí. Los Cuerpos mas duros son aquellos que requieren mayor fuerza, no para romper y dividir sus mismos elementos, lo que es imposible, sino para apartarlos y separarlos unos de otros.

Quando se divide un Cuerpo sólido no se parten sus elementos primitivos; lo que solo se hace, es separar estos elementos primitivos, sin alterar su masa ni su configuración.

12. DEFINICION XI. Llámase *Fenómeno* un efecto sensible y que nos sorprehede, el qual descubrimos en el Cielo, ó sobre la Tierra, por medio de la simple observacion de la Naturaleza, ó por medio de la experiencia;

y cuya causa no nos es sensible y evidente en sí misma. (*Met.* 83.)

DISTINCION ENTRE MATERIA Y CUERPO.

13. OBSERVACION. Se puede considerar la Materia, ó precisamente como *materia*, ó especialmente como que *compone los Cuerpos*. Vamos á considerarla baxo de estos dos respectos en este Tratado y en el siguiente.

I. Para comprehender la distincion que hacemos entre Materia y Cuerpo, concíbense todos los diferentes cuerpos que forman el Universo reducidos á su última division natural, ó resueltos en sus elementos primitivos, que en tal caso quedarian separados unos de otros, y esparcidos en el seno del Vacío inmenso, como se los figuraba Epicuro antes del origen de las cosas, cuya formacion emprendió explicar.

En esta hipótesis evidentemente posible habrá *Materia*, y no habrá *Cuerpo alguno*. Se puede pues considerar la Materia como Materia, sin considerarla aun como que constituye los Cuerpos.

II. Se ve pues claramente por esta hipótesis qual es el objeto fixo de estos dos primeros Tratados, en los que hemos de exâminar qual es la *naturaleza de la Materia*, y qual es la *naturaleza de los Cuerpos*, y qual el fundamento de la distincion que hacemos entre estos dos objetos.

DIVISION DE ESTE PRIMER TRATADO.

¿Que extension conviene á la Materia? ¿Hasta que punto está dividida? ¿Hasta que punto es divisible? ¿La materia por sí misma es activa ó pasiva? ¿La materia es homogénea ó heterogénea en su ser primitivo? Resolver estas questões es el interesante objeto de nuestras investigaciones sobre la naturaleza de la Materia. La *Extension*, *Division*, *Divisibilidad*, *Inercia* y *Homogeneidad* de la Materia exigen para ser expuestas con claridad, otras tantas Secciones diferentes.

SECCION PRIMERA.

EXTENSION DE LA MATERIA.

14. DEFINICION. La *Extension* es ó penetrable ó impenetrable. La *Extension penetrable* es el espacio, ó capacidad de recibir los cuerpos. La *Extension impenetrable* es la materia colocada en el espacio. El espacio puede existir sin contener materia alguna; la materia no puede existir sin ocupar alguna porcion del espacio infinito. (*Met.* 242.)

15. ASERCION I. La propiedad característica de la Materia, la propiedad por la que la distinguimos de todo lo que no es materia, es la *Extension sólida e impenetrable*.

EXPLICACION. Lo primero que se presenta á nuestras ideas, ó á lo ménos á nuestros sentidos quando examinamos los Cuerpos que nos rodean, es su *extension* á lo largo, á lo ancho, y á lo hondo ó profundo. Estas tres dimensiones que los Geómetras consideran separadas una de otra, estan siempre unidas inseparablemente en el estado físico de los Cuerpos.

Porque como no hay cuerpo alguno en el que no concibamos á lo ménos dos superficies realmente distintas una de otra, y como la multitud de superficies hace una *Profundidad*, y las superficies resultan de la union de líneas que hacen una *Anchura*, y las líneas se forman de un número de puntos que hacen una *Longitud*, es evidente que el menor, ó mas pequeño cuerpo es forzadamente largo, ancho y profundo.

16. ASERCION II. La *Extension* es una propiedad inseparable de la Materia, pero no constituye su esencia.

EXPLICACION. La *Extension* es una propiedad inseparable de la Materia, pues que no se puede concebir materia sin concebir en ella una extension real, mayor ó menor; y pues que segun el principio fundamental de todas las Ciencias, todo lo que se concibe necesariamente en una cosa, está indudablemente en ella (*Met.* 307, y 310.)

Pero no se sigue de aquí que la extension sea la esencia de la Materia, pues la esencia de toda porcion determinada de materia es seguramente determinada é inmutable; y segun los principios de la Religion es cierto que tal y tal porcion determinada de materia, conservando siempre su misma esencia, puede milagrosamente crecer en extension real por la reproduccion, y disminuir en extension real por la compenetracion, como lo hemos explicado y demostrado considerando la Materia en un estado milagroso y sobrenatural. (*Met.* 899, y 903.)

Despues de haber echado esta simple y lucinta ojeada sobre el estado Metafisico de la Materia, nos ceñiremos en adelante á considerarla pura y simplemente en su estado natural.

17. ASERCION III. *La Materia en su estado natural es una sustancia extensa é impenetrable.*

DEMOSTRACION. I. La Materia es una *sustancia*, pues que se la concibe en sí misma y por sí misma; pues que despues de haber recibido la exíflencia por la accion creadora del Omnipotente exíste en sí misma, y por sí misma, en lo que se diferencia de las *Modificaciones* que no pueden exíflir, ni concebirse, sino en la sustancia modificada. (*Met.* 113, y 114.)

II. La Materia es una *Sustancia extensa*, pues que todas las sustancias materiales que podemos observar se nos presentan baxo de la idea de extension, y á qualquiera pequenez por minima que sea á que se reduzca por nuestro entendimiento un elemento de materia, concibe aun en este elemento muchas superficies de las que una no es otra, y cada una tiene su extension aparte. ¿Que se debe afirmar de las cosas sino lo que los sentidos nos muestran, y el entendimiento concibe en ellas?

III. La Materia es una *Sustancia impenetrable*, pues que todo elemento de materia ocupa exclusivamente un espacio al qual corresponde por sus partes reales y positivas, sin que esté en nuestro poder hacerla perder la menor parte de su extension intrínseca y absoluta. (*Met.* 901.)

Para hacernos sensible esta teoría, concibamos una pulgada cúbica de oro en que haya una suma cabalmente igual de vacíos y de elementos: la suma de su extension real y positiva, sustrayendo la suma negativa de los vacíos, será una media pulgada cúbica. A fuerza de machacar este oro se podrá forzar á sus elementos á que se aproxímen unos á otros dexando entre sí vacíos mas pequeños; pero aunque se les comprima quanto se pueda, no se conseguirá mas que reducirlos á una media pulgada cúbica de extension, sin poder lograr jamas que esta cantidad de materia ocupe ménos de una media pulgada cúbica de extension.

IV. Resulta pues de lo que acabamos de decir y demostrar, que la Materia en su estado natural es siempre una substancia extensa é impenetrable; y que la cantidad de su substancia real y positiva es siempre igual á su extension absoluta é impenetrable. L. Q. P. D.

18. COROLARIO. Resulta igualmente de todo lo que hemos dicho sobre la Materia y la Extension, que *todo elemento de Materia existe necesariamente en sí mismo, en un punto qualquiera del espacio, y excluye positivamente de este punto del espacio que él ocupa, qualquier otro elemento de materia.* De tal fuerte que dos elementos de materia no pueden jamas sin un milagro de primera clase existir ambos juntos en un mismo espacio.

Lo que decimos de un elemento de materia se debe decir igualmente de un cuerpo, ó de un conjunto de elementos. Todo cuerpo ocupa exclusivamente un espacio igual á la suma de todos sus elementos.

Quando se comprime un cuerpo, se costringe á sus elementos á aproxímarse unos á otros; se disminuye la suma de los poros que hay entre estos elementos; pero no se destruye, ni disminuye en nada su extension intrínseca y absoluta, que se debe distinguir siempre de la extension de sus poros ó de sus vacíos.

La mayor Compresion posible, si pudiera verificarse sería la contigüidad completa de todos los elementos con privacion entera de poros y vacíos en el cuerpo así com-

primido, pero una compresion como esta excede las fuerzas de los Agentes criados, quienes nunca pueden hacer perder á un cuerpo todos sus vacíos.

19. NOTA. No exâminarémos por ahora si la *Extension que conviene á la Materia pertenece á todos sus elementos cada uno de por sí*: de fuerte que cada elemento de por sí tenga su extension á parte real é independiente de su union con otro elemento.

O si esta *Extension que conviene á la Materia siendo ninguna en cada elemento de por sí*, se hace positiva y real por la reunion de muchos elementos, de fuerte que cada elemento de por sí sea inextenso, y una suma de elementos sea extensa.

Esta famosa cuestión la exâminarémos y decidiremos en la tercera Seccion siguiente, donde viene mas al caso.

SECCION SEGUNDA.

DIVISION DE LA MATERIA.

Como la mayor parte de los fenómenos maravillosos que nos presenta por todas partes la Naturaleza visible, no pueden explicarse sin suponer en los elementos de la Materia una division inconceivable; es sumamente importante empezar exâminando quan dividida está efectivamente la Materia, ó de quan prodigiosa pequeñez son realmente sus elementos; y así vamos á establecer esta teoría ciñéndonos á hacerlo por medio de pruebas de hecho, ó de experiencia.

PROPOSICION.

20. *La Materia es mas divisible que lo que nuestra imaginacion puede concebir: ó lo que es lo mismo, los elementos de la Materia son de una tenuidad tan suma, que excede á quanto nosotros podemos imaginar y comprehender.*

EXPLICACION. La ductilidad de los Metales, la difusion de los Olores, la vida de los Animalillos imperceptibles y la emanacion de la Luz son las principales experiencias ú observaciones, que escogemos para hacer sensible la Verdad que vamos á demostrar. Adoptamos estas pruebas aunque pudiéramos servirnos de otras muchas, porque son mas apropósito para servir de introduccion general á la Física, por lo mucho que pueden ilustrar varios objetos generales de la Naturaleza visible.

DEMOSTRACION PRIMERA.

DUCTILIDAD DE LOS METALES.

Las Artes deben su ilustracion á la Física; la Física saca tambien á veces una nueva ilustracion de las Artes. Vamos á considerar por algunos momentos las maniobras que emplean los Batidores y Tiradores de Oro, para batir é hilar este duro metal; pues de ellas sacaremos una prueba sensible de la prodigiosa division de la Materia.

21. DEFINICION. Se llama *ductilidad de los Metales* aquella propiedad que tienen sus partes integrantes de extenderse sin desunirse.

Esta propiedad no es otra cosa que la adherencia continua de las partes integrantes, la qual hace que estos cuerpos puedan ceder á la percusion y á la presion, y tomar diferentes figuras, sin que haya fractura ó solucion de continuidad entre sus partes; lo que sucede, porque á medida que las partes contiguas son forzadas á separarse, hay otras que se juntan por una y otra parte á las que se separan. Es muy verosímil que la figura de las partes elementares de los cuerpos dúctiles contribuya muchísimo á su ductilidad: pero como no tenemos conocimiento alguno de esta configuracion, no podemos explicar con mas individualidad en qué consiste la Ductilidad de los Metales.

El mas dúctil de todos los Metales es el oro: y así

vamos á hacer en él nuestras observaciones sobre esta propiedad de los cuerpos metálicos.

BATIDORES Y TIRADORES DE ORO.

22. OBSERVACION I. Los *Batidores de Oro*, ó los Artífices que baten el oro y lo reducen á hojas, han hallado el arte de darle una extension tan prodigiosa que es capaz de pasmar la imaginacion mas atrevida. El Filósofo Boyle es uno de los primeros que han hecho la observacion de que una cantidad de oro del peso de un grano, (ó que no pese mas que la quincentésima septuagésima sexta parte de una onza) adquiere mediante los golpes del martillo, y la compresion de los rodillos que le reducen á hojas, una extension de cinquenta pulgadas quadradas.

I. La longitud de una pulgada contiene á lo ménos doscientas partes visibles, pues hay instrumentos de Matemática en que una pulgada está dividida en cien partes, cuyas mitades se pueden percibir facilmente, si se miran con atencion. Luego multiplicando la longitud por la latitud, una hoja de una pulgada quadrada tendrá 40,000 partes visibles en su superficie superior, y otras tantas en su superficie inferior, lo que hace 80,000 partes visibles. Luego una superficie de cinquenta pulgadas tendrá 4,000,000 de partes visibles. He aquí pues un grano de oro dividido en quatro millones de partes que la vista puede percibir y distinguir.

II. No siendo un grano mas que la quincentésima septuagésima sexta parte de una onza, para saber el número de partes visibles que tiene una onza entera de oro no hay mas que multiplicar 4,000,000 por 576, salen 2,304,000,000 de partes visibles, y así otras tantas son á las que el arte reduce una sola onza de oro.

23. OBSERVACION II. Los *Tiradores de Oro*, ó los Artífices que preparan el hilo de plata para hacer de él galones y telas, aumentan aun mucho mas esta prodigiosa extension del oro quando le tiran.

I. Con una cantidad de Oro que no pasa nunca de seis onzas, y que á veces es ménos hasta quedarle en una onza, cubren un *cilindro de plata* de veinte y dos pulgadas de largo sobre quince líneas de diámetro, y del peso de quarenta y cinco marcos.

II. Este cilindro dorado le hacen pasar sucesivamente por los varios agujeros de una planchita de acero que llaman hilera, los cuales van siempre estrechándose desde el primero hasta el último, de modo que alargándose siempre el cilindro, y perdiendo al mismo paso de su diámetro, viene en fin á ser tan delgado como un pelo, y de una longitud que casi llega á la de 97 leguas de 2000 toefas cada una.

24. EXPLICACION I. Las hojas de Oro con que se cubre el cilindro de plata se unen íntimamente á su superficie, y hacen como un todo con la plata que está envuelta en ellas, pegándose á ella con bastante fuerza. La causa principal de esta fuerte adherencia de las hojas de oro con el cilindro de plata parece ser la grande afinidad que tiene el oro con la plata; así como la tiene tambien mayor ó menor con todas las sustancias metálicas aunque no la tiene igualmente con las sustancias no metálicas (85).

II. Segun va pasando sucesivamente el oro por los diferentes agujeros de la hilera, se va extendiendo sobre el cilindro de plata á medida de que este se alarga y queda pegado á él en fuerza de su ductilidad y afinidad con la plata. El hilo dorado que resulta de esta operacion es todavía un pequeño cilindro de plata á quien el oro que se ha extendido cada vez mas, sirve por todas partes de cubierta, y se le da el nombre de *tirado*.

III. Este hilo así dorado se le hace pasar por entre dos rodillos de acero que le aplastan á modo de una chapa muy delgada, y con él se cubre despues un hilo de seda que se emplea en diferentes manufacturas. Al pasar por los rodillos el cilindro dorado ó el tirado, se extiende á lo largo y á lo ancho, de suerte que viene á hacerse una séptima parte mas largo de lo

que era ántes; y así en lugar de noventa y siete leguas de largo que ántes tenia, tendrá ahora, y deberémos contar 111.

IV. El dorado que cubre el hilo aplastado se debe considerar como dos chapas de oro aplicadas á las dos superficies de la chapa de plata; teniendo pues cada una de estas chapas 111 leguas, las dos juntas tendrán 222.

V. Aplastándose el hilo dorado al pasár por entre los rodillos, adquiere una anchura de casi una *oñava* parte de línea, la qual puede fácilmente dividirse en dos porciones sensibles. Se podrá pues dividir el hilo en toda su longitud en dos chapitas muy angostas, cada una de las quales tendrá sus descubiertas de oro, y por consiguiente en lugar de dos chapas de oro, deberémos contar quatro de 444 leguas de largo cada una.

VI. Suponiendo pues que en dorar el hilo se ha gastado la menor cantidad de oro que sea posible, tendrémos una onza de oro hecha quatro chapas, cuya superficie visible tiene 444 leguas de longitud. Multiplicando ahora cada legua por 200 toefas, cada toefa por 6 pies, cada pie por 12 pulgadas, y cada pulgada por 200 partes que la vista distingue fácilmente en la longitud de una pulgada, vendrémos á facar que una onza de oro se extiende y divide efectivamente en 888,000 toefas, 5,328,000 pies, 63,936,000 pulgadas, 12,787,200,000 partes visibles.

VII. Pero si se reflexiona que la chapita de oro que cubre por ámbas partes la chapa de plata no se la ve mas que por la cara exterior, y que se la podria igualmente ver por la cara interior que tiene pegada á la plata, se conocerá claramente que se puede aumentar otro tanto el número de partes sensibles en sí mismas, que acabamos de demostrar que tiene esta onza de oro; así como el número de partes sensibles de una hoja de oro batido se debe duplicar por razon de las dos caras que tiene.

25. COROLARIO. Si los Artífices humanos valiéndose de sus instrumentos groseros pueden executar una di-

vision tan prodigiosa en la Materia ; ¡ hasta donde no podrá dividirla el Artífice Supremo, que para obrar no tiene mas que querer, y á quien todo lo que no repugna es igualmente posible !

26. NOTA. Por medio del mismo mecanismo con que se convierten en hojas el oro y la plata, se convierten tambien el hierro y el cobre. Pero el oro, la plata y el cobre son los tres metales que se emplean comunmente para dorar.

27. DEFINICION. El *Arte de dorar* es el arte de aplicar una capa de oro sumamente delgada á la superficie de varios cuerpos, para darles todas las apariencias exteriores de este precioso metal. El oro destinado para dorar debe estar reducido á hojas, ó á partes muy sutiles.

DORADO VERDADERO Y FALSO.

28. DESCRIPCION I. El *dorado verdadero* se da ó con hojas, ó con polvos de oro que se aplican de varios modos á las superficies de los cuerpos á quienes se quiere dar la brillantez y hermosura de este metal. Describiremos algunos de los modos de hacer esta operacion.

I. El oro se une muy bien mediante solo el contacto con las sustancias metálicas que son dúctiles como él, y con quienes tiene bastante afinidad. Se le aplica en hojas á la superficie bien lisa y limpia del metal que se quiere dorar, por exemplo de la plata ó del cobre. Y mediante un grado de calor proporcionado, y de la frotacion que se hace con una piedra hemática, llamada *Sanguinaria* se le hace adherir perfectamente á la superficie del metal, que con solo esto queda dorado. Esta perfecta adherencia proviene de que las partes recíprocas de estas dos sustancias dúctiles en fuerza de su afinidad, se insinuan con facilidad unas en los poros de otras, mediante el calor y frotacion : y se unen mutuamente como por medio de infinitos clavitos imperceptibles que introduciéndose en los huecos que hace abrir el calor en estas sustancias dúctiles quedan agarrados, quando estos huecos se cierran

enfriándose los metales. Este modo de dorar llaman nuestros Artífices *dorar á hoja*.

II. Como el oro en polvos se une y adhiere al azogue, y se amalgama con él, se hace de esta mezcla ó *amalgama* del oro con el azogue una masa con que se baña el metal que se quiere dorar, se la calienta despues lo suficiente para hacer evaporar el azogue, y se le bruñe frotándole ó puliéndole con la piedra fanguinaria. Este dorado le llaman de *molido*.

III. Se disuelve una pequeña cantidad de oro en agua regia, se empapan lienzos en esta disolucion, se les quemá, y se guarda la ceniza que es toda negra. Con esta ceniza se frota con agua la superficie de una chapa ú hoja de plata con un trapo ó con los dedos, y mediante esta friccion pierde la ceniza las partículas de oro que contiene, y quedan estas bastante adherentes á la superficie de la chapa ú hoja de plata. Se laba despues esta para quitarla la parte térrea de la ceniza, y puliéndola con la piedra fanguinaria se la dá fácilmente, y á muy poca costa un color de oro muy bello. De este modo suelen estar doradas muchísimas joyecitas que hay de mucha apariencia y poco valor. Esta operacion llaman *dorar á cenizas*.

IV. Se aplica también el oro aunque con mucha ménos adherencia á la superficie de los cristales, porcelanas y otras materias vitrificadas y bien lisas. Se les expone á un grado proporcionado de calor, y bruñe despues ligeramente para darles su brillantez. En todas estas operaciones el calor abre y dilata los poros de las superficies lisas, á quienes se ha aplicado la hoja de oro, y la presion del colmillo con que se las pule hace que la hoja de oro en fuerza de su ductilidad se insinue en estos poros como en una infinidad de agujeritos, fixándose y uniéndose á las sustancias que se quiere dorar á medida que el calor se templá y acaba, y los poros vuelven á cerrarse. La adherencia del oro á las sustancias vitrificadas es incomparablemente menor que á las metálicas; ó ya porque la presion que le une á las sustancias vitrificadas no puede ménos de ser mucho mas débil, ó ya porque no siendo re-

cíproca la ductilidad que debe ser el fundamento de esta unión, las substancias vitrificadas no se extienden para recibir y agarrar los clavitos de oro que se introducen en sus concavidades; ó ya en fin, y esta es la causa principal, porque el oro no tiene con estas substancias vitrificadas la afinidad necesaria para unirse y pegarse íntimamente á ellas.

V. Como el oro no se une con solo el contacto á las substancias no metálicas, y muchas de estas substancias por ser muy heterogéneas no pueden jamas adquirir una superficie bastante lisa, y bastante sólida por igual, para resistir en todos sus puntos con uniformidad á la presión del colmillo, sin lo qual la hoja de oro se rasgaría en vez de extenderse y pegarse; es necesario antes de aplicar el oro á estas especies de substancias, por exemplo á la piedra ó la madera, darlas varias manos ó capas de alguna substancia tenaz y pegajosa que agarre y retenga el oro. Estas especies de substancias tenaces y pegajosas con que se aparejan las substancias no metálicas para dorarlas, se llaman en general *Mordientes ó Sisas*. Sobre estos mordientes se aplica el oro en hoja ó en polvos; y quando todo está bastante seco, se pule con un diente de lobo, ó piedra de figura de un colmillo, lo que se llama *bruñir*.

29. DESCRIPCIÓN II. El *dorado falso* es aquel que para darle no se usa efectivamente de oro, ó en cuya composición no entra nada de oro.

I. De esta especie es el color de oro que se da al latón ó á la plata, dándoles un *barniz pajizo dorado*, el qual siendo transparente dexa percibir todo su brillo. Se hacen bastantes adornos de cobre barnizados de este modo, que se llaman de *color de oro*, para distinguirlos de los que estan verdaderamente dorados.

II. Lo que parece hoja de oro en casi todos los Cuerpos dorados no es sino hoja de plata á quien se da el color de oro con el barniz de que acabamos de hablar.

III. Lo que hace parecer dorado el papel, tampoco es hoja de oro sino de cobre batido que se le pega con cierta especie de cola.

30. **NOTA.** En tirar ó hilar el Arte los metales del modo que se acaba de explicar, imita á la Naturaleza sin advertirlo.

El *Gusano de la Seda* tiene una hilera natural con la que amolda el hilo precioso de que hace su capullo. Este hilo es tan fino que 300 anas (a) de el en que se hizo la experiencia no pesaron mas que dos granos y medio. De fuerte que no se necesitan ménos de 69120 anas para componer el peso de una onza.

El hilo de la *Araña* de que se ha llegado á hacer guantes y medias bastante fuertes y suaves, se hace tambien por un mecanismo semejante, y es sin comparacion mas fino que el del gusano de la seda.

Uno y otro al salir de la hilera del animal no son mas que un suco viscoso que se endureze al ayre, como el betun y el barro húmedo, por la disipacion de las partes húmedas que se evaporan, y la union mas estrecha de las parte sólidas que se acercan.

DEMOSTRACION SEGUNDA.

DIFUSION DE LOS OLORES.

31. **EXPERIENCIA.** Sea una pequeña Eolípila de vidrio A B D en que se haya echado una mediana cantidad de un licor oloroso, como agua de flor de naranjas, ó aguardiente cargado de espliego. Póngase esta sobre algunas brasas ó sobre alguna candela encendida (*Fig. 2.*)

EFFECTOS. Quando el licor se calienta y empieza á herbir se ve salir por el pico de la Eolípila un vapor abundante que se percibe en qualquier sitio de la Sala, sin que se advierta ninguna diminucion sensible en el volumen del licor quando se dexa la experiencia al cabo de dos ó tres minutos.

32. **EXPLICACION.** El vapor que se ve salir del pi-

(a) Ana, medida de 3 pies y 8 pulgadas de Paris.

co de la Eolípila, y cuyo olor se percibe en toda la Sala no es otra cosa que la parte mas evaporable del licor que el fuego ha separado de toda su masa, y que se ha extendido por toda la Sala en partículas sumamente divididas. Estas partículas á pesar de lo poco que han disminuido el volúmen del licor de donde han salido, se hallan en bastante número en cada parte de la Sala para hacer una impresion bien clara y distinta sobre las fibras del olfato. Sobre lo qual se pueden hacer las reflexiones siguientes.

I. ¡Quan inmenso debe de ser el número de partículas evaporadas! Suponiendo que la Sala siendo bastante pequeña no tiene mas que quince pies justos de largo, ancho y alto, tendrá 3375 pies cúbicos de ayre: teniendo un pie quadrado 20,736 líneas quadradas, un pie cúbico tendrá 429,981,696 líneas cúbicas, que multiplicadas por 3375 pies cúbicos de ayre que tiene la Sala de que vamos hablando darán 1,451,188,224,000 líneas cúbicas para toda la Sala. Supongamos ademas que el licor evaporado sea de dos líneas cúbicas (que es mucho) y que no haya en cada línea cúbica de ayre mas que quatro partículas odoríferas (que es demasiado poco): para sacar en limpio el número de partículas odoríferas que han dado estas dos líneas cúbicas de licor evaporado, se deberá multiplicar por 4 el último número precedente. Hecho lo qual tendremos, que dos líneas cúbicas de licor se han dividido en 5,804,752,896,000 partes.

II. Pero lo que hace que se sienta el olor en toda la Sala, no es todo el licor evaporado sino la menor parte de él. Porque en un licor oloroso se deben distinguir las partes propias del líquido, de las partes de que está impregnado, que son muchas ménos que las suyas propias. Suponiendo pues que la parte olorosa sea una quarta parte de todo el líquido evaporado (que es conceder mucho) una media línea cúbica que es la quarta parte de las dos líneas cúbicas evaporadas, se habrá dividido en 5,804,752,896,000 partes.

III. Pero esta media línea cúbica del líquido oloroso

fo evaporado y esparcido con bastante igualdad por toda la Sala no era toda materia ántes de la evaporacion, sino que tenia como todos los cuerpos líquidos y sólidos sus poros ó vacíos que disminuyen bastante su masa positiva, ó su cantidad absoluta de materia. El oro, por exemplo, que aun tiene una cantidad considerable de poros ó vacíos, no es diez y nueve veces y media mas pesado que el agua, sino porque baxo de igual volumen tiene diez y nueve veces y media mas elementos de materia que el agua. Luego aun suponiendo que el oro sea toda materia, ó que no tenga ningun poro ó vacío, un líquido igual en peso al agua deberá tener casi veinte veces mas vacíos, que llenos, ó lo que es lo mismo veinte veces mas extension vacía y penetrable, que sólida é impenetrable. Supongamos pues que el licor contenido en la colípila es igual al agua en densidad y peso: aun así tendrémos que la media línea de materiaolorosa no es en suma mas que casi la vigésima parte de una media línea cúbica de materia sin poros ni vacíos.

IV. Cada porcion de una media línea cúbica de materia dividida en veinte partes iguales no abultaria mas que un pequeño grano de arena. ¡He aqui pues una cantidad de materia que reunida no excederia el volumen de un grano de arena dividida por la acción del fuego en 5,804,752,896,000 partes! ¡Que inconceivable pequenez no deben tener estas partes odoríferas: y que finura y movilidad no deben tener las fibras de nuestro olfato, pues que son sensiblemente afectadas y movidas por ellas! ¡Quan grande y admirable es en sus Obras este Artífice adorable que formó estos elementos para nuestros órganos, y nuestros órganos para estos elementos!

CUERPOS OLOROSOS: ENFERMEDADES CONTAGIOSAS.

33. APLICACION. I. La difusión de los Olores se obra naturalmente en las flores, las plantas, los frutos, los animales, y en todos los *Cuerpos odoríferos* por medio de un mecanismo bastante semejante al de la experien-

cia de que acabamos de hablar. (*fig. 2.*)

Una fermentacion interior ocasionada, ó por el fuego elementar que está esparcido por toda la Naturaleza, ó por el calor vivificante del Sol que da accion y movimiento á todo lo que vive y vegeta, ó por alguna otra causa que varia segun la naturaleza de el sugeto en que obra, hace en el cuerpo oloroso, v. g. en una rosa, en un grano de almizcle, en un cuerpo que se corrompe, lo que hace el calor del fuego en el líquido encerrado en la Eolípila A. B. : es decir que esta fermentacion ocasiona en esta rosa, ó en este grano de almizcle, ó en este cuerpo que se corrompe, una evaporacion invisible, pero real y permanente, bastante semejante á la que se percibe en el pico de la Eolípila puesta al fuego. Esta evaporacion, como hemos dicho de la del licor de que acabamos de hablar, no es solo de las partes olorosas, sino tambien de las que no lo son; y unas y otras se extienden y mezclan á una distancia y altura mas ó menos grande con la masa del ayre que nos rodea.

De estos principios tan incontestables como sensibles, nace la explicacion de varios fenómenos que la Naturaleza nos presenta á cada paso.

I. Un perro sigue á su amo ó á una liebre, aplicando de tiempo en tiempo las narices al camino por donde han pasado: por que en el hombre y en la liebre hay una fermentacion constante que hace salir por sus poros un torrente continuo de corpúsculos imperceptibles que pegándose mas ó ménos á sus huellas sirven de guia al perro, que con su olfato sumamente fino las descubre y distingue, para buscar ó seguir á su amo, ó á la liebre.

II. Hay cuerpos olorosos, que despues de un cierto tiempo mas ó ménos largo pierden su olor, ó ya porque sus partículas evaporables se han acabado muy pronto, ó ya porque la fermentacion que debe ocasionar la evaporacion cesa ó se detiene absolutamente ó de tiempo en tiempo.

III. Hay otros cuerpos olorosos que conservan constante y perseverantemente su olor, porque su fermenta-

cion sensible ó insensible es constante y permanente, y porque siendo fumamente pequeñas las partículas que exhalan pueden sufrir una muy larga y muy durable evaporacion. Así sucede con un *grano de Almizcle*, cuyo olor se puede percibir de fuerte que incomode por espacio de veinte años, en una Sala cuyo ayre se renueva todos los dias, sin que despues de este tiempo se advierta disminucion muy sensible ni en su peso, ni en su volúmen.

Supongamos que este grano de almizcle se le tiene por espacio de veinte años en la misma Sala que la Eolípila, cuyas partes evaporadas acabamos de calcular. Supongamos tambien que es necesario un dia entero, para que el ayre que se renueva diariamente se impregne suficientemente de su olor. Para averiguar la fuma de partes que ha exhalado de sí este grano de almizcle, no tenemos mas que multiplicar el número á que hemos demostrado que ascienden las partes del licor evaporado de la Eolípila (ó 5,804,752,896,000) por veinte veces 365. ; que son los dias que tiene un año; y esto nos dará 42,374,696,140,800,000, partículas exhaladas de este grano de almizcle, sin que la cantidad de materia que se ha dividido en estas partículas disminuya sensiblemente su masa; Que número, que pequeñez en estas partículas olorosas! El entendimiento se pierde y confunde contemplando estos maravillosos fenómenos.

IV. Entre los olores hay unos que nos agradan y otros que nos molestan. Los olores agradables son aquellos que ocasionan en las fibras del olfato una conmocion á la qual está unida una Sensacion mental mas ó ménos agradable y lisonjera. Los molestos al contrario son aquellos que ocasionan en las fibras del olfato una conmocion que nos debe causar una sensacion mental mas ó ménos enfadosa y desagradable.

No se puede dar una explicacion más clara en esta materia, por que no hay medio alguno para descubrir como y por que tal olor es capaz por la naturaleza de los corpúsculos que le producen, de ocasionar en nosotros una sensacion agradable, mas bien que una desagradable.

V. Un mismo olor puede agradar á unos y desagradar á otros, segun la diversidad de sus órganos. A los mas les es agradable el olor de la rosa por la conmocion suave, y delicada titilacion que los corpúsculos que emanan de ella, producen en las fibras de su olfato; pero á otros cuyo olfato está compuesto de fibras mas sutiles, mas móviles y mas penetrables les causarán estos mismos corpúsculos una conmocion demasiado violenta, y un punzamiento demasiado molesto, en fuerza del qual se alterará y turbará la economía animal del Cerebro, y de consiguiente se inquietará y afuistará el alma, siempre interesada y atenta á conservar el buen estado de todo el Individuo. Este olor será pues desagradable é insoportable á esta clase de personas, porque la conmocion muy violenta que les ocasiona hace que le tengan por perjudicial y funesto.

VI. A veces sucede que un olor que nos ha disgustado en un tiempo despues no nos disguste, y aun acaso nos agrade, como se ve en el olor del tabaco y de los vapores de la cerveza. Esta diversidad proviene, ó de que las fibras del olfato que son los únicos jueces del olor se mudan con el temperamento; ó de que el uso y hábito de las cosas dan insensiblemente una nueva naturaleza á nuestros órganos; ó en fin de que algunos de nuestros juicios en punto á sabores y olores dependen mucho de la imaginacion, la qual alarmada al principio ó por algunas apariencias de perjuicio que el tal olor podia causar al individuo, ó por algunas impresiones nuevas y sospechosas, hace nacer con precipitacion en el alma sentimientos de aversion á ciertos objetos; y asi sucede que defengañada esta despues por la experiencia, se acostumbra poco á poco á aquellas mismas sensaciones y objetos que habia falsamente tenido por perjudiciales y funestos.

34. APLICACION II. Por los principios que acabamos de establecer y ampliar, se entiende facilmente en que consiste que se comuniquen las *Enfermedades contagiosas*: que un apestado v. g. que haya en una Ciudad la inficione toda, y despues toda una Provincia, y aun todo un Reyno.

Hay en el *Apestado* una violenta efervescencia que ocasiona en él una emanacion permanente de corpúsculos venenosos, sea la que quiera la causa y naturaleza de este veneno fácil de comunicarse; misterio que aun no nos han podido explicar los Médicos y Físicos mas ilustrados. Estos corpúsculos venenosos emanados de el sujeto apestado se pegan á los muebles, alimentos, personas, paredes, y á toda la masa del ayre que tiene al rededor de sí.

Los que respiran esta masa de ayre infestada introducen en sus pulmones mediante la inspiracion una cantidad cada vez mayor de estos corpúsculos, que mezclándose continuamente con la sangre y humores, y circulando sucesivamente por las diversas partes del Cuerpo alteran con mas ó ménos prontitud los principios de la economía animal, y engendran la misma especie de desórden y corrupcion que les ha producido, ocasionando igualmente una efervescencia perjudicial y destructiva, que produce tambien una emanacion semejante de corpúsculos venenosos, capaces de causar los mismos efectos y estragos.

El mal crece y se aumenta con las causas que le producen: bien pronto algunas *Personas inficionadas* inficionan millares de otras, y hechá la peste cada vez mas comun y general, se aumenta y fortifica de dia en dia con el número de las infelices víctimas que devora, y que convierte en nuevos manantiales de corrupcion y contagio.

DEMOSTRACION TERCERA.

VIDA DE LOS ANIMALILLOS IMPERCEPTIBLES.

La *invencion de los Microscopios* ha hecho descubrir en la Naturaleza un nuevo mundo de seres vivientes y animados, dignos de la atencion y admiracion de un Filósofo. Vamos á referir aqui y observar los maravillosos descubrimientos que debemos á este instrumento, y

que nos servirán para formar una idea mas completa de la prodigiosa division de la Materia.

35 EXPERIENCIA I. Despues de haber fixado horizontalmente un Microscopio solar en un agujero hecho en el postigo de una ventana de un quarto bien cerrado, y haberle dispuesto de fuerte que los rayos del Sol que caen sobre el espejo colocado fuera del microscopio reflexen sobre el objeto y la lente del microscopio, y pasando por medio de este vayan á dar en la pared opuesta que debe estar bien blanqueada, ó cubierta de un carton blanco muy grande.

Póngase en el TRANSPORTA-OBJETOS que debe ser un vidrio muy delgado y muy limpio, un poco del polvo que se forma en el queso seco, distribuyéndolo de fuerte que no pueda impedir el tránsito de la luz, y colóquese en el punto conveniente en una direccion paralela al objeto y á la lente.

EFFECTOS. Hecho esto; se verá pintarse sobre la pared ó el carton un hormiguero de animales de una misma especie, todos vivos y animados, tan grandes que algunos parecerán casi doble mayores que las ranas mas grandes. En esta pintura se observará distintamente su figura, su cabeza, sus principales miembros, los pelos rulos de que están cubiertos, el movimiento y aun la especie de movimiento que tienen; se podrán contar sus pies, distinguir sus diversas articulaciones, y se llegará á percibir hasta la circulacion interna de sus humores.

EXPLICACION. Este polvo del queso, en el que la vista mas perspicaz no descubre cosa alguna viviente y animada, está compuesto de unos *animalillos* enteramente semejantes entre sí y de una misma especie, que se llaman *Aradores*, y de pequeños corpúsculos inanimados é irregulares, que acaso serán los alimentos ó escrementos de esta pequeña República. En este polvo no se halla mas que una especie de animalillos; sin duda porque este alimento no es conveniente para otra especie de animales microscópicos, mas que para esta.

36. EXPERIENCIA II. Póngase en el *transporta-obje-*

tos una gotita de agua tomada de un charco en que nazcan plantas acuáticas, ó de una porcion de agua en que se haya puesto en infusion heno, paja, flores diversas, ó partes de qualesquiera plantas, dexándola expuesta por espacio de ocho dias al ayre libre en tiempo caluroso, y á la sombra.

EFFECTOS. Esta gota de agua se pintará en la pared ó en el carton como un pequeño estanque en que se verán nadar una multitud de animales acuáticos de diversas figuras y naturaleza, cuyas especies se distinguirán claramente. Unos bastante semejantes á bolas pequeñas se alargan en línea recta, y forman siempre ángulos bastante perceptibles, mudando la direccion de sus movimientos: otros de una figura mas oval y mas prolongada no hacen mas que dar vueltas al rededor hácia todos lados. Otros compuestos de anillos se mueven con movimiento vermicular como las orugas y sanguijuelas: otros en fin arrastran y emplean en moverse sus patas, colas, y cuernecillos.

Se descubren en algunos de estos animalillos los órganos principales, y aun la circulacion de los humores, y no hay mas motivo para dudar de su vida que de la de los peces ordinarios. Una gota muy pequeña de agua presenta á veces mas de veinte especies diferentes entre sí, cuyos individuos no se distinguen sino en ser unos mas corpulentos que otros, señal de que los unos han llegado ya, y los otros caminan aun á su acrecentamiento natural. Por poco que se observen con atención unos y otros, se consigue descubrir hasta la causa final de sus movimientos. Con efecto se les ve que se comen unos á otros, y se concibe claramente que estos animalillos acuáticos, imitando en su modo de vivir y obrar las diversas especies de peces que nos presentan el mar, los rios, nuestros estanques y vivares, se alimentan unos á costa de otros, y que de consiguiente unos se mueven para agarrar la presa, y otros para evitar su destruccion.

37. EXPLICACION. ¿ Pero como se hallan y forman estos animalillos acuáticos en una agua en que no se ha

hecho mas que echar en infusion plantas de diferentes especies?

Es muy verosímil que estos animalillos aquíaticos, que abundan principalmente á las orillas de los charcos y estanques sean ovíparos, como la mayor parte de los peces que conocemos, y pongan como casi todas las especies de peces una multitud inmensa de huevos destinados á multiplicar y perpetuar sus especies. Estos huevos como infinitamente pequeños suben con los vapores del agua á diferentes alturas de la Atmósfera, de donde cayendo con las lluvias y rocios penetran y se insinuan juntamente con el agua en que están envueltos, y les sirve de vehículo en las plantas, flores y frutos donde encuentran conductos proporcionados á su figura. Estos huevos detenidos y fixados en el heno, paja, flores y plantas por las partes de materia bruta de estas substancias entran en su composicion, y forman parte de sus constitutivos sólidos, mientras estas substancias permanecen en su estado natural.

Pero quando la planta v. g. llega á corromperse poco á poco en el agua mediante un grado de calor proporcionado, su disolucion los desata, el calor y la humedad los dan una fermentacion que los hace empollar, y á su tiempo salir de ellos animalillos de diferentes especies, como vemos que sucede en iguales términos con diferentes especies de peces.

38. EXPERIENCIA III. Póngase en el *transporta-objetos* una gota de vinagre añejo, que haya estado expuesto al ayre libre en una botella de vidrio por el espacio de ocho dias en tiempo caluroso, y á la sombra.

EFFECTOS. En este caso se pintará en la pared ó el carton un estanque encarnado, en que se verán nadar insectos pequeños de una misma especie, semejantes unos á otros en su figura y movimientos, de casi un pie de largos, y de un tercio ó quarto de pulgada de anchos. No se ve en este estanque mas que una especie de animalillos, sin duda porque el vapor del vinagre hace perecer todas las demas. Y así si se echa en la botella di-

cha una cantidad mas ó ménos considerable del agua que ha servido para la segunda experiencia de que hemos hablado, se verán igualmente en esta mezcla las mismas anguilillas que en el vinagre solo, pero no se verá ninguna de las especies que vivian en el agua, y quando mas se dividirán sus pequeños cadáveres, á causa de haberlos muerto todos el vinagre, cuyas partículas son para ellos un veneno mortal.

39. NOTA. Se pueden hacer las mismas experiencias, y descubrir los mismos efectos no solo por medio del microscopio solar, sino tambien por medio de *otro cualquiera microscopio*. Con qualquiera instrumento de esta especie se ven los mismos animalillos, las mismas partes, y las mismas proporciones, sin otra diferencia que la de que el microscopio solar representa las cosas mas en grande, y necesita hacerse la experiencia con él en tiempo muy sereno, y quando haga un sol resplandeciente. Se pueden multiplicar y diversificar quanto se quieran las experiencias de esta clase; pero las tres que acabamos de referir, bastan para acreditar la inconcebible division de la Materia en el Reyno animal, y para hacernos ver que el Autor de la Naturaleza no obstenta ménos sabiduría y poder en el reyno animal, que ha estado por tanto tiempo oculto á nuestra vista, que en el que todos los dias nos está dando en los ojos.

40. COROLARIO. Los miembros y órganos que la vista descubre y observa en estos Animalillos, nos hacen venir en conocimiento de los que por su pequeñez no podemos ver ni observar; á la verdad no hay razon alguna que excluya ó debilite en la materia presente el juicio de analogía sobre el que está fundada toda la Física. (*Met.* 101. y 948.)

Estos Animalillos son en pequeño, lo que los demas animales aquáticos y terrestres son en grande. Ellos tienen una cabeza que debe estar compuesta de piel, nervios, carne, medula y membranas: tienen una boca para agarrar, saborear, y aun acaso para masticar los alimentos: tienen estómago que debe tener sus tunicas ca-

paces de extenderse y encogerse, y sus jugos destinados á obrar la fermentacion y digestion de las sustancias de que se nutren: tienen intestinos de diferentes especies y grandores para facilitar la nutricion y evacuacion, y tienen sin duda ojos destinados á servirles de guia, así para procurarse el alimento que les conviene, como para escaparse de las especies enemigas que los buscan: tienen en fin venas, arterias, sangre, ó humores que hacen las funciones de sangre, para conservar en ellos el movimiento y la vida.

¡ Que inconcebible pequeñez en las partes como infinitamente pequeñas de un todo, él en sí mismo como infinitamente pequeño! Suponiendo que las moléculas de sangre ó de humor de los mas pequeños animalillos que se descubren con el microscopio, sean á las moléculas de sangre ó de humores del cuerpo humano, como el cuerpo de estos animalillos es al cuerpo humano, el Filósofo Keil Ingles ha sacado mediante el calculo, que un volúmen de sangre ó de humores de estos animalillos igual al volúmen de un grano de arena casi invisible contendrá mas partes, que granos de arena visibles podrian contener diez mil doscientas cinquenta y seis de las mas altas Montañas de la Tierra, si fuesen todas de arena.

DEMOSTRACION QUARTA.

DIFUSION DE LA LUZ.

41. EXPERIENCIA: En una noche serena y clara póngase en lo alto de una torre ó de un campanario una *Vela encendida* de las de á seis en libra; su luz se alcanzará á ver á distancia de dos leguas.

EXPLICACION. Vemos que la superficie superior de la Vela líquida por el fuego sube sin cesar como un pequeño arroyuelo al pábilo encendido, y le provee de partículas igneas y luminosas, que se escapan hácia todas partes con una velocidad inconcebible; y así la pequeña cantidad de cera que se consume á cada instante, se di-

vide en partículas luminosas, que se distribuyen por toda la capacidad de una esfera de quatro leguas de diámetro; de tal fuerte que no hay punto alguno sensible en esta esfera en el que puestos nosotros, no fuesen conmovidos nuestros ojos por las partículas despedidas del seno de esta Vela encendida. ¡Que inmenso número de puntos sensibles en la capacidad de esta esfera; y en que innumerable multitud de partículas como infinitamente pequeñas no debe pues estar dividida la pequeña porción de Cera que se extiende y distribuye á cada instante de un modo sensible por todos estos puntos!

El Doctor Neuwenhüt ha descubierto por medio del cálculo, que no se consume de esta Vela encendida en cada segundo mas que una cantidad de cera igual en peso á la quatuordécima parte de un grano (lo que viene á ser como la octo-milésima parte de una onza): y que esta octo-milésima parte de una onza de cera que se consume en un segundo, da de sí en cada segundo un número de partículas luminosas que excede al número de granos pequeños de arena que serian necesarios para formar 100,000,000,000,000 de Globos iguales en masa y volúmen á este Globo terrestre que habitamos.

IDEA DE LOS CUERPOS LUMINOSOS.

42. APLICACION. Todos los *Cuerpos luminosos* producen y despiden la luz por un mecanismo bastante semejante al de la Vela encendida de que acabamos de hablar. En todo cuerpo luminoso hay una efervescencia intestinal, sea la que quiera su causa, que divide, depura, pone en movimiento, y arroja en torrentes los corpúsculos luminosos, que vienen á dar directamente ó por reflexión á nuestros ojos.

I. Las maderas, los aceytes y las grasas son como los almacenes ó depósitos en que se contiene una cantidad muy abundante de materia luminosa que permanece

ce detenida y fixada por las partes brutas de estas substancias, hasta que la impetuosa accion del fuego quebrantando las cárceles en que están encerradas, y quitándolas las trabas que las embarazan, imprime á sus moléculas depuradas y simplificadas la velocidad como infinita de que son susceptibles.

II. Las *Luciérnagas* tienen en su cuerpo depósitos de sustancias oleosas, de los que mediante una fermentacion permanente despiden por sus poros torrentes continuos de moléculas luminosas que reparan con la nutricion á medida y proporcion que la evaporacion las disipa. Por un mecanismo bastante semejante se hacen luminosas algunas maderas, que corrompiéndose adquieren el último grado de fermentacion, en cuyo estado despiden de sí como las *Luciérnagas* torrentes permanentes de materia ignea y luminosa, que la fermentacion defata y disipa.

III. Las exhalaciones que fermentan ó se inflaman en la Atmósfera, despiden hácia todas partes torrentes de moléculas igneas, que causan los varios *Meteoros luminosos* que observamos.

IV. El Sol y las Estrellas deben tambien tener efervescencias excesivas, de donde provenga esta emanacion constante de partículas luminosas que vienen á distancias inmensas á commover las fibras de nuestros ojos, y á hacernos conocer su existencia.

Mas adelante haremos ver que las pérdidas que padecen los Astros por esta causa no pueden agotarlos, ni disminuirlos sensiblemente, porque ademas de que la cantidad de materia que disipa su irradiacion permanente es muy poco considerable, esta pérdida se repara con la porcion de materia poco mas ó ménos igual que adquieren continuamente. (691.)

43. RESULTADO. Por las quatro Demostraciones que acabamos de establecer y desenvolver, consta que la Materia tiene en sus Elementos una *Division real* que excede toda nuestra inteligencia, ó que los Elementos de la Materia son de una pequenez tan fuma que no pue-

de concebirla el entendimiento humano. L. Q. P. D. (a)
 44. COROLARIO. Se sigue de aquí, que quando la explicacion de los fenómenos de la Naturaleza exija que se supongan los Elementos de la Materia de una pequenez inconcebible, no se supondrá nada que no esté evidentemente comprobado y demostrado por la Experiencia.

SECCION TERCERA.

DIVISIBILIDAD DE LA MATERIA.

La inconcebible division de la Materia que acabamos de exponer, y demostrar, es muy suficiente para explicar los varios fenómenos de la Naturaleza, que la indican y suponen; pero no prueba nada en favor de la Divisibilidad al infinito. Si la Materia es divisible al infinito, por extrema que se suponga fer la pequenez á que se reduce un Elemento de Materia mediante la Division, hay siempre una distancia infinita entre la Division efectiva y la Division posible al infinito; No presta pues la una fundamento alguno para que infiramos la otra.

IDEA DEL CONTINUO.

DEFINICION. Se llama Continuo un conjunto de elementos de Materia unidos, qualquiera que sea su naturaleza y masa; tales son un pedazo de mármol, un grano de arena, una gota de agua &c. Un elemento solo simple en su ser ó sin composicion alguna de partes (si es que existen semejantes Elementos en la Naturaleza) no hace un Continuo.

45. OBSERVACION. Todos los Filósofos ilustrados convienen en reconocer, que los Agentes criados no pue-

(*) Esta cifra es equivalente á la latina QUID ERAT DEMONSTRANDUM, y quiere decir, LO QUE PROPUSIMOS DEMOSTRAR.

den dividir la materia que forma un *continuo*, mas que hasta un cierto punto, mas allá del qual ya no podrian nada sobre ella quantos esfuerzos se hiciesen para dividirla mas: Ya sea que esto provenga, de que las moléculas primitivas que la componen son substancias absolutamente simples en su naturaleza, ya sea que provenga de que el Criador, cuya eficaz Voluntad ha hecho la Naturaleza lo que es, haya querido y decretado que estas Moléculas primitivas, compuestas de un número finito ó infinito de partículas distintas, estuviesen unidas constante é inseparablemente, formando un mismo Todo indestructible.

El estado pues de la cuestión presente consiste únicamente en decidir si estas Moléculas primitivas, principios de los Cuerpos extensos y sensibles son divisibles al infinito en sí mismas, de tal suerte que un Agente de un poder infinito pudiese estarlas dividiendo eternamente en mitades, quartas, centésimas, millonésimas partes, y así progresivamente al infinito, sin llegar jamas á un estado en que la division de las partes ya divididas dexase de ser aun posible en sí misma.

¡ Razon humana dexa ya de imputar á *solos los Misterios de la Religion* tinieblas que te irritan, é injustamente te enfadan contra ella! He aqui una materia en que te es permitido dar un libre esfuerzo á toda tu actividad; en que no eres confinada, ni cautivada por la proximidad de ningún dogma de la Religion; en que la cosa que quieres conocer está expuesta todo lo posible á tus ideas, tus juicios, tus razonamientos, tus sensaciones, y cae baxo de toda la esfera de tu capacidad intelectual.

Al cabo de casi tres mil años que hace que estás haciendo esfuerzos para decidir si un grano de arena es divisible al infinito; ¿que conocimientos bastante claros, fundados y decisivos has adquirido en este punto? ¡En que espesa nube, en que intrincado laberinto no te ves envuelta y abismada, qualquiera que sea el partido que tomes despues de las mas largas y profundas meditacio-

nes sobre una materia tan proporcionada á tu alcanzel. Reconoce pues que las tinieblas que te humillan, tienen su principio y raiz en tu misma naturaleza, en los límites estrechos de tu inteligencia débil. Dexa ya de ofenderte de las obscuridades que traen consigo los sublimes Misterios de la Religion, cuyo objeto está tan fuera de la esfera de tu capacidad, viendo que en una materia que parece estar tan dentro de ella, lo absurdo aparece siempre al lado de lo evidente, y que la verdad que te esfuerzas á descubrir se escapa obstinadamente á tus investigaciones, ó no consigues mas que llegar á divisarla por entre obscuridades y tinieblas.

La *Divisibilidad de la Materia ó del Continuo* en los términos que la acabamos de exponer es una cuestión de mera curiosidad, de la que casi en nada depende la Teoría de la Naturaleza; pero no habiendo dexado de despertar y excitar en todos los Siglos la atención de los mas bellos ingenios, quienes todos ó casi todos han tomado partido en pro ó en contra, y mereciendo la atención de todo Espíritu filosófico las ideas y opiniones de estos grandes Hombres, vamos á exponerlas en los dos párrafos siguientes con la mayor claridad y brevedad que nos sea posible.

PARRAFO PRIMERO.

SENTENCIAS CONTRA LA INFINITA DIVISIBILIDAD DE LA MATERIA.

PUNTOS ZENÓNICOS.

46. SENTENCIA I. El fundador de la Secta Estoica el célebre Zenon se declaró contra la infinita divisibilidad de la Materia.

El Continuo, segun Zenon, no es divisible mas que hasta que se llega con la division á ciertas *Partes inex-*

tensas é indivisibles, cuyo número es finito en todo Continuo. Quando se ha llegado con la division á estas partes inextensas é indivisibles, ya no se puede. (segun él) dividir mas la Materia, porque ya no tiene partes que puedan dividirse.

Estas partes inextensas é indivisibles, principios primitivos de todos los Cuerpos cuya extension forman por su reunion, es lo que los Sectarios de este Filósofo han llamado *Puntos Zenónicos*, ó *Puntos Físicos*.

47. NOTA. No se debe confundir el Punto Zenónico con el Punto Matemático.

I. El *Punto Zenónico* si existe, es un elemento determinado de Materia, que excluye positivamente toda extension, composicion, ó multitud de partes. El *Punto matemático* es una porcion infinitamente pequeña de materia extensa ó inextensa, que se considera como el principio ó término de qualquiera dimension del cuerpo menurable.

II. El *Punto Zenónico* es esencialmente incompatible con la mas minima extension, pues esta destruiria su naturaleza. El *Punto matemático* subsiste con una extension infinitamente pequeña, que no obsta cosa alguna á las demostraciones á que sirve de fundamento.

Si se demuestra que todo elemento de Materia es extenso y compuesto de partes, toda la Teoría de los *Zenónicos* ya por tierra; pero con todo la Teoría de los *Matemáticos* subsiste; porque los primeros tienen por objeto establecer la inextension real y absoluta de los *Puntos físicos*, y los segundos se ciñen á establecer sus demostraciones y cálculos, que son independientes de la extension ó inextension de los *Puntos matemáticos*. El *Zenónico* excluye formalmente de sus puntos la extension. El *Matemático*, concibiendo sus puntos, prescinde de la extension infinitamente pequeña que puedan tener; y así las razones á que no podria responder el primero no son de fuerza alguna contra el segundo.

48. ASERCION. No es verosímil que los *Cuerpos estén compuestos de Puntos Zenónicos*.

DEMOSTRACION I. La *extension de qualquiera Continuo* como de un pedazo de mármol, nace evidentemente de la naturaleza y reunion de las partes que le componen: luego estas partes tienen extension: luego estas partes no son inextensas.

Demuestro la consecuencia. Es evidente que una negacion ó una privacion de extension, añadida un millon ó una infinidad de veces á otra negacion ó privacion de extension no puede formar una extension, como ni un número qualquiera de negaciones ó privaciones de fer, añadidas al infinito unas á otras no puede constituir un fer; asi un número qualquiera de negaciones ó privaciones de oro ó de plata, añadidas y acumuladas al infinito no puede producir una masa de oro ó de plata. Luego un número qualquiera de Puntos Zenónicos, cada uno de los cuales tiene inherente á su naturaleza la negacion ó privacion de extension, no puede formar una extension.

Luego la extension de este Continuo ó de este Pedazo de mármol no resulta de un número finito ó infinito de elementos sin extension. Luego los elementos que por su naturaleza y por su reunion forman la extension de este Continuo ó de este Pedazo de mármol tienen necesariamente cada uno una pequeña extension real y positiva. Luego estos elementos cuya suma reunida forma y constituye la extension total de este Pedazo de mármol, no son Puntos Zenónicos sin extension alguna. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Representétese por el pensamiento un *Elemento de Materia* de una pequeñez qualquiera, de una pequeñez mil millones de veces menor que la que quiera atribuirle un Sectario de Zenon.

Bien se concibe que este elemento tiene aun muchas caras, de las que la una no es la otra, la una mira al Oriente, la otra al Occidente, la una al Zenith, y la otra al Nadir. Luego por dividida que se suponga una porcion de Materia se conciben todavia en cada uno de sus elementos divididos muchas caras ó muchas par-

tes de las que la una no es la otra.

Luego en virtud del principio fundamental de todas las Ciencias, segun el que se debe afirmar de las cosas lo que el entendimiento concibe necesariamente en ellas, se debe afirmar la multitud de partes del mas pequeño elemento de Materia, que el entendimiento puede concebir en la Naturaleza. Luego es falso que haya en la Naturaleza Elementos de Materia sin extension y sin partes. (L. O. P. D.)

49. NOTA. Decir con un Filósofo moderno, que aunque se concibe siempre en los Elementos de la Materia extension y multitud de partes, no se sigue de aqui que estos elementos sean tales en sí mismos, es á mi parecer echar por tierra el principio fundamental de todas las ciencias, ú oponerse enteramente á él.

Para mí esto es lo mismo que decir, que aunque se concibe siempre la parte como menor que el todo, no se sigue de aqui que la parte sea en sí misma menor que el todo. (Met. 307.)

LAS MONADES DE LEIBNITZ.

50. SENTENCIA II. Leibnitz soñaba á veces así como Descartes; pero los sueños de estos dos grandes hombres eran siempre los Sueños del ingenio, mas sublimes é interesantes que las infusas y rateras meditaciones de los hombres regulares.

Fué sin duda en uno de estos sueños sublimes en el que Leibnitz inventó su *Sistema de las Monades*, que es muy probable deba su origen al gusto dominante de este Filósofo, por este bello principio filosófico que él queria aplicar á todo: *nada se hace, nada debe afirmarse sin una razon suficiente.*

Para dar generalmente razon de todo quanto hay y aparece en el Universo, concibió Leibnitz la Naturaleza entera baxo la idea de un conjunto infinito de Monades, que supuso ser en sí mismas y en su ser primitivo *simples* y sin composicion alguna, *inextensas* y sin

alguna dimension, *dosemejantes* y sin igualdad alguna de perfeccion, *activas* ó capaces de acción y movimiento, *representativas* ó capaces de retratarse y concebirse las unas á las otras (4).

Mediante esta idea y este pequeño número de suposiciones y postulados filosóficos, el Autor de las *Monades* emprende explicar filosóficamente todos los grandes fenómenos de la Naturaleza.

Todo es *Monades*, segun Leibnitz. Dios es una *Monade*; *Monade* eterna é increada á quien todas las demas deben su existencia. El Alma humana es una *Monade*: *Monade* espiritual mas perfecta, mas representativa, mas inteligente que todas las *Monades* materiales. El Alma del bruto es una *Monade*; *Monade* inmaterial, capaz de sentimiento y de algunos conocimientos. Cada Elemento de Materia es una *Monade*; *Monade* que se diferencia necesariamente en género é intensidad de perfeccion de qualquiera otra *Monade*, siendo imposible que haya en la Naturaleza dos *Monades* espirituales ó inmateriales de igual perfeccion.

¿Pero porque Leibnitz atribuye ó supone en sus *Monades* las qualidades ó propiedades que acabamos de referir? He aqui las razones que le movieron á ello, las que bastará indicar ó hacer entrever.

51. EXPLICACION I. Leibnitz *hace sus Monades simples* para dar razon de la composicion de los Cuerpos, que él pretende no ser otra cosa que la union de *Monades* simples; porque (segun él) no es dar razon del Compuesto, explicarle por otros compuestos subalternos, pues siempre queda que explicar, porqué estos compuestos subalternos son ellos mismos Compuestos.

II. *Las hace inextensas* para dar razon de la extension de los cuerpos, que él quiere que provenga de la union de *Monades* inextensas; porque decir que un cuerpo es extenso, porque es compuesto de puntos ó átomos extensos, no es dice Leibnitz, explicar la extension, pues resta siempre explicar, porqué estos puntos ó estos átomos son ellos mismos extensos.

III. Las *hace desemejantes*; en primer lugar para dar razon de la diversidad que se ve en toda la Naturaleza, como de la diversidad de ingenios y caracteres en los hombres, y de virtudes y propiedades en los mixtos y en todos los cuerpos, la qual quiere que provenga de la diferencia ó desemejanza intrínseca y primitiva de las Monades de que están formados. En segundo lugar por que piensa (conforme á su Sistema del Optimismo) (66o) que si hubieran sido posibles dos Monades semejantes y de igual perfeccion, no hubiera Dios podido criar ni una ni otra: porque no hubiera habido *razon* alguna *suficiente* para que criase una con preferencia á la otra. La existencia de las Monades indica pues (segun Leibnitz) una diferencia intrínseca de naturaleza y perfeccion en cada Monade en particular. (*Met.* 66o.)

IV. Las *hace activas* para dar razon de esta suma constante de movimiento que anima la Naturaleza, de esta permanente actividad que destruye y reproduce continuamente los Seres en cada una de las Especies.

Las varias Monades, cuya union forma la Naturaleza entera, han recibido (segun Leibnitz) desde el principio de su existencia una cantidad y determinacion privativa de movimiento, las quales reproduce continuamente su actividad natural segun el mismo modelo. En cada Monade el primer movimiento determina el segundo, el segundo el tercero, y así seguidamente al infinito: de suerte que la accion presente de qualquiera Monade es una consecuencia necesaria de la primera impresion ó determinacion que tuvo en el primer instante de su existencia; y esta misma accion es causa necesaria de todos los movimientos futuros que deben tener en qualquier tiempo que sea, así esta Monade como todas las Monades sobre las quales influye mas ó ménos por su movimiento presente.

Represéntese, si se puede, un Relox indestructible, que puesto una vez en movimiento se volviese á montar por sí mismo eternamente, y cuyas diferentes ruedas engargantadas desde la primera á la última no tuvie-

fen jamas sino movimientos dependientes del primero que se las imprimió: He aquí una imágen sensible y bastante semejante del mecanismo físico que (segun Leibnitz) anima constantemente la Naturaleza. He aquí una *Harmonía preestablecida* de cosas, ó un encadenamiento de causas y efectos, que se conciliará como se pueda con la libertad humana.

V. *Las hace representativas*, para dar razon, asi de los pensamientos que tienen las substancias inteligentes, como de las imágenes que imprimen en nosotros las substancias materiales.

Mi alma concibe á Dios, la virtud, el bien, la sabiduría, la extension, la duracion, porque es una Monade naturalmente representativa de estos objetos, y ligada en el Lleno con todos ellos. El olor de una rosa hace nacer en mí la imágen de la rosa, porque estos corpúsculos olorosos son como tipos ó moldes en que está estampada la imágen de la rosa que los produce. Los rayos de la luz me pintan los diversos cuerpos que los despiden ó reflexan, porque son otras tantas Monades selladas con el cuño de los cuerpos luminosos que los producen, ó de los cuerpos opacos que los rechazan.

Todo está ligado y encadenado en el Lleno, segun Leibnitz. Yo no puedo mover mi pie sin imprimir á la Materia que me rodea, un movimiento que se comunica disminuyéndose siempre á toda la Naturaleza hasta mas allá del Sol y las Estrellas. Uno que está cerca de mí tendrá una imágen, idea, ó percepcion viva del movimiento de mi pie, porque recibirá una impresion viva y sensible que imprimirá mi movimiento á la Monade representativa é inteligente que le anima. El Emperador de la China no tendrá, ni podrá tener mas que una imágen ó idea confusa del movimiento de mi pie, porque la Monade representativa é inteligente que le anima recibe una impresion muy débil y confusa del movimiento de mi pie.

Dé aquí (segun Leibnitz) las ideas claras, confusas, parciales y adecuadas. La Monade-Dios tiene ideas adecuadas ó completas de todo, porque está presente en to-

das partes, y es infinitamente representativa de todo. La Monade-Alma humana tiene ideas de lo pasado, de lo presente y de lo futuro, porque es susceptible de impresiones relativas á estos tres tiempos, y estas imágenes son ya claras, ya confusas, pero siempre inadecuadas, porque no existe sino en un punto del Infinito en duracion y extension, y no tiene mas que una virtud representativa finita. La Monade-Alma del Bruto tiene imágenes ó percepciones ménos extensas y mas imperfectas de todo, y la Monade-Materia en los vegetables, minerales y qualquiera otro cuerpo es aun mas imperfecta que la especie de Monade que anima los Brutos.

¡Que Sistema el de las Monades! Los Filósofos Alemanes le han adoptado con entusiasmo: Los Ingleses no se han dignado de refutarle, y no han hecho mas que reírse de él. Pero Leibnitz merece, aun quando no se siga su parecer, que se le refute de otro modo que con risas.

52. NOTA. En quanto á la accion de las Monades espirituales sobre las materiales, ó de las Almas sobre los Cuerpos, Leibnitz da razon de ella por la Hipótesis mas singular que jamas se ha imaginado, y que no es mas que una consequéncia ó aplicacion particular de la armonía ó encadenamiento que hemos expuesto. Leibnitz quiere que el Alma y el Cuerpo de un mismo hombre sin dependencia alguna, ni relacion entre sí sean dos substancias de tal fuerte constituidas, que la una haga una cierta serie de percepciones, y la otra una cierta serie de movimientos, y que la Sabiduría divina que lo ha previsto todo y combinado desde el principio de las cosas haya construido estas dos Monades, de tal fuerte que por una fatalidad natural y intrínseca, á quien condecora con el bello nombre de *Harmonía pre-establecida*, los movimientos de la una se hagan siempre precisamente, quando parece que lo exigen las percepciones de la otra, y recíprocamente las percepciones de la una se hagan quando parecen exigirlos los movimientos de la otra, de modo que las percepciones parezcan depender de los movimientos y los movimientos de las percepciones.

Así (segun Leibnitz) el alma de Virgilio hacia verfos, y su mano los escribia , sin que hubiese ningun enlace , conexi6n 6 dependencia entre los movimientos de la mano y las ideas del alma , y solo en virtud de una simultaneidad de exiſtencia, prevista y preestablecida por el Criador.

Si esto es así , como lo ſoſtienen con entusiasmo casi todos los Fil6ſofos Alemanes ; era muy indiferente que el alma de Virgilio habitase el cuerpo de este Poeta 6 qualquiera otro , y nosotros hubiéramos tenido el mismo Poema aunque su alma hubiera habitado en Júpiter 6 Saturno.

53. ASERCION. *Las Monades de Leibnitz no ſ6n admisibles.*

DEMOSTRACION I. Las mismas razones que destruyen los Puntos f6sicos de Zenon , echan igualmente por tierra las Monades de Leibnitz , pues una y otra Sentencia pretende que la extension de los Cuerpos provenga de la union de principios , que no tienen absolutamente extension alguna. (48)

II. Se da la razon de la Extension y Composicion de las mol6culas primitivas de la Materia , diciendo que su naturaleza es ser extensas y compuestas de partes.

Y Leibnitz haria mal en no admitir esta razon , porque si se le pregunta á él porqué sus Monades ſon simples é inextensas está forzosamente obligado á recurrir á la misma respuesta , diciendo que las Monades ſon simples é inextensas , porque su naturaleza es ser tales.

III. En otro lugar demostraremos , que de una materia homog6nea se pueden formar Mixtos diferentes. Luego para dar razon de la diversidad de los mixtos , sobre la qual funda Leibnitz su principal prueba en este punto , no es necesario admitir Monades intr6secamente diferentes en su naturaleza primitiva. (144)

Quanto á la razon que alega tomada de su Sistema del Optimismo para establecer la diversidad intr6seca de sus Monades , habiendo refutado ya este Sistema singular que no se puede componer con la libertad de Dios , y

que carece de todo fundamento, hemos impugnado de antemano todas las aplicaciones que se pueden hacer, y quantas conseqüencias se quieran facer de él. (*Met.* 661. y 662.)

IV. Demostrarémos bien pronto que la Materia abandonada á sí misma no tiene por propiedad mas que una *intrínseca Inercia*. Luego es falso que las Monades de la Materia sean activas por sí mismas. Luego para explicar el movimiento perpetuo de la Naturaleza se debe recurrir á una Causa diferente de la actividad de las Monades, qual es la acción de Dios, único Autor y Conservador del movimiento de la Naturaleza. (75)

V. Hemos demostrado en nuestros Elementos de Metafísica, no solo que la Materia no piensa, sino aun que es totalmente incapaz de pensar. Luego es falso que las Monades que componen el lodo v. g. la arcilla, la luz, los cuerpos sonoros, los cuerpos olorosos &c. tengan el rayo de inteligencia que les atribuye Leibnitz. (*Met.* 710.)

Hemos demostrado ademas en los mismos Elementos, que las ideas y sensaciones que hacen nacer en nosotros las impresiones de la Materia que conmueve nuestros sentidos como causa ocasional, son producidas en nuestra alma únicamente por la acción del Criador. Luego para dar razon de las imágenes y sensaciones que tenemos de los objetos, no es necesario suponer en las Monades de la Materia una fabulosa y chimerica virtud representativa. (*Met.* 330. y 344.)

VI. El encadenamiento singular de movimientos que supone el Autor del sublime Delirio de las Monades tira á establecer en la Naturaleza una *fabulosa Fatalidad* que se compone muy bien con los Principios del Protestantismo que él profesaba, pero que reprueba la Razon, y desmiente el sentimiento íntimo de nuestra Libertad. (*Met.* 743 y 744.)

¿Como he de ser yo efectivamente libre, si las determinaciones de mi alma no son mas que una conseqüencia necesaria de las primeras impresiones que ha recibido desde el principio de su existencia; si los mo-

vimientos de mi cuerpo no son mas que un efecto necesario de las primeras determinaciones que han tenido en sí mismos los elementos que componen mi cuerpo, ó que reciben de otros elementos de Materia con quienes están harmónicamente ligados y encadenados?

Luego las Monades de Leibnitz no son admisibles en ningun punto. (L. Q. P. D.)

CHIMERA DE LOS PUNTOS INFLADOS.

54. SENTENCIA III. Para evadirse de las dificultades que trae consigo la infinita Divisibilidad de la Materia, algunos pretendidos Filósofos han imaginado Atomos ó Puntos reales y físicos de diferentes figuras y masa, que no tienen extension real, sino solo una extension virtual, en fuerza de la qual equivalen á puntos que tuviesen extension real. Estos Puntos se inflan y desinflan por sí mismos segun conviene, sin adquirir nada inflándose, ni perder nada desinflándose. Por grande que se suponga ser el volúmen que adquieren quando se inflan, quedan con todo indivisibles, porque sola la extension es divisible, y la naturaleza de estos puntos es no tener extension, sea el que quiera el volúmen que lleguen á tener.

REFUTACION. Una Opinion tan absurda apenas merece refutacion seria. ¿Que es una *Inextension real* que tiene una extension virtual y que viene á ser una extension real? Como se pueden concebir en estos átomos ó puntos diversas caras, sin concebir multitud de lados, de los quales el uno no sea el otro? ¿Como pueden estos puntos inflarse ó desinflarse, sin tener partes que se aparten y aproxímen unas á otras?

Filosofía! ¡A los Filósofos de este jaez es á quienes debes el abatimiento y desprecio en que estuviste en los Siglos de la barbarie y sin-razon, en los que no se hacian servir tus luces sino para ilustrar semejantes tonterías! No olvidemos jamas que envolverse en tinieblas para eludir una dificultad real, es el miserable recurso de la imbecilidad y la ignorancia; pero un recurso que

se desdeña adoptar el Ingenio, y de que se averguenza la Razon.

ATOMOS DE GASENDO.

55. SENTENCIA IV. Gasendo siguiendo á Demócrito y Epicuro admite átomos de diferentes figuras y masa *extensos é indivisibles*; pero se debe advertir que los supone criados y movidos por el Autor de la Naturaleza, al paso que Epicuro y Demócrito los suponian increados y movidos por sí mismos. (*Met.* 578.)

REFUTACION. Si Gasendo hubiera dicho que estos Atomos primitivos extensos y divisibles en sí mismos han recibido del Criador tal figura y masa, que ningun Agente criado puede hacérselas perder; esta Sentencia conforme con la razon y la experiencia nada tendria de reprehensible.

Pero admitir átomos de diferente grandor y figura *extensos á indivisibles* en sí mismos, es admitir cosas que se destruyen mutuamente. ¿Porque como se podrá concebir un átomo cúbico, piramidal, ó lleno de ángulos y concavidades, sin concebir multitud de partes que componen estos lados, cavidades y ángulos sólidos? Como se podrán concebir dos átomos de un grandor desigual, de fuerte que el primero sea doble mayor que el segundo, sin concebir en el primero una cantidad doble de substancia, que se podria dividir en dos, y componer dos átomos iguales al segundo?

Decir que, no obstante esta diversidad de masa y figura, estos átomos extensos son simples y no tienen partes, porque su naturaleza es ser de este modo, es querer sostener una tonta paradoxa por medio de un palpable absurdo. ¿No podré yo con la misma Dialéctica y el mismo tono de verdad y confianza sostener, que el Monte Apenino ó el Atlas son simples y carecen de partes, diciendo igualmente contra toda razon y evidencia que su naturaleza es ser simples y carecer de partes? ¿De quanta inconseguencia no es capaz el entendi-

miento humano, quando estúpidamente ciego y terco se aferra en abrazar un mal Sistema!

Si estos átomos de Gasendo son extensos, tienen á lo menos dos partes; si tienen dos partes, la una no es la otra; la existencia de la una no es la existencia de la otra. Luego la una puede existir sin la otra. Luego la una puede ser separada de la otra. Luego estos átomos *extensos* no son *indivisibles* en sí mismos. (L.Q.P.D.)

PUNTOS SIN CONTACTO DE BOSCOVICH.

56. SENTENCIA V. El Unico que ha conseguido conciliar la inextension de los elementos con la extension de los cuerpos, es el célebre Boscovich, Filósofo ingenioso, y Matemático profundo. Su Sistema capaz de deslumbrar por sus bellas apariencias puede engañar á quien tome lo brillante por lo sólido, las sutilezas por razones, y lo romancesco por lo verdadero. He aquí un pequeño bosquejo de este Sistema.

I. Segun Boscovich, como segun Zenon, los elementos de la Materia son Puntos ó Atomos inextensos de diferente naturaleza unos de otros.

II. Segun Boscovich, como segun Newton, estos elementos tienen atracciones recíprocas en virtud de las quales tiran unos hácia otros.

III. Segun Boscovich, las atracciones están acompañadas de repulsiones. Estos Puntos se atraen y repelen alternativamente, sin poder nunca llegar al punto del contacto; de fuerte que segun él en toda la Naturaleza, en los cuerpos mas duros y mas densos no ha habido jamas, ni puede haber dos átomos que se toquen uno á otro.

IV. En la mayor parte de estos elementos la *Atraccion recíproca* se verifica hasta un cierto grado de proximidad, en llegando al qual los elementos empiezan á *repelerse*. De aquí la accion de la Naturaleza en el ayre, la luz y la materia sutil.

V. En algunos de estos elementos la atraccion y repulsion se mantienen en un *Punto de Equilibrio* ó de igualdad, y como siendo iguales estas fuerzas se destruyen mutuamente, los elementos quedan en quietud. De aqui la Dureza de los cuerpos.

Los Cuerpos fluidos estan compuestos de elementos que se atraen y repelen continuamente, sin poder llegar jamas á un punto de proximidad ó de distancia en que ninguna de las dos fuerzas sea mayor que la otra.

Los Cuerpos duros estan compuestos de elementos cuya atraccion y repulsion llega á los puntos de equilibrio en un grado muy grande de proximidad entre ellos, pero siempre sin que se toquen.

Una mezcla de estas dos especies de elementos, de los cuales unos llegan y otros no llegan jamas al punto de equilibrio entre la fuerza atractiva y la repulsiva, produce Cuerpos de menor dureza.

VI. Estos elementos inextensos forman facilmente en este Sistema una extension real. Porque sea por exemplo, una pulgada cúbica de extension tomada en el Vacío, ó espacio penetrable.

Divídase por el pensamiento esta pulgada cúbica en cien mil cuentos, ó bicuentos de partes, y póngase en cada una de estas partes un átomo inextenso de oro ó mármol, á quien su atraccion y repulsion impedirán aproximarse mas á otros elementos. Se tendrá con esto una pulgada cúbica de extension sólida é impenetrable. El último punto inextenso que esté del lado del Oriente estará distante del último punto inextenso que esté del lado del Occidente, la extension de una pulgada; y estos cien mil cuentos, ó bicuentos de puntos inextensos de oro ó mármol, sin tener extension alguna por sí mismo, tendrán la extension del espacio que ocupan, sin tocarse, ni dexar entrar en él á otros puntos semejantes.

57. NOTA. Este Sistema nacido en Italia casi al mismo tiempo que los Arlequines se introducian en Francia, parece que se resiente demasiado del gusto de su Siglo, y quiere hacer de toda la Naturaleza una verda-

dera arlequinada, (a) capaz acaso de divertir, pero seguramente incapaz de instruir é ilustrar.

¿La *Ley de continuidad* sobre la qual se trata de establecerle, y en virtud de la qual se quiere que todo se haga en la Naturaleza por acrecentamientos y defa-
centamientos sucesivos está bien rigurosamente demostrada en la generalidad, que se la atribuye? ¿Porque un cuerpo que tiene un movimiento como 100. no podria perder súbitamente todo su movimiento sin pasar por todos los grados sucesivamente menores desde 100. hasta 0? ¿Y aun quando esta Ley de la Continuidad estuviese tan rigurosamente demostrada como se pretende, á quien se persuadirán las Chimeras que se quieren inferir de ella? Un Sistema que supone ó intenta probar, que no hay dos Elementos contiguos en la Naturaleza, es un Sistema enteramente refutado por sí mismo; es un Sistema que la razon desaprueba, aun quando admire su brillante compaginacion.

Apenas es probable que Descartes haya estado jamas muy persuadido de la realidad de sus *Turbillones* y *Autómatos*, como ni Leibnitz de la realidad de sus *Monades*, ni Boscovich de la de su *Incontiguidad*. Los hombres grandes se divierten á veces en inventar como por juguete ingeniosas Chimeras, que otros grandes hombres adoptan y sostienen á veces con el mismo gusto é intento, pero que hombres de un ingenio limitado y poco juicioso abrazan de veras, y realizan con entusiasmo.

Este dilucido del último punto inventado que este del lado del Occidente, la extensión de una palabra, y esto es un milagro, ó diccionario de algunos inventos de otro mundo, sin tener extensión alguna por sí mismo, tan-
to la extensión del espacio que ocupan.

(a) Acaso con la voz original PANTALONARE queria denotar el Autor, no la accion ó dicho burlesco del arlequin, sino su ridículo vestido hecho de tiras de varios colores y todo de una pieza, como el del Ciriguélo ó botarga de nuestras danzas, pero no la he hallado tomada en este sentido en ninguno de los Diccionarios que he consultado; y así no me he atrevido á traducirla en esta acepcion. N. T.

PARRAFO SEGUNDO.

SENTENCIAS A FAVOR DE LA INFINITA DIVISIBILIDAD
DE LA MATERIA.

La Escuela Peripatética se ha declarado por la infinita divisibilidad de la Materia, pero se ha dividido en dos partidos opuestos y rivales.

58. SENTENCIA I. El primero admite en una porcion qualquiera de Materia, por exemplo en un pedazo de mármol, en un grano de arena, en una gota de agua, un *Número de partes infinito en realidad*, ó de partes que son actualmente distintas una de otra, sin espantarse á vista de las gravísimas dificultades que trae consigo el abismo del Infinito.

59. SENTENCIA II. El Segundo admite en esta misma porcion de Materia un *Número de partes infinito en potencia*, ó de partes que en el Continuo no son actualmente partes, no son actualmente distintas unas de otras, y no pueden llegar á ser partes realmente distintas sino por medio de la division real ó mental, la qual no puede verificarse nunca del Infinito. Admitiéron en estos términos la infinita divisibilidad de la Materia los que seguian este partido, á fin de eludir las dificultades que nacen de admitir un número actualmente infinito de partes en un mismo Todo.

Estas dos Sectas rivales conviniendo en sus Principios, se distinguian en su modo de proceder. La primera sentia lo embarazoso de la infinita divisibilidad, y admitia con candor las duras consecuencias que de ella se siguen. La segunda sentia los mismos embarazos, pero se valia con supercheria de un esugio inepto y pueril para eludir estas dificultades. Aquella era una Escuela de Filósofos, y esta una Escuela de Charlatanes.

Descartes admite en la Materia una *divisibilidad indefnida*, ó una divisibilidad á la qual no se pueden asignar límites fixos y determinados. Es fácil obligar á Des-

cartes á que se explique claramente y sin la ambigüedad con que lo hace. Porque ó hay realmente en la Materia un término mas allá del qual la division es ya imposible en sí misma, y en este caso la divisibilidad tiene límites y es finita; ó no hay realmente en ella término mas allá del qual la division dexa de ser posible en sí misma, y en este caso la divisibilidad no tiene límites y es infinita.

PROPOSICION.

60. *Es verosímil que la Materia sea divisible al infinito.*

DEMOSTRACION I. Ya hemos hecho ver que los elementos de la Materia por sí misma que se suponga ser su pequeñez, no pueden ser inextensos. (48) Luego realmente tienen extension.

Los *elementos que son extensos*, por concesion de los mismos Zenónicos tienen á lo menos dos partes, de las quales una no es otra. ¿Porque la una no podria existir sin la otra ó separada de ella? Estas dos partes no podrán acafo ser divididas por Agentes criados que no pueden nada sobre ellas, ó porque les falta accion proporcionada, ó porque carecen de instrumentos capaces de executar su separacion. ¿Pero porque no podrian ser divididas por el Criador cuyo poder no reconoce obstáculo alguno, quien para obrar no tiene mas que querer, y á cuya accion igualmente se sujeta el mas pequeño objeto que el mas grande?

DEMOSTRACION II. La Division disminuye la extension de un cuerpo, pero no la aniquila. Luego aun despues de executada qualquiera division, la extension de un cuerpo subsiste asi como el cuerpo mismo.

La extension, segun los mismos Zenónicos convienen, dice necesariamente multitud de partes. Luego aun despues de hecha qualquiera division, la extension siempre subsistente en los elementos divididos comprehende á lo menos dos partes, de las que una no es otra, y que de consiguiente pueden ser separadas una de otra. Luego aun despues de efectuada qualquiera division, la Materia

queda divisible. Luego la Materia es divisible al infinito.

DEMOSTRACION III. Los Matemáticos que casi todos fuponen y admiten la divisibilidad al infinito en la Materia, se valen de varias especies de demostraciones Matemáticas para probarla. Yo no referiré aqui mas que una que hará veces de todas las demas (*fig. 1.*) Sean dos líneas paralelas A. B. C. D. y sea una diagonal indefinida A. H. fixada en el punto A. que corte siempre moviéndose la paralela inferior C. D.

Si el hombrecillo que tiene en la mano la diagonal indefinida camina por toda una eternidad por encima de la paralela C. D. prolongada al infinito, esta diagonal continuará al infinito en subir desde el punto G. hácia el punto E. sin llegar jamas á el punto E., pues para llegar á él era necesario que la diagonal A. H. se confundiese con la paralela A. B., lo que es imposible.

Luego la línea ó espacio G. E. tiene una infinidad de puntos, de los cuales el uno no es el otro, sobre los cuales se puede aplicar sucesivamente al infinito la diagonal móvil A. H. Luego esta línea ó este espacio G. E. es divisible al infinito. Luego una Materia que llenase este espacio G. E. seria divisible al infinito. Luego la Materia es divisible al infinito. (L. Q. P. D.)

61. COLORARIO I. *Una porcion de Materia muy pequeña puede llenar qualquiera espacio finito, de tal suerte que los vacíos que queden en este espacio sean todo lo pequeños que se quieran.*

DEMOSTRACION. Esta asercion es una conseqüencia manifiesta de la inconceivable division é infinita divisibilidad de la Materia. Supongamos por una parte un Grano de arena muy pequeño; y por otra un Espacio todo lo grande que se quiera, de un pie ó de un millon de pies cúbicos, ó de otros tantos pies cúbicos, como hay entre el Sol y las Estrellas.

I. Si siendo el espacio dado de un pie cúbico, se quiere que en este pie cúbico no quede vacío alguno mayor que la millonésima parte de una línea, bastará

para esto que este grano de arena sea dividido en otras tantas partes como se necesitan, para poner una en cada una de las millonésimas partes de línea que contiene este pie cúbico, lo que solamente causaría en este grano de arena una division incomparablemente menor que la que las observaciones nos demuestran que tiene efectivamente la Materia. (40 y 41.)

II. Si el espacio dado es un millon de veces mayor que un pie cúbico, para conseguir lo mismo solo será necesaria en el grano de arena una division un millon de veces mayor que la precedente, la qual es aun incomparablemente menor que la que nosotros descubrimos en la Naturaleza en millares de exemplos.

III. Si el espacio dado es tan grande ó mayor que el espacio finito en el que está encerrado el Universo, es claro que este espacio finito solo contiene un número finito de puntos distantes unos de otros una millonésima parte de línea, y de consiguiente que para ser este grano distribuido en todos estos puntos, no necesitaba tener mas que una division finita de partes, la qual seguramente es posible en sí misma, como acabamos de demostrar.

62. COROLARIO II. *Qualquiera porcion de Materia tiene una infinidad de infinitudes de partes reales y distintas.*

DEMOSTRACION I. Qualquiera porcion de Materia, siendo como es divisible al infinito, contiene necesariamente una infinidad de partes de las cuales una no es otra, puesto que no puede ser divisible al infinito, sin que tenga una infinidad de partes que puedan ser separadas al infinito unas de otras.

II. La mitad, quarta, octava, décimasexta ó qualquiera otra parte proporcional de esta porcion de Materia es ella misma Materia. Luego esta mitad, quarta, octava, décimasexta, ó qualquiera otra parte proporcional, decreciente al infinito de esta porcion de Materia, tiene cada una una infinidad de partes reales y distintas.

III. Esta porcion de Materia tiene una infinidad de partes de las quales cada una es materia, y contiene en sí misma una infinidad de partes reales y distintas. Luego esta porcion de Materia contiene una infinidad de infinitudes de partes reales y distintas. (L. Q. P. D.)

63. NOTA I. El Filósofo Keil Inglés demuestra en su *Introduccion á la verdadera Física* que las principales objeciones que se han puesto contra la infinita divisibilidad de la Materia, y que han sido miradas como absurdos que la destruyen, son otras tantas aserciones muy verdaderas y muy filosóficas: á saber

I. *Que una cantidad finita contendria un número infinito de partes actuales y distintas.* Proposicion verdadera! Una línea de una pulgada es finita, pues que no tiene una infinidad de pulgadas, y con todo esta línea de una pulgada contiene una infinidad de puntos realmente distintos entre sí.

II. *Que una cantidad finita seria igual á una cantidad infinita.* Proposicion verdadera! Una línea de una pulgada es igual al número infinito de puntos que la componen. El absurdo aparente de esta Proposicion solo proviene de la equivocacion con que se confunde la extension decreciente con la extension fija y determinada. Es sí absurdo que la extension de una toesa sea igual á la extension de una infinidad de toesas, pero no lo es que la extension de una toesa sea igual á la extension de sus dos mitades, de sus quatro quartas, de sus diez y seis décimas sextas partes, ó de qualquiera otras partes proporcionales decrecientes al Infinito.

III. *Que habria infinitos, unos mas grandes que otros.* Proposicion verdadera! Aunque un todo grande y un todo pequeño tengan igual número de partes proporcionales, por exemplo de mitades, de quartas, de octavas, de decimasextas, y asi progresivamente al infinito, no es menos evidentemente verdadero que el número de partes reales que componen la Tierra entera, es doble mayor que el número de partes que componen la

mitad de la Tierra. Uno y otro número es no obstante igualmente infinito, pues es igualmente imposible en la mitad como en el todo llegar á un punto en que ya no queden partes que dividir.

Esta proposición parece absurda únicamente porque se han formado nociones falsas del Infinito; confundiendo el Infinito en esencia y naturaleza con el Infinito en número de partes. Se define el Infinito: *aquello á lo que nada se puede añadir ni quitar, ó bien aquello que es tal que nada se puede concebir mayor que ello.* Definición falsa! Pues aunque conviene al Infinito en esencia ó á Dios, no conviene al Infinito en número de partes, que es del que se trata en la cuestión presente.

El Infinito en número de partes se debe definir; *lo que tiene un número inagotable de partes, ó sino aquello cuyo número de partes no puede expresarse por un número finito,* lo qual conviene igualmente á un Infinito mas grande, y á un Infinito mas pequeño. (*Met.* 246, y 676.)

64. NOTA II. Por convincentes que parezcan las pruebas que acreditan la *infinita divisibilidad de la Materia*, no bastan para desterrar toda duda de nuestro entendimiento, porque asombrado éste y confundido al ver los tenebrosos abismos del Infinito, dexa de estar asegurado desde que empieza á no estar ilustrado.

La luz persuasiva que empieza á nacer en él con las pruebas convincentes de la infinita divisibilidad, casi se ofusca enteramente con la obscuridad que traen consigo las conseqüencias.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

65. OBJECION I. La principal prueba, y aun la única algun tanto decisiva que se alega contra el Sistema de los Puntos inextensos, é indivisibles, es la imposibilidad que se quiere que haya en que la extension de los Cuerpos resulte de puntos inextensos. Pero que una linea matemática extendida á lo largo no resulta de un número infinito de puntos matemáticos que no tienen extension,

asi como tambien un número resulta del conjunto de unidades, ninguna de las cuales tiene la propiedad de número?

RESPUESTA I. Es tan imposible que una linea matemática extendida á lo largo resulte de una infinidad de puntos sin extension alguna real, como lo es que un ser existente resulte de una infinidad de negaciones ó privaciones de existencia, ó que un ser inteligente resulte de una infinidad de negaciones ó privaciones de inteligencia.

Una linea matemática extendida á lo largo resulta de una infinidad de puntos, de los que cada uno tiene una extension infinitamente pequeña hácia todos lados, pero de esta extension se prescinde en el cálculo. Esta extension infinitamente pequeña del punto matemático repetida una infinidad de veces á lo largo da una linea matemática mas ó menos larga que tiene una anchura infinitamente pequeña. Esta anchura infinitamente pequeña de una linea matemática repetida infinitas veces da una superficie matemática que tiene una profundidad infinitamente pequeña. Esta profundidad infinitamente pequeña de una superficie matemática repetida infinitas veces da un Sólido de tres dimensiones.

Es evidente que no se puede decir lo mismo de los Puntos Zenónicos, que absolutamente no tienen extension alguna ni grande ni pequeña, pues nada añadido infinitas veces á nada, no da por suma ó producto mas que nada.

II. El que la unidad que no hace número sola, junta á otra unidad haga número, no prueba de ningun modo que unos puntos que sean inextensos puedan formar una extension.

Junta una unidad á otra es junta un ser positivo á otro ser positivo, de lo que resultan dos seres positivos ó un número. Junta un inextenso á otro inextenso es junta una privacion de extension á otra privacion de extension, y de aqui no puede resultar sino una doble privacion de extension.

La denominacion de *Número* es una denominacion extrínseca que no se da á un individuo solo sino á mu-

chos, sin quitar ó añadir propiedad alguna intrínseca á estos individuos separados ó unidos. La denominacion de *Inextenso* expresa una propiedad intrínseca del sugeto, pero es una propiedad negativa que excluye formalmente la extension, como la no inteligencia en la piedra excluye formalmente la inteligencia.

Decir que una unidad no hace número, pero que dos unidades hacen número, es decir que una sola unidad no hace mas que un solo individuo, y que dos unidades hacen dos individuos; lo que es una cosa muy sencilla y muy conforme á razon. Pero decir que un *Punto inextenso* no puede formar una extension, pero que dos puntos inextensos pueden formarla, es decir que una piedra sin inteligencia no puede formar una inteligencia, pero que dos piedras sin inteligencia por la reunion de sus dos no inteligencias pueden formar una inteligencia: lo que ya se ve que es una cosa muy tonta y muy absurda. (*).

66. OBJECCION II. Sea una porcion de hoja de oro batido de una linea quadrada de superficie. Si la Materia es divisible al infinito, el Criador podrá dividir sin fin el pequeño grueso de esta linea quadrada en superficies cada vez mas delgadas, podria pues á fuerza de multiplicar las divisiones y superficies convertir esta linea quadrada de hoja de oro en una carpeta continua, capaz de cubrir este Universo y millares de millones

(*) Ratio formalis propter quam *Veritas* non est numerus, est defectus alterius unitatis sociæ; quem defectum tollit sociando priori unitati alteram unitatem, quæ est aliquid positivum prioris defectus exclusivum. Defectus enim tollitur per ens ipsius exclusivum: defectus societatis excluditur per meram accessionem entis socii. Ratio formalis propter quam Punctum Zenonicum est inextensum, est defectus extensionis intrinsecæ: quem defectum non tollit accessio alterius puncti eundem intrinsecæ extensionis defectum habentis: defectus enim non tollitur per alterum defectum, sed tantum per aliquid positivum ipsi oppositum. Sicut defectus pecuniæ in crumena non excluditur per alterum pecuniæ defectum, sed per solam pecuniæ accessionem: ita defectus extensionis in puncto Zenonico non excluditur per alterum extensionis defectum, sed per solam extensionis accessionem.

de Universos semejantes. ¡Que absurdo tan chocante!

RESPUESTA. Esta pequeña porcion de hoja de oro, aunque se hayan hecho de ella todas las divisiones que se quieran, tiene todavia dos superficies de las quales la una no es la otra. No hay pues absurdo en decir que la una puede todavia ser separada de la otra, y que el Omnipotente á fuerza de divisiones puede con efecto hacer una carpeta continua, capaz de cubrir todos los millones de millones de Mundos que queramos.

La *Imaginacion*, esta facultad del alma cuyo oficio es pintarnos las imágenes de las cosas, se afombra y se turba toda al aspecto de una division como infinita, cuyo modo no comprehende, á quien no puede seguir en sus progresos, y que se escapa y reusa inevitablemente á su pincel.

Pero la *Razon*, esta facultad del alma que juzga y concluye, no se espanta de ver que una substancia siempre divisible pueda siempre ser dividida por un Agente, cuyo poder se extiende á todo lo que absolutamente no repugna.

67. OBJECCION III. Si la division de la Materia es posible al infinito, supongamosla efectuada. En este caso la division posible al infinito llega á un término en que ya no puede ser dividida, pues es evidentemente imposible dividir la Materia mas allá del infinito. Luego la divisibilidad de la Materia al infinito incluye una contradiccion manifiesta, que demuestra que esta opinion no es mas que una Chimera.

RESPUESTA. La division de la Materia es posible al infinito, porque es imposible llegar á un punto del qual no pueda pasar la division; pero de la divisibilidad infinita de la Materia no se sigue que la division de la Materia pueda ser efectuada, ó suponerse efectuada al infinito, porque repugna que la infinita divisibilidad de la Materia pueda ser agotada por un número qualquiera de divisiones.

I. No hay número alguno finito que pueda expresar el número ó cantidad de divisiones de que es susceptible una porcion determinada de Materia. Luego el nú-

mero de divisiones posibles en esta porcion de Materia es un número infinito, pues á no serlo podria ser expre- sado por un número finito capaz de igualarle ó excederle.

II. Repugna que un número infinito é inagotable de di- visiones posibles de una porcion de Materia se acabe y agote: luego la Materia divisible al infinito jamas puede ser efectivamente dividida al infinito. Luego el Poder in- finito del Criador no puede jamas llegar á fuerza de di- visiones á la última division de la Materia; porque esto repugna, y el poder infinito del Criador no se extiende á lo que repugna en sí mismo. (*Met.* 665 y 672.)

68. OBJECCION IV. Si una pulgada cúbica de mármol tuviese un número infinito de partes reales, esta pulgada cúbica de mármol tendria una extension infinita, pues es evidente que un número infinito de partes de las que la mas pequeña tiene extension, debe formar una extension infinita.

Supongamos en efecto que sean necesarios para for- mar una línea de extension mil cuentos de bicientos ó tricientos de estas partes que tienen *la mas pequeña ex- tension posible*; es evidente que este número tomado mil veces formaria mil líneas de extension, tomado cien mil veces cien mil líneas de extension; y tomado una infini- dad de veces una infinidad de líneas de extension, ó una extension infinita. Luego si una pulgada cúbica de már- mol tuviese una infinidad de partes extensas, por peque- ñas que se las suponga, este número infinito de partes ex- tensas daria á esta pulgada cúbica de mármol una exten- sion infinita hácia todos lados; Que palpables absurdos en- cierra pues la infinita divisibilidad de la Materia!

RESPUESTA. Es evidente que un número infinito de partes de un grandor determinado, por inmensamente pe- queño que se suponga ser este grandor, daria una exten- sion infinita; pero es falso que haya en esta pulgada cú- bica de mármol un número infinito de partes de un gran- dor determinado. Se cometen dos errores acerca de la extension de las partes de esta pulgada cúbica de már- mol, que se pone por exemplo general de qualquiera por- cion de Materia.

I. Se comete error en suponer que esta pulgada cúbica de mármol tiene una infinitad de partes de un grandor determinado, por mas que este se suponga de la mayor pequenez posible. No hay en esta pulgada cúbica de mármol parte alguna concebible que tenga la mas pequeña extension posible, pues esta parte que se concibe tiene aun dos mitades, quatro quartas, ocho octavas, diez y seis decimas sextas, y así progresivamente al infinito, cada una de las quales partes es necesariamente menor que su todo; no hay pues parte alguna en la Materia que sea la mas pequeña de todas. Luego no hay en las partes extensas de la Materia extension la mas pequeña que sea posible.

Es pues absurdo fundarse en estas dos suposiciones para impugnar la infinita divisibilidad de la Materia cuya extension y partes pueden descrecer al infinito sin que sea posible tocar ó asignar su último término de descrecimiento. Es cierto que estas partes infinitamente pequeñas de la Materia tienen una naturaleza fija y determinada, pero su naturaleza fija y determinada es ser divisibles al infinito.

II. Se comete tambien error en imaginarse que un número infinito de partes descrecientes debe formar una extension infinita. Sea una extension qualquiera, por exemplo una extension de una pulgada, y dividase esta al infinito por mitades. El todo dará 1, la primera division $\frac{1}{2}$, las divisiones siguientes $\frac{1}{4} \frac{1}{8} \frac{1}{16} \frac{1}{32} \frac{1}{64} \frac{1}{128} \frac{1}{256} \frac{1}{512} \frac{1}{1024} \frac{1}{2048} \frac{1}{4096} \frac{1}{8192} \frac{1}{16384}$ &c. Es evidente que la suma infinita de estas partes proporcionalmente descrecientes ($\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} + \frac{1}{512} + \frac{1}{1024} + \frac{1}{2048} + \frac{1}{4096} + \frac{1}{8192} + \frac{1}{16384} \dots + \frac{1}{\infty}$) es precisamente igual al primer término 1. que expresa el todo. Luego un número infinito de partes descrecientes no da un grandor infinito, sino solamente un grandor finito correspondiente á la suma entera del todo de quien ellas son partes. Luego el número infinito de partes infinitamente pequeñas que componen una pulgada cúbica de mármol, debe dar no una extension infinita, sino solamente una extension igual á la extension de una pulgada cúbica.

Y como la suma infinita que es igual á 1. puede ser tomada dos veces, ciento, ó un millon de veces &c., un número infinito de partes dos veces, ciento, ó un millon de veces mas grande que el número infinito de partes que componen esta pulgada cúbica de mármol, daría cabalmente una masa dos veces, ciento, ó un millon de veces mas grande que esta pulgada cúbica de mármol. (*Math.* 297.)

69. OBJECION V. Todo lo que es criado es necesariamente finito, y la *creacion del infinito* repugna en sí misma: luego Dios no ha criado en la Materia un número infinito de partes. (*Met.* 665. y 676.)

RESPUESTA. Todo lo que es criado, es necesariamente finito y limitado en naturaleza, en perfeccion, en extension, pero no en número de partes.

I. Repugna que el Omnipotente crie una substancia infinita en naturaleza, en perfeccion y en extension, principalmente por dos razones que no harémos mas que apuntar aqui.

En primer lugar; porque repugna que una substancia criada que concebimos siempre como necesariamente susceptible de mayor perfeccion y mayor aumento, llegue á un término en que ya no sea perfectible.

En segundo; porque repugna que los inagotables dones del Criador á quien se concibe siempre esencialmente como comunicable y participable al infinito lleguen á un término en que se agoten, en que dexen de poder ser participados y comunicados. (*Met.* 668.)

II. Pero no repugna por motivo alguno que el Omnipotente crie una substancia finita en su naturaleza, pero cuya naturaleza finita y limitada se constituya por un número infinito de partes.

Repugna sí que exista un cuerpo que tenga una infinidad de partes de un grandor determinado, por exemplo de una linea, de una millonésima de linea, porque la suma infinita de estas lineas ó de estas millonésimas de linea formaria un todo infinito, cuya existencia es imposible. Pero no repugna que exista un cuerpo que tenga una infinidad de partes descrecientes al infinito, porque

la suma infinita de estas partes decrecientes al infinito no forman más que un todo finito cuya existencia es posible.

70. OBJECCION VI. El Omnipotente no puede criar un número infinito de individuos en una especie, por exemplo en la especie humana. (*Met.* 669 y 678.)

Luego por la misma razon no puede criar en una porcion determinada de Materia un número infinito de partes, de las quales cada una es como un individuo distinto de qualquiera otra parte ó individuo.

RESPUESTA. Repugna que el Omnipotente pueda criar un número infinito de hombres, porque repugna que el número infinito é inagotable de hombres posibles se agote y acabe: é igualmente que el poder infinito é inagotable del Criador se acabe y agote relativamente á la especie humana, pero no repugna por motivo alguno que el Todo-poderoso pueda criar una porcion determinada de Materia, la qual tiene como lo exige su esencia un número infinito de partes cuya suma infinita solo forma una naturaleza finita, cuya suma infinita no agote el inagotable poder del Criador, cuya suma infinita no ofrezca nada que se resista á la accion criadora que la toca y abraza.

I. La razon de paridad que se objeta, tiene y presenta una razon de disparidad que destruye toda la aplicacion que de ella se hace.

Quando se concibe un *Número infinito de hombres posibles*, se concibe evidentemente que este número infinito no puede ser criado todo. Luego se debe afirmar que la creacion entera y total de este número infinito repugna. (*Met.* 669 y 678.)

Al contrario quando se concibe un *Número infinito de partes* en una pulgada cúbica de mármol, se concibe fácilmente que este número infinito de partes puede ser criado todo: luego se debe afirmar que la creacion de este número infinito de partes no repugna.

El primer número es una coleccion infinita de individuos, cuya existencia general y universal formaria un infinito criado, el qual evidentemente repugna. El segun-

do número es una suma infinita de partes de un solo y único Individuo, el qual reunido ó dividido no hace mas que el mismo Individuo ó la misma naturaleza, cuya existencia no presenta nada de repugnante.

II. Repugna á la verdad, que Dios crie una despues de otra estas partes cuyo número infinito compone esta pulgada cúbica de mármol, porque este número infinito é inagotable de partes jamas podría ser sucesivamente agotado.

Pero no repugna que esta *suma infinita de partes* que debe formar y constituir la naturaleza finita de esta pulgada cúbica de mármol, sea criada toda á un tiempo, porque no repugna que una naturaleza finita y limitada reciba en un instante con la existencia el número infinito de partes que constituyen necesariamente esta existencia.

71 OBJECCION VII. Si la Materia es divisible al infinito, una superficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud. Si una superficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud, esta superficie no puede ser andada por un móvil en toda su longitud, sin que este móvil pase por encima de una infinidad de puntos que constituyen esta longitud tocándolos sucesivamente. Si un móvil pasa por encima de una infinidad de puntos tocándolos sucesivamente, este móvil que no puede tocar y andar mas que un punto en cada instante, necesita una infinidad de instantes para andar esta línea que tiene una infinidad de puntos.

Luego si una superficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud, no se necesita ménos que una infinidad de instantes ó una eternidad para que un móvil ande la longitud de esta superficie.

Luego un hombre ó una bala de cañon por grande que se suponga ser su velocidad, jamas podrán andar una pulgada de extension.

Este es el célebre argumento por medio del qual Zenon se esforzaba á demostrar á Diógenes la *imposibilidad del Movimiento*. Diógenes embarazado con él y no sabiendo que responder, se levantó de su asiento, se paseó por la

fala, y se volvió á sentar. Paseándose demostró á su contrario la posibilidad del movimiento; confesando que no sabia como responder á la dificultad propuesta, le enseñaba que una dificultad indisoluble no debe hacer abandonar una verdad cierta.

Si Zenon impugnaba simple y absolutamente la posibilidad del movimiento, la respuesta muda de Diógenes era ingeniosa y decisiva. Pero si el intento de Zenon era únicamente hacer ver que la posibilidad del movimiento era incompatible con la infinita divisibilidad de la Materia que acaso admitia Diógenes, la respuesta muda de este último era ninguna é inepta. Sea lo que quiera.

RESPUESTA. El Tiempo, lo mismo que la Materia es divisible al infinito; pues una hora puede ser dividida sin fin en partes proporcionalmente decrecientes, por exemplo en mitades, cuartas, octavas, décimas-sextas, que expresará esta serie decreciente $\frac{1}{2} \frac{1}{4} \frac{1}{8} \frac{1}{16} \frac{1}{32} \frac{1}{64} \frac{1}{128} \dots \frac{1}{\infty}$.

I. La suma infinita de partes proporcionalmente decrecientes de una hora es precisamente igual á una hora; de suerte que no se necesita ménos que repetir una infinidad de veces el último término de esta serie decreciente, para formar la duracion de una hora.

Un minuto, un segundo, un tercero son igualmente divisibles en un número infinito de partes decrecientes al infinito, cuya suma infinita no hará mas que un minuto, un segundo, un tercero respectivamente.

II. Es fácil fundándose en estos principios refutar la Objecion de Zenon. Un espacio determinado, por exemplo una toesa exige que el móvil que la anda tarde un tiempo determinado, por exemplo un segundo. Y así un punto infinitamente pequeño de este espacio determinado exigirá una parte infinitamente pequeña del tiempo determinado, ó del segundo. Para andar pues el espacio total que tiene una infinidad de puntos infinitamente pequeños cuya suma infinita hace una toesa, será necesaria únicamente una infinidad de instantes infinitamente pequeños cuya suma infinita hace un segundo. Luego es falso que la infinita divisibilidad de la Materia traiga con-

sigo la imposibilidad del Movimiento, ó que en esta sentencia sea necesario un tiempo infinito para andar un espacio finito.

Se ve por esta Teoría de la *infinita Divisibilidad* de la Materia qué nubes ofuscan necesariamente el entendimiento humano, siempre que se atreve ó extender sus ideas finitas sobre la naturaleza del Infinito, aun en aquellas cosas en que le parece estar mejor demostrada la existencia del Infinito, y en que la naturaleza de este parece estar mas dentro de la esfera de su capacidad.

SECCION QUARTA.

INERCIA DE LA MATERIA, Y LEYES GENERALES DE QUE DEPENDE SU ACCION.

72. DEFINICION I. Se llama *Inercia de la Materia* una propiedad negativa que hace á la Materia una substancia meramente pasiva, una substancia incapaz de tener por sí misma y sacar de su propio fondo ninguna accion, movimiento, influencia ó virtud que obre ó resista positivamente: de fuerte que toda la actividad que vemos en la Naturaleza material proviene necesariamente de otro principio que de la Materia que es solamente su sugeto.

Pero no se ha de confundir en la Materia la qualidad de Inercia con la fuerza de Inercia de que hablaremos en otra parte. (286)

La *Qualidad de inercia* es en la Materia una propiedad negativa y natural que denota una simple carencia de accion intrínseca y nacida de la Materia, lo que es la Materia en sí misma y por sí misma.

La *Fuerza de inercia* es en la Materia una propiedad positiva y accidental que denota la fuerza activa ó resistente que da á la Materia la voluntad libre del Criador que la anima y mueve segun ciertas Leyes fixas.

73. DEFINICION II. Llámantse *Leyes generales de la Ma-*

teria ó de la Naturaleza material, el modo fixo y constante que tiene la Materia de recibir, conservar, exercer, comunicar y perder la accion que la anima. Por exemplo, es una Ley general de la Materia, que no reciba movimiento sin una causa, que no le pierda sin una resistencia que le comunique y le transmita segun ciertas reglas fixas &c.

ARTICULO PRIMERO.

INERCIA DE LA MATERIA.

74. OBSERVACION. Es patente que hay en toda la Naturaleza sensible una accion permanente, uniforme, regular y fometida á Leyes fixas é invariables. ¿Pero qual es la fuente, el origen y la causa de esta accion de la Naturaleza? esto sí que no es igualmente patente.

I. El Pueblo que comunmente no ve nada mas allá de lo que perciben sus sentidos, juzga sin exâmen que la accion de los cuerpos no tiene otro origen, otro principio, otra causa eficiente, que una virtud oculta de estos cuerpos.

Juzgar así, juzgar que los globos celestes se mueven porque tienen en sí mismos y por sí mismos la virtud de moverse, juzgar que los cuerpos terrestres gravitan hácia la Tierra porque tienen en sí mismos y por sí mismos una virtud gravitante: que la Tierra produce vegetables y minerales por que tiene en sí misma y por sí misma la virtud de producir todo esto, es juzgar que la manecilla de un Relox hace su revolucion sobre la esfera, porque tiene en sí mismo la virtud de moverse, de señalar las horas y de dividir exâctamente el tiempo sin el auxilio de ningun reforte que produzca y regle su movimiento.

II. El Filósofo que no confunde los efectos con las causas, que sabe que la accion de un cuerpo no proviene de la materia que le constituye, como ni el movimiento de la manecilla de una muestra de la naturaleza del metal de que está hecha, busca en la Naturale-

za, cuál pueda ser la causa eficiente á quien debe la Materia sus movimientos.

III. Los Filósofos se han dividido sobre este objeto, sobre esta accion de la Naturaleza en dos Sentencias opuestas.

Los unos quieren que la accion de la Naturaleza material tenga por causa eficiente una *Virtud secreta de la Materia*. Este era el sentir de los Materialistas y Peripatéticos, y es aun el del Pueblo y de algunos Filósofos Alemanes Partidarios de Leibnitz.

Los otros pretenden que la accion de la Naturaleza material tenga por única causa eficiente la *Accion permanente de un Ser increado y Criador*, que mueva y anime constantemente todas las partes de la Materia y de la Naturaleza segun ciertas leyes fixas é invariables, libremente establecidas por él al principio de los tiempos: Este es el sentir de Descartes y todos sus Discípulos, de Neuton y todos sus Sequaces, es decir de todos los verdaderos Filósofos que hay hoy dia.

IV. Así segun Descartes y Newton rivales en todo lo demas, y solamente de acuerdo acerca de este objeto, la Materia tiene por propiedad una *Inercia absoluta y universal*. La accion permanente del Criador es segun ellos la Causa eficiente de todos los movimientos, de todas las partes, de todos los compuestos, y de todos los principios de la Materia. Las varias Substancias materiales solo son la *Causa ocasional*, y de ningun modo la *Eficiente* de las acciones reciprocas que exercen unas sobre otras. (*Met.* 171. y 783.)

„Supongo en primer lugar, dice Francisco María
 „Aruet en sus Miscelaneas de Filosofia, que todos con-
 „vienen en que la Materia no puede tener por sí misma
 „movimiento. Es necesario pues que le reciba de otro,
 „y como no puede recibirle de otra Materia porque
 „esto seria una contradiccion, es necesario que una causa
 „inmaterial produzca el movimiento. Dios es esta causa
 „inmaterial, y se debe aqui advertir con cuidado que
 „este axioma vulgar no se debe recurrir á Dios en las

„ *materias Filosóficas*, no vale mas que en las cosas que
 „ se deben explicar por las causas pròximas físicas; por
 „ exemplo, yo quiero explicar porque un peso de una
 „ libra contraresta á un peso de quatro libras. Si digo
 „ que Dios lo ha ordenado así, soy un ignorante; pe-
 „ ro si digo que es porque el peso de una libra está
 „ quatro veces mas distante del punto de apoyo que el
 „ peso de quatro libras, explico la cosa como debo. (429.)

„ No sucede lo mismo con los *primeros Principios de*
 „ *las cosas*; quando se trata de estos, el que no recurre
 „ á Dios es un ignorante. Porque ó no hay Dios, ó no
 „ hay primeros principios sino en Dios. El es quien ha
 „ impreso á los Planetas la fuerza con que se mueven
 „ de Occidente á Oriente. El es quien hace mover estos
 „ Planetas y el Sol sobre sus exes, quien ha impreso á
 „ todos los cuerpos una Ley en virtud de la qual ti-
 „ ran todos igualmente hácia su centro. En fin quien ha
 „ formado los animales á quienes ha dado una fuerza
 „ activa con la qual hacen nacer el movimiento.,

75. ASERCIÓN I. *La Materia tiene una Inercia inherente á su naturaleza, una capacidad intrínseca y radical de darse á sí misma movimiento y accion.*

DEMOSTRACION. O ya se consulte la Experiencia, ó ya se consulte el Discurso, consta que la Materia no es mas que una potencia meramente pasiva, capaz de recibir accion y movimiento, pero incapaz de dársela á sí misma por una virtud intrínseca que le sea propia.

I. La Experiencia demuestra la *Inercia de la Materia*; porque un pedazo de mármol, un monton de tierra, una pieza de oro ó de plata, un trozo de hierro ó de madera quedan inmóviles en un mismo lugar y situacion, á menos que una causa exterior no se les haga mudar.

Luego estas substancias á quienes se ve en todo tiempo y lugar no tener accion ni movimiento sino á proporcion del que se les imprime, no tienen en sí y por sí principio alguno intrínseco de accion ni de movimiento. Luego toda la accion y movimiento que vemos en ellas es un movimiento y una accion que les imprime

una Causa exterior, sea la que quiera.

Luego por un Juicio de analogía todas las demas substancias materiales que se asemejan á ellas, no tienen igualmente por sí mismas principio alguno intrínseco de accion ni movimiento. ¿Y que substancias materiales hay que no se parezcan á ellas, especialmente en la hipótesis hoy generalmente recibida de una Materia homogénea en su naturaleza, y que solo se distinga por la diversidad de sus masas y de sus configuraciones en todas las especies de cuerpos? (143.)

II. El discurso demuestra tambien por su parte la *Inercia de la Materia*; por mas esfuerzos que hayan hecho hasta aora los Ateistas y Materialistas para atribuir á la Materia una accion intrínseca capaz de ahorrarles de admitir la influencia de un Dios Autor y Motor de la Naturaleza, no han hecho otra cosa que inventar Sistemas absurdos que chocan con todas las ideas y nociones que tenemos de la Materia.

Qualquiera idea que se forme de la Materia, se la concibe siempre como una substancia ciega y pasiva, como una substancia indiferente para la accion y carencia de accion, para el movimiento y carencia del movimiento: como una substancia capaz de recibir todas las modificaciones posibles de movimiento y configuracion, pero incapaz de tomar y darse ninguna por sí misma.

Luego si se debe juzgar de las cosas por las ideas que tenemos de ellas, es decir por el Principio fundamental de todos nuestros conocimientos (*Met.* 307.); consta por las ideas que tenemos de la Materia, que *la Materia no tiene esencialmente accion ni movimiento por su naturaleza*, pues que se la concibe y existe sin accion ni movimiento: consta que *la Materia no tiene accidentalmente movimiento ni accion, por su exigencia intrínseca y de su propio fondo*; pues que si así fuese, podria y deberia suceder que un pedazo de mármol ó de encina se moviera por sí mismo quando está quieto, ó se detuviese por sí mismo quando está en movimiento, lo que seria evidentemente absurdo afirmar ó pensar.

III. Ya habíamos observado y demostrado en nuestros Elementos de Metafísica consultando la experiencia y el discurso, que la Materia es esencialmente incapaz de pensamiento y sentimiento, que la Materia puesta en quietud ó en movimiento es absolutamente incapaz de producir por sí misma y como causa eficiente el movimiento en otra materia. (*Met.* 710. y 783.)

Ahora acabamos de observar y demostrar que la Materia no tiene movimiento en sí misma por su esencia, ni puede tomarle ó dársele accidentalmente por sí misma ó por una virtud intrínseca que la sea propia.

De todo lo qual resulta que la Materia no tiene, ni puede tener por sí misma *Accion alguna sea la que quiera*: que la Materia es á todos respectos una substancia puramente inerte y pasiva, una substancia capaz de recibir, é incapaz de darse accion ni movimiento: una substancia cuya propiedad natural es una completa Inercia radical é intrínseca. (L. Q. P. D.)

76. ASERCIÓN II. *La accion que anima la Naturaleza visible sobre la tierra y en los cielos tiene necesariamente por causa eficiente la accion permanente del Ser Increado y Criador.*

DEMOSTRACION. Es evidente que hay en la Naturaleza visible una suma inmensa y permanente de movimiento. ¿Pero qual es su origen y su causa?

I. Es cierto que el movimiento que renueva sin cesar la superficie de la Tierra, que vivifica y perpetua la Naturaleza visible al rededor de nosotros así en el reino animal, como en el vegetal y mineral, no tiene por causa eficiente la materia que forma nuestro Globo, ni alguna otra materia semejante ó desemejante, pues segun la asercion precedente la Materia no tiene por sí misma y de su propio fondo mas que una inercia absoluta y universal, una incapacidad radical y completa de moverse ó de mover otra materia. Luego el movimiento que anima nuestro Globo, no tiene ni puede tener otro principio, otra causa eficiente, que la accion permanente del Criador.

Porque ¿que otra sino una Causa infinita en inteligencia y poder podria conocer y producir á cada instante en el Globo que habitamos sin exceso ni defecto el grado preciso y la qualidad conveniente de accion que exige continuamente la Naturaleza material en todas sus partes: por exemplo, el grado preciso de accion que conviene á una Potencia mecánica, cuya fuerza variable crece y decrece siempre como las distancias del punto de apoyo que ella no mide: el grado preciso de accion que conviene á cada Cuerpo terrestre, cuya fuerza gravitante se hace mayor yendo del Equador hácia los Polos, y menor yendo de los Polos al Equador, se aumenta acercándose, y disminuye apartándose del centro de la tierra, siempre en razon inversa de los quadrados de su distancia actual del mismo centro; quadrados que ella no conoce: El grado preciso y la qualidad conveniente de accion, de donde debe resultar el justo equilibrio de los Elementos, el conflicto armónico de los Sólidos y Flúidos; el desenvolvimiento de las semillas, la formacion y acrecentamiento de todo lo que vive y vegeta, y la eterna renovacion de la Naturaleza visible; misterios todos inconcebibles, de los que nada han podido comprehender los mas profundos y penetrantes ingenios?

II. Es cierto que la Luna moviéndose al rededor de la Tierra, y los Planetas y Cometas moviéndose al rededor del Sol tienen cada uno en cada punto de sus Curvas Elípticas un *Movimiento proyectil* siempre en razon inversa de las distancias del Planeta á su centro de movimiento: un *Movimiento centrípeto* siempre en razon inversa de los quadrados de las distancias al mismo centro, y un *Movimiento centrífugo* siempre en razon inversa de los cubos de las distancias al centro.

Ahora pues, ¿que otra Potencia que la Potencia infinita del Ser increado y criador puede producir y variar á cada instante segun Leyes fixas é invariables esta inmensa suma de movimiento en los Planetas y Cometas? ¿Que otra inteligencia que la Inteligencia infinita del Ser in-

increado y criador puede sin cesar y siempre indefectiblemente conocer y determinar la cantidad precisa de aumento y disminucion que deben tomar á cada instante todos estos Movimientos incesantemente variables segun diferentes Leyes, para conducir y detener cada Globo errante en la ruta que le fué asignada, y de que no se aparta sino otro tanto cabalmente, como exigen las Leyes invariables á que está sometido?

Luego es cierto y evidente que el Movimiento que anima la Naturaleza visible así sobre la tierra, como en los cielos no tiene ni puede tener otra Causa eficiente que la accion permanente del Ser increado y criador. (L. Q. P. D.)

ARTICULO SEGUNDO.

LEYES GENERALES DE LA NATURALEZA MATERIAL.

77. OBSERVACION. La Materia ciega é inerte por su naturaleza y de su propio fondo está sometida á ciertas *Leyes generales é invariables*, de donde resulta en ella una *Accion regular y permanente* sumamente digna del estudio y admiracion del Filósofo.

Estas Leyes generales son para la Materia *verdaderas causas físicas*, pues dan lugar á la existencia de una infinidad de efectos diferentes que son tan reales y tan físicos en sí mismos, como si tuvieran por causa eficiente la misma Materia. (*Met.* 176.) Entre las diferentes Causas físicas cuya influencia y accion podemos observar

I. Se llama *Causa particular* una accion aislada que solamente produce un efecto aislado; tal es el choque de una bola contra otra, tal el esfuerzo de un hombre que levanta un peso.

II. Se llama *Causa general* una accion comun que conviene ó puede convenir á todos los cuerpos, y de

donde resultan muchas especies de efectos; tal es la Impulsion general que ocasiona una infinidad de efectos de diferente especie, y que es propia de todo género de cuerpos; tal es tambien la Atraccion general, que afecta á todos los cuerpos y produce una multitud de fenómenos en la Naturaleza; tal es en fin la Afinidad, pues no hay cuerpo alguno que no tenga una atraccion especial respecto de otra clase de cuerpos.

III. Se llaman *Causas primitivas* los efectos generales que se observan constantemente en la Naturaleza, y á los cuales no se los puede asignar una causa superior de donde dependa su existencia.

Por exemplo, la *Tendencia que tienen todos los cuerpos unos hácia otros* es un efecto general, al qual no se puede asignar causa superior: este efecto ó esta tendencia es una causa primitiva en la Naturaleza.

Por exemplo además; si hay en la Naturaleza material algun *Fluido motor* cuyo destino sea poner en movimiento mediante su choque los cuerpos terrestres y celestes, sin que ningun otro impulso, ninguna otra Causa haya ocasionado el movimiento de este fluido: este efecto sin causa, este movimiento principio, este fluido en accion y destinado á ponerlo todo en movimiento será una causa primitiva de la Naturaleza.

IV. Se da razón de la accion de las Causas particulares por la influencia de las Causas generales y primitivas; pero no se da razon de las Causas generales y primitivas, sino por la voluntad del Criador que ha establecido libremente tales leyes, tal orden de cosas, porque así le plugo.

El estudio y mérito de la Física consisten pues en observar y descubrir segun que leyes se exercen las acciones recíprocas entre las diversas substancias materiales que hay en la Naturaleza, para subir por la observacion de los efectos á ciertas causas generales que dan movimiento á toda la Naturaleza, y de las que no se puede dar otra razon, que la voluntad libre del Criador que ha querido el orden actual de la Naturaleza, y no otro diferente.

V. Por la observacion de los fenómenos consta que

hay en la Naturaleza *tres Causas generales y primitivas* á saber la Impulsion, la Atraccion, y la Afinidad.

Vamos á dar en los tres párrafos siguientes una sucinta idea de las dos primeras que son mas conocidas: y una nocion bastante defenvuelta y extensa de la tercera que es acafo menós conocida, y que importa mucho conocer bien.

PARRAFO PRIMERO.

LEY DE IMPULSION.

78. DEFINICION. *La Impulsion es el choque de un cuerpo contra otro.* La impulsion incluye pues la accion del cuerpo que choca, que se considera como causa, y el movimiento producido en el cuerpo chocado, que se considera como efecto.

La Impulsion es evidentemente una causa general y primitiva en la Naturaleza, aunque no se conoce suficientemente qual es la materia que sirve de primer motor.

Parece bastante verosímil que el Fluido igneo es el principal agente primitivo de la Naturaleza sobre nuestro Globo en los fenómenos que dependen de la Impulsion natural.

79. NOTA. Segun Descartes la causa primitiva y general de todos los efectos de la Naturaleza material es la *Impulsion*, de la qual quiere que nazcan y se deriven todos los fenómenos del Universo.

Preguntadle porque el mármol es un cuerpo duro; os responde que su *dureza* proviene del reposo de sus partes unas junto á otras, el qual es ocasionado por la impulsion del fluido que le rodea, y que empuja á sus elementos unos contra otros.

Preguntadle porque el agua es fluida; os responde que esta *fluidéz* tiene por motivo la impulsion del fluido que hay entre los elementos del agua, quien tira á apar-

tarlos á medida que el fluido que la rodea, tira á unirlos.

Preguntadle porque una bola de plomo que se os cae de la mano, tira hácia el centro de la Tierra. Os responde que esta *gravitacion* es producida por la impulsión del fluido circundante, el qual impeliendo con mas fuerza á su emisferio superior que á su emisferio inferior, le precipita hácia el centro de la Tierra.

Preguntadle porque los Planetas describen curvas al rededor del Sol. Os responde que este *movimiento* les viene de la impulsión del fluido en que nadan, que les imprime á un tiempo un movimiento centrífugo y un movimiento centrípeto, cuyo resultado es la curva que describen.

Preguntadle porque estos mismos Planetas caminan de Occidente á Oriente; y no de Oriente á Occidente, de Norte á Medio dia, ó de Medio dia á Norte. Os responde que estos cuerpos celestes son llevados *en esta direccion* mas bien que en otra por la impulsión y direccion del fluido en que estan metidos.

Preguntadle porque este fluido que tiene la inercia por propiedad natural, tiene en sí mismo esta impulsión y direccion. Os responde que este fluido motor no tiene esta impulsión y direccion por su naturaleza, sino por la voluntad libre del Criador.

Preguntadle en fin porque el Criador ha querido imprimir al fluido que da movimiento y accion á todo el Universo este impulso y esta direccion mas bien que qualquiera otra. Os responde que esto es salirse de la investigación de las *Causas físicas*, para meterse en la de las *Causas finales*; que el último término en la investigación de las Causas físicas es la Impulsión primitiva que el Criador ha decretado libremente; y que el Criador ha decretado libremente esta Ley de Impulsión, únicamente porque ha querido, y porque la ha juzgado propia para la execucion de sus grandes designios en la formación y conservación de la Naturaleza.

Es cierto é incontestable que la Impulsión es una *Ley general y primitiva de la Naturaleza*; una infinidad

de efectos demuestran que existe; ¿ Pero la Impulsion es la única Ley de la Naturaleza, de fuerte que todos los fenómenos terrestres y celestes nazcan de esta sola? No. Mas adelante haremos ver que esta Ley sola no es suficiente para dar razon de una multitud de fenómenos, y de consiguiente que es forzoso admitir otras mas que ella. Esta Ley de la Impulsion la explicaremos amplamente en los Tratados tercero, quarto, y quinto siguientes, que tienen por objeto la Teoría del Movimiento.

PARRAFO SEGUNDO.

LEY DE ATRACCION.

30. OBSERVACION. Segun Newton hay en la Naturaleza ademas de la causa primitiva que asigna Descartes que es la *Impulsion*, otra causa primitiva que se la debe afociar que es la *Atraccion*; de fuerte que estas dos Causas primitivas independientes una de otra se reducen en último analisis á la voluntad del Criador que libremente ha decretado una y otra, para que ó separadas ó juntas sean los dos grandes móviles de la Naturaleza ó del Universo.

Descartes segun su falso Sistema del Llano, creyó poder explicar todos los fenómenos por sola la Ley de la Impulsion.

Newton habiendo demostrado la existencia de un vacío inmenso en la region de los planetas y cometas entre el sol y las estrellas, ha hecho ver que la Impulsion no bastaba para dar razon de los grandes fenómenos de la Naturaleza visible, y asi que era forzoso añadir á la Ley de la impulsion una Ley de atraccion.

¿ Pero que es esta *Atraccion Newtoniana*, cuyo nombre solo irrita todavia á algunos pretendidos Filósofos? ¿ Es algun viejo resto, ó algun nuevo retoño de estas *Qualidades ocultas* que el inmortal Descartes ha destier-

rado del país de la Filosofía? Guardémonos por nuestro mismo honor de sospechar que el grande Newton haya dado en una locura semejante. Las Qualidades ocultas del Peripato no eran mas que *Seres ficticios é indefinibles* de que no se tenia idea alguna y que imaginaba el Pedantismo estúpidamente ciego, para cubrir su débil ignorancia, y escusarse de dar razones en lugar de voces vacías de sentido y sin objeto. (*Met.* 99.)

La Atraccion Neutoniana (si existe) nada tiene de comun con estos disparatados sueños. Para hacerlo ver claramente daremos aqui una idea simple y luminosa de lo que es la Atraccion, y en otra parte demostraremos su existencia por razones enteramente convincentes é irrefragables. (800. y 808.)

81. DEFINICION. La *Atraccion* (si existe) es un movimiento impreso por el Criador á los cuerpos coexistentes, en virtud del qual estos cuerpos sea en el vacío, sea en el lleno sin la impulsión de una materia exterior tiran mutuamente á acercarse unos á otros.

La fuerza atractiva de un cuerpo es siempre proporcional á su masa, á la cantidad de partículas que le componen, las cuales son todas tambien atractivas.

La coexistencia de dos cuerpos sean los que quieran, por exemplo del Sol y de la Tierra colocados á distancias mas ó menos grandes uno de otro en el seno del Vacío inmenso, he aqui la Causa ocasional de su atraccion ó de su tendencia recíproca del uno hácia el otro.

El movimiento con que estos dos cuerpos movidos por el Criador tiran recíproca y constantemente á acercarse uno á otro, he aqui su misma atraccion. Quan ciego era necesario estar para sospechar que estas ideas tan simples y luminosas tuviesen alguna semejanza con las Qualidades ocultas del Peripato, que no se podian concebir ni definir!

POSIBILIDAD DE LA ATRACCION GENERAL.

82. ASERCION. *La Atraccion reciproca y general entre todos los cuerpos en los terminos que la acabamos de definir es evidentemente posible. (Fig. 3.)*

DEMOSTRACION. Sean dos globos A y B. á quienes una doble impulsion puede hacer aproximarse uno á otro hácia el punto C.

I. En los principios de los que no admiten mas causa que la Impulsion, los dos globos A y B. no se mueven uno hácia otro sino por la accion del Criador Causa eficiente de todo movimiento (76); y no son movidos por la accion del Criador, sino porque el Criador ha determinado libremente al principio de los tiempos producir en estos dos globos *con ocasion de esta doble impulsion* un movimiento que les haga caminar uno hácia otro.

Ahora pues es evidente que el Criador ha podido igualmente decretar al principio de los tiempos, que él produciria en estos dos globos *con ocasion de su simple coexistencia* y sin el auxilio de ninguna impulsion un movimiento que les llevase uno hácia otro, que es lo que únicamente entendemos por Atraccion; luego la Atraccion es evidentemente posible entre estos dos globos, sea en el Vacío ó fuera del Vacío.

II. Asi como es evidente que el Criador ha podido decretar y establecer entre estos dos globos A. y B. un *movimiento permanente de atraccion* ocasionado por su simple coexistencia en el Vacío ó fuera del Vacío, lo es tambien que ha podido igualmente decretar y establecer un movimiento semejante de atraccion entre todos los elementos de la Materia sin otra causa ocasional que la coexistencia de estos elementos en el Vacío ó fuera de él.

Luego es evidentemente posible que todos los elementos de la Materia esparcidos ó reunidos en el espacio inmenso tengan unos hácia otros una tendencia ocasionada por su simple coexistencia. Luego una *Atraccion reciproca y general* entre todos los elementos de la Ma-

teria es evidentemente posible. (L. Q. P. D.)

83. NOTA. La Impulsion y la Atraccion son los dos grandes móviles de la Naturaleza visible, las dos Causas físicas de donde nacen primitivamente todos los grandes fenómenos del Universo. La existencia de la Ley de impulsion se demuestra sensiblemente por una multitud de fenómenos que se presentan sin cesar á nuestra vista. La existencia de la Ley de atraccion se demuestra no menos sensiblemente por todos los grandes fenómenos celestes. Pero hay entre estas dos leyes generales de la Naturaleza una diferencia esencial, que es necesario conocer y observar bien.

I. La *Fuerza impulsiva*, que no obra ni puede obrar sino con ocasion y en virtud del contacto, es una fuerza constante é invariable, y así es siempre el producto de la masa por la velocidad.

II. La *Fuerza atractiva* que obra sin dependencia del contacto y á qualquiera distancia dada, es una fuerza que varía con las distancias, siendo siempre la misma quando la distancia es la misma, pero creciendo y decreciendo en razon inversa de los quadrados de las distancias quando la distancia se muda: por exemplo (*fig. 3.*)

Sea el cuerpo A. que en el Lleno ó en el Vacío atrae con una fuerza como al cuerpo B. distante de él un pie. A la distancia de un medio pie en C. este mismo cuerpo A. atraeria al cuerpo B. con una fuerza como 4. A la distancia de un quarto de pie en F. este mismo cuerpo A. atraeria al cuerpo B. con una fuerza como 16.

Pero por el contrario á la distancia de dos pies en D. este mismo cuerpo A. no atraeria al cuerpo B. mas que con una fuerza como $\frac{1}{4}$, á la distancia de tres pies, con una fuerza como $\frac{1}{9}$, á la distancia de quarto como $\frac{1}{16}$, á la distancia de diez con una fuerza como $\frac{1}{100}$: y así progresivamente al infinito.

Lo mismo sucede con el cuerpo B. relativamente al cuerpo A. á quien él atrae por su parte, al paso que el otro le atrae á él.

TEORIA SUCINTA DE LA ATRACCION GENERAL.

84. OBSERVACION. La idea pues que se debe formar de la Atraccion recíproca y general de los cuerpos segun los descubrimientos y demostraciones del gran Newton es la siguiente, brevemente expuesta.

I. *Todos los cuerpos del Universo sólidos, líquidos, ó fluidos tienen muy recíprocamente unos respecto de otros una fuerza atractiva; por exemplo la Tierra atrae al Sol, el Sol á la Tierra. La Tierra atrae á la Luna, y la Luna á la Tierra. Igualmente la Tierra atrae á su centro una piedra puesta sobre su superficie, y esta piedra atrae hácia sí el centro y toda la masa de la Tierra.*

En todo cuerpo existe pues una *Atraccion activa*, y una *Atraccion pasiva*. Mediante su atraccion activa un cuerpo atrae á sí los otros cuerpos: y por su atraccion pasiva es llevado por la atraccion activa de ellos. Por exemplo, la Tierra por su atraccion activa atrae á sí á la Luna, y por su atraccion pasiva es atraida hácia la Luna. Lo mismo se debe decir del Sol respecto de los Planetas y Cometas, que hacen sus revoluciones periódicas al rededor de él; suponiéndole colocado en el centro del Mundo Planetario. (Fig. 124.)

II. *Esta fuerza atractiva mutua y recíproca es siempre proporcional á las masas que se atraen: de fuerte que si la Atraccion recíproca se exerce entre dos cuerpos de los quales el uno tenga diez veces mas masa que el otro, la fuerza atractiva del primero relativamente á la del segundo será diez veces mayor que la fuerza del segundo relativamente á la del primero.*

Igualmente si dos cuerpos ceden libremente á la Fuerza atractiva que obra sobre ellos el cuerpo diez veces mas pequeño y diez veces mas atraido se aproximará como diez al mas grande, mientras que el mas grande solo se aproximará como uno al mas pequeño.

III. *Esta Fuerza atractiva de un cuerpo sea el que quiera crece, ó decrece en razon inversa del quadrado de su dis-*

tancia actual al cuerpo atraído. Por exemplo : sea la Atracción activa del Sol respecto á la Tierra actualmente como uno.

Si la Tierra perdiese la mitad de su distancia del Sol, la acción atractiva de este Astro vendría á ser quatro veces mayor de la que era antes.

Si la Tierra fuese llevada á una distancia del Sol doble de la que tiene ahora la acción atractiva del Sol vendría á ser quatro veces mas pequeña que lo que es actualmente, &c. (802. y 805.)

Tales son las famosas *Leyes de la Atracción* que ha descubierto y demostrado el inmortal Newton, y que yo adopto con él sin que me infunda miedo un resto de rancio fanatismo, que combate aun contra ellas, y que se esfuerza absurdamente á ridiculizarlas, lo que á los ojos de la Filosofía y de la Razon hace mas ridiculos á los que lo intentan. *Los frios chistes y malos razonamientos que se han hecho en Francia contra los admirables descubrimientos de Newton dice Aruet, serian la afrenta de la Nacion, si aquellos que las han hecho no fueran el oprobio de la Filosofía.*

PARRAFO TERCERO.

LEY DE AFINIDAD.

85. Se llama *Afinidad* entre los Chímicos así la tendencia que tienen las partes integrantes ó constituyentes de los cuerpos unas hácia otras, como la fuerza que las hace adherir mutuamente quando estan unidas.

Consta por una infinidad de experiencias que esta tendencia y esta fuerza existen sea la que quiera su causa, que averiguaremos bien pronto. La Afinidad Chímica es ó simple, ó compuesta.

86. DEFINICION II. *Afinidad simple* es la que se ejerce ó entre las partes integrantes de un mismo cuerpo, como quando las partes integrantes del mercurio se atra-

en entre sí ó entre las partes integrantes de dos cuerpos diferentes, como quando las partes integrantes del agua atraen las partes integrantes de la Sal comun disolviéndola y manteniéndola disuelta.

87. DEFINICION III. *Afinidad compuesta* es aquella en virtud de la que dos substancias diferentes unidas entre sí por su afinidad ó tendencia natural se unen á alguna nueva especie de substancia.

I. Puede suceder en primer lugar que dos substancias unidas entre sí por su afinidad se unan aun con una tercera, quarta, ó quinta especie de substancia en virtud de la afinidad que tenian y todavia conservan con estas nuevas substancias. Tal es la Afinidad, en virtud de la que el agua saturada de sal marino está aun en estado de unirse con el azucar, el nitro, con otros sales, y aun con otros cuerpos con los cuales está naturalmente dispuesta á unirse.

II. Puede suceder tambien que dos substancias, que separadas no tienen afinidad alguna sensible con una tercera, adquieran por su union una afinidad bastante sensible con esta tercera substancia. De este modo el Acido nitroso y el acido marino que separados nada obran sobre el oro, unidos y combinados entre sí le disuelven por la afinidad que han adquirido con su union.

III. Puede suceder en fin que dos substancias unidas entre sí por su afinidad la pierdan mezclándose con otra tercera, la qual uniéndose con uno de los dos principios fuerze al otro á separarse de él. Por esta causa si despues de haber disuelto algunas hojitas de plata en agua fuerte se echan en esta disolucion algunas hojitas de cobre, el agua fuerte se une al cobre y le disuelve separándose de la plata que se precipita al fondo del vaso. De aqui el origen de las Precipitaciones Chímicas.

EXISTENCIA DE LAS AFINIDADES CHIMICAS.

88. OBSERVACION. No se puede ménos de recono-

cer en la Naturaleza *Afinidades particulares*, ó *Atracciones especiales* entre ciertos cuerpos, las cuales no parece que se derivan ni de la Ley de Impulsion, ni de la de la Atraccion general. Los mas célebres Chímicos y Físicos han reconocido su existencia. Pero de ellos

I. Unos se han limitado á tener estas Afinidades ó Atracciones especiales por efecto de otras tantas propiedades particulares de la Materia, de que no se podia dar otra razon sino que tal es su naturaleza, lo que es directamente volver á establecer el imperio de las qualidades ocultas y atribuir á la Materia una inteligencia, una accion, una virtud que repugnan á su naturaleza. (75 y 76.)

II. Otros han querido atribuir estos fenómenos á las Leyes generales de la Impulsion y la Atraccion general, pero no han conseguido mas que demostrar que estas Leyes no son suficientes para explicarlos.

La Impulsion existe sí en la Naturaleza, pero su accion no puede tener nada de comun con una multitud de fenómenos que nos presenta la Naturaleza, como lo harémos ver bien pronto. La Atraccion general debiendo ser siempre respecto á todos los cuerpos sin distincion alguna en razon directa de las masas é inversa del cuadrado de las distancias (84) tiene el mayor lugar en los fenómenos celestes, pero en los terrestres es una ridiculez valerse de ella pues no entra ni pueda entrar para nada.

III. La mayor parte en fin atribuye los varios *Fenómenos de la Afinidad* que se observan en la Naturaleza visible á una *Ley especial de Atraccion* entre ciertas especies de cuerpos, ley distinta é independiente á lo menos en parte de la Atraccion general en razon directa de las masas é inversa de los cuadrados de las distancias. He aquí la idea que se puede y debe formar de esta Causa y de esta Ley primitiva de la Naturaleza distinta de la Impulsion y de la Atraccion general.

IDEA DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES Ó AFINIDADES QUÍMICAS.

89. OBSERVACION. Según los mas célebres Físicos y los mas grandes Chímicos de nuestros dias, el Criador que ha establecido el Orden y Estado presente de la Naturaleza y ha querido la existencia permanente de tales y tales fenómenos de Afinidad, ha decretado sin duda al principio de los tiempos que los cuerpos análogos tengan en el contacto ó muy cerca del contacto una *Tendencia especial* unos hácia otros, y que esta tendencia sea tanto mayor quanto mas perfectas sean la analogía y contigüidad de sus elementos.

Así en esta hipótesis dos elementos de Materia se atraen recíprocamente quando estan muy cerca del contacto ó adhieren uno á otro con mas ó menos fuerza en caso de contacto, no en virtud de una fuerza que les sea intrínseca, no en virtud de una impulsión que los mueva uno hácia otro; no en virtud de la Ley general de atracción que obra indiferentemente en todos los cuerpos sino en virtud de una *Voluntad primitiva del Criador* que ha decretado que tales cuerpos mas ó menos análogos entre sí tengan tal tendencia unos hácia otros únicamente en el punto, ó muy cerca del punto de contacto.

POSIBILIDAD DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES.

90. HYPOTESIS. ¿El Autor de la Naturaleza que ha establecido una Ley de atracción relativa á la diferencia de las distancias, no habria podido establecer otra Ley de Atracción relativa á la diferencia de los Elementos? (fig. 4.)

EXPLICACION. ¿El Autor de la Naturaleza que ha decretado que el Elemento M atraxese con mas fuerza al Elemento N que está mas cercano, que al Elemento A que está mas distante de él, no ha podido decretar igualmente que á una distancia infinitamente pequeña y únicamente en el punto de contacto, ó el mismo Elemento M

atraxese con mas fuerza en una proporcion qualquiera el Elemento N que se le asemeja que el Elemento R que no se le asemeja?

Es evidente que esta idea no incluye nada de imposible: supongamosla real; de esta suposicion que no es otra cosa que una nueva modificacion de la Ley general de la Atraccion, nacerá la explicacion de una multitud de fenómenos de los que es imposible dar otra alguna razon.

I. En esta hipótesis cuyos sólidos fundamentos mostrará todo este Párrafo, la *Ley de Atraccion* siempre proporcional á las masas no padeceria mas que dos modificaciones diferentes.

Obraria en *razon inversa* de los quadrados de las distancias relativamente á todos los Elementos de la Materia tanto en el caso de contigüidad, como fuera de este caso. Esta es la *Ley general de Atraccion* que obra universal é indistintamente en todos los cuerpos á qualquiera distancia.

Obraria respecto á ciertos Elementos mas análogos únicaente en caso de contigüidad ó muy cerca de ella *en otra proporcion* todavia no conocida; pero capaz de aumentar inmensamente la atraccion precedente respecto de estos elementos análogos, contigüos ó próximos á estar contigüos. Esta seria la *Ley especial de atraccion* ceñida á ciertas especies de cuerpos análogos entre sí en el solo caso de contigüidad ó de una infinitamente pequeña distancia.

II. En esta hipótesis la *Ley de Atraccion* se dividiria pues como en dos Leyes diferentes, segun sus diferentes efectos, ó el diferente modo de exercerse.

La primera de estas dos Leyes, ó la *Ley general de Atraccion* es indudablemente la causa fisica de la tendencia de los cuerpos sean los que quieran hácia ciertos centros comunes, como de la gravitacion de los Planetas y Cometas hácia el Sol, de los Sáterites de Saturno ó de Júpiter hácia su Planeta principal, en fin de la Luna y Cuerpos terrestres hácia el centro de la Tierra.

La segunda de estas dos Leyes, ó la *Ley de Atraccion especial* podria ser la causa física de la tendencia singular y muy manifiesta de ciertos elementos hácia otros Elementos análogos, únicamente en el caso de contigüidad, ó de una proximidad muy grande.

Por exemplo. Yo destapo una botella de cerveza, y al instante este licor se arroja como un torrente espumoso fuera de la botella contra lo que exige su gravedad natural. ¿De donde puede provenir este fenómeno sino de una atraccion especial y bastante sensible entre las moléculas del ayre y ciertas moléculas de este licor, la qual se exerza en el momento en que estas dos especies análogas se hacen contigüas, y pueden atraerse libremente? Se verá por lo que adelante diremos en este mismo párrafo, que en vano se pretenderia atribuir este fenómeno y otros mil semejantes á otra causa diferente.

III. Aunque hasta aqui he hablado de la afinidad como de una modificacion de la Ley de Atraccion; para simplificar las cosas consideraré de aqui adelante la *Ley de Afinidad* como una ley aparte, como una ley enteramente distinta de la Ley general de la Atraccion, con la que realmente nada tiene de comun en su accion, ni en sus efectos.

CAUSA EFICIENTE DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES, Ó AFINIDADES CHIMICAS.

91. COROLARIO. Suponiendo real la Ley de Atraccion especial de que acabamos de dar idea, *la tendencia particular que tienen ciertos cuerpos análogos unos hácia otros, tiene por causa eficiente la accion del Criador, el qual en consecuencia de la Ley que ha dado, y del orden de cosas que ha establecido imprime este movimiento á los Cuerpos análogos con ocasion de su coexistencia, su analogia, y su contigüidad, ó muy grande proximidad. Para dar pues Definiciones sencillas y luminosas de todos estos objetos*

I. Esta *Tendencia particular* que tienen entre sí ciertos Elementos infinitamente poco distantes unos de otros es un movimiento que les imprime el Criador única causa eficiente de todo movimiento en la Naturaleza. (76.)

II. Este movimiento tiene por causa ocasional á consecuencia de la voluntad primitiva y siempre subsistente del Criador, la *Coexistencia y la muy grande proximidad* de los Elementos que forman estos cuerpos mas ó ménos análogos.

Quando la proximidad se convierte en *Contigüidad*, la tendencia recíproca subsiste y produce una adhesión ó resistencia á la separación. Quanto mas perfectas son la analogía y contigüidad, tanto mas grandes son la tendencia y adhesión que resultan de ellas.

92. OBJECCION. La Atracción especial ó la Afinidad de los cuerpos tiene todo el ayre de ser uno de estos seres fabulosos que la imaginación inventa para explicar fenómenos cuya causa ignora la razón. ¿Por lo ménos no tiene esta causa bastante afinidad y analogía con las qualidades ocultas del Peripato? ¿Por otra parte en que puede consistir la analogía de elementos destinados á atraerse mutuamente? Esto es ciertamente imposible de explicar.

RESPUESTA. I. La Afinidad que yo supongo en la Naturaleza siguiendo á los mas célebres y profundos Chímicos está demostrada por una infinidad de fenómenos, que no se pueden atribuir á otra causa que á esta, como lo harán ver las experiencias y observaciones que expondré bien pronto.

La existencia de esta *Ley de Afinidad* como tambien la de una *Ley de Impulsion* y de una *Ley de gravitación* está demostrada por los efectos. Si son necesarias otras pruebas para hacer ver que estas leyes generales de la Naturaleza no son fantasmas de la imaginación, nada hay cierto y seguro en la Física.

II. Es evidente que nada hay de oculto, nada de obscuro en la definición sencilla y luminosa que acabamos de dar así de la causa como de la naturaleza de las Afini-

nidades. Es claro por consiguiente que la tendencia recíproca y particular que tienen ciertos cuerpos entre sí no presenta nada de comun con las qualidades ocultas del Peripato, de las cuales no se daba idea alguna, y es que no se podían definir ni concebir. (*Met.* 98 y 99.)

III. Como no podemos observar en sí mismos los elementos primitivos de los cuerpos, pues por su infinita pequenez no podemos verlos aunque nos valgamos de los mejores microscopios, no está en nuestro poder determinar qual es la figura y qualidad de los elementos análogos que tienen entre sí una Afinidad mas sensible muy cerca ó en el mismo punto del contacto, pero no es ménos cierto que hay elementos que tienen mas afinidad y analogía entre sí que con algunos otros.

Es bastante verosímil que los *Elementos perfectamente semejantes y homogéneos* tienen entre sí una grande Afinidad. De aquí la Atracción especial de dos gotas de agua y dos pequeñas porciones de Mercurio.

Pero no es ménos verosímil si hemos de juzgar por lo que experimentamos, que ciertos elementos homogéneos tienen tambien una afinidad bastante grande con elementos de otra naturaleza diferente. De aquí la Atracción del agua respecto de los Sales, y del Ayre así respecto del agua á quien eleva en vapores, como de diferentes líquidos á quienes disipa y abluerve.

Esta relacion mutua ó conveniencia recíproca de los elementos homogéneos ó heterogéneos es lo que yo llamo aquí su *Analogía*, sea la que quiera la figura, grandor y qualidad que les den esta relacion y conveniencia.

PROPOSICIÓN GENERAL.

93. Consta por muchísimos fenómenos, que hay en la Naturaleza visible Afinidades ó Atracciones particulares que solo se pueden explicar de un modo que satisfaga en la hipótesis de una Ley especial de Atracción entre ciertas especies de elementos muy cerca del punto del contacto, ó

en el mismo punto del contacto: luego existe esta Ley de Atraccion.

EXPLICACION. Ruego á mis Lectores que no cedan súbitamente y sin examen a un cierto instinto que subleva á primera vista á las potencias del Alma contra una Verdad Filosófica que yo mismo no he adoptado sino despues de haber intentado en vano por espacio de muchos años desconocerla y combatirla y destruirla. En la Proposicion general que expresa esta Verdad Filosófica, si el antecedente es verdadero, la conseqüencia es cierta é indudable, pues que toda causa se demuestra por sus efectos, y así únicamente se trata aquí de examinar la verdad de este antecedente.

Casi todos los Fenómenos de la Física y la Chímia nos ofrecen pruebas convincentes y decisivas en favor de las Afinidades Chímicas ó Atracciones especiales independientes de la Ley de Impulsion y de la Ley general de Atraccion. Elegirémos y expondrémos aquí los mas conocidos é interesantes de estos fenómenos, y por lo mismo los mas capaces de hacer sensible la Verdad filosófica que acabamos de proponer y que vamos á probar.

PRUEBA PRIMERA.

FENOMENOS DE LA ATRACCION DEL AGUA.

DESCRIPCION. El Agua perfectamente pura es un fluido diáfano que no admite compresion sensible y palpable, muy deloznable y volátil, inalterable é indestructible, sin color, sin olor, sin sabor y sin reforte ó sin elasticidad. Las partes integrantes de este elemento han resistido poderosamente á todos los esfuerzos que ha hecho la Chímia para descomponerlas; lo que prueba que el agua es uno de los cuerpos mas simples de la Naturaleza, si ya no es el mas simple de todos. Pero á causa de su abundancia con otras varias substancias es muy difícil hallarla perfectamente pura, y en caso de no estarlo, la Chímia puede extraer de ella por medio de la destilacion

ó evaporacion los cuerpos estraños, como son ciertas arenas y ciertos sales.

95. ASERCIÓN. *El agua parece tener una Fuerza atractiva especial, independiente de la Ley general de atracción.* Dos experiencias bastarán para acreditar la verdad de esta asercción.

96. EXPERIENCIA I. Después de haber mojado en el agua un Trozo de pinavete, cuélguele con un hilo del brazo de una balanza pequeña, y póngase en equilibrio con un peso ó puesto. Aproxímese despues por debaxo un vaso lléno de agua, de suerte que la superficie del agua llegue á tocar la extremidad de este trozo de pinavete.

Se observará en primer lugar que el Pinavete se unde en el agua, y que léxos de hacerse mas ligero segun las Leyes comunes de la Hidrostatica se hace al contrario mas pesado que el peso con quien estaba antes en equilibrio. M. Faillor que fué el primero que hizo esta experiencia tuvo necesidad de una fuerza ó de un peso de cinquenta granos para restablecer el equilibrio.

Se observará en segundo lugar que levantando lentamente este trozo de pinavete, el agua se eleva con él hasta una altura considerable, y forma entre el resto del agua y la extremidad del pinavete una pequeña columna que queda suspena.

Estos mismos dos efectos se verifican mas ó ménos sensiblemente quando en lugar del pinavete se usa de otro cuerpo sólido como de encina, hierro, plata &c.

EXHIBICION. ¿A que fuerza se podrán atribuir estos dos efectos, estos dos fenómenos sino es á una *Atraccion especial* entre los elementos del agua de una parte, y los elementos del pinavete ó del agua embebida en él de otra?

I. La *Materia vortiginosa* de los Cartesianos, ésta brillante Chimera que envuelve en sí mil contradicciones, y que en otro lugar destruiremos enteramente, es insuficiente para dar razon de los dos efectos que nos presenta esta experiencia.

Es evidente en primer lugar que la Materia vortiginosa no puede elevar el agua en columna hácia la extremidad del pinavete levantado. Siendo esta materia segun los discípulos de Descartes la causa de la pesantez, era necesario que tuviese á un mismo tiempo una tendencia especial hácia abaxo para producir la pesantez, y una tendencia especial hácia arriba para producir esta elevacion de la columna de agua.

No es ménos claro que la Materia vortiginosa no puede contribuir á un mismo tiempo á undir el pinavete en el agua, y á elevar el agua sobre su superficie á medida que el pinavete se unde; pues para producir este doble efecto lo mismo que para producir el anterior, seria necesaria una doble accion contraria, y una virtud de elevar y baxar á un mismo tiempo una misma cosa.

II. La *Atracción general* proporcional á las masas y en razon inversa de los quadrados de las distancias no puede producir en dos cuerpos próximos á la superficie de la tierra movimiento alguno sensible que los lleve uno hácia otro, como consta de la Teoría misma de la Atraccion, y confiesan todos los Neutonianos. Luego si la Atraccion tiene alguna influencia como no se puede dudar que la tenga en los dos fenómenos de que tratamos, es constante que esta atraccion debe ser una *Ley especial* relativa á las diferentes especies de elementos en el punto ó muy cerca del punto del contacto.

El célebre Abate Sigorgne sublime y profundo intérprete del gran Neuton reconoce con él, que la Atraccion en razon directa de las masas é inversa del quadrado de las distancias no basta para explicar una multitud de fenómenos de la Naturaleza. Y así supone para dar razon de estos fenómenos por medio de la atraccion Neutoniana que esta causa primitiva de la Naturaleza obra respecto de todos los cuerpos indistintamente en razon inversa de los *Quadrados de las distancias* quando la distancia es notable, y en razon inversa de los *Cubos de las distancias* quando la distancia es infinitamente pequeña.

Pero como este aumento de fuerza en la Atraccion general aun en este Sistema obra igualmente en toda especie de cuerpos, no se pueden explicar en él los diversos fenómenos de afinidad ó de atraccion especial que la Naturaleza nos presenta, para lo qual únicamente sería necesario semejante aumento.

97. EXPERIENCIA II. Una Gota de agua echada sobre un plano horizontal de mármol, cobre ó madera barnizada, en lugar de extenderse sobre la superficie poniéndose á nivel como hacen todos los Líquidos, toman una figura casi esférica. (Fig. 5.)

EXPLICACION. ¿De donde la puede venir á esta gota de agua la figura esférica que toma, sino es de la atraccion especial de sus partes integrantes entre sí en fuerza de la qual se substraen á la ley general de la Hidrostática, en virtud de la que los Líquidos tienen á nivel sus superficies superiores?

La presion del ayre ó de la materia futil no puede influir nada en este fenómeno; porque se sabe que estos fluidos obran necesariamente con fuerzas iguales hácia todas partes, y si en virtud de alguna de estas fuerzas las presiones laterales md , nb , fueran destruidas por las presiones verticales ca ; todas las partes integrantes de esta gota de agua debian quedar reducidas á su simple accion particular, en virtud de la qual los elementos $d b c$ deberian precipitarse hácia rs , y tomar todos una superficie á nivel, sino tuvieran mas accion que la de su *Tendencia general* hácia el centro de la Tierra.

Ahora pues ellos tienen una *Tendencia particular* hácia el centro x de la gota que forman: luego esta tendencia particular hácia este centro x debe tener por causa una *Atraccion especial* entre estos elementos.

De esta misma causa proviene la figura esférica que toman las gotas de lluvia y de rocío; y de la misma resulta tambien el fenómeno de dos gotas de agua contiguas que se transforman en una sola un poco ménos esférica.

98. NOTA I. Las pequeñas Porciones de mercurio to-

man una figura mas perfectamente esférica que las gotas de agua, sea porque siendo el mercurio casi catorce veces mas denso que el agua tiene bastante mas atraccion especial á proporcion del mayor número y contigüidad de sus elementos, sea porque teniendo el mercurio ménos afinidad que el agua con los cuerpos que le sostienen, la accion atractiva es ménos destruida en él que en el agua por la atraccion opuesta de las substancias sobre que está.

99. NOTA II. Un *Pic cúbico de agua* echado lentamente y gota á gota encima de una tabla horizontal ó en un baño largo no toma ni debe tomar como la gota de agua sola una figura esférica. La razon de esta diferencia es la siguiente: (*Fig. 5.*)

I. Cada elemento $a b c d$ de una gota de agua tiene dos atracciones: la una de tendencia ó gravitacion hácia el centro de la tierra, la otra de tendencia hácia los elementos contigüos ó próximos.

En virtud de la primera atraccion, efecto de la *Ley general*, todos los elementos de esta gota de agua tiran á ponerse á igual distancia $r s$ del centro de la tierra. En virtud de la segunda atraccion, efecto de la *Ley especial* estos mismos elementos tiran á ponerse unos cerca de otros á igual distancia del centro comun x de la gota.

La primera atraccion lucha contra la segunda y tira á destruirla. Pero como la primera atraccion siempre proporcional á las masas es muy poco considerable en una gota muy pequeña de agua, es vencida con bastante exceso por la segunda atraccion que está en toda su fuerza á causa de la muy grande proximidad de todas las partes atractivas.

Esta segunda Atraccion que tira á hacer tomar á todas las moléculas del agua una figura esférica consigue pues mas ó menos su efecto, y la gota de agua es mas ó menos perfectamente esférica.

II. Si se suponen ahora en m y n dos nuevas gotas de agua, estas dos gotas de agua en virtud de su atraccion propia atraerán la una al elemento d hácia m , y la otra al elemento b hácia n .

La tendencia de los elementos d y b hácia el centro de la gota $a b c d$ se dividirá pues y disminuirá; y los elementos c en virtud de su gravitacion que no tiene ya el mismo obstáculo se precipitarán hácia la superficie inferior $m n$.

Y así un gran volúmen de agua no debe tomar una figura esférica, porque en un gran volúmen de agua la gravitacion comun proporcional á la masa destruye enteramente y vence la *Atraccion especial* de las diferentes gotas de agua entre sí.

Como las gotas distantes m y n no pueden tener una contigüidad inmediata entre sí, y la *Atraccion especial* depende de la contigüidad ó á lo menos de la muy grande proximidad de los cuerpos entre sí, la fuerza atractiva de las gotas de agua entre sí no crece ni debe crecer proporcionalmente á la masa de agua, y por esto en una gran masa de agua la gravitacion general que lucha contra la atraccion particular debe a causa de su mayor fuerza destruir sensiblemente todo su efecto.

Lo mismo y por las mismas razones sucede en un volúmen grande de Azogue ó de qualquier otro Líquido.

100. NOTA III. Esta *Atraccion especial* es proporcional á las masas atractivas segun que están contiguas, y no segun que no lo están; la razon es porque esta fuerza atractiva depende de la contigüidad.

Así el trozo de Pinavete de la primera experiencia precedente será atraído por una fuerza como uno si le toca el agua por una superficie como uno. Será atraído por una fuerza como 10, si le toca por una superficie diez veces mayor.

Pero la parte de esta masa de agua que no toca al pinavete; por mas anchura ó profundidad que tenga no exerce *Virtud alguna atractiva* sobre el Pinavete, porque la falta la condicion de que depende su accion que es la contigüidad ó muy grande proximidad.

PRUEBA SEGUNDA.

FENOMENOS DE LAS DISOLUCIONES QUIMICAS.

101. DEFINICION. La *Disolucion* de los cuerpos es una operacion por la qual las partes integrantes de un cuerpo se unen y combinan con las partes integrantes de otro de diferente naturaleza, de fuerte que de esta union y combinacion resulta un *nuevo Compuesto* que participa de la naturaleza de los dos cuerpos disueltos uno por otro.

I. Se ve por esta definicion que la simple division ó separacion de las partes integrantes de un cuerpo no es disolucion. El oro líquido por la accion del fuego está fundido y no disuelto. Para que el oro esté disuelto es necesario que sus partes integrantes se combinen con las partes integrantes de otro cuerpo, como con el mercurio ó el agua regia.

II. En una Disolucion química aunque los dos cuerpos de que resulta el compuesto contribuyan recíprocamente á efectuar la disolucion, se llama *Disolvente* el cuerpo cuyas partes integrantes están ya desunidas y fluidas antes de la disolucion; y *Disuelto* el cuerpo cuyas partes no se desunen sino por el acto mismo de la disolucion ó combinacion de los dos cuerpos.

DISOLUCION DE LAS SALES.

102. DESCRIPCION. Las propiedades esenciales y características de qualquiera substancia que se deba de tener por salina, son tener sabor, ser disoluble en el agua, y tener una pesantez y firmeza medias entre las del agua, y las de la tierra pura. Tales son las propiedades de la sal comun y el azucar.

Entre la multitud casi infinita de cuerpos en que se descubren *Propiedades salinas*, se ha advertido que muchos de ellos están compuestos de una substancia salina
por

por sí misma, y de una ú otras muchas substancias que por sí mismas no son salinas.

Esta Observacion ha sido sin duda la que ha dado motivo al mas célebre y profundo Chímico, al famoso Sthal de sospechar que no hay en la Naturaleza mas que un Principio salino que se modifica de infinitos modos diferentes mezclándose con una multitud de substancias no salinas; que este único principio salino es el *Accido vitriólico*, el mas activo é inalterable de todos los principios salinos; y que este *Accido vitriólico* no es él mismo mas que una combinacion de un principio aqueo y un principio terreo unidos entre sí.

103. EXPERIENCIA. Llénense tres vasos de vidrio de agua pura de fuente hasta casi dos tercios de su capacidad. Echese sal comun en el primero, azucar en el segundo, y salitre en el tercero.

EFFECTOS. El agua divide y disuelve estas tres especies de sales en partículas tan tenues é imperceptibles que no se las puede distinguir aun con el mejor microscopio, de suerte que si despues de que estas tres especies de sales se han mezclado con el agua, lo que se percibe al gusto, se pone baxo la lente de un microscopio una gota sacada de qualquiera de estos tres vasos, no se ve mas que un licor.

I. El agua disuelve y mantiene disuelta una cantidad de sal comun, igual poco mas ó menos á la quarta parte de su peso, despues de lo qual se acaba su accion, y la nueva sal comun que se echa queda en el fondo en masa concreta, y no se disuelve. Este es el *Punto de saturacion*. El agua hirviendo no disuelve mayor cantidad de sal que la fria.

II. El agua disuelve y mantiene disuelta una cantidad mayor de azucar, y asi llega con mas dificultad al punto de saturacion quando disuelve el azucar, que quando disuelve la sal comun.

III. El agua fria disuelve una cantidad determinada de salitre, despues de lo qual llega al punto de Saturacion, y no disuelve ya mas. El agua hirviendo disuelve

una cantidad incomparablemente mayor de salitre, despues de lo que llega en fin al nuevo Punto de Saturacion en que dexa de disolver lo demas.

IV. El agua saturada de sal comun está todavia en estado de disolver una cantidad ó una porcion mas ó menos grande de diferentes sales como de azucar y de salitre, y asi aun despues de agotada su accion respecto de la sal comun conserva una fuerza real para disolver otras varias sales.

104. ASERCION. *El Fenómeno de la Disolucion de las sales parece depender únicamente de la ley de afinidad ó de atraccion especial entre el agua y las sales.*

DEMOSTRACION. La sal comun que nos puede servir de exemplo general, siendo mas pesada que el agua se precipita al principio en masa y forma concreta al fondo del vaso en que está contenida el agua. ¿Porque sube despues por toda la masa del agua hasta la superficie mas elevada? Se ve de luego á luego que se trata aqui de un gran fenómeno que se verifica en las dos terceras partes de la superficie de nuestro Globo, pues las dos terceras partes de su superficie están cubiertas del agua salada del mar.

I. Esta sal puesta en el fondo del vaso no es disuelta y elevada por la accion de una *Materia vortiginosa*. ¿Siendo esta segun los Cartesianos causa de la dureza y pesantez de los cuerpos como podria ser á un mismo tiempo causa de la division y elevacion de estos mismos cuerpos? Decir que esta causa fabulosa podia á un mismo tiempo hacer uno y otro, seria atribuirle dos virtudes diametralmente opuestas.

II. Esta sal no es disuelta y exáltada en virtud de la *Atraccion general* comun á todos los cuerpos indistintamente; porque qualquiera fuerza atractiva que se suponga entre el agua y la sal en el punto del contacto, como esta atraccion obra indiferentemente en todos los cuerpos no puede tirar á otra cosa que á unirlos mas fuertemente entre si indistintamente, y asi no debe de hacer otra cosa que unir el agua con la sal á quien toca, en lugar

de desunir y dispersar las moléculas de sal por toda la masa del agua.

III. Esta sal no es disuelta y exáltada por sola la *accion del fuego* ó del calor, pues un termómetro metido en agua de fuente no sube quando se pone á disolver sal en ella. Y asi la accion del calor que no disuelve la sal fuera del agua, no la disuelve tampoco dentro de ella supuesto que no se aumenta.

IV. Esta sal no es disuelta y exáltada por el peso y *Gravitacion del agua*. ¿En primer lugar como el peso y gravitacion del agua causaria la *Separacion de las moléculas de la Sal*? Quieren algunos figurarse los elementos del agua como otras tantas cuñecitas que penetran por entre los elementos del cuerpo que dividen. Pero para hacer esto necesitan una fuerza impulsiva ó atractiva que les impela con violencia contra los elementos que van á dividir. ¿Y esta fuerza que otra cosa puede ser que la fuerza de atraccion especial entre las cuñecitas aqueas y las moléculas de sal que dividen? El peso del agua superior lucha igualmente contra las moléculas que han de ser divididas, que contra las cuñecitas que las han de dividir: luego este peso del agua es una fuerza nula relativamente á la disolucion de la sal.

Por otra parte este peso del agua ó qualquiera otra virtud general que se quiera imaginar en ella deberia causar la separacion de las moléculas de un trozo de cera que es un cuerpo mas blando, mas bien y con mas facilidad que de las de un pedazo de sal cristalizada que es un cuerpo bastante mas duro; lo que es enteramente contrario á la experiencia.

¿Ademas como la gravitacion del agua podria causar la *Exáltacion de las moléculas de la sal*? En vano se supondria para explicar este ascenso, que las moléculas de la sal estan divididas en partículas inmensamente atenuadas porque siendo estas partículas partes integrantes de un cuerpo mas denso y mas pesado que el agua, deben conservar un exceso de pesantez respecto del agua, á menos que no sean divididas en partículas mucho mas

pequeñas que las moléculas primitivas del agua. ¿Pero como el agua podría dividir las moléculas de la sal en partículas mas pequeñas que sus moléculas?

Esto es imposible, porque es evidente que las moléculas de agua no pueden dividir un cuerpo sino introduciendo sus partes unidas por los poros del cuerpo que han de dividir; y lo es igualmente, que las moléculas de agua no pueden introducirse por entre las partes de una molécula de Sal que no fuese mayor que ellas, pues esta molécula de Sal no puede tener poros capaces de dar entrada á las moléculas del agua que deberian ser mas grandes ó tan grandes como ella misma.

105. RESULTADO. Parece pues que *una masa de Sal puesta en el fondo del agua no puede ser disuelta y exáltada en partículas imperceptibles sino en fuerza de la Atraccion ó Afinidad que tienen entre sí los elementos del Agua y de la Sal.*

I. La Sal precipitada al principio al fondo del agua atrae el agua contigua y es atraída por ella. El agua contigua á la Sal en virtud de su fuerza atractiva especial respecto de la Sal se introduce con violencia en sus poros, divide y desune sus pequeñas moléculas, y se carga y satura de sus partículas divididas y separadas de la masa.

II. La capa de agua próxima á esta que está ya cargada y saturada de partículas salinas, ejerce á su vez toda su accion atractiva sobre las moléculas salinas atraídas y exáltadas por la capa inferior. Se carga pues de partículas de Sal, y despojando de ellas á la capa contigua á la Sal la vuelve toda su fuerza atractiva y la pone en estado de continuar en atraer y dividir la masa de la Sal.

III. Las capas de agua cargadas de moléculas salinas son pues continuamente despojadas de su Sal por las capas superiores de agua que todavia no han perdido nada de su *Fuerza de Afinidad* ó de atraccion con la Sal, y quienes de consiguiente obran con toda su fuerza contra las moléculas salinas de la capa de agua que está próxima á ellas, la qual ha perdido ya una parte de su fuerza atractiva proporcional a la cantidad de Sal que ha absorbido.

IV. Y así la capa de agua contigua á la masa de Sal que ha de disolverse, despojada sin cesar de la Sal que atrae y reslituida continuamente digámoslo así á su ansia por la Sal que toca, continua en dividir y absorber las moléculas de esta Sal, hasta que toda la masa del agua esté plenamente saturada. (L. Q. P. D.)

106. NOTA I. Quando el Agua ha atraído y absorbido toda la cantidad de Sal que apetece, y de consiguiente ha empleado y consumido toda su fuerza atractiva, el resto de la Sal queda en masa en el fondo del vaso, y no se disuelve ya á menos que no se eche en una cantidad nueva de Agua que sea suficiente para acabar de disolver toda la porcion de Sal.

La Sal no muda de naturaleza por su disolucion en el Agua; cada una de sus moléculas unida á una ó muchas moléculas de agua conserva la misma Naturaleza de Sal que tenia en la masa total.

La Sal es pues dividida en esta operacion sin ser descompuesta: es partida en sus partes integrantes sin que padezca alteracion alguna en sus partes constituyentes. (7)

107. NOTA II. La agua saturada de Sal y separada del resto de la masa que no ha podido disolver, mantiene adherente á sus moléculas toda la Sal de que se ha cargado.

Pero si esta agua llega á evaporarse á medida de que se disminuye la cantidad de agua, la Sal de que estaba saturada la parte de agua que acaba de evaporarse se cristaliza y precipita al fondo del vaso en masas pequeñas semejantes y regulares. Y quando la evaporacion se ha acabado enteramente, se halla en el fondo del vaso en que estaba el agua toda la Sal que tenia en disolucion, amontonada en pequeños *Cristales semejantes y regulares*.

108. NOTA III. El Agua hace igualmente el oficio de *Disolvente* respecto de otros muchos cuerpos: es decir que los penetra, aparta y separa sus partes integrantes cuya union y nudo disuelve por lo comun. Así es como divide las tierras, las sales y sucos de las plantas: se carga de sus partículas divididas y las mantiene separadas

mientras conserva una fuerza suficiente para impedir que se vuelvan á juntar.

Esta propiedad del Agua, que la accion del Ayre y del Fuego puede aumentar considerablemente en muchas circunstancias tiene frecuentemente por causa principal y fundamental la Afinidad ó Atraccion que hay entre el Agua y las substancias que penetra. Siendo el Agua atraida por estas substancias y atrayéndolas á ellas por su parte, se concibe fácilmente como se insinua entre sus elementos mientras que su fuerza atractiva no es impedida por otra superior; y como les mantiene disueltos mientras que su fuerza no está sobrecargada y consumida.

109. NOTA IV. A causa de esta virtud atractiva y disolvente el Agua casi nunca está pura, sino que en fuerza de ella tiene en disolucion algunas substancias estrañas á su Naturaleza.

I. Pasando por entre las masas de Sal que hay en el seno de la Tierra, las disuelve sucesivamente, se carga de sus moléculas y forma *Fuentes saladas*.

II. Pasando por la superficie y el interior de la Tierra, el Agua separa y agarra partículas terreas, yesosas, selenitosas, y forma *Aguas duras ó Aguas crudas*.

III. Filtrándose por entre diferentes metales, defunde de ellos mas ó ménos partículas espirituosas, sulfureas, salinas y metálicas que mantiene en disolucion, y forma *Fuentes minerales* que tienen diferentes virtudes segun los diferentes principios que contienen.

OTRAS ESPECIES DE DISOLUCIONES.

110. ASERCION. *Las demas especies de Disoluciones parecen resultar igualmente que la de las sales de sola la Ley de Atraccion especial ó de afinidad entre las partes integrantes de los cuerpos que se disuelven.*

Probarémos esta Asercion por la simple explicacion de algunas experiencias sensibles y decisivas, cuyos fenómenos nacen de la misma causa modificada de diversas maneras.

111. EXPERIENCIA I. Póngase en un vaso una moneda de cobre muy pequeña, y échese en él como una onza de *Agua fuerte*, que no es otra cosa que el ácido de nitro separado de su alkali.

EFFECTOS. Al instante se produce en el vaso una efervescencia y borbollamiento sensibles, el licor se insinua con violencia por los poros del cobre, divide y exalta sus partes; el agua se calienta y eleva en vapor verdadero, y al fin toda la pieza de moneda desaparece, y sus moléculas divididas se hallan en disolución en la masa de agua fuerte á quien dan color.

El agua fuerte obra casi los mismos efectos de disolución en el hierro, el plomo y todos los metales excepto el oro y la platina en quienes no hace nada. Si con la moneda de cobre se pone en el vaso de quien vamos hablando una pieccecita de oro, el Disolvente ó el agua fuerte disuelve el cobre en los términos que hemos dicho, pero no toca al oro.

112. EXPLICACION. Los elementos del *Agua fuerte* que nos podemos figurar como otros tantos cuchillitos ó cuñitas muy agudas son impelidos con violencia por entre los poros de las moléculas superficiales del cobre, las cuales se apartan sucesivamente de la masa para unirse con las moléculas del licor que las toca, rodea, divide y absuerve.

I. ¿A que causa se puede atribuir esta acción impetuosa que desune partes tan adherentes, sino es á la *Atracción especial* que hay entre los elementos de cobre y los del ácido nítrico, la qual moviendo con violencia estos elementos unos contra otros produce mediante el choque mutuo de sus partes un calor muy real y muy sensible en estas dos substancias?

II. Por ninguna otra causa se puede dar razón de estos fenómenos, como seria fácil hacer ver exponiendo otra vez la insuficiencia de la *Materia vortiginosa* de la *Atracción general* de la acción del ayre y de la del calor que en este caso mas bien es efecto que causa. Luego es muy verosímil que la causa que asignamos, á

haber la Atraccion especial, sea la verdadera causa de estos fenómenos. (L. Q. P. D.)

113. EXPERIENCIA II. Póngase en otro vaso una pieza pequeña ó algunas hojitas de oro y échese en él como una media onza de *Agua regia* que no es mas que una mezcla de accido nítrico y de accido marino.

EFFECTOS. Las moléculas de *Agua regia* como otros tantos cuchillitos penetran con violencia por entre los poros del oro, dividen sus elementos, se combinan con ellos, y los mantienen en disolucion en toda la masa de *Agua regia*.

114. EXPLICACION. La causa de esta Disolucion del oro por el *Agua regia* no puede ser otra que la *Atraccion especial* entre los elementos del oro y los del *Agua regia*.

Siendo todas las demas causas patentemente inadmisibles en la explicacion de este fenómeno igualmente que en todas las otras Disoluciones Chímicas, es muy verosímil que la que asignamos sea la verdadera causa fisica.

115. NOTA. ¿Pero porque el *Agua fuerte* que disuelve la plata no disuelve tambien el oro? ¿Porque al contrario el *Agua regia* que disuelve el oro no disuelve la plata? ¿Que mutacion puede causar respecto de estos dos fenómenos la mezcla del accido nítrico con el accido marino? (111. y 113.)

116. EXPLICACION I. Algunos Físicos para dar razon de estos dos fenómenos han recurrido á una diversidad de poros en estos dos metales, suponiéndolos accesibles á las moléculas de *Agua fuerte* en la plata, é inaccesibles á las mismas en el oro, y al contrario accesibles á las moléculas de *Agua regia* en el oro, é inaccesibles en la plata. Mala explicacion por qualquier lado que se la mire, porque

1.º Suponiendo efectiva esta diferencia de poros se concibe á caso como los poros del oro inaccesibles á las moléculas del accido nítrico se hacen accesibles á estas mismas moléculas quando estan unidas y combinadas.

das con otras que no destruyen en nada su Naturaleza?

Esto á mi parecer es decir que una espada no puede entrar desnuda por una abertura dada, pero que esta misma espada podrá entrar en ella si está metida en la bayna ó en otro cuerpo que no altere su masa y su figura. La pauidad es bien clara, porque en las Disoluciones Chímicas las partes integrantes de los cuerpos disueltos conservan su naturaleza primitiva, y de consiguiente la misma figura y masa que tenían antes de su disolucion.

II. ¿ Si se pretende que la Disolucion cause mayor division y pequenez en las partes que se unen y combinan, se puede acaso concebir como los poros de la plata accesibles á las *Moléculas del Acido nitroso* se hacen inaccesibles á las mismas moléculas, despues que estas han sido atenuadas por su combinacion con el acido marino del qual pueden desunirse para introducirse en estos poros?

III. ¿ Suponiendo la division, los poros y las figuras en los términos que se quieran en estos dos metales que se disuelven, quien podrá concebir *sin la Ley de Afinidad y de Atraccion*, como un líquido que debería estar quieto é inmóvil se mueve é insinua con violencia en los poros y por entre las partes sólidamente adherentes de estos metales; como estas partes sólidamente adherentes se separan unas de otras, se dispersan hácia todos lados por toda la masa del Disolvente, y van á unirse con todas las moléculas de este Disolvente hasta que ha llegado al punto de saturacion? Luego esta explicacion carece de todo fundamento.

117. EXPLICACION II. He aqui otra mucho mas verosímil de la diversidad de estos fenómenos.

I. El Acido nitroso ó el *Agua fuerte* disuelve la plata y no el oro, porque las moléculas de este acido aunque capaces en sí de penetrar por los poros de estos dos metales tienen afinidad con las moléculas de plata, y no con las moléculas de oro, y asi deben ser atraídas por la plata y no por el oro.

II. El Accido nitroso combinado con el Accido marino ó el *Agua regia* disuelve el oro y no disuelve la plata, porque las moléculas del Accido nitroso combinadas con las del marino forman *nuevos todos* diferentes de los dos principios que les constituyen tomados de por sí, los cuales *nuevos todos* tienen afinidad con los elementos del oro, y no con los de la plata.

Las moléculas del Accido nitroso por estar combinadas con las del Accido marino no dexan de poder penetrar por los poros de la plata, pues lo harian si se apartasen del accido marino como lo hacian antes de haberse mezclado con él.

Pero estas moléculas de Accido nitroso tienen una *Afinidad compuesta* con las del Accido marino, que mata y destruye su atraccion con la plata, y causa atraccion con el oro; por lo qual deben de dexar de ser atraidas por la plata, y empezar á ferlo por el oro.

PRECIPITACIONES CHIMICAS.

118. DEFINICION. La *Precipitacion Chímica* es una operacion por la qual dos cuerpos que estan en disolucion se desunen uno de otro por medio de un tercer cuerpo que tiene la propiedad de unirse con uno de los dos, y forzar al otro á separarse á medida que él se une.

Llamase *Precipitante* el cuerpo que sirve de intermedio para obrar la separacion de los dos que estaban unidos.

Se llama *Precipitado* el cuerpo que separándose de aquel con que estaba unido, no se une al precipitante, y por lo comun se va al fondo del vaso en que se hace esta operacion.

I. Es cierto en primer lugar, que *una precipitacion no puede hacerse sino en virtud de una Afinidad del Precipitante bastante mayor que la del Precipitado con la substancia de que se separa este último*. Esta prodigiosa propiedad que tienen ciertas substancias de separar de este modo otras aunque esten muy estrechamente unidas entre sí

es la verdadera causa de infinitos fenómenos igualmente interesantes para la Chímia que para la Física.

POR EJEMPLO. Jamas se hubiera conocido el Acido de sal comun, ni los Acidos de otros muchos sales sin el auxilio de ciertos Acidos mas poderosos que tienen la virtud de separarlos de sus Alkalis, que son como sus cubiertas ó bases en que están naturalmente metidos.

II. Es cierto ademas que *no hay precipitacion Chímica sin una nueva combinacion del Precipitante con uno de los dos principios que estaban antes unidos y en disolucion.* Si los Chímicos dan á veces el nombre de Precipitacion á algunas operaciones que carecen de esta condicion segun ellos mismos confiesan abusan de este término.

III. Es cierto en fin que *no se hace Precipitacion alguna sino en materias fluidas*, pues sino lo fueran uno de los dos cuerpos unidos no podria separarse del otro para precipitarse.

Como los cuerpos pueden hacerse fluidos por el agua ó por el fuego, se distinguen dos especies de Precipitaciones: la una por la *Via húmeda*, y la otra por la *Via seca*.

Se deben referir á la primera ó á la *Via húmeda* todas las descomposiciones de sales que tienen la base terrea y metálica, las cuales se disuelven en agua quando se quiere separar sus bases de sus acidos, valiéndose de un intermedio conveniente.

Se deben referir á la segunda ó á la *via seca* todas las separaciones de metales y otras materias sólidas y fusibles que se hacen fundiendo estas materias, y mezclándolas con la substancia que ha de producir la separacion de sus partes mezcladas.

119. EXPERIENCIA. En un Vaso grande de vidrio échese una cantidad considerable de agua fuerte bien concentrada, y échese en ella una pieza muy pequeña de plata. El Agua fuerte la disolverá toda y la mantendrá en disolucion.

Echense en esta disolucion de plata algunas hojitas

de cobre. Como el Agua fuerte atrahe al cobre con mas fuerza que á la plata, sucederá que la plata se separará del agua fuerte y precipitará hecha polvos al fondo del vaso, quedando el cobre en disolucion con el agua fuerte.

En esta disolucion de cobre échense limaduras de hierro; como el agua fuerte tiene mas atraccion con el hierro que con el cobre, este último metal se apartará de su disolvente y precipitará al fondo.

En esta disolucion de hierro échese zinc. Obrando el agua fuerte con mas fuerza sobre el zinc que sobre el hierro este se precipitará al fondo dexando su disolvente.

Echense en esta disolucion de zinc ojos de Cangrejo. Despues de haber fermentado de un modo terrible con el agua fuerte los ojos de Cangrejo, la atraerán y serán atraidos por ella, y el zinc abandonado de su disolvente se precipitará al fondo.

Mézclese con esta disolucion de hojas de Cangrejo Espíritu de orina. Se hará una nueva efervescencia causada por la accion de la orina que atraerá á sí con fuerza el agua fuerte, y entonces los hojos de Cangrejo se desunirán de su disolvente y precipitarán al fondo.

Echese en fin en esta última disolucion qualquiera sal alkali fixa. Teniendo esta sal una afinidad muy grande con el agua fuerte sucederá que la sal volátil de orina separándose de su disolvente subirá arriba en fuerza de su levedad.

Todas estas experiencias confirman como se ve, *la Ley de Afinidad* que hemos establecido, de la qual únicamente puede depender su explicacion. Se puede tambien notar con motivo de estas experiencias que la Afinidad no sigue la proporcion de la pesantez ó levedad, pues muchas veces un cuerpo mas pesado es precipitado por otro mas ligero, y al contrario uno mas ligero por otro mas pesado.

PRUEBA TERCERA.

FENÓMENOS DE LAS CRISTALIZACIONES.

120. DEFINICION. La *Cristalizacion* en general es una operacion mediante la qual las partes integrantes de un cuerpo separadas unas de otras por la interposicion de un fluido son forzadas á juntarse y formar masas de una figura regular y constante.

Esta definicion conviene como es claro, á todos los cuerpos cuyas partes son naturalmente susceptibles de una colocacion regular, ya sea que sus moléculas sean transparentes como las de las sales, cristales, y piedras preciosas, ó ya sean opacas como las de las piedras, piritas, y minerales.

La *Cristalizacion* de las sales que la Naturaleza presenta á nuestra vista nos hará venir en conocimiento de otras especies de *cristalizaciones* que nos oculta.

CRISTALIZACION DE LAS SALES.

121. EXPERIENCIA. Póngase en un transporta-objetos colocado horizontalmente en tres puntos diferentes tres gotas de agua tomadas de tres vasos en los cuales se hayan disuelto con separacion sal marino, azucar, y nitro, y déxese que se evaporen poco á poco. (103.)

Despues de la evaporacion obsérvense con un Microscopio los tres puntos del transporta-objetos en donde estaban las tres gotas evaporadas. Se verán en cada uno de estos tres puntos moléculas de una figura siempre regular, pero diferente segun la diferente naturaleza de las sales que se echáron en la disolucion de que se ha sacado cada gota. La sal marina ó sal comun de que se usa en nuestras mesas forma cubos, el Azucar globitos, el Nitro agujas.

122. ASERCION. *El fenómeno de la Cristalizacion de las sales parece provenir unicamente de la Ley de Afinidad, ó*

de Atraccion especial entre los elementos de una misma sal.

DEMOSTRACION. Despues de lo que hemos dicho acerca de la insuficiencia tanto de la *Materia vortiginosa* como de la *Atraccion comun* á todos los cuerpos para explicar otros fenómenos semejantes, seria muy inútil detenernos á refutar de nuevo la influencia de estas dos causas en los fenómenos de la cristalización, en los que no pueden servir para nada. (104.)

Y asi no es necesario ahora mas que hacer ver que este fenómeno proviene naturalmente de la hipótesis de una *Atraccion especial* cuya posibilidad hemos demostrado primero, cuya existencia hemos establecido despues y de la que vamos á hacer aplicacion á los fenómenos de la cristalización asi en general como en particular.

123. SUPOSICIONES. Consta por lo que hemos dicho de las Afinidades ó Atracciones especiales, que se puede suponer con bastante verosimilitud.

I. Que las partes integrantes de los Cuerpos tienen una *Tendencia natural* unas hácia otras en fuerza de la qual se aproximan, se unen y adhieren entre sí quando no se les opone ningun obstáculo.

II. Que en los Cuerpos simples ó poco compuestos, esta tendencia natural es *mas manifiesta y sensible* que en los mas compuestos, lo que hace que los primeros esten más dispuestos á la cristalización que los segundos.

III. Que aunque no conozcamos la figura de las moléculas primitivas integrantes de ningun cuerpo, no podemos dudar con todo de que estas moléculas tienen cada una su *figura constante* y siempre la misma, la qual les es tan propia que ningun Agente criado puede hácersela perder.

IV. Que parece igualmente cierto, que excepto el caso en que todas las partes integrantes de un Cuerpo son absolutamente iguales y semejantes, estas partes no tiran á unirse indistintamente por qualquiera lado, sino mas antes por unos que por otros, y es muy verosímil que lo hagan *por aquellos lados* por los que tienen entre sí contacto mas inmediato y mas extenso.

124. APLICACION. Es fácil en suposicion de esta Teoría dar razon del fenómeno de la cristalización de las Sales, y probar la Afercion precedente.

I. A medida de que el Agua se evapora, las moléculas salinas que son fixas y no volátiles se apartan de ella en la superficie, y no pueden ser atraídas y abforvidas por el agua restante, la qual saturada de sal como se supone no tiene ya fuerza atractiva respecto de ellas. (103.)

II. Estas moléculas salinas superabundantes, cuyo número se aumenta sin cesar á medida de que el agua continua en evaporarse, esparcidas y suspendidas en número inmenso sobre la superficie del agua, deben en fin ponerse tan cerca unas de otras que se encuentren y se toquen.

Entonces en virtud de su *Atraccion mutua* que no tiene obstáculo alguno, deberán unirse y pegarse unas á otras por sus lados ó puntos mas análogos. De aqui la *Regularidad de las figuras que toman*.

III. Estas moléculas unidas y amontonadas en pequeñas masas regulares, que vemos en la superficie del agua como una pequeña tela se hacen en fin mas pesadas que igual volúmen de agua, y entonces deben bajar muy lentamente al fondo del agua en fuerza de su pequeño exceso de gravedad, y continuar por la misma razon que antes en unirse y adherir unas á otras por sus lados mas análogos.

De aqui la *Regularidad de las grandes masas de sal* quando la cristalización se hace en agua pura y quieta, donde nada hay que impida á la fuerza atractiva de las moléculas salinas conseguir su efecto en toda su perfeccion.

IV. El mismo mecanismo debe verificarse hasta que se evapore enteramente toda el agua. De aqui la cristalización regular de toda la masa de sal que estaba dividida y esparcida en toda la masa del agua. (L. Q. P. D.)

125. NOTA I. La sal aunque se cristalice no se separa de toda el agua con que estaba unida en el estado de disolucion, sino que en fuerza de su afinidad con el

agua retiene aun algunas porcioncitas de ella, y las impide que se evaporen. Esta porcion de agua combinada con los cristales de sal hace un mismo todo con ellos, y no se les puede quitar sin hacerles perder la regularidad de sus figuras, y asi una sal cristalizada es un compuesto de sal y agua. Los Chímicos llaman á esta agua adherente á los cristales de sal, *Agua de la cristalización*.

I. Un grado proporcionado de calor puede hacer perder á la sal cristalizada el agua de la cristalización, y en este caso la sal pierde la regularidad de sus figuras sin perder su naturaleza específica de sal; de donde se infiere que esta agua de la cristalización aunque esencial acaso á la sal cristalizada como cristalizada, no es de esencia de la sal como sal, ó que esta agua de la cristalización es *superabundante á su naturaleza salina*.

II. La cantidad de agua de cristalización varía mucho segun la naturaleza de las sales cristalizadas. El nitro y la sal marina solo contienen una cantidad muy pequeña de esta agua: la sal de Glaubero y el vitriolo de Marte contienen una cantidad casi igual á la mitad de su peso, y aun hay sales que contienen una cantidad dos veces mayor que todo su peso.

III. Si despues de haber quitado á una sal cristalizada el agua de su cristalización se la expone al aire libre, chupa casi la misma cantidad de agua que tenia, á causa de que la Atmosfêra terrestre tiene siempre bastantes vapores que la fuerza atractiva de la sal atrae y retiene, como lo hizo en el punto en que cesó la evaporación que la habia cristalizado. Pero no vuelve á tomar la *Regularidad de sus cristales*, porque las moléculas desordenadas no tienen bastante libertad para volverse á combinar segun la afinidad de sus lados mas análogos que tenian quando nadaban en el disolvente.

126. NOTA II. Quando el agua que tiene en disolución una sal qualquiera se evapora tranquilamente y sin agitación, la *Cristalización no empieza sino en el momento en que el agua ha llegado al punto de saturación*, porque las moléculas salinas que se desunen del agua eva-

porada antes del punto de saturacion son al instante atraídas y absorvidas por el agua restante que conserva aun parte de su fuerza atractiva respecto de esta sal.

Quando una agua saturada de sal se evapora con agitacion violenta como quando está puesta al fuego, la sal que resulta no se forma en *Cristales regulares*, porque el tumulto y agitacion de las partes aqúeas y salinas impide que las moléculas salinas se atraigan por sus lados análogos, por lo que la masa salina que resulta de esta operacion debe ser irregular.

127 NOTA III. *El agua del Mar* aunque no esté saturada de sal tiene siempre en disolucion una cantidad de sal bastante considerable: en las costas de Francia es como la trigésima segunda parte de su peso, y así si se dexan evaporar tranquilamente treinta y dos quintales de agua del mar en un estanque grande aislado se halla despues de la evaporacion un quintal de sal en el fondo del estanque. En el Estio, en un tiempo cálido y sereno la cantidad de evaporacion es como de una plugada de altura por toda la superficie en el espacio de veinte y quatro horas.

I. Por medio de este sencillísimo mecanismo forman y cristalizan la sal comun en los dias mas calurosos del Estio en Bretaña, en las Costas de la Rochela y el Aunis, en Peccais en la Isla de Maguelona en Languedoc. Hay en estos parages Saladares y Estanques muy grandes que comunican con las aguas del mar, y se llenan segun se quiere hasta cierta altura por exemplo de un pie ó de medio. Al cabo de un cierto tiempo seco y caluroso se hace la evaporacion y queda en el fondo del Estanque un licor espeso y como glutinoso en el qual se encuentran en abundancia cristales de sal marina de todos grandores. Estos cristales se quebrantan despues á palos, se les saca con cribas, y se les tiende en el suelo para que se sequen y puedan ser trasportados á los Almacenes. La sal sacada de este modo en las Costas del Oceano y Mediterraneo en Francia es de una *qualidad incomparablemente mejor* que la que se podria sacar por el mismo medio en España.

Italia, Inglaterra y Holanda; sea porque los países mas Septentrionales no tienen bastante calor y los mas Meridionales tienen demasiado para dar á la sal la qualidad conveniente: sea porque las aguas del mar que no tienen en todas partes el mismo grado de saladura y amargura tienen en Francia en las Costas del Oceano y Mediterraneo la qualidad precisa que se necesita para dar una sal perfecta.

II. En Lorena y en el Franco-Condado hay *Fuentes saladas* y aun mas saladas que el agua del mar. Del agua de estas fuentes se hace sal evaporándola por medio del fuego en calderas grandes. Despues de la evaporacion del agua que á veces se ha hecho pasar antes por ciertos Evaporatorios que sirven para quitarla una cantidad considerable de su parte aquéa, y de concentrar su parte salina, la sal que tenia en disolucion queda en el fondo de la caldera en masa irregular, y no cristalizada. Este es el origen de la sal que gastan en Lorena, el Franco-Condado y en la Suiza. (124. y 126.)

CRISTALIZACION DE LOS METALES.

128. DESCRIPCION. Las *Substancias metálicas* forman una clase de cuerpos aparte que se conoce por las propiedades específicas que la distinguen de las otras especies. Estas propiedades específicas comunes a todas las substancias metálicas son principalmente una mayor *Pesantez*, y una mayor *Opacidad*. Un pie cúbico de estaño que es el mas leve de todos los metales pesa 512. libras y $\frac{1}{2}$. al paso que un pie cúbico de mármol no pesa mas que 189. y $\frac{1}{2}$. Siendo pues las substancias metálicas mas densas que los otros cuerpos, deben reflexar mas los rayos de la luz; de aqui su opacidad y brillantez. La brillantez de las substancias metálicas es de pura reflexion, en lo que se distingue de la de las piedras preciosas que es de reflexion y refraccion. Las substancias metálicas se dividen en metales perfectos, metales imperfectos, y semi-metales.

I. Llámase *Metales perfectos* ciertas substancias metálicas que además de ser dúctiles y maleables permanecen fijas aunque se les exponga al fuego mas largo y violento sin experimentar disminucion alguna sensible en su peso, ni alteracion alguna en su naturaleza, así como tampoco la experimentan por la accion del aire ó de la humedad. *El Oro, la Plata y la Platina* son los tres metales perfectos que se conocen.

II. Se da el nombre de *Metales imperfectos* á ciertas substancias metálicas, que además de ser dúctiles y maleables quedan fijas y no padecen alteracion alguna, aunque se les exponga al fuego mientras éste no llega á un cierto punto de actividad, pero que si el fuego pasa de cierto punto se descomponen, se exálan en vapores, pierden su naturaleza primitiva, y se convierten en cal ó en vidrio; además el aire y la humedad les hacen contraer un orin que les roe y altera. *El Cobre, el Hierro, el Estaño, y el Plomo* son los quatro metales imperfectos que hay.

III. Por *Semi-metales* entendemos ciertas substancias metálicas que carecen enteramente de fixeza y ductilidad, y que expuestas al fuego pierden sus propiedades metálicas. Los semi-metales tienen todos más ó menos dureza y fusibilidad, así como los otros metales, pero son sumamente volátiles y de ningun modo maleables, lo que les distingue así de los metales perfectos que siendo dúctiles y maleables no se exálan en vapores, como de los imperfectos que conservan su ductilidad y fixeza hasta un cierto grado de calor. Los semi-metales son cinco, el *Antimonio, el Bismuth, el Zinc, el Cobalto, y el Arsénico.*

IV. El *Mercurio ó Azogue* que tiene las dos propiedades generales y fundamentales de las substancias metálicas parece formar una clase aparte. El tiene pureza y pesantez como los metales perfectos, volatilidad como los imperfectos, pero se distingue de unos y otros por su fusibilidad.

Puesto al fuego se mantiene fijo hasta que éste llega

al grado de calor del agua hirviendo, pero si pasa el fuego de este grado se exála en vapores, y en fin se calcina si el grado de calor es excesivo y de larga duracion. El mas pequeño grado de calor le hace mantenerse en estado de fluidez, pero se hace sólido, ductil y maleable con un grado de frio excesivo que se le da artificialmente por medio de ciertas sales mezcladas con nieve como consta por las experiencias hechas la primera vez en Petersburgo durante el frio excesivo que hizo allí el 25. de Diciembre de 1759, que se han repetido despues muchas veces.

129. NOTA I. Las *Partes integrantes de los Metales perfectos* parecen ser indestructibles. La actividad de los Hornos mas ardientes, la mezcla de los disolventes mas activos, no han llegado á hacer mas que separar estas partes integrantes unas de otras, sin poder lograr descomponerlas y despojarlas de su naturaleza primitiva. De fuerte que despues de haber sido agitadas y atormentadas de mil modos, despues de haber estado mezcladas de diferentes maneras con una infinidad de substancias disolventes, despues de haber pasado por todas las pruebas que se han hecho con ellos por espacio de años enteros y sin interrupcion en Hornos Chímicos, si se las separa de estas substancias con que se las habia mezclado se ve que conservan la misma naturaleza y forman la misma especie de metal que antes. No está tampoco demostrado que el fuego del Espejo ustorio de la Academia de las Ciencias descomponga las partes integrantes de los metales perfectos. (150.)

130. NOTA II. Las *Partes integrantes de los metales imperfectos y semi-metales* son sin disputa alguna destructibles. Con efecto, la accion del fuego las convierte en cal y en vidrio haciéndolas perder su naturaleza metálica primitiva; y así los metales imperfectos y semi-metales son *Mixtos* que descompone el fuego ó cuyas partes constituyentes divide y separa (7.)

Estas *Partes constituyentes* son principalmente el *Flogístico* y la *Tierra elemental*. La tierra elemental despoja-

da y desupida del Flogístico ó principio inflamable con quien estaba combinada se reduce á arena capaz de ser convertida en cal y vidrio.

No dexa de ser probable que los metales perfectos tengan tambien por principales partes constituyentes el Flogístico y la Tierra elemental, pero de tal fuerte adherentes entre sí que los hornos mas ardientes no las puedan desunir ni descomponer.

Consta por muchísimas observaciones que todas las especies de substancias metálicas se cristalizan ó toman figuras regulares características de cada una. Vamos á explicar esta cristalización de las substancias metálicas juntamente con la de las piedras preciosas.

CRISTALIZACION DE LAS PIEDRAS.

Entre las *Piedras preciosas* nos ceñiremos á dar á conocer el cristal y el diamante que pueden servir de exemplo general de la cristalización en esta clase de cuerpos.

131. DESCRIPCION I. *El Cristal natural* ó Cristal de roca es una piedra dura transparente de figura de un prisma de seis lados terminados á cada extremidad por piramides tambien exágonas.

132. DESCRIPCION II. *El Diamante* es la piedra mas dura, mas brillante y mas estimada de las preciosas. Se la encuentra naturalmente cristalizada en prismas de seis lados terminados á cada extremidad por una punta piramidal de seis lados. Hay tambien Diamantes cristalizados de diferentes modos.

133. ASERCION. *El fenómeno de la Cristalización de las Piedras preciosas y de los Metales parece nacer únicamente de la ley de afinidad ó de atraccion especial entre sus partes integrantes.*

DEMOSTRACION. Supuesta la Teoría que hemos seguido y desenvuelto por menor explicando el fenómeno de la Cristalización de las sales (123), no tenemos que hacer mas que generalizar esta Teoría, y aplicarla á todos los géneros de Cristalización posible. Sea pues un Cuerpo

qualquiera, cristal, metal, diamante ó qualquiera otro que tenga sus partes integrantes separadas unas de otras por la interposicion de un fluido, por exemplo del agua por quien han sido disueltas, y en el que han estado suspensas en un mismo depósito.

I. Es evidente que si una porcion de este fluido se disipa y evapora, estas partes integrantes se aproximarán unas á otras, y disminuyéndose cada vez mas la cantidad del fluido que las aparta llegarán en fin á tocarse y unirse. Podrán aun juntarse y unirse en llegando á tal grado de proximidad que la tendencia natural que tienen unas hácia otras sea capaz de hacerlas andar el espacio que las separa.

II. Si durante esta disminucion sucesiva del fluido tienen tiempo y libertad de juntarse unas á otras por sus lados mas análogos formarán masas de una figura constante y siempre semejante.

III. Pero si la substraccion del fluido se hace con tanta prontitud que las partes cristalizables que separa se hallen próximas y en el punto de contacto antes de haber podido tomar unas respecto de otras la posicion á que tiran naturalmente, en tal caso estas partes se juntarán indistintamente unas á otras por los lados que les presente el acaso, y asi formarán masas sólidas de una especie determinada, pero no tendrán figura alguna particular y regular. (L. Q. P. D.)

134. APLICACION. De esta Teoría asi generalizada nace fácilmente la explicacion de todas las especies de Cristalización.

I. Las figuras regulares del Cristal de roca, de las varias piedras preciosas, de los spatos, de ciertos stalácticos, de la mayor parte de las pyritas, de muchos minerales y de algunos metales puros se deben atribuir al mecanismo que acabamos de explicar; esto es á la separacion lenta y tranquila del agua que suspendia y tenia en disolucion las partes integrantes de estos cuerpos.

II. La formacion de las Perlas en las Ostras, del Cálculo ó la Piedra en la Vegiga, de la Bezar en el es-

tómago, en la cabeza, en la vejiga, en la hiel, y en la vejiga de algunos Animales tiene la misma causa y origen.

Algunas arenas ó sales fixas muy finas y muy puras filtradas por las glándulas de la Ostra se depositan en ciertos reservorios de este pez testaceo donde se unen y colocan libremente segun su tendencia natural no hallando por donde salir con el fluido que las ha conducido.

Igualmente varias arenas ó sales fixas menos puras filtradas por entre la substancia vasculosa de los riñones van á depositarse en la vejiga, y allí se cristalizan sino pueden escaparse con libertad con el fluido que las ha llevado.

No todas las ostras ni todos los hombres experimentan semejantes cristalizaciones porque no todos tienen reservorios apropósito para que se verifique la salida del fluido sin que salgan con él al mismo tiempo las arenas y sales que tenia en disolucion.

III. Las Congelaciones que se admiran en ciertas Grutas subterranas tienen tambien el mismo origen. El agua filtrada por entre las tierras y rocas llega gota á gota á la superficie interior de estas grutas cargada de diversas arenas muy finas que tiene en disolucion. A medida de que el agua se va evaporando insensiblemente, las arenas se aproximan, colocan libremente segun sus lados análogos, y forman Cristalizaciones de diferentes especies segun la diversidad de sus configuraciones. (556.)

IV. Las varias Substancias metálicas tienen tambien sus cristalizaciones propias que nacen del mismo principio. Tal es la famosa *Estrella* del régulo de Antimonio, tales son tambien ciertas ramificaciones regulares que toman á veces los metales puros como el oro, la plata y el cobre.

Algunos Chímicos célebres habiendo tenido sucesivamente en fusion los diversos metales con un grado muy grande de calor, y habiéndolos hecho enfriar despues muy poco á poco, han observado que cada subs-

tancia metálica se coloca de una manera regular que la es privativa, y que no puede provenir de otra causa que de la tendencia que tienen las partes integrantes de cada metal á colocarse con esta simetría.

El célebre Reaumur observó que el Antimonio fundido á fuego violento y dexado enfriar con la conveniente lentitud forma siempre la figura de una estrella radiante, efecto natural de la tendencia que tienen sus partes á colocarse de este modo; y todo el misterio de esta Estrella maravillosa ha desaparecido con la luz de una sana Física.

IDEA GENERAL DE LA VITRIFICACION.

135. OBSERVACION. El Vidrio es una composicion que resulta de la mezcla de arena purificada y diversas sales fixas, fundido uno y otro por medio de un fuego muy violento. La arena sola no es fusible, las sales fixas que la Chímia extrae de minerales y vegetales que son fusibles por sí mismas, la sirven de fundente ó disolvente. Diferentes piedras molidas y purificadas tienen la qualidad de *Arenas*, á quienes se llama tambien tierra elemental. Las *Sales fixas* que por su fixeza no pueden evaporarse y disiparse en la efervescencia, divididas y fundidas por la violencia del fuego se introducen impetuosamente por los poros de la arena á quien penetran y dividen en todas las partes de que consta: de fuerte que entre el número inmenso de elementos que componen un grano pequeño de arena casi insensible no habrá acafo un solo átomo que no esté separado del átomo próximo por haberse interpuesto un átomo de sal fixa. En este estado de division y mezcla en que cada elemento de arena está unido y pegado á un elemento de sal fixa, el vidrio forma una masa penetrada de un torrente de fuego que la hace blanda y flexible, capaz de consiguiente de tomar todas las figuras que el Arte la quiere dar, y bajo las cuales se endurece y consolida dexándola enfriar lentamente y con las precauciones ne-

esféricas. Por esta teoría práctica de la Vitrificación se explican claramente todas las propiedades del Vidrio.

I. El Vidrio es *frágil* porque está compuesto de partículas heterogéneas que teniendo entre sí poca afinidad solo se unen y adhieren por un corto número de ángulos ó puntos poco análogos, y de consiguiente jamas deben adquirir una ligazon y adherencia bastante íntima y muy fuerte.

II. El Vidrio es *transparente*, porque las partículas heterogéneas que le componen estando poco unidas como hemos dicho dexan entre sí infinitos poros ó aberturas que dan tránsito libre á la luz. Estos poros ó aberturas infinitamente multiplicadas presentan hácia todas partes fenderos sensiblemente rectos por donde atraviesan con libertad hazecillos ó rayos de luz como infinitamente pequeños.

III. El Vidrio es un *Cristal artificial*, menos duro sin comparacion que el cristal natural ó cristal de roca; porque el cristal natural se forma de elementos homogéneos de tierra elemental, que suspenso en el agua que les divide se unen con libertad por su atraccion mútua aplicándose y pegándose unos á otros por los lados mas extensos y mas análogos, y adquiriendo de consiguiente una adherencia proporcionada al grandor y afinidad de sus superficies unidas. (123.)

Si fuera posible tener fuego bastante violento para fundir y tener largo tiempo en fusion la arena pura ó tierra elemental sin que fuese necesario mezclar las sales ó fundentes de que ahora se usa para que se haga la fusion, es probable que se podrian hacer *Cristales artificiales* cuya hermosura y dureza igualasen á las de los cristales naturales y de varias piedras preciosas que no son mas que cristalizaciones hechas por la Naturaleza misma. La mayor parte de los Cristales que sirven para diversos usos de la vida no son mas que vidrio ó cristales artificiales.

ULTIMA PRUEBA.

OTROS MUCHOS FENÓMENOS.

136. OBSERVACION. En la continuacion de esta Obra se nos ofrecerán repetidas ocasiones de echar de ver y hacer observar la accion é influencia de la *Ley de afinidad* ó atraccion especial en muchos fenómenos de todas clases que tendremos que explicar, y que seguramente no pueden provenir de la Ley de impulsión ni de la de atraccion general; y así nos contentaremos aquí con indicar los mas principales, como son los siguientes.

I. Los grandes fenómenos de la Dureza y Elasticidad de los cuerpos parecen depender principalmente de la Ley de Afinidad, como se hará ver en el Tratado siguiente. (221. y 228.)

II. El ascenso de los Vapores y Exálaciones en la Atmósfera causa de la formacion de todos los Meteoros, parece depender tambien principalmente de la atraccion especial del elemento del ayre con el elemento del fuego y ciertas exálaciones terreas: ya sea que esta afinidad ó atraccion especial no exija mas que la sola contiguidad de estos solos elementos, ya sea que exija ademas algun intermedio como la materia ignea ó eléctrica, el qual les disponga á atraerse mas eficaz y fuertemente formando una afinidad compuesta. (87.)

III. El Mecanismo fisico del Reyno animal, del vegetal y mineral parece tambien depender en mucha parte de la misma Ley de afinidad simple ó compuesta, pues las Leyes de impulsión y de atraccion general no parecen suficientes para dar razon de todos los fenómenos que se observan en estos tres Reynos. (533. 542. 556.)

IV. La misma Ley de afinidad parece tambien darle á conocer en la mayor parte de las experiencias acerca de los colores. Porque v g. la Escarlata abfuerve todas las especies de rayos reflexando solamente los rojos, sino porque hay una afinidad compuesta entre esta tela impregna-

da del intermedio de su tintura, y las especies de rayos que ella absuerve? (708.)

Tanta multitud de fenómenos que no se pueden explicar sino por la Ley de afinidad ha obligado en fin á los Físicos á admitir además de la Ley de impulsión y la Ley general de atracción otra tercera *Ley de afinidad* ó de atracción especial dependiente del contacto ó de una proximidad muy grande de ciertos elementos análogos entre sí.

Algunos Físicos han pasado mas adelante y han creído ver en la Naturaleza además de la *Ley de atracción* de que hemos hablado, una *Ley de repulsión* en virtud de la qual las substancias materiales muy próximas al punto del contacto tengan á un mismo tiempo respecto de diversos elementos una fuerza atractiva y una fuerza repulsiva independientes una de otra, y determinada cada una por reglas y leyes particulares. Nos parece que la existencia de esta Ley de repulsión no tiene fundamento alguno sólido, y así procuraremos combatirla en la siguiente asercion.

INUTILIDAD DE UNA LEY DE REPULSION.

137. *No es necesario admitir en la Naturaleza leyes de repulsion.*

DEMOSTRACION. No se deben multiplicar las causas sin necesidad, es decir sin obligarnos á ello la naturaleza de los fenómenos que exigen evidentemente que se suponga y admita tal multitud de causas: luego si se puede dar razon de los fenómenos sin admitir Leyes de repulsion, se deben desterrar como inútiles y redundantes, como ineptas y fabulosas semejantes Leyes.

Ahora pues se puede dar razon de los fenómenos con que se pretende probar la existencia de una fuerza repulsiva con solas las Leyes comunes de la impulsión y de la atracción, como lo vamos á hacer ver inmediatamente: luego no es necesario admitir en la Naturaleza Leyes de repulsion.

138. EXPERIENCIA. Si se exponen al rocío varias muestras de telas diferentes, se advierte que algunas se cargan de rocío en abundancia; otras reciben bastante menos, y otras nada absolutamente; de aquí infieren los defensores de la Ley de repulsion que supuesto que el rocío cae igualmente sobre la Tierra y de consiguiente sobre todas las muestras, es necesario que haya en ciertas lanas ó en ciertas tinturas una *Fuerza repulsiva* que impida al rocío unirse y adherir á ciertas telas. El mismo fenómeno se experimenta en los metales expuestos al rocío, y de él se sacan las mismas consecuencias.

REFUTACION. Esta experiencia prueba la existencia de una Ley de afinidad ó de atraccion especial, y no la de una Ley de repulsion.

I. Las telas que se cargan de rocío tienen una afinidad con el agua en virtud de la qual chupan sin cesar del mismo modo que las sales los vapores esparcidos en la atmósfera, los retienen y se los hacen adherentes, y así deben embeber y estar cargadas de rocío.

II. Las telas que no cogen rocío carecen de esta Afinidad con el agua sin duda á causa de los colores de que están impregnadas, por consiguiente no chupan los vapores de la atmósfera. Si algunas partículas de rocío caen sobre ellas á causa de su gravitacion, éstas como no están adherentes á la tela son sin cesar llevadas y disipadas por la agitacion y circulacion del aire, y así estas especies de telas deben estar sensiblemente sin rocío.

Lo mismo se puede decir de los Metales quienes á causa de su mayor ó menor lisura, de la mayor ó menor limpieza de sus superficies están mas ó menos dispuestos á atraer y pegar á sí el rocío.

139. EXPERIENCIA II. En muchas Disoluciones Chímicas se ven unas partes aproximarse y otras apartarse entre sí. De aquí concluyen que hay partes que tienen entre sí atraccion, y otras que tienen repulsion.

REFUTACION. Esta experiencia prueba la existencia de las Leyes de atraccion y de impulsion, y no de la de *Repulsion*.

Dos sustancias que tienen entre sí atracción especial no pueden unirse y combinarse según su afinidad sin mudar de lugar, sin moverse, sin imprimir de consiguiente su movimiento, causado por la tendencia recíproca de las partes análogas unas hácia otras á las partes no análogas que están contiguas á ellas, las cuales impelidas por ellas se escapan y huyen. De aquí las aparentes Repulsiones que no son mas que un efecto de la impulsión ocasionado por la afinidad de las partes que se atraen.

Los fenómenos de Repulsión que se observan en el Magnetismo y la Electricidad tienen por causa física la impulsión de una materia afluyente y efluyente como lo sabe todo el mundo, y así no prueban la existencia de una Ley de repulsión.

140. EXPERIENCIA III. Póngase á la luz del sol un espejo; se verán todos los rayos del sol reflexar paralelamente entre sí por un ángulo igual al de su incidencia.

Sobre este hecho razonan de este modo; la superficie plana de este espejo examinada por un microscopio se ve llena de concavidades y elevaciones, y así no presenta á los globos infinitamente pequeños ó á los rayos de luz un *Plano perfectamente igual* ó capaz de reflexarlos paralelamente. Deben pues estos rayos luminosos ser reflexados antes de haber tocado la superficie del espejo, y de consiguiente es necesario que haya entre este espejo y los rayos de la luz una *Fuerza repulsiva* que á una distancia infinitamente pequeña reflexe paralelamente estos rayos.

REFUTACION. Esta experiencia que encierra un grande misterio en materia de Física, está muy lejos de probar la *existencia de las Repulsiones*.

Es dificultoso á la verdad concebir como los rayos de luz reflexan paralelamente dando en una superficie que es para ellos tan poco plana y unida, tan irregularmente cubierta de depresiones y elevaciones como podria ser la superficie montuosa de la Tierra para balas de á doce ó veinte y quatro disparadas paralelamente contra ella.

Pero está muy lejos de seguirse de aquí que sea necesario admitir entre el espejo que reflexa y los rayos reflexados una *Virtud repulsiva* que haga resaltar estos rayos antes que se verifique el contacto, pues aun admitiendo semejante virtud no se explica el fenómeno ni se evita la dificultad que se intenta desatar. Porque supuesto que las moléculas vitrificadas y lisas que forman la superficie sensiblemente plana del espejo tienen entre sí depresiones y elevaciones y como montañas y valles, es evidente que los *Puntos repulsivos* que se les quiere substituir fuera del espejo deben causar la misma desigualdad é irregularidad de reflexión en los rayos de la luz, pues estos deben reflexar á distancias iguales de los elementos del espejo ó de los puntos repulsivos.

Supongamos pues que el *Punto de repulsion* esté á una línea ó á una millonésima de línea de los elementos del espejo. La superficie tomada con el pensamiento á esta distancia de los diversos puntos del espejo sería una superficie tan irregular como la del espejo mismo. Luego esta hipótesis admitiendo una *nueva Ley* en la Naturaleza no desata la antigua dificultad que aun queda en pie enteramente. Luego no debe admitirse.

RESULTADO DE TODO ESTE ÚLTIMO PÁRRAFO.

141. COROLARIO. De las varias experiencias que hemos referido y explicado en este tercer párrafo, resulta que á no querer renunciar á las luces que nos da la experiencia acerca de las causas físicas, no se puede menos de reconocer que *hay en la Naturaleza Afinidades ó Atracciones especiales entre ciertas substancias.*

Tres son pues las Causas primitivas de donde provienen todos los fenómenos de la Naturaleza material, á saber la *Impulsion*, la *Atraccion general*, y la *Afinidad* ó *Atraccion particular*.

SECCION QUINTA.

HOMOGENEIDAD DE LA MATERIA.

142. OBSERVACION. ¿La Materia es *homogenea* ó *heterogenea*, es decir: es semejante ó desemejante en la naturaleza primitiva de sus elementos? Grande objeto de disputa entre los Filósofos. La mas sana parte decide á favor de la Homogeneidad (*)

I. Los que se declaran por la *Homogeneidad de la Materia* pretenden que los elementos de los cuerpos son intrínsecamente de una misma naturaleza, y solo se diferencian en la diversidad de sus masas y de sus figuras, así como un cubo de porcelana de una línea de extension se diferencia por su masa de otro cubo tambien de porcelana de dos líneas de extension, y el mismo primer cubo se distingue por su figura de un globo, de un cono, de una pirámide, ó de un cilindro hechos de la misma materia de igual ó desigual grandor.

En esta opinion los elementos del oro, por exemplo son en sí mismos y en su substancia de la misma naturaleza que los de la tierra y no se distinguen de ellos sino porque sus masas son mas ó menos grandes, ó estan de diferente modo configuradas. De suerte que si se diese á los elementos del oro la misma masa y figura que tienen los elementos de la tierra, estos mismos elementos que componen una masa de oro, compondrian una masa de tierra sin padecer mutacion alguna intrínseca en su substancia ni en su naturaleza, y por el contrario si los elementos terrosos adquiriesen la misma masa y figura que tienen los elementos de oro, los mismos elementos que forman

(*) ETIMOLOGIA. Homogeneo; *ejusdem generis*, de un mismo genero, de *mos idem* y de *genos* genus. Heterogeneo; *alterius generis*, de diferente especie; de *eteras alter* y de *genus* genus.

aora una masa de tierra, formarian entonces sin alteracion alguna en su substancia una masa de oro. Se puede decir lo mismo de los elementos que componen el agua, la piedra, el ayre, la luz y todos los demas cuerpos.

II. Los que estan por la *Heterogeneidad de la materia* sostienen que los elementos de los cuerpos son desemejantes no solo por su masa y figura sino tambien por la substancia que los compone; que los elementos del oro, por exemplo son de una masa ó de una substancia que no puede componer mas que el oro, de suerte que aunque se transformase esta substancia de oro en moléculas que tuviesen enteramente la misma figura y masa que tienen los elementos de la tierra ó del ayre, estas moléculas asi transformadas no dexarian de ser oro, sin poder ser jamas tierra ó ayre.

La grande antorcha de la Física, que es la experiencia, nos niega enteramente sus luces en esta materia; porque la prodigiosa pequenez de los elementos primitivos de la materia los sustrabe á nuestras observaciones poniéndoles fuera de estado de ser contemplados en sí mismos. No nos queda pues otro medio para decidirnos entre estas dos opiniones que la via de las especulaciones y conjeturas á la qual puede recurrir la Física quando la falta la luz de la experiencia.

PROPOSICION I.

143. *No hay prueba alguna de experiencia ó especulacion que acredite la Heterogeneidad de la Materia, y asi es mas simple y razonable no admitir en la Naturaleza mas que una materia Homogenea.*

DEMOSTRACION I. No hay á favor de la Heterogeneidad de la Materia prueba ninguna de experiencia: porque es imposible observar la naturaleza intrínseca de los elementos primitivos de la Materia: y las diferencias de figuras, color, fabor, volúmen que observamos en las masas que resultan de estos elementos primitivos se concilian con igual facilidad con la Homogeneidad, que con la Heterogeneidad de la Materia.

II. No hay prueba alguna de especulacion á favor de la Heterogeneidad de la Materia, pues la inmutabilidad de los metales perfectos, la variedad del Universo, la inmutabilidad de los principales agentes de la Naturaleza que son las solas pruebas que se alegan á favor de esta sentencia son muy compatibles con los elementos de una materia Homogenea á quienes el Criador haya dado masas y figuras diferentes, que en virtud de su órden inmutable no puedan ser divididas ni decentadas.

III. Consta por la experiencia y observacion que el Autor y Conservador de la Naturaleza acostumbra á obrar por medios igualmente simples que secundos sin emplear una inepta redundancia de causas y principios para lo que basta una sola causa y un principio, y sobre esta observacion está fundado este Axioma filosófico: *En la explicacion de los Fenómenos de la Naturaleza no se deben multiplicar los Principios sin necesidad.* Luego para imitar á la Naturaleza en explicar su modo de obrar y sus efectos no se deben admitir dos especies de Materia quando basta una sola: luego es mas simple y mas conforme á razon no admitir en la Naturaleza mas que una materia Homogenea. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION II.

144. *Una Materia simplemente homogenea basta para dar una diversidad inconceivable á los elementos, capaz de explicar la admirable variedad de la Naturaleza visible.*

DEMOSTRACION I. Siendo la Materia susceptible de aumento y disminucion al infinito es evidente que el Autor de la Naturaleza con solo una materia simple y homogenea puede formar un número qualquiera de elementos que se diferencien *por su masa* segun la proporcion Aritmética ó Geométrica que se quiera; de suerte que los mas pequeños sean á los mas grandes, ó como la serie creciente de los números naturales 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. &c. ó como los cuadrados de estos números 1. 4. 9. 16. 25. 36. 49. 64. &c. ó en otras relaciones arbitrarias con proporcion ó sin ella,

II. Teniendo la Materia un número inagotable de partes cada una de las cuales puede tener diversa figura, es claro que el Autor de la Naturaleza con una materia homogénea puede formar un número qualquiera de elementos que se diferencien sin término *por su configuración*. Unos cortados á caras lisas ó escabrosas podrán ser variados entre sí al infinito ya por el número, ya por la figura y grandor de sus caras regulares ó irregulares: otros convexos ó cóncavos con ramos ó ganchos se podrán tambien diferenciar entre sí al infinito tanto por la multitud como por la disposicion de sus ramos, ganchos y concavidades.

III. Es evidente que de esta *diversidad de Elementos* puede resultar quanta variedad se quiera en los Compuestos que produzca su combinacion.

Por exemplo unos globitos de una masa como infinitamente pequeña serán susceptibles de una velocidad inconcebible, y capaces de pasar con una velocidad prodigiosa por aberturas imperceptibles: tal es acaso la Luz. Unos Elementos cortados en cubos ó paralelo-pípedos, uniéndose unos á otros serán capaces de dexar ménos vacíos entre sí, y de formar las masas muy densas: tal podría ser el oro. Unos Elementos esféricos, cónicos, ó cilíndricos muy lisos en sus superficies podrán formar todos sin adherencia fluidos: tal puede ser el agua. Unos Elementos con ramos ó ganchos, escabrosos, convexos ó cóncavos se unirán ménos íntimamente, dexarán entre sí mayores vacíos, y formarán masas ménos densas; tal es acaso la corteza de la mayor parte de los árboles. Una mezcla de estos diversos Elementos susceptible seguramente de una infinidad de combinaciones y gradaciones será suficiente para formar diferentes Mixtos de toda la variedad que se quiera. (*) Luego una Materia

(*) NOTA. Se puede ver en nuestro Curso completo de Metafísica á los números 115. y 120. la idea que damos de la naturaleza y configuración de los Cuerpos; suponiendo que la *materia es intrínsecamente ho-*

simplemente homogénea puede dar una inconcebible diversidad de elementos capaz de explicar la prodigiosa variedad de la Naturaleza visible (L. Q. P. D.)

PROPOSICION III.

145. *Es verosímil que los Elementos de la Materia, homogéneos por su substancia que los confunde, y heterogéneos por sus modificaciones que los diferencian, hayan recibido del Criador masas y figuras que aunque divisibles en sí mismas no puedan ser decentadas ni divididas por ningun Agente criado.*

DEMOSTRACION I. Es verosímil que la Materia es homogénea en sí misma y en su naturaleza como se acaba de demostrar (143.) Luego la diversidad de cuerpos que no resulta de la substancia homogénea de sus Elementos debe resultar de las modificaciones heterogéneas de estos elementos. Luego lo que constituye á un Cuerpo en una especie de oro ó plata, por exemplo, mas bien que de tierra ó agua es la figura característica de sus elementos, originada forzosamente ó de la cantidad de su masa, ó de la qualidad de su configuracion, ó de una y otra á un tiempo.

II. Siendo la naturaleza y especie de un Cuerpo, del oro por exemplo, constituida por la masa ó por la configuracion de sus Elementos, ó por uno y otro á un tiempo, se sigue que para mudar y desnaturalizar este cuerpo, bastaría mudar y desnaturalizar la masa ó configuracion de sus Elementos, y de consiguiente que si hay cuerpos que ningun Agente criado pueda mudar ni desnaturalizar, estos cuerpos tienen los Elementos tan íntimamente unidos que no pueden ser decentados ni divididos por ningun Agente criado. Ahora pues es cierto que

homogénea, y que un cuerpo no se distingue de otro por su Materia, sino por la masa y figura de los Elementos que los constituyen,

hay semejantes Cuerpos, y tales son los metales perfectos, el agua, el aire y la luz.

¡Cuanto no ha atormentado la Chímia á los Metales perfectos sin haber podido conseguir desnaturalizarlos! Luego es verosímil que los *Elementos de los Metales perfectos*, no solamente los que forman sus partes constituyentes, sino tambien los que forman sus partes integrantes deben ser naturalmente indivisibles é indestructibles.

¡Con que espantoso choque las Olas del mar acumuladas en montañas, é impelidas por las tempestades que las atormentan desde el principio de los tiempos, van á estrellarse contra las rocas espumantes que las aprisionan! ¡Con que horrorosos sacudimientos la inmensa Masa del aire, tan frecuentemente convertida en uracanes furiosos acomete los bosques que desarraiga, las casas que trastorna, los llanos que tala, y las montañas que parece que conmueve! ¡Con que inconceivable impetuosidad los globos de la luz casi millon y medio de veces mas rápidos que una bala despedida por un cañon de batir (716.) van á pegar en los varios Cuerpos que la absuerven ó los reflexan! Ahora pues la experiencia nos hace ver que estos horrorosos sacudimientos que sufren desde el principio del mundo los Elementos del agua, del aire y de la luz no alteran estas tres substancias que quedan siempre las mismas sin mudar de naturaleza, sin hacerse de dia en dia mas atenuadas ni sutiles. Luego los Elementos del agua, del ayre y de la luz deben ser naturalmente infecables é indestructibles.

III. La experiencia nos da motivo para juzgar que hay cuerpos tales como los metales perfectos, el agua, el ayre y la luz, cuyos Elementos no pueden ser naturalmente decentados ni divididos; y no nos da motivo para juzgar que haya cuerpos cuyos Elementos primitivos que forman sus partes constituyentes, puedan ser naturalmente decentados ni divididos. Luego juzgando por analogía de los elementos en que no podemos hacer experiencias ni observaciones por aquellos en que

las hacemos, tenemos bastante fundamento para pensar que los Elementos de todos los Cuerpos son naturalmente infecables é indestructibles.

IV. Si los Elementos qualesquiera de la Materia no fueran naturalmente infecables é indestructibles, estos Elementos cuya diversidad de masas y figuras forma la variedad de los cuerpos, y cuyos ángulos, eminencias y superficies debería roer y decentar la continua frotacion que ocasiona la accion permanente de la Naturaleza, deberían á causa de la pérdida de estos ángulos y puntos eminentes convertirse todos en elementos mas ó ménos esféricos, lo que terminaria en nada ménos que en destruir en su principio la armonía, variedad y estabilidad de la Naturaleza. Luego la experiencia que nos muestra como constante é indestructible esta armonía de la Naturaleza, nos da fundamento para concluir que los diversos Elementos de qualesquiera cuerpos deben ser naturalmente infecables é indestructibles, y de consiguiente incapaces de ser decentados ni divididos por ningun Agente criado. (L. Q. P. D.)

146. COROLARIO I. Se sigue de aqui que *con todos nuestros esfuerzos para dividir los cuerpos no podremos conseguir mas que apartar y separar los Elementos contiguos, sin poder jamas lograr decentar los ángulos ni las masas de los Elementos primitivos cuyas partes constituyentes tienen entre sí una adherencia como infinita libremente decretada y establecida por el Autor de la Naturaleza para hacer indestructibles y permanentes los diferentes Principios de los cuerpos.*

La Combustion, Putrefaccion y Disolucion dividen y descomponen las partes integrantes de los Cuerpos pero no alteran las constituyentes que quedan siempre las mismas despues de su descomposicion. (7)

147. COROLARIO II. Se sigue ademas que *tienen pocos conocimientos y poco seso estos pretendidos Chémicos por excelencia, que se ocupan en la grande Obra á que sacrifican su tiempo y facultades en busca de la Piedra Filosofal.*

EXPLICACION. Ocuparse en la grande Obra de la Al-

chímia, ó buscar la *Piedra filosofal* es buscar el arte de convertir los elementos que constituyen el cobre, el estaño, el plomo, el azogue ú otros qualesquiera mixtos en elementos de oro, ó plata, arte muy verosimilmente absurdo y chímérico en su objeto, ya se atiende á la experiencia, ya se consulte la razon.

I. Si se atiende á la experiencia parece que se han hecho bastantes tentativas infelices en esta materia para que qualquiera tenga suficientes fundamentos para desesperar de todo buen suceso, y poder definir con propiedad la Alchímia; *Ars cæca et improba cujus principium vesana cupiditas: medium labor fætibus, finis ridenda egestas.*

¡Si la Chímia no puede destruir ni descomponer el oro y la plata, quanto menos podrá componerlos y formarlos! Es aun bastante verosímil que la Naturaleza misma en sus laboratorios subterranos no forma nuevos elementos de oro y plata como lo explicaremos en otro lugar. (553.)

II. Si se consulta la especulacion, parece que en qualquiera sistema verdaderamente filosófico en que se empiece á discurrir desde el punto fixo de la *Estabilidad de la Naturaleza* ó ya se siga la Sentencia de Zenon, ó ya se adopte la Opinion de Gasendo, ó ya se decida á favor de la sentencia bastante mas verosímil que acabamos de probar, es necesario en todo caso admitir una verdadera indestructibilidad en los Elementos primitivos de la Materia (145.)

Si fuera posible hacer tomar á los elementos de otros varios Cuerpos la masa y configuracion que tienen los elementos de oro, ó de plata, estos otros cuerpos se podrian transformar y convertir en oro ó plata. Pero la experiencia de tantos siglos, despues de tantos esfuerzos vanamente reiterados anuncia suficientemente que no es dado á los hombres executar semejante metamórfosis, y la estabilidad de la Naturaleza decretada por el Criador exige necesariamente que semejante trasformacion sea absolutamente imposible á todos los esfuerzos de los Agentes criados; lo que á no ser asi los Agentes criados alterando los *Elementos primitivos de los Cuerpos* podrian destruir la armonía de

la Naturaleza y trastornar el orden establecido por el Criador.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

148. OBJECION I. La principal prueba en que se funda la homogeneidad de la Materia es la abundante y fecunda sencillez que se supone al Autor de la Naturaleza en sus designios. ¿Pero acaso está bien averiguado que el Autor de la Naturaleza obre como se pretende por los medios mas sencillos y mas generales? ¿Se mostraria acaso menos rico y grande este poderoso Artifice prodigando los principios, que ahorrándolos para multiplicar y variar los efectos? Por otra parte mas sencillo era producir el Mundo en un instante que en seis dias, y con todo el Criador tuvo á bien emplear seis dias en vez de un solo instante en la grande obra de la Creacion. Luego carece de todo fundamento la suposicion que se hace de que el Autor de la Naturaleza obra por los medios mas sencillos y mas generales.

RESPUESTA I. Nos consta por la *Razon* que el Autor de la Naturaleza esencialmente libre en sus obras no está necesitado á obrar siempre del modo que nos parece á nosotros mas sencillo, y así reconocemos que puede absolutamente apartarse de él quando le agrade por motivos dignos de su Sabiduría.

II. Nos consta por un medio infalible qual es la *Revelacion*, que le plugo al Criador emplear seis dias en vez de un solo instante en la grande obra de la Creacion, ya sea para dar mas magestad y sensibilidad á este inefable suceso haciéndole de una duracion y extension mas proporcionado á la capacidad de nuestra imaginacion y nuestra inteligencia que de este modo pueden mejor seguirle y admirarle, ya sea por algun otro motivo mas sublime y profundo, que atendiendo á su Sabiduría debemos de tener por muy justo, pero que ha querido ocultarnos.

III. Nos consta por la *Experiencia* que el Autor de la Naturaleza esencialmente libre en sus obras ha preferido para conservar y perpetuar la Naturaleza los medios mas

fencillos y fecundos. Asi vemos que una misma Gravitacion atrae á todos los cuerpos hácia sus centros, y es causa de todos los fenómenos que puedan resultar de aqui; que una misma Elasticidad pone en movimiento toda la masa del ayre, y produce quantos efectos pueden provenir de esto: que un mismo Fuego elemental afecta á todos los seres sensibles á quienes mueve, aparta ó aproxima, reúne ó divide, conserva ó destruye segun la cantidad de su accion.

De donde concluimos que supuesto que el Autor de la Naturaleza obra comun y constantemente por los medios mas simples y fecundos, y que no hay razon alguna que demuestre que se ha apartado de este modo grande y sublime de obrar en la produccion de los elementos de la materia, no se deben admitir muchas *especies* diferentes de materia, siendo asi que es suficiente una sola.

IV. Es cierto que el Autor de la Naturaleza no se mostraria menos rico prodigando las causas y principios sin razon; pero se mostraria menos sabio, asi como se mostraria menos sabio y hábil un Artífice que multiplicase los resortes y ruedas para mover una máquina que no necesitase mas que de una sola.

No se ve que razon pueda haber para emplear constante y perseverantemente en la Naturaleza una redundancia inútil de causas y principios quando una sola causa y principio es necesario y suficiente. Luego la prueba ó razon por medio de la que hemos establecido la Homogeneidad de la Materia es una razon muy filosófica y muy sólida.

149. OBJECCION II. ¿Como concebir y persuadirse á que un *Cuerpo duro y pesado* qual es el mármol y la encina esté compuesto de la misma materia que un cuerpo leve y fluido, como son el ayre y la luz? ¿Unas propiedades tan diferentes no anuncian con evidencia que estos cuerpos estan compuestos de substancias diferentes?

RESPUESTA I. El *Aire* aunque parece tan ligero, tiene un peso real proporcional á la cantidad de sus moléculas como demostraremos en otro lugar. El Aire que pa-

parece que no resiste quando tiene el paso libre para apartarse ó escapar, muestra fensiblemente su resistencia quando se mete en el agua perpendicularmente y boca abajo una botella grande, dentro de la qual se haya puesto un pequeño trozo de corcho para conocer la elevacion del agua en lo interior de la botella. Esta masa fluida del ayre encerrada entre el agua y lo interior de la botella aunque poco material está efectivamente compuesta de partes sólidas é impenetrables que ocupan exclusivamente un espacio, resisten eficazmente al agua, impidiéndola subir hasta el fondo de la botella, y que aunque por ser flexibles y elásticas pueden reducirse á un volúmen menor, nunca jamas pueden perder enteramente su volúmen.

Un pie cúbico de ayre no es como ochocientas veces menos pesado y resistente que un pie cúbico de agua, sino á causa de que tiene una cantidad de materia como ochocientas veces menor que el pie cúbico de agua. Luego juntando en el espacio de un pie cúbico ochocientas veces otras tantas moléculas del ayre como encierra un pie cúbico de ayre en su estado regular, se formaria una masa tan densa como el agua, mas densa de consiguiente que el pinavete y la encina que flotan sobre el agua.

II. La *Luz* compuesta de elementos de una pequeñez y velocidad inconcebibles reunida y reconcentrada en un foco por medio de un espejo-ustorio funde el oro, enciende la madera, divide y calcina los cuerpos mas compactos y resistentes. Luego la materia de la luz tiene una masa que multiplicada por su velocidad da una fuerza motriz ó una fuma de movimiento. Luego una cantidad considerable de esta materia reunida en un mismo todo y privada de movimiento podria formar una masa sólida, resistente, palpable, impenetrable y pesada como la de los cuerpos mas sensibles.

III. ¿Porque pues esta materia del ayre ó de la luz reunida en cantidad considerable y trasformada en moléculas perfectamente semejantes á las del oro ó del mármol no podria producir los mismos efectos que estos cuer-

pos? Y si la materia del ayre y de la luz por medio de una grande condensacion y de algunas modificaciones puede producir los mismos efectos que produce el oro ó el mármol ¿sobre que fundamento se puede pretender que la materia que compone el ayre ó la luz, el oro ó el mármol se diferencie realmente en estos cuerpos por otra cosa mas que por sus diferentes modificaciones?

IV. Todo el Mundo sabe que el *Diamante* se evapora y volatiliza á un fuego grande sin dexar vestigio alguno de su substancia, como se puede ver por varias experiencias que se refieren en la Gazeta de Francia de 1771. pag. 280. ¿Si se pudiesen ver los elementos del diamante asi volatilizado, se creeria que esta nube infinitamente sutil fuese capaz de formar solo con reunirse un cuerpo tan sólido como el diamante? ¿Que observacion tan poderosa para aquellos á quienes podria aun chocar la idea de una Materia homogenea! se puede decir lo mismo del oro volatilizado por el fuego de un Espejo-ustorio.

150. OBJECCION III. Una de las principales pruebas que se alegan á favor de la indivisibilidad de los elementos es la inmutabilidad de los metales perfectos. ¿Pero ésta pretendida inmutabilidad no está ya destruida y desmentida por las experiencias referidas en las Memorias de la Academia de las Ciencias á los años 1702 y 1707? He aqui el modo y el resultado de estas Experiencias.

Tschirno ó Tschirnhausen Caballero de Lusacia halló hácia fines del siglo pasado el arte de fundir Espejos-ustorios convexos de tres ó quatro pies de diámetro sin estrias ni pompas de aire. El famoso Duque de Orleans muy amante de las Ciencias y las Artes adquirió uno de estos Espejos maravillosos cuyo uso concedió la Casa de Orleans á la Academia de las Ciencias. Este Espejo puesto al sol en un dia claro y sereno del Estio concentra en un mismo foco una quantidad inmensa de rayos que se reunen aun mas por medio de una pequeña lente, y que asi reunidos adquieren una actividad bastante superior á la de los hornos mas ardientes que se han podido usar hasta ahora.

Si se pone sobre un carbon un pedacito de oro y se le expone al foco de este Espejo-ustorio, al instante este oro se funde, hierbe, chispea y falta en pequeños globulitos que van á dar á siete ú ocho pulgadas de distancia, y que recibidos en un papel presentan á la vista un polvo de oro muy fino. Si quando el oro se ha líquuado se aparta un poco del foco del Espejo-ustorio, una parte de él se evapora en humo pagizo, y otra queda y se convierte en un vidrio cuyo color se parece al del oro, pero cuya pesantez aunque mayor que la del vidrio ordinario es bastante menor que la del oro. Luego los *elementos del Oro* son decentados y desnaturalizados en esta experiencia. Luego no son indivisibles é indestructibles.

RESPUESTA. Esta Experiencia no prueba nada contra la indivisibilidad de los elementos de la materia por dos razones; la primera, porque no está decidido que sean los mismos elementos del oro los que se convierten en vidrio: la segunda, porque aun quando fuése constante que se convirtiesen, no se seguiria de aqui que los elementos del oro han sido decentados y divididos en sí mismos.

I. *No está demostrado que sean los Elementos mismos del oro los que se convierten en vidrio.* Este Vidrio puede formarse por medio de las *Partículas terreas y salinas* que el calor hace exálar del seno del carbon y de los cuerpos vecinos que se emplean para la experiencia, ó que esparcidos ya en la masa del aire se precipitan continuamente con el torrente de aire en la materia hirviendo durante todo el tiempo de la experiencia.

El oro puesto al foco del Espejo-ustorio falta en partículas mas sensibles llevadas por un calor mas violento. El oro un poco apartado del mismo foco y expuesto á un fuego menos violento continúa en herbir y saltar en partículas mas insensibles que forman el torrente de humo en que se evapora. Mientras dura la experiencia en que el oro apartado del foco se exála en humo los elementos de oro se disipan en partículas imperceptibles di-

vididas y llevadas por la accion del fuego sin ser descompuestas ni desnaturalizadas, y en su lugar se substituyen arenas y sales conducidas por el torrente de aire que acumuladas sucesivamente en la materia hirviendo son vitrificadas por la accion del fuego. (564.)

De aqui proviene la formacion del Vidrio que se halla en lugar del oro despues de la experiencia. Este Vidrio asi formado es mas pesado que el vidrio ordinario porque contiene cantidad considerable de partículas de oro no desnaturalizadas, que las partículas de arena y sal detienen y aprisionan en sus concavidades, y de quien toma el color de oro que le caracteriza. (135.)

Lo que sucede con el oro sucede casi igualmente con la Plata en la misma experiencia. Un pedazo de plata puesto sobre un carbon y expuesto al foco del Espejo-ustorio se derrite, hierbe, chispea y salta en pequeños globecitos: un poco apartada del foco se evapora en humo, y sobre su superficie líquida presenta como un polvo muy menudo vitificado que se evapora y disipa á medida de que se va formando, y por lo mismo no dexa una masa vitificada que pueda observarse despues de la experiencia. Es probable que este polvo vitificado que la vista percibe sobre la superficie de la Plata derretida es el resultado de las arenas y sales que el torrente de aire precipita sin cesar en la materia hirviendo, y la violencia del fuego vitifica segun van llegando.

¿Pero porque esta materia vitificada se disipa en la experiencia de la plata quando queda y se forma en masa subsistente en la experiencia del oro? Esta quëstion es totalmente impertinente é indiferente á la presente materia. Se puede sospechar que hay en la materia del oro una afinidad, viscosidad ú otra qualquiera propiedad capaz de retener y fixar las arenas y sales vitificadas, la qual no se halle igualmente en la plata.

El Espejo-ustorio causa poco mas ó menos los mismos fenómenos en la Platina que es de todos los metales el que refracta mas.

II. *Aun quando fuese cierto que los elementos de oro se convirtiesen en vidrio, no se seguiria de aqui que fuesen decentados y divididos en sí mismos.* En la hipótesis de que la substancia misma que compone el oro se convierta en vidrio, los Metales perfectos asi como las otras substancias metálicas son verdaderos Mixtos cuyas dos principales partes constituyentes serán el flogístico y la tierra elemental. (130.)

La *Tierra elemental* de los metales perfectos separada de su *Flogístico* que se evapora en humo, es reducida á la simple qualidad de tierra, y se hace capaz de ser vitrificada como la tierra de las otras substancias metálicas: lo que no anuncia en el oro como ni en el plomo vitificado mas que una simple descomposicion ó separacion de sus dos principios constitutivos, y la introduccion de varias sales fixas entre los elementos de su tierra elemental sin alteracion alguna de las moléculas primitivas de esta tierra.

151. OBJECION IV. Todos los dias se inventan nuevas máquinas é instrumentos capaces de aumentar la actividad de la Naturaleza. ¿Como se podrá probar que no se inventarán algun dia instrumentos y máquinas que descompongan los *Elementos primitivos* de los cuerpos, ó las moléculas primitivas que son sus partes constituyentes, y que por su mezcla y combinacion forman sus partes integrantes? ¿Como se probará que la Química que separa y descompone estas partes integrantes no llegará algun dia á separar y descomponer las partes constituyentes que son tambien pequeños Todos compuestos de una infinidad de partes (62.)? Luego aunque los elementos primitivos de los cuerpos hayan resistido hasta ahora á todos los esfuerzos de los Agentes criados, no se sigue que no puedan absolutamente ser decentados y divididos por dichos Agentes.

RESPUESTA. Es verosímil que la accion de la Naturaleza jamas será mas grande que lo que ha sido hasta aqui. Es tambien verosímil que los Agentes criados no inventarán jamas instrumentos que excedan en actividad á la de la Naturaleza en los incendios de las ciudades, en las erupciones inflamadas de los volcanes, en los espantosos fenómenos del rayo y terremotos, en los vio-

lentos y permanentes sacudimientos de las olas, de los uracanes y de la luz. Luego es verosímil que la accion de los Agentes criados que hasta ahora ha sido insuficiente para alterar la Naturaleza en los elementos primitivos de que está compuesta, no conseguirá jamas efectuar en estos elementos primitivos una alteracion que terminaria en destruir la harmonía y estabilidad de la Naturaleza.

152. OBJECCION V. Los elementos de los cuerpos se alteran sin cesar, se descomponen y vuelven á componer cada dia: por exemplo, los elementos de la madera se descomponen por la combustion ó putrefaccion en elementos de tierra, agua, fuego, aire y varias sales. Estos elementos descompuestos esparcidos en el seno de la Tierra ó de la Atmosfera se vuelven á componer en otros elementos destinados á formar nuevos cuerpos minerales, vegetales ó animales. Luego la *Indivisibilidad de los Elementos* es diametralmente opuesta á toda la Teoría de la Naturaleza.

RESPUESTA I. La *Combustion* ó la *Putrefaccion* alteran y destruyen el Compuesto sin alterar las partes primitivas que le forman, descomponen y desnaturaliza las partes integrantes de un Mixto, pero no sus partes constituyentes.

Sea un átomo de madera formado por la mezcla particular de partes terreas, salinas, ígneas, aereas y aqueas. ¿Que hace la putrefaccion ó combustion con este átomo? Divide y separa las partículas heterogeneas que por su reunion y colocacion determinan este átomo á ser madera, mas bien que mármol, pero no decenta los elementos primitivos que son sus partes constituyentes. Las moléculas de aire, fuego, tierra y agua que la descomposicion extrae de este átomo de madera son fuera del Compuesto lo mismo que eran en el compuesto, excepto el estar mezcladas.

Si se mezclan juntos agua, aceyte y vino, resultará una mezcla particular en que cada uno de estos tres licores que la constituyen conserva su naturaleza. La separacion de estos tres licores destruirá la naturaleza de la mezcla, pero no la de los tres constitutivos que

la forman. Lo mismo es de la mezcla natural que forma un Mixto. Las partes constituyentes conservan su naturaleza durante la composicion, y la descomposicion no hace mas que separar las de las partes heterogeneas á que estaban unidas.

II. Los elementos primitivos de los cuerpos que la combustion ó putrefaccion divide y separa, esparcidos y dispersados en la masa del aire, del agua ó de la tierra vuelven á formar *nuevos Mixtos* de una naturaleza semejante, ó mas comunmente de una naturaleza desemejante, pero esto no es porque estos Elementos primitivos adquieran nuevas masas y configuraciones, si solo porque forman nuevas agregaciones, colocaciones, combinaciones y mezclas ocasionadas de los diferentes grados de afinidad que los atraen, ó de las diferentes impulsiones que los mueven, ó de los diferentes vehiculos que los conducen, ó ya en fin de los diferentes canales que los dan ó niegan el paso. (542.)

Sea un árbol qualquiera, por exemplo un Zerezo que vegete en un jardin plantado de cien especies diferentes de árboles frutales. Este Zerezo no tiene igual afinidad con todos los Elementos que se aproximen á sus raices y poros, y así atraerá con mas fuerza y en mayor abundancia ciertos Elementos, que ciertos otros. Los poros y canales internos de este Zerezo así los de las raices destinados á chupar los jugos de la tierra, como los de las ramas y ojas cuyo destino es chupar los vapores de la atmósfera no ofrecen una entrada igualmente fácil á todos los Elementos que se presentan á sus orificios, de donde proviene que den entrada á ciertos Elementos con mas facilidad y en mayor abundancia, que á ciertos otros.

De aqui la diferencia de sus ojas, ramas, corteza, tronco y frutos, que no proviene de otra cosa sino de que este Zerezo se forma y fecunda de una mezcla de elementos primitivos diferente de la que forma y fecunda el manzano ó el peral que vegeta y fructifica á su lado.

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO SEGUNDO.

TEORIA GENERAL DE LOS CUERPOS.

153. OBSERVACION. Conocer la naturaleza de los Cuerpos es conocer los *Principios* que los constituyen, y las *Propiedades* que los caracterizan.

En este Tratado consideraremos los *Cuerpos en general* baxo de estos dos aspectos, sin ceñirnos todavía á tratar de ninguna especie particular de cuerpos.

SECCION PRIMERA.

PRINCIPIOS DE LOS CUERPOS.

154. OBSERVACION. Los Filósofos han reconocido en todos tiempos que la mayor parte de los *Cuerpos naturales* se pueden reducir mediante la descomposicion á otras substancias ménos compuestas, bastante semejantes entre sí, y siempre las mismas con corta diferencia, de qualquiera naturaleza que sea el compuesto de donde se las separa.

Esta importante observacion ha dado motivo á creer que las diferentes especies de cuerpos que componen la naturaleza visible no eran mas que resultados de un corto número de substancias mas simples, de cuya di-

verfa reunion provenia la diversidad de todos los cuerpos simples ó compuestos, siendo simples los que no contenian mas que una sola y única especie de estas substancias primitivas, y compuestos los que resultaban de la mezcla de estas mismas substancias.

155. DEFINICION. Estas substancias mas simples suponiéndolas reducidas á su última descomposicion natural son lo que se llaman *Principios de los Cuerpos*.

Los Filósofos han estado siempre, y están aun divididos en diferentes sentencias sobre el número y qualidad de estas substancias mas simples, ó de estos principios de los cuerpos. Darémos aqui una idea de estas diferentes Sentencias.

SENTENCIA PRIMERA : LOS QUATRO ELEMENTOS DE ARISTOTELES.

156. EXPLICACION. Aristóteles, este vasto y profundo Ingenio, que derramó sobre la Filosofía algunas nubes y grandes luces; que abrazando á un tiempo todas las especies de conocimientos creó las leyes de la Dialéctica, fixó las reglas del gusto en la Eloquencia y Poësia, y conoció la naturaleza lo mas perfectamente que se podia conocer en su tiempo, pero que por su poderosa reputacion dando el tono á su siglo y á los siguientes tuvo la desgracia de conseguir un Imperio despótico sobre la Razon; y de merecer ser ciegamente comentado por Discípulos de un ingenio sombrío y reñido con el sentido comun, capaces de envilecer y de hacer ridiculo al Maestro mas grande: Aristóteles pues admitió por *principios de los Cuerpos* una materia homogenea dividida en quatro especies de elementos primitivos, únicamente diferentes entre sí por la diversidad de sus masas y configuraciones, que hacian como su forma característica y determinatriz. Estos quatro elementos primitivos son el *aire*, la *tierra*, el *agua*, y el *fuego*. (187.)

Es de admirar sin duda, que despues de las observaciones y descubrimientos modernos de los Boiles, Ha-

les, Becheres, Stahles, Bufones, y de todos los mas célebres Físicos y Chímicos de los últimos Siglos sea forzoso admitir como principios de los cuerpos, los que Empedocles y Aristóteles habian indicado tanto tiempo antes de que se tuviesen los conocimientos de Chímia necesarios para probar esta verdad. (a).

En efecto de qualquier modo que la Chímia analice y descomponga los cuerpos, no ha podido nunca extraer de ellos mas que estas quatro substancias. No se las halla, es verdad, á las primeras operaciones puras, simples, desunidas y separadas de las otras. Pero los diferentes resultados de las primeras descomposiciones, sometidos á nuevos analisis no terminan en mas que en desunir y separar mas ó ménos perfectamente estas quatro especies de substancias, que sin ser acaso simples en sí mismas son no obstante el último término de la analisis Chímica, de fuerte que el Arte no puede dar una descomposicion ulterior.

SENTENCIA SEGUNDA : LA MATERIA PRIMERA Y SEGUNDA DE LOS PERIPATETICOS.

157. EXPLICACION. Los Peripatéticos desfigurando sin duda la doctrina de su Maestro Aristóteles admitian por principios de los cuerpos una materia primera, y una materia segunda.

I. Concebian la *materia primera* como un sujeto vago é indeterminado que no tenia por sí mismo forma alguna determinatriz, pero que era capaz de recibir todas las formas determinatrices posibles.

¿Este sujeto vago é indeterminado llegaba á recibir alguna *forma substancial*, por exemplo la forma substancial propia del aire, de agua, de madera, de piedra, ó de luz? Al instante este sujeto vago é indeterminado, antes materia primera se hacia materia segunda, ya constituida en una especie determinada de aire, agua, ma-

(a) Vease la Nota puesta al numero 179.

dera, piedra, ó luz segun la naturaleza de la forma substancial que se la aplicaba y unía.

II. Segun los Peripatéticos los *principios de los cuerpos* eran una materia homogénea diversificada y caracterizada por la diversidad de las formas substanciales que eran como su alma. Cada especie de cuerpos, cada especie de elemento tenía su forma substancial aparte diferente ó distinta de la forma substancial de qualquiera otro cuerpo, como el alma de Alexandro era distinta del alma de Poro, y diferente del alma del Bucéfalo.

III. Los vegetales diferentes de los hombres y brutos, pero animados como ellos tenían cada uno un *alma vegetativa* que presidia á su formacion, y elegia segun era necesario entre los varios jugos de la tierra aquellos que convenian á la naturaleza del individuo de quien era parte. Un planton ingertado tenía además de su alma primitiva la alma del ingerto que se le había incorporado, y así producía mexores frutos porque dos almas hacian mexor su oficio que lo hubiera hecho una sola. (542. y 544.)

IV. Los diferentes resultados de esta materia primera y de estas formas substanciales tenían diferentes propiedades de las quales no asignaban causa alguna: estas propiedades que resultaban de la materia primera y de la forma substancial que le estaba unida es lo que llamaban *qualidades ocultas*. Por exemplo el agua refrigeraba porque la forma substancial de agua tenía una qualidad oculta refrigerante; la madera se encendia porque la forma substancial de la madera tenía una qualidad oculta combuſtible.

El grande vicio de las *formas substanciales y qualidades ocultas* del Peripato es ser un no sé que, que no se podia definir ni concebir, y de que se usaba absurdamente para explicar todo lo que se queria sin explicar efectivamente nada. (Met. 99. y 208.)

158. NOTA. Lo que dió motivo á este absurdo delirio del Peripato fué sin duda una equivocacion estúpida que le hizo confundir la *materia considerada en*

estado de abstraccion con la materia considerada tal qual existe en sí misma, y en la naturaleza.

La materia considerada en estado de abstraccion, ó considerada simplemente como materia no presenta al entendimiento especie alguna determinada de cuerpo. He aqui la *materia primera* del Peripato. Pero la materia en este estado de abstraccion no existe ni puede existir sino en imágen en las ideas precisivas, pues en los cuerpos existe necesariamente con las qualidades específicas de que el entendimiento puede hacer abstraccion al concebirla, mas no despojarla de ellas en realidad. (Met. 218. y 228.)

Esta materia homogénea por su naturaleza, pero siempre esencialmente materia no tiene necesidad de *formas substanciales* para formar diferentes especies de cuerpos, pues para esto la basta tener modificaciones diferentes. (144.)

Yo puedo pensar en el triángulo en general sin fixar mi pensamiento en un triángulo equilátero, escaleno ó isósceles, pero es necesario no obstante que un triángulo que existe sea de una de estas tres especies de triángulo. Del mismo modo puedo pensar en la materia en general sin concebirla como agua, fuego, aire, tierra, &c. Pero no hay materia alguna que no sea algo de esto. Una materia *genérica é indeterminada*, una materia primera que tenga necesidad de una forma para ser materia segunda, y que exista efectivamente en la Naturaleza, es un sueño y un absurdo.

SENTENCIA TERCERA : ATOMOS EXTENSOS 6
INEXTENSOS.

159. EXPLICACION. Los principios primitivos de los cuerpos son átomos extensos é indivisibles segun Démocrito, Epicuro y Gassendo. Átomos inextensos ó puntos Físicos segun Zenon. Monades simples, inextensas, desemejantes y activas por su naturaleza segun Leibnitz.

Ya hemos expuesto y refutado todos estos Sistemas

tratando de la divisibilidad de la materia, y así no nos cansaríamos en dar una nueva y superflua refutación. (46. 53. y 55.)

SENTENCIA CUARTA : PARTICULAS SIMILARES DE ANAXAGORAS.

160. EXPLICACION. Anaxágoras natural de Clazome ne despreciando los absurdos Sistemas de los antiguos Filósofos que para la formación del Universo únicamente admitían una materia ciega y un ciego acaso, imaginó su *Homcomeria*, ó su Sistema de las partículas similares.

I. La Materia, segun Anaxágoras, no era al principio mas que una masa bruta, un chaos sin forma. La Suprema Inteligencia que ama esencialmente el orden y la perfeccion trabaxó en esta materia bruta é informe, é hizo una multitud de especies diferentes de elementos, de tal fuerte que los elementos de cada especie, siendo diferentes de los elementos de qualquiera otra, fuesen perfectamente semejantes entre sí.

Tales son en sentir de este célebre Filósofo los principios de los cuerpos. Estos elementos semejantes trabaxados con un arte infinito y de una pequenez increíble tienen entre sí una *atracción recíproca* ó tendencia natural que los lleva unos hacia otros con fuerzas perfectamente iguales, en virtud de la qual parece que tienen ansia por unirse con sus semejantes, apartarse de sus desemejantes, y formar por su concurso todos de su especie.

II. Con esta hipótesis emprendió Anaxágoras explicar el grande misterio de la formación y reproducción de los cuerpos. El Universo segun él juzgaba formado al principio baxo la dirección de esta suprema Inteligencia que trabajó y preparó los principios se conserva y perpetua mediante la atracción permanente de estos principios indestruibles. Un cuerpo animal, por exemplo el *Cuerpo humano* se forma y conserva porque los elementos de que

se nutre contienen partículas perfectamente semejantes á las partes integrantes de su sangre, venas, huesos, nervios, músculos, piel, espíritus vitales, ternillas, uñas, cabellos, &c. y estas *partículas similares* mezcladas y confundidas en la masa de los alimentos procuran naturalmente unirse á las partes del cuerpo humano á quien son semejantes.

III. ¿Este cuerpo humano se llega á descomponer por la muerte ó putrefaccion? Los elementos que le componen siempre indestruibles é inalterables despues de haberse esparcido por la tierra ó por la atmósfera se juntan con las partes de los animales y vegetables con quienes tienen analogía por medio de las quales llegarán de nuevo á nutrir y formar del mismo modo y por el mismo mecanismo las generaciones siguientes. El niño que acaba de ser concebido les deberá su desembolvimiento y acrecentamiento, y el hombre hecho la reparacion permanente de sus pérdidas y la conservacion constante de su vigor.

IV. Lo mismo sucede con otros cuerpos. Una bellota por exemplo puesta en el seno de una tierra fértil se convierte poco á poco en árbol, porque la tierra en que crece la supedita sucesivamente partículas análogas á su tronco, corteza, ojas y frutos, las quales se unen y pegan sin cesar á las partes similares mas ó menos desembueltas de esta bellota, y la hacen en fin crecer completamente.

¿El entendimiento humano podia en el tiempo de Anaxágoras imaginar una cosa mas bella que esta hipótesis? Si en ella no se ve aun la verdadera Física completamente desenredada y simplificada, á lo menos se ven ya ademas de la accion de un Dios autor de la Naturaleza, apuntadas la Atraccion del gran Newton, las Afinidades Chímicas y las Partículas orgánicas del célebre Bufon.

SENTENCIA QUINTA: EL AGUA PRINCIPIO DE TODO
SEGUN THALES.

161. EXPLICACION. Thales natural de Mileto, el primero de los siete Sabios de Grecia y fundador de la Escuela Jónica, enseñó que el agua es el principio de todos

los cuerpos. Fundaba su Sentencia en que los cuerpos descomponiéndose se reducen á vapores, los vapores á lluvia, y la lluvia se convierte en plantas y frutos.

Esta opinion de Thales habia caido hacia ya muchísimo tiempo en descrédito y olvido quando la famosa experiencia de Van-helmont pareció volverla á facar de él.

Este Holandés cogió una cierta cantidad de tierra, la hizo secar en un horno bien caliente, la pesó, puso en un vaso aislado, y plantó en ella un ramo de fauce, que expuesto al aire y regado de tiempo en tiempo se hizo un árbol; arrancó despues el árbol y habiendo secado y pesado la tierra como antes, se halló que nada habia perdido de su peso.

De aquí infirió que el agua sola habia compuesto este fauce. ¡Mala consecuencia! Lo que únicamente se sigue de esta experiencia que se ha reiterado despues con mas exâctitud por otros Físicos, y que siempre ha salido del mismo modo con corta diferencia respecto á la ilacion que facaba Van-helmont, es que *el agua y el ayre son el vehiculo comun de las diferentes substancias ó principios que entran en la composicion de los cuerpos.*

I. El Agua es acaso el mas simple é inalterable de todos los cuerpos; á lo menos los Chímicos que no pueden de modo alguno descomponerla la cuentan entre los principios primitivos é indestructibles. Las cortas porciones de tierra que se extrahen de ella por medio de las filtraciones ó destilaciones, se tienen con razon por una substancia que está mezclada con el agua y es enteramente extraña á su Naturaleza.

Es pues absurdo pensar que el Agua se descompone y transmuta en tierra, sales y otros principios diferentes para formar los Cuerpos terrestres.

II. El Agua tiene una *Afinidad muy sensible* con varias substancias estrañas á su naturaleza. (108.) Las que agarra, tiene en disolucion, arrastra consigo por entre los canales de los vegetales y depone evaporándose insensiblemente en el aire con quien tiene tambien afinidad simple ó compuesta.

III. El Agua tiene tambien por su parte una grande afinidad con muchas exálaciones que coge de la tierra, une á sus moléculas y eleva á una altura mas ó menos grande.

El Agua que ocupa los poros exteriores de las plantas atrahe las exálaciones esparcidas en el aire, y las lleva á lo interior de las substancias vegetables en donde circulando como sávia ascendente y descendente, las dexa unidas á las partes álogas de la planta á medida de que se disipa insensiblemente por la evaporacion. (542.)

IV. De aqui resulta que el *Arbol de Van-Helmont* se ha podido formar y adquirir una masa bastante grande por medio del agua con que se le riega y que conduce á él muchas substancias extrañas á su naturaleza sin que el agua misma se haya convertido en toda la substancia de este árbol. Este árbol quando se le pesó, estaba en parte compuesto de agua, que es uno de los principios de todos los vegetales, pero no se componia únicamente de ella, pues los vegetales tienen siempre otros principios mas, quales son el aire, el fuego y la tierra.

El nombre de tierra significa aqui ademas del *Caput mortuum* de los Chímicos, de que hablaremos bien pronto muchas y varias sales fixas y volátiles.

162. NOTA. Segun Heráclito no hay igualmente mas que un solo principio de los cuerpos. Este es el *Fuego*. El fuego decia él, se muda en aire, el aire en lluvia, la lluvia en tierra, la tierra en toda especie de cuerpos.

Este eterno Lloron queria sin duda hacer reir á las gentes, vendiendo con feriedad por hipótesis filosófica estas *pueriles Metamórphosis* que no tienen viso alguno de verosimilitud, ni de conformidad con la razon.

SENTENCIA SEXTA: LOS TRES ELEMENTOS DE
DESCARTES.

163. EXPLICACION. Despues de haber Descartes reconocido que el Universo ha sido efectivamente criado del

del modo que refiere la Sagrada Escritura, exâminó de que modo que fuese mas simple podria haber sido criado. Dadme únicamente una *Materia homogenea* y un *Movimiento perpetuo*, dice Descartes, y no necesito mas para formar este Mundo visible. Supóngase que el Omnipotente haya criado una materia homogenea en su substancia y configuraciones, dividida en pequeños cubos femejantes, y que haya impreso en el Lleno á todos estos cubos dos movimientos de rotacion, el uno al rededor de su centro particular, y el otro al rededor de ciertos centros comunes, y de aqui nacerán los diferentes *Principios de los Cuerpos*, y la *Harmonía general* de la Naturaleza. Porque he aqui lo que debe forzosamente resultar segun Des-cartes, de esta muy sencilla y muy fecunda hipótesis. (*Fig. 6.*)

I.º Estos Cubos A. no pueden moverse en el Lleno al rededor de su centro particular sin que sus ángulos se quiebren con violencia, y sin que salga por todos lados del medio de las partes rotas y quebradas una como nube ó torrente de partículas incomparablemente mas pequeñas, que la violencia y exfuerzo de la division hará escapar con una velocidad inconceivable, la que conservarán constantemente sin poder jamas perderla. He aqui un primer Elemento, que es la *Materia subtil* D., que dotada de una velocidad prodigiosa y capaz de tomar y perder sucesivamente todas las figuras posibles es muy a proposito para penetrar por los mas pequeños poros de los cuerpos con la mayor facilidad.

De esta Materia es de la que se componen el Sol, las estrellas y todos los cuerpos luminosos. *Primum Elementum, Materia subtilis, motu acta pernicissimo, nullius figuræ tenax.*

II.º Estos Cubos no pueden continuar rodando sobre su centro particular sin que á causa de la frotacion sus partes angulosas se desgasten hasta llegar en fin á convertirse en globitos lisos de diferentes masas. He aqui un segundo Elemento, la *Materia globulosa* B. cuyas moléculas se distinguen de la materia subtil asi por su masa que

es bastante mayor, como por su figura que es determinada y constante.

Esta Materia globulosa llena los espacios inmensos de los cielos, ó los espacios que separan al sol y las estrellas de los cuerpos opacos que ruedan dentro de sus Turbillones. *Secundum Elementum, Materia globulosa, Materia atherea, seu materia quæ in globulos efformata æthereas implet plagas.*

III.º Estos Cubos no han podido moverse en el Llano al rededor de sus centros particulares sin que sus ángulos sólidos separándose del resto del cubo hayan formado *Masas angulosas é irregulares*, distintas tanto de la materia globulosa que es como el centro y cuefco redondeado de los cubos divididos, como de la materia sutil que viene á ser un polvo que se ha escapado en rayos infinitamente sutiles del seno de las partes mas gruesas de la division. He aqui pues un tercer Elemento, la *Materia ramosa y acanalada* C. sumamente variada en sus masas, irregular en sus configuraciones, poco apropósito para el movimiento, y destinada de consiguiente á formar cuerpos sólidos y macizos mediante el enlace de sus angulos, ramas y concavidades.

La Tierra, los Planetas y los Cometas estan compuestos principalmente de este elemento. *Tertium Elementum, Materia ramosa, striata, ex qua solida constantur corpora.*

IV.º Supóngase que el Criador haya dividido desde el principio de los tiempos estos tres elementos todavia mezclados y confundidos entre sí, en otras tantas porciones considerables como hay hoy de Estrellas fixas dando á cada porcion de esta materia asi mezclada un impulso general que la haya hecho moverse como un fluido al rededor de un centro comun.

De aqui segun Descartes, tendrian origen los varios Turbillones (a) grandes que por solas las Leyes mecáni-

(a) Me ha parecido conveniente usar de la voz *Turbillon* en la exposicion del Sistema de Descartes, ya por haberla usado otros Autores ó

cas han formado ó podido formar este Universo visible, suponiéndole dividido en otros tantos turbillones, quantas son las estrellas fixas. Nuestro Sol es el centro de un turbillon en el que nadan y se mueven en círculo nuestros planetas, el qual se estiende hasta los turbillones de las estrellas próximas. Cada Estrella es el centro de otro turbillon en el que nadan tambien otros planetas semejantes á los nuestros, á quien sirve de sol la estrella colocada en su centro.

164. EXPERIENCIA. Si se hace dar vueltas rápidamente sobre su exe á un globo hueco de vidrio en que se hayan echado tres líquidos de diferente peso, por exemplo aceite, agua y mercurio; el mas leve queda en el centro (*): el mas pesado tira á la circunferencia, y el otro se pone entre los dos. Lo mismo, dice Des-cartes que ha debido suceder con mis tres elementos mezclados y confundidos al principio en sus Turbillones.

I.º La *Materia subtil*, el mas pequeño y móvil de los tres elementos ha debido quedar en el centro del turbillon, y formar un cuerpo luminoso ó un sol.

II.º La *Materia angulosa y acanalada*, el mas pesado y menos movil de los tres elementos ha debido ser llevado mas pronto ó mas tarde segun su mayor ó menor inercia hácia la circunferencia del turbillon.

Traductores Castellanos, ya por ser la voz con que se explica este Filósofo en su idioma original, y ya porque no me parece menos obscura la voz *vórtice* tomada del Latin, que algunos la substituyen. Para que la entiendan los principiantes, basta decir que *turbillon* significa lo mismo que *remolino*, y así que el Sistema de Des-cartes se debería llamar con propiedad en Castellano el Sistema de los Remolinos. N. T.

(*) NOTA. En la Experiencia que aqui se refiere, que es en la que está fundada toda la Hipótesis Cartesiana; el *líquido mas leve* no queda en el centro sino que se pone al rededor y á lo largo del exe de la revolucion, y este es uno de los vicios capitales de esta hipótesis, porque segun esta experiencia el sol y las estrellas en vez de ser globos luminosos deberían ser *Cilindros ó Husos luminosos* de la misma longitud que el exe de su Turbillon. Esta hipótesis tiene otros muchos defectos radicales como se hará ver en otros lugares. (789. y 808.)

Esparcida al principio al acaso esta Materia ramosa y acanalada hácia la circunferencia del turbillon, ha debido formar sucesivamente *Globos opacos* de diferente densidad y grandor, á quienes la Impulsion hará despues bajar hácia el centro del turbillon mas ó menos pronto segun su mayor ó menor densidad.

III.º La *Materia globulosa*, de mas masa que la subtil pero de menos que la ramosa y acanalada se ha debido colocar hacia el medio del turbillon; y no teniendo igual masa los diferentes glóbulos de este segundo elemento se han debido distribuir en diferentes capas, colocándose los mas pequeños mas cerca, y los mas grandes mas lexos del centro.

Cada *Capa de un Turbillon* hace vanos esfuerzos para huir por la tangente, y es obligada á moverse en círculo ó elipsis por la capa superior que la detiene y aprisiona dentro de su espacio. La última capa de un turbillon, por exemplo del turbillon solar, es detenida por las últimas capas de los turbillones contiguos; y la última de todos los turbillones existentes únicamente por la falta de espacio por donde poder esparcirse y estenderse.

Cada Turbillon rodando al rededor de su centro comun ó de su estrella, arrastra con su impulso los Planetas que nadan en él, á la manera que un torrente de agua lleva un arbol que flota sobre ella. Los planetas mas distantes del centro gastan mas tiempo que los otros en hacer su revolucion, porque teniendo todas las capas de los turbillones la misma velocidad, las mas distantes del centro deben gastar tanto mas tiempo en hacer su revolucion quanto mas espacio tienen que andar para acabarla.

165. NOTA. ¡ Tal es en resumen el sublime sueño de Descartes sobre el origen y mecanismo del Universo! No es este el lugar conveniente para seguir á este Filósofo por los diversos teatros de la Naturaleza en que su audaz ingenio imitador ó rival del Criador forma por medio de sus *tres Elementos* y de la *Impulsion* todos los cuerpos tanto sólidos como fluidos: hace nacer la pesantez de una materia sin peso: cristaliza y mineraliza las entrañas de la Tierra:

levanta y baxa las olas del Oceano: engendra y destruye los Meteoros en la Atmósfera: cria y perpetua las varias especies de animales y vegetables sobre la faz de la tierra: pone los Turbillones de las Estrellas en equilibrio entre sí: compone los Planetas y Cometas: transmuta los Cuerpos opacos en luminosos, y los luminosos en opacos en el Cielo: ¡Que fuerza y que grandeza la de este ingenio! No se puede admirar bastante el que un hombre haya sido capaz de abrazar de este modo con una sola ojeada la Naturaleza entera en toda su extension, reduciendo á una hipótesis tan sencilla quanto presenta de vario y complicado el conjunto del Universo: ¡Que lástima que lo que pareció al principio la Historia de la Naturaleza no sea ya hoy mas que un Romance!

Con todo esta Hipótesis romancesca cuyos principales vicios descubriremos en otra parte mudó la faz de la Filosofía que yacia dormida ó sepultada habia ya largo tiempo en el seno de la ignorancia y del bárbaro pedantismo, despertándola por medio de los encantos interesantes de este brillante delirio que la inspiró gusto por los conocimientos y conduxo al amor de la Verdad. Tal es la condicion de los hombres; incapaces de recibir la justa impresion que les conviene no se les puede por lo comun sacar de un abismo sino arrastrándoles á otro, ni ilustrarles por la Razon sino despues de haberles seducido por la Imaginacion; Esto es lo que hizo Descartes.

Para dar por el pie á la antigua Filosofía consagrada por la preocupacion y la ignorancia, le fué necesario inventar un Sistema singular capaz de despertar é interesar al ingenio aletargado de su siglo. Creó este Sistema, despertó el ingenio y se puso en movimiento. Sintió lo vacío y ridículo de la Filosofía entonces reinante, se aplicó con ardor á subir al conocimiento de las Causas en sus efectos; y en virtud del movimiento dado por Des-cartes consiguió al fin despues de bastantes descarríos hacer poco á poco Descubrimientos útiles; conocer y calcular las verdaderas Leyes del movimiento, adivinar ó sospechar los verdaderos Principios de las cosas, pe-

netrar el verdadero Sistema del Mundo, y arrancar á la Naturaleza á lo menos en parte el tenebroso velo que la ocultaba.

SENTENCIA SEPTIMA: LOS DIVERSOS PRINCIPIOS DE LOS CHIMICOS.

166. DEFINICION I. La Chímia es una ciencia cuyo objeto es conocer la Naturaleza y Propiedades de los cuerpos por medio de sus analisis y combinaciones. La Analisis separa unas de otras las partes constituyentes de un cuerpo, y la Combinacion forma nuevos Todos, uniendo las partes constituyentes de un cuerpo con las de otro.

Entre los que se dedican á la Chímia, los unos se llaman Alchímistas y los otros simplemente Chímicos.

I.º Los *Alchímistas* que se tienen por los Chímicos por excelencia, son los que se emplean locamente en buscar la Piedra filosofal; Cerebros huecos, cuyo mérito científico únicamente consiste en usar de un guirigay enigmáticamente bárbaro, y en alimentarse de esperanzas locas y chíméricas. (146.)

Los Alchímistas se llaman tambien *Adeptos*, es decir consumados en su arte: *quasi artis Chemicæ perfectionem adepti.*

II.º Los *Chímicos* son aquellos que se emplean útilmente en descomponer y volver á componer los cuerpos, ya sea para conocer su Naturaleza ó ya sea para adelantar la Medicina y las Artes.

167. DEFINICION II. La *Analisis Chémica* es el arte de separar unas de otras, no las partes integrantes sino las partes constituyentes de un cuerpo, lo que se hace de dos modos, ó por la accion del fuego ó por la de los disolventes. La primera se funda en la *diferente Volatilidad*, y la segunda en la *diferente Disolubilidad* de los principios del Cuerpo que se quiere descomponer.

I.º Es evidente que si en un Alambique puesto sobre el fuego se echa un Mixto cuyas partes constituyentes tengan *diferente Volatilidad* unas que otras, las mas vola-

tiles deben ser exáltadas en vapores con un grado de calor mas débil que otras que necesitarán un grado mas intenso, y así estas partes mas volátiles se separarán de las otras, se elevarán á la cabeza y se las podrá recoger aparte.

Un grado de calor algo mas fuerte exáltará despues otras partes menos volátiles que las primeras, pero mas volátiles que otras del resto de la masa, y así estas partes se elevarán á su tiempo á la cabeza, y se las podrá igualmente recoger aparte.

Continuando de este modo en aumentar sucesivamente el calor se sacarán unos despues de otros extractos correspondientes á los diversos grados de volatilidad que tienen los diferentes elementos que forman el cuerpo puesto á disolver.

II.º Es evidente que si hay un cuerpo cuyas partes constituyentes tengan *diferente Disolubilidad*, un Disolvente que se pegue á las unas no se pegará á las otras, y así estas partes podrán ser separadas unas de otras.

Por exemplo, en una masa compuesta de oro y plata el agua fuerte disolverá la plata y no el oro, y por este medio se tendrá el oro separado de la plata.

PRINCIPIOS DE LOS PARACELSISTAS.

168. EXPLICACION. Los *Chímicos de la edad media*, es decir del tiempo de Paracelso tenían por Principios primitivos de los cuerpos los varios resultados de la Análisis Chímica, ó las diferentes substancias que se sacan de un cuerpo descompuesto. Estos en su opinion eran cinco, el *Mercurio* ó espíritu, la *Flema* ó el agua, el *Azufre* ó aceyte, la *Sal* y la *Tierra*. Estos cinco principios se llamaron *Principios de los Paracelsistas* del nombre de Paracelso, el mas célebre Médico y mas grande Chímico de su siglo, nacido en Einsfeldn cerca de Zurich en 1493. y muerto en Saltzbourg en 1541.

I.º Entendian por *Mercurio*, lo mas volátil, espirituoso y capaz de hacer impresion en el gusto y en el olfato que sacaban analizando los cuerpos.

II.º Llamaban *Flema* á los productos aquëos no inflamables.

III.º Daban el nombre de *Azufre*, no solo á las materias fulfúreas y al azufre común, sino tambien á qualesquiera apeites y substancias inflamables que extrahian de los cuerpos.

IV.º Daban el nombre general de *Sal* á todas las materias salinas sacadas de los cuerpos descompuestos, de qualquiera naturaleza que fuesen.

V.º Comprehendian baxo el nombre de *Tierra* todas las substancias que quedaban fixas despues de la análisis del cuerpo.

He aqui un exemplo de la Análisis Chímica que se llama *Destilacion*.

IDEA DE LA ANALISIS CHIMICA.

169. EXPERIENCIA. Si sobre el hornillo A. A. de un Alambique se pone á destilar vino en una Cucurbita de vidrio L, resultarán los efectos siguientes. (*Fig. 9.*)

I.º Del feno de la Cucurbita ó Matraz L, se eleva al principio á la cabeza M, un vapor sutil que el refrigerante P, convierte en licor, y que se precipita en el recipiente O. Este principio el mas activo y volátil de todos los que componen el vino ú otro cuerpo que se haya de analizar, es lo que llaman los Chímicos *Espíritu* ó *Mercurio*.

Se ve por esto que el Mercurio Chímico no tiene nada de comun con el mercurio mineral (128.) ó azogue.

II.º Despues de la sublimacion del mercurio se eleva igualmente del feno de la Cucurbita á la cabeza otro licor que carece de sabor y de gusto. Este principio mas aquëo é insípido es la *Flema*.

III.º Despues de la elevacion del mercurio y de la flema queda en el fondo de la Cucurbita L, una materia viscosa que puesta en otra Cucurbita de tierra, y puesta á un fuego mas violento da en la sublimacion en primer lugar un licor insípido; en segundo otro li-

licor tambien insípido : en tercero un licor accido ; y en quarto un licor viscoso.

Los dos primeros resultados se pueden reducir á la Flema , y los dos últimos son lo que se llaman *Accites*.

IV.º Despues de estas operaciones queda en el fondo de la cucurbita un poso ó sedimento que se quema y reduce á cenizas. Recógenfe estas cenizas , se las pone á disolver en agua caliente , y esta agua se cuele en algunas ojas de papel de estraza. Las Sales disueltas y mezcladas con el agua pasan con ella por los poros del papel , y caen en un vaso que se pone debaxo para recibirlas.

La materia crasa que queda pegada al papel es la Tierra que llaman tambien los Chímicos *Cabeza muerta* , ó *Caput mortuum*.

V.º Pónese al fuego el vaso en que está el agua mezclada con las sales , hasta que esta se evapore totalmente , y lo que queda en el fondo es lo que se llama *Sales fixas*.

170. NOTA I. Se pueden descomponer casi del mismo modo otros varios cuerpos como la sangre , las grasas , las medulas , las carnes de los animales , la mayor parte de las substancias vegetales y algunas substancias minerales.

I.º Como los diferentes principios de estas substancias tienen diferente *volatilidad* ; si se las pone sobre un horno chímico en cucurbitas ó matraces L. los mas volátiles son los primeros en exáltarse por la accion del fuego , y estos son el mercurio ó la parte espirituosa. Los mas fixos y refractarios no pueden ser exáltados ; estos son la Tierra y la Sal fixa. Los que tienen una volatilidad media , retenidos por mas tiempo á causa de su viscosidad se van separando y exáltando sucesivamente segun el grado mayor ó menor de adherencia que tienen ; estos son los Principios aqüeos y oleosos. (*Fig. 9.*)

II.º Por un mecanismo semejante se hace la *Destilacion* ; operacion con la qual se separan y recogen mediante un grado conveniente de calor los principios fluidos y volátiles de los cuerpos.

Si en una Cucurbita E H ó L M se pone á destilar

agua ó vino, ú otra qualquiera substancia; las partes mas volátiles y espirituosas se separarán y sublimarán las primeras; é irán á dar á los recipientes G ú O de donde se las podrá extraer aparte.

Estos recipientes G y O que comunican con las cucurbitas E H ó L M no deben estar cerrados herméticamente, porque entónces la fuerza inmensa del vapor del agua los haria trozos.

III.º Se pueden destilar del mismo modo las aguas minerales y las aguas saladas del mar y de varias fuentes. Las partes mas volátiles del agua y de las substancias mezcladas con ella se sublimarán y evaporarán sucesivamente, y solo quedará en el fondo de la cucurbita la parte fixa y no volátil que se podrá observar y analizar aparte.

171. NOTA II. Dan los Chímicos el nombre de *Baño á* varias substancias de que usan para transmitir el calor á los cuerpos que se quieren analizar por medio del fuego. Las materias que mas comunmente se usan para esto son el *Agua* y la *Arena*.

I.º Poner la cucurbita que contiene la materia que se quiere analizar; en una vasija llena de agua que se calienta mas ó menos hasta que llega á hervir; es emplear el *Baño-maria*.

II.º Poner la cucurbita con la materia que se quiere descomponer en una vasija llena de arena á quien se da mas ó menos calor hasta que esté albando; es emplear el *Baño de arena*.

Como el *Herbor* es el mayor grado de calor que puede adquirir el agua en una vasija abierta, se ve por este medio que se puede dar con facilidad un grado constante de calor al cuerpo que se quiere analizar. Quando se necesita un grado de calor superior al del agua hirviendo se usa del *Baño de arena*.

Estas dos especies de Baños alternativamente empleados en los Laboratorios Chímicos bastan para descomponer todo género de cuerpos por medio del fuego.

IDEA DE LAS SALES CHÍMICAS.

172. DESCRIPCION. Se da en general el nombre de *Sal*, como ya lo hemos observado á todas las substancias que son capaces de hacer impresion en el gusto y de disolverse en el agua. Las substancias salinas son por lo comun un compuesto de dos principios que la Química separa, á saber el *principio acido*, y el *principio alkali*: el primero es como el espíritu, y el segundo como el cuerpo del compuesto ó concreto.

Lo que llaman los Chímicos *Acido*, es un licor fuerte, pesado, agrio, corrosivo, que se extrahe comunmente de otras sales por medio de la destilacion: la parte de sal de donde se extrahe este licor acido, es lo que se llama *Alkali*.

Las *Sales Chímicas* se dividen principalmente en acidas y alkalis, fixas y volátiles; divisiones generales de que se hacen infinitas subdivisiones que seria inútil y muy largo proponer y explicar.

ACCIDOS Y ALKALIS.

173. DESCRIPCION I. Los *Acidos* son substancias de un sabor que es efectivamente acido ó agrio, lo que ha hecho que se les dé este nombre.

I.º Los *Acidos* tienen una tendencia bastante grande á unirse con casi todos los cuerpos de la Naturaleza, y especialmente con los que son menos compuestos, como son el flogístico, los alkalis, las tierras absorbentes, el agua y el aceite.

II.º Los *Acidos* muy concentrados (es decir despojados por la evaporacion, destilacion ú otros medios chímicos de las materias extrañas y del agua superabundante á su esencia salina) quando se toman interiormente en dosis algo considerable son corrosivos muy violentos y verdaderos venenos.

Esta qualidad les viene de la grande actividad que

tienen para unirse y adherir á los cuerpos que penetran y corroen insinuándose en ellos en virtud de su afinidad. (112.)

Sus mejores contra-venenos son las substancias alcalinas, salinas y terreas, los aceytes, la leche y el agua; substancias con las quales estos Accidos tienen una afinidad muy grande; por lo que tiran prontamente á empararse en ellas, lo que les impide tomar por absorbentes las partes mismas del cuerpo animal.

III.^o Aunque todos los Accidos sean volátiles, como no todos tienen igual volatilidad, se da con preferencia el nombre de *Accidos volátiles* á aquellos que tienen mas volatilidad que los otros ó á causa del principio inflamable que hay en ellos en mayor abundancia, ó á causa de algun aceite muy atenuado que está mezclado con ellos.

Los Accidos que se extrahen de las substancias animales por medio de la destilacion tienen comunmente mas volatilidad que los que se sacan de las substancias minerales y vegetales.

IV.^o Los Accidos segun las diferentes substancias de que se extraen, se dividen en minerales, vegetales y animales ó volátiles.

Se dividen tambien principalmente en acido marino, acido nitroso, y acido vitriólico. Este último es el mas activo de todos, y acaso los demas no son otra cosa que modificaciones suyas.

V.^o Casi nunca se llegan á tener los Accidos en masa feca y forma concreta, porque estas sales tienen una afinidad tan grande con el agua, que quando no contienen otra substancia que la que les es necesaria para ser sales, chupan el agua con la mayor prontitud asi que pueden tocarla. Y como la Atmósfera terrestre está siempre mas ó menos cargada de vapores aqueos, el solo contacto con el aire cuya humedad atraen y abluerven, basta para ponerlos en estado de fluidez.

174. DESCRIPCION II. Los Alkalís son substancias de un labor acre y ardiente, compuestas de tierra, acido, y un poco de flogístico, pues tales son los principios que extrahe de ellas la Chímia sometiéndolas á nuevas análi-

sis. Los Alkalis son ó fixos ó volátiles, segun que tienen mas ó menos disposicion á exaltarfe y disiparse en vapores quando experimentan la accion del fuego. Los sales que se extraen de las cenizas de substancias animales y vegetales son verdaderos alkalis fixos, despojados por la accion del fuego de la mayor parte de sus accidos, y que no han podido ser exáltados en vapores. Se logran con bastante facilidad accidos fixos y volátiles en masa feca y concreta.

I.º Los Alkalis fixos se funden á un fuego moderado, y fundidos disuelven toda especie de tierras : á un fuego muy violento se mudan en vidrio, y por la vitrificacion pierden su disolubilidad en el agua, y verosimilmente tambien su naturaleza salina.

II.º Los Alkalis son como los Accidos, poderosos disolventes. Descomponen todas las sales de base terrea metálica. Separan estas substancias y se unen á sus accidos con quienes tienen una afinidad muy grande.

III.º Los Alkalis se dividen como los Accidos, segun las substancias de que se extraen, en alkalis minerales, alkalis vegetales y alkalis animales. Estos últimos se llaman comunmente alkalis volátiles.

SALES NEUTRAS ; SAL COMUN ; SALES ESENCIALES.

175. DESCRIPCION I. No se llamaban en otro tiempo *Sales neutras*, sino las que estaban compuestas de accidos y alkalis unidos hasta el punto de saturacion, de suerte que no tuviesen propiedad alguna dominante acida ó alkalina.

Al presente se llaman Sales neutras las combinaciones de los accidos con qualesquiera substancia á quien uniéndose pierden á lo menos en mucha parte las qualidades que indican ser accidos, como sucede quando se combinan algunos accidos con ciertas substancias terreas y metálicas. Los Chímicos distinguen una multitud inmensa de Sales neutras diferentes unas de otras.

176. DESCRIPCION II. La *Sal comun* de que ya hemos

dado una idea es una sal neutra perfecta, compuesta de un acido y un alkali particulares. (124. y 127.)

I.º La Sal común no puede ser descompuesta en su acido y su alkali por la simple accion del fuego mas violento; para hacer esta análisis se necesitan emplear intermedios capaces de desunir estos dos principios, uniéndose con el uno y precipitando el otro. Estos intermedios son principalmente el acido vitriolico, el nitroso, y la sal sedativa. (173. y 174.)

II.º La Sal común mezclada en grande cantidad con las materias animales, las preserva de la corrupcion; pero si es en pequeña cantidad como hacemos en nuestros alimentos, la acelera y facilita. Este efecto singular bastante bien averiguado por las experiencias de muchos Médicos y Chímicos célebres, prueba que la sal que echamos en nuestros alimentos debe facilitar la digestion, que es una especie de corrupcion empezada de estos alimentos.

177. DESCRIPCION III. Los Chímicos dan el nombre de *Sales esenciales* á todas las materias salinas concretas que conservan el olor, sabor y demas qualidades principales de los cuerpos de que se extraen. Las materias minerales no dan sales esenciales. Entre las substancias animales y vegetales que son las únicas que pueden dar semejantes sales, hay algunas que no las dan á causa de que sus sales se desnaturalizan con la descomposicion que se hace de ellas.

Estas sales se llaman *esenciales*, sin duda porque no mudan de naturaleza ni de esencia en la destilacion ó evaporacion como las otras.

PRINCIPIOS DE LOS CHIMICOS MODERNOS, Ó LOS QUATRO ELEMENTOS DE ARISTOTELES.

178. EXPLICACION. Los *Chímicos modernos* despues de haber observado que los *Principios de los Paracelsistas* eran verdaderos compuestos capaces de ser descompuestos, han procurado simplificarlos exponiéndolos á nuevas análisis.

I.º Consta ahora por repetidas experiencias de los mas célebres Chímicos y Físicos que los Mixtos estan compuestos solamente de *quatro Principios primitivos* diferentes entre sí, y bastante semejantes en todas las especies é individuos. Estos quatro Principios primitivos son el Agua, el Aire, la Tierra y el Fuego.

El Fuego y la Luz son seguramente una *misma especie* de cuerpos elementares, y á mi parecer todas las experiencias y razonamientos que se han hecho en estos últimos tiempos para probar lo contrario, nada prueban absolutamente.

II.º De qualquier modo que se analize un cuerpo, no se pueden sacar de él mas que estas quatro especies de substancias, que aunque se presentan mezcladas y confundidas en los primeros Resultados chímicos vienen á ser en fin en nuevas descomposiciones el último término de la Analisis Chímica. De donde resulta que hay bastante fundamento para tener estos quatro Elementos por los Principios primitivos de todos los Cuerpos.

Darémos aquí una idea sucinta de ellos, ínterin que la damos mas desenvuelta en Tratados particulares.

EL AGUA, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

179. OBSERVACION. El *Agua* parece ser un cuerpo simple é inalterable; ningún analisis chímico puede descomponerla, ni hay prueba alguna de experiencia de que sus moléculas sean heterogeneas en sus masas y figuras. (94. y 145.) (a)

(a) Posteriormente al tiempo en que escribió el Autor, se han hecho varias tentativas para descomponer y volver á componer el agua. Algunos Chímicos y Físicos de mucho mérito aseguran haberlo conseguido, y sostienen abiertamente que este fluido no es otra cosa que un compuesto de gas pyrogeno y de gas inflamable, al que llaman *hydrogeno*, por juzgarle uno de los dos principios constitutivos del agua. Si esto es así, el Agua debe ser excluida del número de los Elementos. Pero otros Chímicos y Físicos de mérito nada inferior sostienen lo contrario, y explican bastan-

Consta por infinitas experiencias y analisis químicas que el Agua entra como principio ó parte constituyente en todas las Substancias animales y vegetales, pero no está averiguado aun por la experiencia que entre igualmente en las Materias metálicas y Piedras vitrificables. Si acaso entra con efecto en la composicion de estas dos últimas Substancias, debe estar tan fuertemente adherente á ellas que no basten á separarla todos los esfuerzos de la Chímia.

EL AIRE, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

180. OBSERVACION. El *Aire* es un fluido invisible, elástico, compresible, que entra en cantidad muy crecida en la mayor parte de los Mixtos, como consta por las experiencias de los Señores Boyle y Hales. Parece que el Aire está en los cuerpos en dos estados bien diferentes.

I.º El Aire en ciertos cuerpos y ciertas circunstancias se halla simplemente disperso é interpuesto entre sus partes integrantes, sin adherir á ellas ni ser parte constituyente de estos cuerpos. En este estado está el aire en los poros de una esponja, del pan y de otras muchas substancias semejantes.

La compresion de estos cuerpos le separa facilmente de ellos, donde solo ocupa lugar sin incorporarse con ellos ni perder su elasticidad, como ni algunas de sus propiedades específicas.

te bien en su Sentencia los experimentos, que alegan á favor de la suya los primeros. De suerte que parece que no tenemos todavía datos suficientes para resolver esta quæstion que lleva hoy la atencion de los Chímicos y Físicos de primer órden; y que si se resolviese iobre fundamentos sólidos á favor de la composicion del agua daria mucha luz á la Chímica y la Física; y proporcionaria algunos auxilios á las Artes y á la Vida Civil. Véase á Chabaneau *Elementos de Ciencias naturales* Tom. I. cap. X. §. III. y el *Diario de los nuevos descubrimientos de todas las Ciencias Físicas*. Ed. de Madrid de 1792. pag. 107. N. T.

II.º El Aire en otros cuerpos y otras circunstancias está unido y combinado con las partes integrantes del cuerpo; de suerte que él mismo es una de sus partes constituyentes, y no se le puede separar sin destruir la naturaleza de estos cuerpos. El aire así combinado parece estar privado de su elasticidad, la que no recobra sino por la descomposición del cuerpo de que hace parte.

Consta por las experiencias de los Físicos modernos, como veremos en otro lugar, que una pulgada cúbica de encina descompuesta por la acción del fuego da 256 pulgadas cúbicas de aire, lo que prueba que el aire que hacia parte constituyente de esta encina estaba reducido á un volúmen á lo menos doscientas cinquenta y seis veces menor que el que tiene en la Atmósfera que nos rodea. (653.)

III.º Aunque no podamos observar la figura de las *Moléculas del Aire*, es verosímil que no sean todas semejantes entre sí, y aunque haya una multitud de especies diferentes, indestructibles é inalterables, como se debe inferir de la teoría de los Sonidos, cuya diversidad no puede explicarse á no suponer que la masa del aire está compuesta de moléculas de diferente grueso, largura y tension. (668, y 674.)

LA TIERRA, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

181. OBSERVACION. No se puede dudar que la *Tierra* entra como principio ó parte constituyente en infinitos cuerpos, porque despues que el Arte química ha agotado todos sus esfuerzos para descomponer lo mas que es posible la mayor parte de los Mixtos, queda siempre una *Materia fixa y sólida* que es imposible analizar ya mas.

A esta materia fixa y sólida dan en general el nombre de *Tierra* los Chímicos y Físicos á causa de que tiene la fixeza, pesantez, solidez y demas propiedades de la masa que forma el Globo terrestre.

¿Pero qual es la naturaleza de este Principio? ¿Hay una sola especie de *Elementos terrestres*, ó se deben admi-

tir muchas? Estas son dos cuestiones que no es fácil decidir.

182. SENTENCIA I. Algunos Físicos célebres no admiten mas que *una sola Especie* de tierra que llaman Tierra elemental, y cuyos elementos suponen perfectamente semejantes entre sí.

Esta opinion tiene por Autores y sequaces los Stables y los Maquers personajes que tanto han ilustrado la Chímia. Para seguir esta sentencia se fundan como en principio, en que se deben mirar como Substancias de naturaleza terrea todas aquellas cuyas partes constituyentes por su *Fixeza, Pesantez, Solidez é Infusibilidad* se diferencian mas de los otros elementos principios, á saber del agua, aire y fuego en que entre estas substancias de naturaleza terrea se debe tener por tierra por exceléncia, por mas especialmente tierra elemental la que posee en mas alto grado estas quatro qualidades, que es á la que los Chímicos llaman *Tierra vitrificable* cuyas partes integrantes reunidas forman piedras de una grande dureza, transparencia y de un blanco perfecto, quales son el diamante y cristal de roca quando están perfectamente puros, sin colores ni olores: en fin en que las demas substancias de naturaleza terrea en quienes estas quatro qualidades se hallan en menos grado son unas substancias en las que el Elemento terreo está más ó menos mezclado y combinado con los otros Elementos principios.

183. SENTENCIA II. Otros muchos Físicos famosos están con mas fundamento por la *Multitud de Especies diferentes* en el Elemento terreo, y sostienen que los Elementos terreos que forman por exemplo los metales se distinguen por su masa ó por su configuracion, ó por uno y otro de los Elementos terreos que componen la piedra, el diamante y la madera.

Segun los Partidarios de la primera opinion los elementos terreos son homogéneos asi en su naturaleza como en sus masas y configuraciones, y los Cuerpos en su opinion no se distinguen entre sí sino por la diferente mezcla de los quatro Elementos principios.

Segun los Sectarios de la segunda los elementos ter-
reos son homogéneos por su naturaleza, pero heterogé-
neos por la diversidad de masas y configuraciones, y en
su sentir los Cuerpos de naturaleza terrea se distinguen
unos de otros ya por la diversidad de los elementos ter-
reos que los componen, ya por la diferente combinacion
de estos elementos terreos con los otros Elementos prin-
cipios.

Es muy verosímil que haya muchas Especies de Ele-
mentos diferentes en la Masa del Aire como lo hemos
ya indicado. (180.)

Consta por las bellas experiencias de Newton acer-
ca de la Luz, que hay á lo menos siete especies diferen-
tes de rayos en la masa de la Luz. (697.)

¿Pues porque y con qué fundamento nos negarém^{os}
á admitir la misma diversidad en los Elementos que com-
ponen la Tierra elemental? ¿Si la Naturaleza ha hecho
diferentes las moléculas del aire y las de la luz no ha-
brá hecho tambien diferentes las de la Tierra, cuya di-
versidad parece mas necesaria para dar razon de los fe-
nómenos que se observan en la prodigiosa variedad de
los Cuerpos?

184. NOTA. Fundados en estos principios y razones
muchos Chímicos dan diferentes divisiones del *Elemento*
terreo dividiéndole por exemplo en tierra vitrificable,
tierra arcillosa, tierra calcarea y tierra mercurial: divi-
siones generales que admiten otras muchas subdivisiones
particulares.

1.º Se llama *Tierra vitrificable* la mas pura, mas sim-
ple, menos fusible y mas elemental de todas las sub-
stancias terreas, qual es la que compone el diamante y
el cristal de roca perfectamente puros, sin color y sin
olor.

Las piedras que se forman de esta tierra son mas
duras que las otras, heridas con el azero arrojan fuego,
y quando se las hiere unas con otras lo hacen tambien,
pero en este caso es un fuego interior que no brilla á
fuera en chispas, fenómeno que les es comun con el vi-

drio y la porcelana, y que parece un efecto de la Electricidad.

II.º Llámase *Tierra arcillosa* una especie particular de tierra que abunda mucho en todas partes, y que no fermenta con los Acidos, que embebe el agua, se infla con ella, y que se endurece sin vitrificarse ó calcinarse al fuego. Es verosímil que esta tierra á causa de su afinidad con el agua contribuya con ella bastante á la composicion de los Vegetales.

La Tierra arcillosa tiene bastante relacion con la Tierra marga, y ésta con la *vegetal* de quien resulta principalmente la formacion de varias especies de plantas, y que igualmente ella misma no es en gran parte mas que un resultado de la substancia de los vegetales anteriormente descompuestos y destruidos en su seno.

III.º Se llama *Tierra calcarea* toda especie de substancias terreas y petreas que expuestas á un grado de fuego suficiente toman los caracteres de cal-viva. En su calcinacion pierden parte de su peso y consistencia, porque la accion del fuego las quita una parte considerable del agua que entraba en su composicion. Pero como las últimas partes del agua quedan muy adherentes á la tierra se necesita un grado muy violento de fuego para hacérsela perder enteramente, y en esto es en lo que principalmente consiste la mutacion de las tierras calcareas en cal viva. La grande afinidad de la cal viva con el agua hace que la cal agarre el agua con mucha prontitud, y esto ocasiona en ella una fermentacion violenta y un calor sensible.

Las *Piedras calcareas* que son siempre menos duras que las vitrificables no arrojan fuego heridas con el acero quando están puras y sin mezcla.

IV. Becher llama *Tierra mercurial* á una substancia de naturaleza terrea que mezclándose con el flogístico ó principio inflamable compone las sustancias metálicas.

El célebre Buffon divide el *Elemento terreo* en dos clases generales: á saber en tierras vitrificables y tierras calcinables. La arcilla y el pedernal, la marga y la pie-

dra se pueden tener dice él, por los dos extremos de cada una de estas clases, cuyos intervalos llenan infinitos Mixtos que tienen todos por base una de estas dos especies de tierra.

EL FUEGO, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

185. DESCRIPCION. El Fuego se puede considerar en dos estados muy diferentes: en el primero, como libre, puro y que no hace parte de compuesto alguno. En el segundo como combinado, ó como que entra en calidad de parte constituyente en la composicion de infinitos cuerpos. Considerado en el primer estado se le llama *Fuego elementar*; considerado en el segundo se le llama *Flogístico* ó parte inflamable.

1.º El Fuego puro ó *elementar* es un agregado de partículas de una materia simple, inalterable, infinitamente atenuada, puesta siempre, ó á lo menos siempre pronta á ponerse en movimiento. Este Elemento es el gran motor, el agente universal que anima y vivifica la Naturaleza.

Así como á causa de la Atraccion general y especial todos los demas elementos y principios de los cuerpos tiran á unirse y quedar quietos, así tambien mediante la accion del fuego estos mismos elementos y principios tiran al contrario á separarse y moverse.

Sin la accion del fuego se convertirian en masas sólidas todos los cuerpos líquidos y flúidos; pues la accion de este elemento que se introduce en mas ó menos cantidad en esta especie de cuerpos es la que destruye ó debilita infinitamente la tendencia reciproca de sus partes entre sí, y hace que la masa total conserve una movilidad respectiva en todas sus partes. Aun en los cuerpos sólidos la adherencia de las partes es otro tanto menor, quanto mayor es la cantidad que contienen de fuego elementar, introducido y movido en sus poros sin estar combinado con sus elementos.

De este conflicto eterno entre la accion del fuego

y la accion de la atraccion resultan infinitos fenómenos en la composicion y descomposicion de los cuerpos.

II.º Al modo que los otros tres Elementos, el agua, la tierra y el aire se combinan entre sí en virtud de sus afinidades, y con esta combinacion pierden su naturaleza; asi tambien el fuego puro ó elemental se combina con ciertos cuerpos en fuerza de su afinidad con ellos, y combinándose se desnaturaliza. De este modo está el fuego en los cuerpos combustibles, en donde no es fuego puro y elemental, fuego libre y en accion, sino fuego combinado y desnaturalizado, fuego unido y ligado con otras substancias, fuego privado de su fluidez y actividad natural: en una palabra *Flogístico*. (152 y 561.)

186. NOTA. Los Físicos y Chímicos estan divididos acerca de la naturaleza del Flogístico ó parte inflamable de los cuerpos.

I.º Unos siguiendo al célebre Sthal juzgan que el Flogístico no es mas que el fuego elemental, que aunque en su estado de agregacion está siempre en movimiento pierde esta qualidad en el estado de combinacion con otras substancias á quienes se une y queda adherente por su afinidad, y esta sentencia es la que hemos adoptado antes, y desenvolvemos y confirmaremos adelante.

II.º Otros con Boerhave sospechan que el Flogístico podria ser un *quinto Elemento primitivo* distinto del agua, ayre, fuego y tierra, é indestructible como ellos. Segun esta hipótesis la combustion de los cuerpos no aumentaria la masa del fuego elemental, y no haria mas que privar al flogístico elemento de las combinaciones que tenia en los cuerpos que se queman, y disponerle á entrar nuevamente combinado en las substancias semejantes que renueva sin cesar la Naturaleza.

Los que adoptan esta idea acerca del Flogístico sospechan una especie de progresion entre los diferentes principios de los Cuerpos, á saber esta. La tierra es al agua, como el agua es al aire; como el aire al flogístico y como el flogístico al fuego elemental.

III.º En qualquiera hipótesis que se adopte acerca

de la naturaleza del Flogístico, sea que consista en el fuego elemental combinado con otras substancias, sea que constituya una substancia aparte, es verosímil que debe estar compuesto como lo estan el aire, la luz y el elemento terreo de moléculas de diferente especie, de las que unas tengan afinidad y otras no con los elementos de los varios cuerpos que componen la Naturaleza sensible, pues consta por la experiencia que los *Cuerpos combustibles* tienen bastante Flogístico, al paso que los *incombustibles* no tienen nada ó casi nada.

IV.º Sea la que quiera la naturaleza del Flogístico la Chímia ha hallado el arte de separarle de ciertos Cuerpos, y unirle á otros. Las substancias que en su estado natural no tienen olor, color ni sabor adquieren casi siempre en mas ó menos alto grado estas qualidades por su union con el flogístico que se las comunica. Y en esto se fundan los Físicos y Chímicos para tener al Flogístico por el principio de los colores, olores y sabores de todos los cuerpos.

PROPOSICION.

187. *Todos los Cuerpos que nos presenta la Naturaleza tienen por principios los quatro Elementos de los Chímicos modernos, tierra, agua, aire y fuego, y estos elementos son homogéneos por su naturaleza, y heterogéneos por sus masas y configuraciones.*

DEMOSTRACION. La experiencia y la especulacion se unen de acuerdo para establecer y confirmar la verdad de esta proposicion, ó para dar á este Punto general y fundamental de toda la Física toda la claridad y certidumbre de que es susceptible. (178.)

I.º La Experiencia nos enseña que los varios cuerpos que la Naturaleza somete á nuestras analisis químicas por mas pruebas que les hagamos sufrir, no dan en último analisis mas que estas *quatro Especies de elementos*, los quales no se pueden descomponer en otros. Luego hay suficientes fundamentos para pensar y juzgar que

los varios cuerpos que la Naturaleza nos presenta solo contienen estas quatro especies de elementos, y que sus diferentes especies deben la naturaleza, esencia y variedad que tienen á la mezcla, combinacion y colocacion de estos quatro Principios primitivos.

II.º La Especulacion nos enseña que estos quatro Principios homogeneos en su naturaleza, y heterogeneos en sus configuraciones y masas bastan para dar razon de la admirable variedad de la Naturaleza. (144.) Luego para no multiplicar tontamente los Principios sin necesidad y sin razon, no se deben admitir en la Naturaleza otros principios que los quatro Elementos de los Chímicos modernos. (L. Q. P. D.)

188. COROLARIO I. *La Materia de los cuerpos es una misma en todos ellos, pues como hemos probado, la Materia de todos los cuerpos es homogenea y perfectamente semejante en naturaleza, y en quanto materia.* (143.)

189. COROLARIO II. *La Forma de los cuerpos ó aquello por lo que una especie es diferente de otra, no es otra cosa que la diversidad de Accidentes que caracteriza á sus elementos; es decir, no es mas que la diversidad ó de masa, ó de configuracion, ó de movimiento, ó de afinidad que tienen estos Elementos, pues que esta diversidad de Accidentes en los Elementos principios de los cuerpos basta para dar razon de la admirable variedad que reina en la Naturaleza, y para hacer que una especie de cuerpos se distinga esencialmente de otra.* (144, y 145.)

190. COROLARIO III. *Las Qualidades sensibles de los Cuerpos como el olor, el color, el sabor, la amargura, la dulzura, el calor, la friura &c. tienen por cada causa no Qualidades ocultas inherentes á la materia, y distintas de su substancia y accidentes, sino únicamente una materia homogenea con diversos accidentes.*

DEMOSTRACION. No se puede concebir una *Materia homogenea* dividida en elementos inmensamente variados en su masa, configuracion, movimiento y adherencia sin concebir que esta materia por sí sola basta

para ocasionar en nosotros todas las diferentes sensaciones que se quieran.

Porque bien claramente se ve que los Elementos esféricos deben ocasionar otra sensación que los Elementos angulosos: Que los que están en reposo deben igualmente producir distinta sensación, que los que están en movimiento. Los que están adherentes entre sí, otra que los que no tienen union; y los mas gruesos y macizos diferente de la que pueden producir los mas sutiles y delicados, &c.

Luego en fuerza del Axioma Filosófico, segun el que no se deben multiplicar las causas, principios y seres sin necesidad y sin razon, no debemos recurrir á las virtudes ó qualidades ocultas del Peripato que no pueden definirse ni concebirse para explicar las *Qualidades sensibles de los cuerpos*, que tan naturalmente se explican por sola la diversidad de sus accidentes.

Luego el azucar no es dulce, el áxenjo amargo, la escarlata roxa, el hielo frio y el fuego caliente por alguna cosa que se distinga de la materia que compone estos diferentes Cuerpos y sus accidentes. (*Met.* 99, y 397.)

Luego solo en fuerza de una preocupacion y no de razon alguna imaginamos en estos Cuerpos algunas qualidades, virtudes ó modos de ser semejantes á las sensaciones que sus moléculas hacen nacer en nosotros por la diversidad de sus masas, configuraciones y movimientos. (L. Q. P. D.)

191. COROLARIO IV. *Los Vegetales no tienen como pensaban los Peripatéticos una Alma vegetativa distinta de la materia y sus modificaciones*, pues la experiencia y la observacion no nos muestran en las Plantas sean las que quieran otra cosa que movimientos locales dependientes de las Leyes generales de la Impulsion y la Atraccion, y enteramente conformes con las reglas generales de la Mecánica.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

192. OBJECION I. De nuestros principios se sigue que las *varias especies de los cuerpos* solo se distinguen accidentalmente unas de otras, supuesto decimos que una especie no se distingue de otra, el oro por exemplo del cristal sino á causa de sus diversos accidentes.

RESPUESTA. Los Cuerpos de diferente especie se distinguen esencialmente unos de otros; pues se distinguen entre sí en tener una naturaleza esencialmente diferente en ambas especies, pero esta naturaleza esencialmente diferente en ambas especies puede resultar de un agregado de accidentes que en una de estas especies sea totalmente diferente del agregado de accidentes que caracteriza á la otra.

Porque facilmente se concibe que un Cuerpo compuesto de elementos unidos y en quietud, aunque su substancia sea homogénea se debe distinguir así en su naturaleza como en sus propiedades y efectos, de otro Cuerpo compuesto de elementos desunidos y en movimiento: Luego sola la diferencia de accidentes basta para que dos cuerpos tengan una *naturaleza y esencia diferente*.

Para evitar toda equivocacion en esta materia es necesario no confundir la Forma esencial de la Materia con la Forma esencial de los Cuerpos.

I.º Yo llamo *Forma esencial de la Materia* aquella propiedad por la qual la materia se constituye materia, por la qual la materia se distingue de todo lo que no es materia; es evidente que esta propiedad de la materia no depende de los accidentes de que acabamos de hablar. Porque se concibe muy bien que un elemento cúbico no dexará de ser materia aunque se haga esférico ó piramidal, ni un elemento en quietud dexará de ser materia aunque adquiera movimiento, ni tampoco dexará de serlo un elemento solo porque se combine con otro elemento semejante ó desemejante.

En otra parte hemos hecho ver, que por mas que los Filósofos se han esforzado á averiguar que es esta Forma

esencial de la materia, no han podido llegar á penetrarlo. (Met. 909.)

II.º Yo llamo *Forma esencial de los Cuerpos* considerándolos en un estado de agregacion y combinacion, aquella propiedad característica por la que un Compuesto se distingue de otro, y digo que esta propiedad resulta simple y únicamente de que el agregado de accidentes no es el mismo en las dos especies diferentes de cuerpos.

Este *Agregado de accidentes* es accidental á la materia del compuesto ó á los elementos que forman este compuesto, pues que la materia del compuesto puede perder este conjunto de accidentes sin dexar de ser materia, pero este conjunto de accidentes es esencial al compuesto como compuesto, como tal cuerpo; pues este compuesto no puede perder este conjunto de accidentes sin dexar de ser tal compuesto tal cuerpo.

La *diversidad de la Materia* tiene por causa y raiz la diferencia de masas y configuraciones que están indestructiblemente afectas á sus elementos primitivos. (145.)

La *diversidad de los Cuerpos* ó de los compuestos tiene por causa y raiz la diferente mezcla, la diferente colocacion, la diferente combinacion, la diferente afinidad, el diferente movimiento, quietud, situacion y contigüidad de elementos unidos en un mismo Todo.

193. OBJECION II. El Sentimiento experimental nos enseña que hay un calor real en un tizon ardiendo, una amargura real en una hoja de axenjo, y una dulzura real en un terron de azucar. La razon nos enseña que lo que sentimos en el fuego, en la azucar, y en el axenjo no se parece á la materia, ni á sus accidentes. Luego hay realmente en los Cuerpos *Qualidades sensibles* distintas de la materia y de sus accidentes.

RESPUESTA. I.º El sentimiento experimental nos enseña que un tizon ardiendo, una hoja de axenjo, y un terron de azucar son cuerpos capaces de hacer nacer en nosotros tal y tal sensacion, pero él no nos dice que haya en estos cuerpos alguna cosa que se parezca ni mucho ni poco á nuestras sensaciones. (Met. 357.)

II.º La Razon nos enseña que la sensacion de calor, amargura y dulzura no se parecen en nada á la materia ni á los accidentes de la materia, porque estas sensaciones no son otra cosa que unas modificaciones espirituales de nuestra alma. Pero la razon no nos dice que haya en el fuego, en el azucar, y en el agenjo alguna qualidad, algun modo de ser ó alguna cosa de la que nuestra sensacion sea la expresion é imágen, antes bien nos enseña que los cuerpos pueden ocasionarnos las diferentes sensaciones que experimentamos en fuerza únicamente de las diferentes impresiones que hacen sobre nuestros órganos, y que la diversidad de sus accidentes es suficiente por sí sola para diversificar al infinito estas impresiones. (190.)

194. OBJECCION III. Hay Plantas tales, como la *Sensitiva* que parece que tienen Sentimiento: luego la opinion de los Peripatéticos que dan á las plantas un alma distinta de la materia y de sus accidentes, no es acaso tan mal fundada como se piensa.

RESPUESTA. La *Sensitiva* segun Tournefort es una planta que arroja un solo tallo principal de pie y medio de alto y que cerca de la tierra se divide en muchas ramas; es leñosa, reluciente, y está cubierta como tambien sus ramas de ojas larguitas, lisas, estrechas, y del un lado puestas á pares, y estas se aproximan una á otra quando se las toca, y se apartan despues como sucede con las ojas de un libro, que se abre despues de haberle cerrado. Hay otras muchas especies de Sensitivas. En Toqué cerca de Panamá en el Isthmo de la América hay campos enteros cubiertos de esta especie de hierva ó planta.

El Fenómeno de que aqui se trata parece que proviene de la Electricidad. Quando se mueve la mano hácia la *Sensitiva* sale del seno de esta planta un torrente de materia que tiene su curso hácia la mano que se le presenta, y que imprime á las hojas flexibles de donde sale, la misma direccion de movimiento que lleva. Las demas plantas no presentan el mismo fenómeno, porque no tienen como esta una materia efluente que tenga una tendencia natural hácia el cuerpo humano.

195. OBJECCION IV. El Pólipo tiene sin duda una alma distinta de la materia y de sus accidentes. ¿Porque las otras plantas no tendrán tambien una alma semejante aunque no se nos den á conocer de un modo igualmente sensible?

RESPUESTA. El Pólipo es una produccion de la Naturaleza, que los Naturalistas habian tenido por una simple planta, y que los Señores Trembley, Reaumur, y Jussieu han juzgado que es un animal aquático. Le dan el nombre de Pólipo porque sus cuernos se parecen al animal marino que tiene este nombre. Se puede ver en nuestro Curso completo de Metafisica á los números 1331. y 1333. la idea que se debe formar asi de los Pólipos como de las demas especies de Zoophytos.

I.º Es bastante verosímil que el Pólipo no es mas que una planta singular cuyas partes son todas capaces de formar y contener semillas reproductivas de sí mismas, y de servir á estas semillas como de suelo fecundo en que puedan estenderse y desenvolverse en una prodigiosa abundancia y con una rapidez aun mas prodigiosa.

II.º Si se insiste en que el Pólipo forzosamente ha de ser una especie de animal mas ó menos perfectamente organizado, mas ó menos dotado de sensibilidad tendremos únicamente una especie mas en el género animal, y una especie menos en el género vegetal, lo que no muda en nada las ideas generales que se tienen de estos dos géneros.

Si es un animal, tendrá una Alma distinta de la Materia y sus accidentes como tienen los demas Brutos.

Si no es mas que una simple planta, no tiene ciertamente necesidad para vegetar y reproducirse de las formas substanciales del Peripato. (157.)

SECCION SEGUNDA.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

196. DEFINICION. Llámanse *Propiedades de los Cuerpos* su modo propio de existir y obrar, en lo que se incluyen así las qualidades que los confunden como las que los caracterizan en sus géneros y especies. Entre estas *Propiedades de los cuerpos* ó entre estos modos de ser y obrar:

I.º Hay unas que son comunes á todos los cuerpos, y que parecen inseparables de su esencia aunque no la constituyen, como son la móvilidad, extensión, impenetrabilidad, exigencia de figura y lugar, pues que no se puede concebir cuerpo alguno sin estas qualidades, las quales con todo no constituyen su esencia inmutable. (*Met.* 128. y 911.)

II.º Hay otras que son igualmente comunes á todos los cuerpos, pero que no son absolutamente inseparables de su esencia, y así se conciben los mismos cuerpos los mismos Todos materiales aunque se les conciba sin estas qualidades. De esta especie son la gravedad, la porosidad, la dilatabilidad y la condensabilidad.

III.º Otras hay que convienen á cierto número de especies de cuerpos y no á otras de esta clase, como son la elasticidad, la solidez y la fluidez.

IV.º Otras hay en fin que solo son comunes á los individuos de una misma especie, ó que convienen á una especie sola sin convenir á otra alguna, tal es la propiedad de transmitir el sonido en las moléculas del aire: la de calentar y quemar en la materia ignea: la de dar á los ojos la sensación de rojo en la especie roja de rayos de luz: la de dar al gusto tal sensación de amargura en el Axenjo, &c.

V.º Hay pues en los Cuerpos *Propiedades específicas* que no convienen mas que á una sola especie de cuerpos; y *Propiedades generales* que convienen á todos los cuerpos ó á muchas especies de cuerpos.

Darémos á conocer las primeras en los Tratados particulares de esta Obra, por exemplo las propiedades específicas del aire en la Teoría del aire; las propiedades específicas de la luz en la Teoría de la luz, y así de las restantes propiedades particulares de los cuerpos.

Por lo que toca á las últimas, elegiremos aquí las que piden alguna explicacion y desenvolvimiento, quales son la porosidad, compresibilidad, solidez, fluidez, elasticidad, y gravedad para tratar de ellas en esta segunda Seccion; con lo que terminaremos la Teoría general de los Cuerpos.

ARTICULO PRIMERO.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

Al principio de esta Obra explicamos bien claramente que idea se debe formar de los *Poros* de los Cuerpos; convendrá que nuestros Lectores traigan aquí á la memoria esta idea preliminar. (10.)

PROPOSICION I.

197. *Todos los Cuerpos sometidos á nuestras experiencias son porosos.*

DEMOSTRACION. La generalidad de esta proposicion se inferirá por un *Juicio de analogía*, de las varias experiencias que prescribiremos ó referiremos hechas en varias especies de cuerpos.

I.º *La Madera es porosa.* Encima de un vaso cilíndrico de vidrio, bastante largo y abierto por ambos lados póngase otro vaso de madera perfectamente unido al cilindro, y lleno de agua; sáquese despues el aire contenido en el cilindro por medio de una máquina Pneumática. (Fig. 81.)

Hecho esto se verá el agua pasar por entre el vaso

de madera y caer poco á poco en gotitas dentro del Cilindro. Luego la Madera tiene poros ó agujeritos capaces de dar paso al agua.

II.º *La Piel de los animales es porosa.* Si encima del mismo cilindro en lugar del vaso de madera se pone en los mismos términos una especie de vaso ó recipiente hecho de una piel de Becerro ó de Carnero, y lleno de mercurio, y se saca igualmente el aire por medio de una máquina pneumática.

Se verá el mercurio colar y caer por entre la piel como una pequeña lluvia de plata. Luego esta piel está llena de agujeros como una criba. Por medio de estos poros es por donde se hace la *Transpiracion* en los animales y vegetales.

III.º *Los Metales son porosos.* Todos los metales pueden ser disueltos mediante el agua fuerte ó el agua regia: luego los metales tienen por todas partes poros que dan entrada á estos licores á lo interior de su substancia. (111. y 113.)

IV.º *El Agua, el Aire, el Diamante, el Cristal de roca* son porosos; pues como vemos todos los dias, dan por todos lados paso libre á la luz.

V.º *El Mármol es poroso*, pues se dexa penetrar por el espíritu de vino y trementina, y á ciertos mármoles blancos se les dan interiormente colores artificiales é inamisibles con los que imitan á los mármoles de varios colores que la Naturaleza produce. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION II.

198. *Los Poros no son de una misma figura y grandor en todos los cuerpos.*

DEMOSTRACION. I.º Hay cuerpos que dan paso al agua y al aire, como son la madera, la cáscara de huevo y la piel de los animales. Hay otros que no dan paso al agua ni al aire como el vidrio, el cristal de roca, el oro, la plata y el mármol; luego los poros de estos cuerpos no son de una misma figura y grandor.

II.º

II.º Quando se exâminan con un microscopio las secciones mui angostas de varios cuerpos, se descubren palpablemente diferencias bastante considerables entre las figuras y grandores respectivos de sus poros: luego hay realmente entre los poros de los cuerpos diferencias de figura y de grandor.

III.º Es constante que el corcho tiene baxo de igual volúmen mayor fuma de poros que la encina, pues que la encina es mas pesada que el corcho. Es ademas constante que los poros del corcho son mas pequeños que los de la encina, pues el corcho es mas á propósito que la encina para impedir la evaporacion de los licores espirituosos y capaces de fermentar: luego los poros de la encina y del corcho son mui diferentes entre sí.

Luego tambien en dos cuerpos de desigual densidad la multitud de poros puede compenstar su grandor. (L. Q. P. D.)

199. COROLARIO. De la Teoría que acabamos de dar de la Porosidad de los cuerpos se sigue

I.º *Que aun en los Cuerpos mas sólidos, mas compactos y mas pesados no es todo materia*, pues hay entre los elementos que forman estos Cuerpos poros y vacíos sin número, de diversa figura y grandor. El oro á pesar de ser el mas pesado y compacto de todos los cuerpos conocidos tiene verosimilmente mas vacío que materia.

II.º *Que si un cuerpo mui compacto y pesado como el oro, tiene bastante vacío, un Cuerpo mucho menos pesado y compacto como el agua, tendrá mucho mas.*

III.º *Que suponiendo que toda materia es pesada, como demostraremos en otra parte (243.); la cantidad de materia que forma dos Cuerpos de igual volúmen es proporcional á su peso.*

Asi una pulgada cúbica de oro que pesa casi diez y nueve veces y media mas que una pulgada cúbica de agua, tendrá casi diez y nueve veces y media mas materia y menos vacíos que el agua.

IV.º *Que en la Teoria de los Cuerpos es necesario distinguir exáctamente estas tres cosas; la Masa, el Volúmen*

y la Densidad. Darémos ideas claras y precisas de estos tres objetos.

MASA, VOLUMEN, DENSIDAD, EN LOS CUERPOS.

200. DEFINICION I. La *Masa de un cuerpo* es la cantidad de materia gravitante que contiene, sea el que se quiera su volúmen. Y así la cantidad de la masa se determina por la cantidad del peso.

La masa de una libra de lana es igual á la masa de una libra de plomo, porque en uno y otro cuerpo hay igual cantidad de materia gravitante.

201. DEFINICION II. El *Volúmen de un cuerpo* es la cantidad de espacio que ocupa, sea la que quiera su masa, y así la cantidad del volúmen es el producto de las tres dimensiones á lo largo, á lo ancho y á lo hondo.

Un pie cúbico de aire es igual en volúmen á un pie cúbico de plomo, porque aunque estos dos cuerpos tienen diferente masa ocupan igual espacio.

202. DEFINICION III. La *Densidad de un cuerpo* es la proximidad de sus moléculas, ó la relacion de su masa á su volúmen, de suerte que quanto mayor sea la masa y menor el volúmen, mayor es la densidad.

I.º Y así la densidad de un cuerpo es el *Quociente* de la masa dividida por el volúmen; y de consiguiente para estimar la *relacion de Densidad* entre dos cuerpos, divídase en uno y otro la masa por el volúmen, y los quocientes expresarán sus densidades respectivas.

Por exemplo: una libra de agua tiene un volumen casi diez y nueve veces y media mayor que una libra de oro. Dividiendo estas dos masas iguales por sus volúmenes respectivos se tendrán dos quocientes que expresarán la densidad del agua y del oro, y se hará que la densidad del agua es á la densidad del oro casi como uno á diez y nueve y medio.

II.º La Densidad de un cuerpo determina su *Pesantez específica*, ó la pesantez que le es propia que distingue y caracteriza su especie, y no conviene á las demas. Esta *Pesantez específica* es el *Quociente del peso absoluto* dividido por el volúmen.

Siendo igual el Volúmen de muchos cuerpos sólidos y líquidos, por exemplo, siendo de un pie cúbico ó de una pulgada cúbica, *sus pesanteces específicas serán entre sí como sus pesos absolutos*, porque siendo los mismos los volúmenes que son los divisores, los quocientes que expresan las pesanteces específicas son necesariamente entre sí como los Dividendos que son los pesos absolutos. (*Math.* 165.)

Por exemplo si un pie cúbico de agua llovediza pesa 70. libras, y un pie cúbico de azogue 951., la densidad y pesantez específica del agua son á la densidad y pesantez específica del azogue como 70. á 951. ó como 1. á 13. y $\frac{1}{2}$ y un poco mas.

CONDENSACION Y COMPRESION DE LOS CUERPOS.

203. OBSERVACION. Consta por muchísimas experiencias *que permaneciendo la misma la masa de un cuerpo*, puede su volúmen crecer y decrecer notablemente, y de consiguiente que la Densidad de este Cuerpo que es la relacion de su masa á su volúmen puede tambien crecer y decrecer del mismo modo.

I.º Quando permaneciendo la masa la misma, el volúmen se hace mayor, la Densidad se disminuye; y esto es lo que se llama en un cuerpo *Dilatacion*.

II.º Quando permaneciendo la masa la misma, el volúmen se hace menor, la Densidad se aumenta; esto es lo que llamamos *Condensacion* ó *compresion*.

III.º La Densidad de un cuerpo puede crecer de dos modos diferentes: á saber

O por la salida de un Fluido que interpuesto entre sus partes las impedia aproximarse y unirse segun toda su tendencia natural, y esto se llama *Condensacion*;

O por la accion de una Fuerza estraña que impeliendo las partes del cuerpo sólido las obliga á aproximarse mas unas á otras, y esto se llama *Compresion*.

En la Condensacion y Compresion la causa es pues diferente, pero el efecto es siempre el mismo, á saber la aproximacion de las partes del cuerpo y el aumento de Densidad.

PROPOSICION III.

204. *Todos los Cuerpos sólidos, líquidos y fluidos se condensan y dilatan; no así los Elementos primitivos de los cuerpos, pues estos parecen inalterables.*

DEMOSTRACION. I.º Es facil hacer ver la posibilidad de la Condensacion y Dilatacion en todos los Cuerpos; porque todos ellos tienen poros ó vacíos interpuestos entre sus elementos sólidos. Donde hay poros ó vacíos interpuestos entre partes sólidas puede haber aproximacion entre dichas partes; y por tanto una condensacion, y cesando ésta una verdadera dilatacion. Luego la Condensacion y Dilatacion son evidentemente posibles.

II.º La existencia de la Dilatacion y Condensacion está sensiblemente demostrada por la experiencia tanto en los Sólidos como en los Líquidos y Fluidos: por exemplo,

En primer lugar, una barra de hierro, de bronce ó de azero se disminuye sensiblemente en longitud, latitud y grueso, quando pasa de un grado excesivo de calor á otro de frio excesivo. Lo mismo sucede al mármol, al oro, á la plata y á todos los cuerpos sólidos, cuyo volumen se aumenta mas ó menos sensiblemente por el calor y disminuye por el frio. Luego *en los Sólidos* se verifica la Condensacion y Dilatacion.

En segundo, una vegiga llena de aire y bien estirada en el Estío, se pone floxa y arrugada en el Invierno, y vuelto el Estío pierde sus arrugas y vuelve á tomar su tension á medida de que el aire que tiene se dilata ó condensa. Luego *en los Fluidos* se verifica la Condensacion y Dilatacion.

En fin, un Líquido, sea el que se quiera, encerrado en un termómetro sube y baxa alternativamente segun el diferente temple de la Atmósfera á que se halla expuesto. Luego el Licor encerrado que siempre es el mismo, se aumenta ó disminuye alternativamente en volumen, y padece sucesivamente una condensacion ó una dilatacion: luego *en los Líquidos* se verifica la Condensacion y Dilatacion. L. Q. P. D.

PROPOSICION IV.

205. *Los Cuerpos sólidos y aun los mas duros que conocemos son todos susceptibles de Compresion.*

DEMOSTRACION. I.º Una masa de hierro, de cobre, de oro ó de plata pierde quando se la machaca una parte muy considerable de su volúmen, frecüentemente sin perder nada de su peso y siempre sin perder una parte del proporcional á la de su volúmen: luego estos cuerpos se comprimen: luego son compresibles.

La misma *Compresibilidad* se experimenta singularmente en el Box. Una bola de mallo al principio muy voluminosa, se hace muy pequeña poniéndola en los moldes y exponiéndola á golpes de los martillos que la comprimen, y conferva con corta diferencia su peso primitivo despues de esta operacion.

II.º Si se dexa caer de una altura bastante considerable una Bola de mármol ó marfil sobre un plano horizontal de mármol ó de acero que esté ligeramente dado de cera, ó untado de aceyte se observará en la bola despues de su caída un pequeño círculo encerado ó untado, y este círculo será tanto mayor quanto de mayor altura hubiere caido la bola.

Sobre esta experiencia discurro de este modo. Es evidente que esta bola no puede tocar al plano mas que en un punto sin que haya una compresion real y verdadera. El círculo encerado ó untado que se ve en la bola presenta vestigios de un contacto bastante extenso. Luego es preciso que haya habido una compresion real y verdadera ó en la bola, ó en el plano, ó en ambos á un tiempo.

III.º Como todos los *Cuerpos duros y sólidos* que estan sujetos á nuestras experiencias son susceptibles de compresion, se sigue por un juicio de analogía que todos quantos *Cuerpos duros y sólidos* existen son igualmente susceptibles de ella. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION V.

206. *Los Líquidos, aunque susceptibles de Condensacion, no lo son de Compresion.*

DEMOSTRACION. Probarémos esta proposicion con folas dos experiencias convincentes, aunque pudiéramos valernos para ello de otras muchas que por desear la brevedad y aborrecer la redundancia nos parece conveniente omitir, advirtiendo que lo que vamos á decir del agua se puede con igual razon decir del vino, la cerbeza, el aceite, el mercurio y de otro qualquiera Líquido.

207. EXPERIENCIA I. Sea un *Globo hueco* hecho de una chapa de cobre bastante delgada: llenésele de agua, y despues de haberle cerrado herméticamente comprímese con un tornillo ó de qualquiera otro modo. Hecho esto, el globo cede y se aplanan un poco, y si se le oprime con alguna fuerza el agua encerrada sale en forma de rocío ó lluvia menuda por los poros entre-abiertos de toda su superficie. Sobre lo qual pueden hacerse las observaciones siguientes:

I.º La Geometría nos enseña y demuestra que de todas las Figuras de igual perímetro el círculo es la mayor, y por consiguiente que como compuesta toda de planos circulares tiene mayor solidez si está llena, y mayor capacidad si está vacía que ninguna otra Figura de igual superficie. (*Math.* 626.)

El pequeño aplanamiento que padece el globo de que acabamos de hablar, antes de dexar salir el agua encerrada en su capacidad parece á primera vista que prueba que el agua encerrada en él se comprime, pues mudando el globo de figura se reduce al parecer á menor capacidad sin perder todavia nada del líquido que contiene.

II.º Pero si despues de que el globo ha sido aplanado por la operacion anterior sin perder nada de su líquido, se extrahe el agua que encierra y se le echa otra nueva, se halla que á pesar del aplanamiento del globo que deberia haber disminuido su capacidad contiene precisamente la misma cantidad de agua que antes. De lo

que se infiere que no se ha disminuido el volúmen del agua, sino que por el contrario se ha aumentado la capacidad del globo extendiéndose por su ductilidad en fuerza de la presión que ha padecido.

La verdad de esta consecuencia se hace sensible quando se aumenta la presión. Las pequeñas gotas de agua que se ven salir por todos los puntos de la superficie del globo no pueden escaparse sino en virtud de la extensión de los poros, y de consiguiente de la extensión del mismo metal que adquiriendo mayor superficie adquiere necesariamente mayor capacidad en su parte dilatada.

III.º Supuesto pues que el agua resiste eficazmente á qualquiera fuerza mecánica que intenta comprimirla, y que dilata y entreabre los vasos que la encierran á medida y proporcion de que una fuerza exterior intenta minorar su volúmen; se sigue que el agua debe ser un Cuerpo incompresible, capaz de resistir á todos los esfuerzos que las fuerzas mecánicas pueden hacer para comprimirla ó hacerla perder parte de su volúmen. Y lo mismo se puede decir de otro qualquiera líquido.

208. EXPERIENCIA II. Sea un *Tubo de vidrio* A B C D encurvado á modo de Sifon, y suspendido verticalmente. Echese en él una corta cantidad de mercurio, la qual se pondrá á nivel de una y otra parte en B y C. Llénese despues de agua la capacidad D C y ciérrase herméticamente la extremidad D. Llénese despues de esto de mercurio la parte del tubo B M ó B A á la altura que se quisiere de 30. 50. 100. pulgadas. Se verá que sea el que fuere el peso de la columna de mercurio A B el agua ocupará siempre el mismo espacio C D. (*Fig. 8.*)

Sobre lo qual razono de este modo. Si el Agua fuera capaz de padecer compresion, la pequeña cantidad de ella C D oprimida por todo el peso de la columna de mercurio A B se retiraría del punto C hácia D. Es asi que por grande que sea la columna de mercurio que carga sobre ella no dexa el punto C sino que siempre ocupa el mismo espacio D C. Luego el agua no es capaz de padecer compresion. Luego es incompresible.

Si se practica la misma experiencia con la cerveza, el vino, el aceite, ó con otro qualquiera líquido, siempre se hallará que estos líquidos aunque oprimidos por el peso de una columna qualquiera de mercurio no padecen disminucion alguna de volúmen. Luego no padecen compresion alguna; luego son incompresibles. (L. Q. P.D.)

209. OBJECION. ¿Siendo el Agua un cuerpo sumamente poroso porque no ha de ser compresible? Además Boyle pretende haber hallado en sus experiencias algunas señales de compresibilidad en el agua. Luego no es cierto que sea incompresible; Luego tampoco es cierto que los demas Líquidos lo sean.

RESPUESTA. I.º Es mui inútil en materias de Física oponer racionios contra la experiencia. Ninguna razon Metafísica puede debilitar lo que la vista descubre y demuestra.

II.º No sostenemos nosotros que el agua es absolutamente incompresible en sí misma, solamente decimos fundados en la experiencia que su resistencia á la compresion ha vencido hasta el presente todos los esfuerzos que se han hecho para comprimirla.

III.º Como se han repetido mil veces las experiencias de Boyle sin descubrir en el agua señal alguna de compresibilidad se ha creído y con razon que las que él pensó haber hallado deben atribuirse ó á la ductilidad de los metales en que encerraba el agua ó á la pequeña cantidad de aire que se introducía en los vasos de que se servía para hacer sus experiencias.

La Teoría de la Dilatacion y Condensacion nos conduce naturalmente á la explicacion de los fenómenos del Termómetro y Pirómetro. (*)

CONS-

(*) ETIMOLOGIA. Termómetro, *mensura caloris*: de θερμη, *calor*, y de μετρέω, *metior*. Pirómetro, *mensura ignis*, de πῦρ, *ignis*, y de μετρέω *metior*.

CONSTRUCCION Y USO DEL TERMOMETRO.

210. OBSERVACION. El *Termómetro* es un Instrumento que sirve para medir la precisa cantidad del calor y frio. Es uno de los mas bellos descubrimientos de la Física moderna, y cuya perfeccion se debe al célebre Reaumur.

Antes de este famoso Físico habia Termómetros mas ó menos exâctos; pero cada Termómetro servia únicamente para solo aquel Observador que observaba con él, sin que le fuese posible comunicar á otro sus observaciones, no teniendo estotro á la vista el mismo Termómetro con que habian sido hechas. Porque no habia *Punto fijo* para valuar lo que debia entenderse por un grado de dilatacion y condensacion.

Reaumur emprendió hacer *Termómetros de Comparacion* cuyo lenguaje fuese capaz de ser entendido del mismo modo en todo el Mundo, y lo consiguió efectivamente. Darémos á conocer claramente y en pocas palabras sobre que principios científicos está construido este útil Instrumento. (*Fig. 10.*)

211. CONSTRUCCION I. Sea una bola hueca de vidrio A que tenga á la parte superior un canal cilíndrico A B de una capacidad muy pequeña y perfectamente igual en toda su longitud. Llénese esta bola y el canal hasta cierta altura D de mercurio muy puro, y despues de haber tenido la bola en agua hirviendo para hacer salir de ella el mercurio superfluo que pueda tener, ciérrese herméticamente en B el pequeño canal cilíndrico no dexando dentro nada de aire en quanto fuere posible.

Cerrar *herméticamente* un vaso es cerrarle de suerte que el aire no pueda de ningun modo introducirse en él.

II.º Métese por espacio de media hora entre nieve ó hielo apilado la capacidad A D llena de mercurio. *Condensándose* el mercurio baxará en el canal hasta el punto C que se señalará atando allí un hilo. Este *Punto* se llama el de *Congelacion*.

III.º Póngase despues este mismo instrumento lentamente y poco á poco en agua hirviendo de tal fuerte que se cubra toda la parte en que está el mercurio con corta diferencia. *Dilatándose* entonces el mercurio subirá en el canal hasta el punto fixo B que se señalará igualmente con un hilo. Este *Punto* se llama el de *agua hirviendo*.

IV.º Divídase en fin exáctamente con un compas el espacio B C que media entre el punto de congelacion y el de agua hirviendo en 80. partes iguales que se llaman *Grados*, y que se señalarán claramente en un papel al lado del canal cilindrico. E igualmente divídase en otros 80. grados exáctamente iguales el espacio que resta desde el punto de congelacion hasta la bola poco mas ó menos, los que asimismo se señalarán en el papel. Hecho esto se tendrá un *Termómetro de Comparacion* que señalará fielmente el temple que tenga el lugar en que se hallare colocado.

En lugar de dividir en 80. grados el espacio que media entre el punto de congelacion y el de agua hirviendo, se podria usar de otra qualquiera division. La de 80. grados ha sido preferida por Reaumur y adoptada por los mas de los Físicos, sin duda porque dando grados mas sensibles admite mas divisiones por mitades como en 40, 20, 10, 5, lo que hace la gradacion mas exácta y facil.

Con lo que vamos á decir en las Notas siguientes se acabará de conocer completamente la Teoría del Termómetro de Comparacion.

212. NOTA I. *El Mercurio* tiene por sí mismo en todos los países del Mundo igual disposicion á condensarse ó dilatarse baxo de un grado igual de calor ó de frio.

Luego la cantidad de calor que excediendo al grado de congelacion dilatare en Francia el mercurio una octogésima parte de la dilatacion que necesita tener para tocar al punto del agua hirviendo causará igual dilatacion en la China, en el Canadá, en el Brasil, y dará un grado mas arriba del punto de congelacion en estas Regiones del mismo modo que en Francia.

Luego por la misma razon un grado determinado de frio, que excediendo el frio del hielo apilado, condensare en Francia el mercurio diez octogésimas ó diez grados le condensará igualmente en Turquía y en Siberia, y dará fixamente en todos estos países diez grados mas abaxo del grado de Congelacion.

No es necesario que en los Termómetros de comparacion las bolas sean proporcionales á la capacidad de los tubos cilindricos respectivos, á cuyo lado se señalan los grados. Aunque los cilindros sean desiguales en capacidad siendo las bolas iguales, los grados tendrán mayor extension en el tubo mas angosto y menor en el mas ancho; pero ambos tubos señalarán fielmente la cantidad de condensacion ó dilatacion, porque sus grados comparativamente mas ó menos distantes uno de otro siempre son 80. de la dilatacion total que padece el mercurio para pasar desde el punto de congelacion hasta el de agua hirviendo que son los dos puntos fixos é invariables desde donde empieza la division en todos los Termómetros.

213. NOTA II. Consta por millares de experiencias que el *Agua de lluvia ó fuente* llega al punto de hervor en una vasija abierta con un grado de calor uniforme en toda la tierra. Luego esta agua hirviendo debe producir en el mercurio una dilatacion uniforme en todas partes.

I.º Esta agua en dando dos ó tres hervores adquiere el mas alto grado de calor á que puede llegar en una vasija abierta, y por mas que siga despues hirviendo aunque sea por espacio de dos ó tres horas no hace mas que conservar el mismo grado de calor. Sin duda porque las partículas aqueas quando han adquirido todo el calor de que son susceptibles en una vasija abierta se evaporan y substraen á la accion del fuego que no puede acumularse en ellas. *El Agua en vasija cerrada* es susceptible de un grado de calor acumulado que puede llegar hasta el de incandescencia.

II.º *El Agua del mar* en el estado de hervor en vasija abierta tiene mas calor que la de fuente, el aceite

mucho mas que el agua del mar, y el mercurio incomparablemente mas que el aceite. Segun las observaciones de un Académico de Leon el Termómetro que puesto á prueba de hielo apilado y agua comun hirviendo sube á 80. grados, metido en agua del mar hirviendo sube á cerca de 82, y en el mercurio también hirviendo á 172.

214. NOTA III. Consta igualmente por la experiencia que el hielo apilado tanto en Estío como en Invierno tiene un grado igual de frio en todos los parages del Mundo. Debe pues producir en todas partes igual condensacion en el mercurio.

Asi la uniformidad de calor en el agua hirviendo, y de frio en el hielo apilado proporcionan (como se ve) el medio de construir *Termómetros de comparacion* segun el método que hemos expuesto. Las Regiones que carecen de nieve y de hielo tienen granizo; y éste hace el mismo efecto que el hielo apilado, el qual también tiene la misma intension de frio que la nieve. Puede pues qualquiera en todo el Mundo con suma facilidad hacerse con *Termómetros de comparacion* que en qualquiera país que estén construidos den las mismas medidas de frio y de calor, sea que se haga uso de ellos en la Zona Tórida, sea que se use de ellos en la Frígida, y cuyas medidas sean de consiguiente entendidas y capaces de ser comparadas en todos los países del Mundo.

Para averiguar el temple de la Atmósfera debe un *Termómetro de comparacion* estar puesto al norte, á la sombra y al abrigo de qualquiera reverberacion que pueda alterar sensiblemente el temple del aire que le rodea. El mayor grado de frio es por lo comun el que hace en el instante que el Sol va á salir, y el de calor el que hace hacia las dos ó las tres de la tarde.

Mientras que el mercurio se sostiene encima del punto de congelacion el agua no se hiela, pero si llega á baxar hasta este punto al instante empieza á helarse, á menos de que no se lo impida la agitacion del viento ó alguna otra causa externa.

En los grandes frios baxa el mercurio mucho mas

abajo del punto en que le fixa el hielo apilado. En 1709 durante aquel frio tan intenso que desoló la Europa, baxó en Paris 15 grados y $\frac{1}{4}$ mas abajo. En las Regiones septentrionales, en Laponia, en Noruega, en Siberia baxa bien frecuentemente por el hibierno hasta 40 ó 50 grados mas abajo del punto de congelacion, de suerte que estas Regiones experimentan habitualmente cada año un frio dos ó tres veces mayor que el que en 1709 se experimentó en Francia y hemos visto repetir en 1767, 68 y 76.

Lo que no es menos de admirar, es que en las Regiones abraçadas de la Zona Tórrida, si se exceptua el Senegal y algunos otros parages de la Africa, en los mayores calores del Estío no sube el Termómetro mas que en Roma, Marsella y otras muchas Ciudades de la Europa: lo que prueba que los intolerables calores de esta Zona son mas molestos por su continuacion que por su intension.

215. NOTA IV. Sobre los mismos principios y por el mismo método se hacen tambien Termómetros de espíritu de vino y de otros licores semejantes, á quienes se da el color que se quiere.

Pero se ha observado que estos licores padecen á veces ciertas fermentaciones interiores: lo que hace que semejantes Termómetros no correspondan en estas circunstancias al grado exterior de frio que deberian señalar. Por esta razon se prefiere á los licores el mercurio que no padece semejantes fermentaciones.

Un Termómetro bien hecho le tienen todos los Físicos por una regla segura é infalible para averiguar, como es necesario en infinitas experiencias, el grado fixo de calor y de frio que se quiere conocer.

FENÓMENOS DEL PIRÓMETRO.

216. DESCRIPCION. El *Pirómetro* es un instrumento que sirve para medir la cantidad de fuego que penetra un cuerpo, ó para hacer conocer la cantidad de la

dilatacion que produce el fuego en el cuerpo que penetra. (*Fig. 15.*)

Sea una barreta de hierro A B, que fixa é inmóvil en el punto A termina por el punto D, engargantando con sus dientes en el carrillo de una rueda dentada D N, de fuerte que si se alargase esta barra una ó dos líneas hiciera dar una vuelta entera á la rueda D N, la qual engarganta tambien en el carrillo M.

Si se ponen debaxo de la barreta A B muchas velas encendidas, esta barreta dilatada por el calor se estenderá y alargará en D, y hará andar á la rueda dentada D N, la qual con una sola buelta que dé hará dar una multitud de ellas al carrillo M.

Mediante esta comunicacion de movimiento una manecilla R S, unida al remate del árbol del carrillo M da vueltas con mucha velocidad, al paso que el calor de las velas aumenta el calor y dilatacion de la barreta A B, y quando se quitan las velas vuelve á darlas en direccion opuesta, á medida de que la barreta de hierro A B perdiendo su calor y dilatacion vuelve á su primer estado de condensacion.

ARTICULO SEGUNDO.

SOLIDEZ Y FLUIDEZ DE LOS CUERPOS.

17. OBSERVACION. Los Cuerpos sensibles están formados de un número inmenso de elementos de una pequeñez inconcebible, los quales adhieren entre sí en los duros y sólidos, y no adhieren en los flúidos, y líquidos. ¿Qual es la causa de esta adherencia en los unos, y defecto de ellas en los otros? Este es el gran problema que vamos á resolver, el qual por su universalidad no se estiende, como es patente á nada menos que á todas las substancias materiales que componen el Universo.

I.º Los Peripatéticos atribuían la *Solidez* y *Fluidez* de los cuerpos á dos qualidades ocultas, una de las quales producía la solidez y la otra la fluidez, y esta misma opinion ya olvidada, la han resucitado modernamente algunos pretendidos Filósofos que para dar razon de estos dos grandes fenómenos dicen únicamente que los Cuerpos son sólidos ó fluidos porque tal es su naturaleza.

¡Opinion infundada y antifilosófica! Los Cuerpos no tienen otra naturaleza específica que la que resulta en ellos de las Leyes generales de la Naturaleza, ya se conozca ó ya se ignore su influencia. Un Filósofo no está siempre obligado á conocer las causas de los fenómenos, pero jamas debe atribuirlos á causas ridículas ó absurdas.

II.º Gasendo atribuye la Solidez de los cuerpos á cierto enlace de átomos ramosos y ganchosos, y la fluidez al defecto de semejante enlace. Esta opinion menos opuesta á la Razon que la primera, no es menos indefensible é inadmisibile que ella, porque estos elementos primitivos enlazados unos con otros no podrian separarse sin que se quebrasen sus ramos y ángulos, siendo asi que el mismo Gasendo sienta en que estos elementos primitivos son indivisibles é indestructibles asi en su todo como en todas sus partes, de lo que deberia resultar que todos los cuerpos duros serian de una dureza infinita, y que ninguna causa podría vencer ni destruir la adherencia de sus partes.

III.º La Solidez y Fluidez así como todos los demas fenómenos deben provenir de las Leyes generales de la Naturaleza, á saber ó de la ley de Impulsión ó de la de Atraccion, ó de ambas juntas. Buscar otras causas es dexar de ser Físico, y asi en solas estas dos leyes vamos á buscar la resolucion del gran problema de que tratamos al presente.

LA SOLIDEZ POR IMPULSION.

218. SENTENCIA I. Segun Descartes y Malebranche la *Solidez de los cuerpos* proviene de la presion de una Materia futil, el Eter Cartesiano que con una fuerza inmensa mas ó menos contrariada oprime por todas partes hácia un centro comun á un monton de elementos mas groseros, y les aplica unos contra otros. Esta materia la suponía Descartes sin elasticidad, Malebranche y todos los Cartesianos modernos la suponen con ella; pero unos y otros la atribuyen una presion de la que en su opinion resulta la solidez de ciertos cuerpos, ó la adherencia mútua de sus partes. Expliquemos y examinemos este Mecanismo Cartesiano.

1.º Sea una Máquina de Magdebourg dividida en sus dos emisferios huecos; (625) si se extrae el aire que está encerrado en ellos, el aire que los rodea los comprime uno contra otro y los da una adherencia que no puede ser vencida sino por una fuerza igual á un peso de ciento ó doscientas libras. He aqui segun los Cartesianos una imágen del Mecanismo físico que produce la dureza ó *solidez de los Cuerpos*.

Supongamos que dos moléculas de materia ramosa y acanalada cuyas caras sean capaces de aplicarse perfectamente una contra otra se hallen contiguas al tiempo que se forma un cuerpo, por exemplo la madera. La materia futil ó el eter Cartesiano de que está lleno todo el Mundo oprime estas dos moléculas una contra otra con una fuerza inmensa, y de esta presion resulta la adherencia de estas dos moléculas entre sí, y la de todas las demas moléculas que forman este cuerpo.

La materia que causa esta presion es la que llena la inmensidad de los Cielos segun los Cartesianos; esto es la materia del primero y segundo elemento de Descartes, la materia futil y la globosa sea elástica ó no lo sea. (163.)

II.º Si un Cuerpo estuviera todo él compuesto de elementos cuyas superficies estuviesen todas perfectamente lisas y totalmente contiguas, este cuerpo tendria una adherencia ó *dureza* como *Infinita* segun los Cartesianos, porque para vencer esta adherencia de sus partes entre sí seria necesario nada menos que una fuerza capaz de superar la presion de todos los conos de materia eterea que terminando por todas partes en todos los puntos de este sólido se estienden sin vacío alguno intermedio hasta las estrellas, ó acaso hasta la última capa de la materia y del mundo.

III.º Pero como los *Cuerpos duros y sólidos* no están compuestos de elementos que puedan aplicarse unos á otros en toda la extension de sus superficies, y como estos elementos principios de los cuerpos tienen diferente masa y figura unos que otros, se sigue que los *Cuerpos sólidos* no deben tener todos igual *dureza* ó adherencia de partes.

Por exemplo, los *Cuerpos* son *mas duros* ó tienen sus partes *mas fuertemente adherentes* unas á otras quando sus elementos están *mas contiguos* y *menos separados* por capas intermedias de materia sutil: son *menos duros* ó tienen sus partes *menos adherentes* entre sí á proporcion de que sus moléculas *ramosas y angulosas* están *menos contiguas* y *mas divididas* por capas intermedias de materia eterea, la qual comunicando con el resto exterior de materia eterea, tira por su presion ó elasticidad á separar los elementos *mas gruesos* entre quienes se halla metida con una fuerza *proporcional* á su cantidad.

De aquí resalta segun los Cartesianos la diferente *dureza* ó *solidez* del plomo, el oro, el acero y el diamante. Este es *mas duro* que el plomo porque la presion de la materia eterea exterior no es tan destruida en él como en el plomo por la reaccion ó presion contraria de la materia interpuesta entre los elementos de estos dos cuerpos.

IV.º Si los elementos de que se compone un Cuerpo son esféricos, cilíndricos ó piramidales ó de qualquiera otra figura que permita poco contacto entre ellos, este cuerpo no tendrá adherencia entre sus constitutivos, ó la que tenga será sensiblemente nula: será *líquido* ó *fluido* porque la materia eterea interpuesta en mucha abundancia entre todos sus elementos tira interiormente por todas partes á separarles otro tanto, como la materia que les rodea tira exteriormente á unirles: y como estas fuerzas son opuestas y sensiblemente iguales se destruyen recíprocamente, y su efecto debe ser nulo. De esta especie de cuerpos es el agua, el aire, la luz, y en fin todos los cuerpos líquidos y fluidos.

219. REFUTACION. Este Sistema Cartesiano muy filosófico á varios aspectos, y el mas ingenioso y completo que se puede imaginar en la hipótesis del Lleno se arruina y desvanece con esta hipótesis absolutamente indefensible, fabulosa, y diametralmente opuesta á todos los grandes fenómenos de la Naturaleza, como lo harémos ver y sentir en otra parte. (792, y 793.)

Está demostrado á la verdad que en qualquiera Sistema que se adopte, es necesario admitir la *existencia de una Materia muy sutil* siempre en accion y movimiento; pues asi evidentemente lo exígen los fenómenos de la electricidad del fuego y de la luz.

Pero la existencia de semejante Materia nada prueba á favor de la existencia de aquella á que Descartes y Malebranche atribuyen el fenómeno de la solidez de los Cuerpos: pues la materia sutil cuya existencia está demostrada no supone una presion uniforme hácia todos lados en el Lleno: se concilia perfectamente con los inmensos Vacíos de Newton: y debe mas bien tirar á separar que á unir los elementos de los Cuerpos que penetra y atraviesa con suma velocidad y libertad, bien por un lado ó bien por otro, y jamas uniformemente por todos.

LA SOLIDEZ POR LA ATRACCION Ó AFINIDAD.

220. SENTENCIA II. Segun los mas de los Chímicos y Físicos modernos *la Solidez de los Cuerpos*, ó la adherencia mutua de sus partes proviene de la Atraccion especial ó afinidad de los elementos de que estan formados los Cuerpos; y la Fluidez ó el defecto de adherencia entre sus partes de la falta de esta Atraccion en los elementos que los componen.

I.º Es cierto que *la Atraccion general*, esta Atraccion que causa el gran fenómeno de la Pesantez, no puede producir en los Cuerpos terrestres movimiento alguno que los haga tirar sensiblemente unos hácia otros: ninguna adherencia que se oponga sensiblemente á su separacion: y que si la Atraccion general produce algun efecto infinitamente pequeño de tendencia ó adherencia entre los Cuerpos terrestres, este efecto se verifica igualmente en los Cuerpos líquidos que en los sólidos.

Luego *la Solidez de los Cuerpos* que es un efecto muy sensible y bastante considerable, capaz muchas veces de vencer la mayor fuerza; un efecto que no se observa en todos los cuerpos, no proviene de la Atraccion general que obra indiferentemente en todos, y les oprime hácia ciertos centros comunes segun ciertas leyes: pero que en virtud de estas mismas leyes no debe hacerlos adherentes unos á otros de un modo sensible.

Acabamos tambien de observar que la impulsión ó presión de una Materia sea la que quiera, no basta tampoco para dar razon del gran Fenómeno de la solidez de los cuerpos.

¿ De que causa puede pues depender este fenómeno, sino es de la *Atraccion especial* ó de la *Ley de Afinidad*; pues que todos los fenómenos de la Naturaleza parece que provienen ó de la ley de Impulsión, ó de la ley de Atraccion general, ó de la ley de Afinidad?

PROPOSICION.

221. *El gran fenómeno de la Solidez y Fluidéz de los Cuerpos parece ser una dependencia de la Ley de Afinidad.*

EXPLICACION. I.º Sea un Cuerpo qualquiera, cuyos elementos sean análogos, y tengan superficies capaces de adquirir un contacto grande é íntimo entre sí. La Atraccion especial entre estos elementos estará en su mayor fuerza (123.), y el efecto de ella será una adherencia mui grande entre estos elementos, y por lo mismo una grande dureza en este cuerpo.

Este Cuerpo no podrá ser dividido sino por una fuerza superior á la suma de todas las atracciones que producen la adherencia en los elementos que se habrian de separar. Y asi este cuerpo será un *Sólido*, un cuerpo de la mayor dureza.

II.º Sea otro Cuerpo cuyos elementos no sean análogos, ó aunque análogos y homogéneos no puedan tocarse mas que en porciones infinitamente pequeñas de sus superficies como sucede en los globos. La Atraccion especial que es la sola causa que puede producir efectivamente el fenómeno de la dureza no podrá obrar en estos elementos, sea á causa de la falta de afinidad, sea á causa de la falta de contigüidad.

El Cuerpo compuesto de elementos sin afinidad, sin analogía será *líquido ó fluido*, porque sus elementos no tienen la afinidad necesaria para atraerse recíprocamente, y adherir unos ó otros con una fuerza sensible.

El Cuerpo compuesto de elementos homogéneos de figura esférica será tambien fluido ó líquido, porque sus elementos aunque análogos solo se tocarán en una porcion infinitamente pequeña de sus superficies, y la poca atraccion que podrán adquirir por la contigüidad de algunos puntos de sus superficies, será facilmente destruida y aniquilada por la accion de la Materia ignea que se mueve con un movimiento mui rápido y siempre permanente por entre estos elementos contigüos.

III.º Sea además otro Cuerpo compuesto de elementos medianamente análogos ó muy análogos, pero capaces solo de tocarse por superficies medianamente grandes. Este Cuerpo tendrá una *mediana Dureza* por la que ocupará una especie de lugar medio entre los más duros como el diamante, y los que no tienen dureza alguna como el aire, el agua y los aceites.

IV.º Sea en fin un Líquido homogéneo como el agua, que en un grande frío se ha penetrado de una inmensa cantidad de partículas frigoríficas trahidas por los vientos y heladas, capaces de unirse y adherir á sus moléculas. Las moléculas de este cuerpo en fuerza de que el fluido igneo escapa de entre ellas y de su unión con las partículas frigoríficas que se insinúan en sus vacíos como en otros tantos agujeritos, adquieren un contacto mayor y más íntimo; y de este modo se ponen en estado de que obren en ellas la Ley de Afinidad que únicamente dexaba de obrar por falta de suficiente contigüidad.

Este Líquido se muda pues en *Cuerpo sólido* en hielo, y permanece en este estado de dureza hasta que volviendo á entrar en abundancia el fluido igneo en este hielo, llega á expeler á su vez estos corpúsculos frigoríficos, y restituye á las moléculas del líquido sus vacíos, su desunión y su poca contigüidad.

222. APLICACION. Para dar mayor claridad á esta Teoría, vamos á aplicarla á varios fenómenos de los que nos presenta la Naturaleza, pertenecientes á la Solidez y Fluidez de los Cuerpos.

I.º Las Colas y Engrudos sirven para unir y ligar juntos, ó cuerpos análogos que carecen de contigüidad, ó cuerpos heterogéneos y sin analogía, que careciendo de afinidad entre sí la tienen con estas materias glutinosas; las cuales interpuestas entre estos cuerpos se aplican íntimamente á sus concavidades llenándolas, y adheriendo á ellas con más ó menos fuerza según el mayor ó menor grado de su afinidad y contigüidad. Los más fuertes y adherentes de estos cuerpos glutinosos son regularmente los menos accesibles al agua, al aire, y á la materia sutil.

II.º El fuego hace fluidos los metales , porque la materia ignea introducida en torrentes de una velocidad inconcebible en lo interior de estas substancias, separa sus elementos con una fuerza superior á la de la atraccion ó afinidad que les unia y hacia adherentes entre sí. Y así si cesa la acción del fuego , la fuerza de afinidad no es ya destruida por una fuerza opuesta , vuelve á producir su efecto , y los metales vuelven á quedar sólidos.

III.º Ciertos Cuerpos reducidos á polvos como la harina y el hiefo adquieren consistencia mezclándoles con agua , porque insinuándose ésta en sus moléculas las dilata , y las da un volúmen mayor que facilita su contacto : y sobre esto la atraccion del agua es propia para servir de lazo comun á todas estas moléculas desunidas. Así se ve que la mayor parte de estos cuerpos retiene con una fuerza muy grande las últimas partículas del Agua á que están unidos. (125.)

IV.º Los Cuerpos blandos como la argamasa , el barro , y el hiefo húmedos desleidos en agua se endurecen con el aire , porque la parte aérea interpuesta entre la terrea se disipa ; y los elementos de la argamasa del barro y del hiefo se acercan y adquieren un contacto mayor y mas íntimo á medida de que el agua superabundante se retira y disipa.

V.º El Hierro se endurece machacándole en la yunque , porque los golpes que sufre en el estado de incandescencia en que está quando se le maja , obligan á sus partes homogeneas y dúctiles á unirse mas inmediatamente entre sí , al paso que las heterogeneas faltan afuera en pequeñas chispas.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

223. OBJECCION I. En la Hipótesis misma del Vacío, y aun de los grandes Vacíos de Newton el Aire y la Materia sutil parecen suficientes para producir la presión á que Descartes y Malebranche atribuyen la *Solidez de los Cuerpos*. Luego la caída del Sistema de los Turbi-

lones abandonado ya hoy de casi todos los Físicos no arrastra tras de sí á la ruina la opinion de estos dos hombres célebres acerca de la Solidez de los Cuerpos.

RESPUESTA. El Aire y la Materia sutil son dos causas cuya accion influye infinito en muchísimos fenómenos; pero cuya influencia es nula ó como nula en el de la Solidez de los Cuerpos.

I.º Es cierto que el aire circundante oprime por su resorte á todas las partes de un globo de mármol ó de madera hácia su centro; pero la experiencia nos enseña que esta presion del aire influye infinitamente poco en la dureza ó solidez de los Cuerpos; pues que los Cuerpos duros y sólidos conservan sensiblemente la misma dureza ó resistencia á ser divididos, sea que se les divida á aire libre, sea que se les divida en el vacío procurado por medio de la Máquina pneumática.

Una hebra de seda, una cerda de caballo que solo tienen la fuerza suficiente para sostener un peso determinado á aire libre, sostienen no obstante el mismo peso en el vacío; luego estos dos cuerpos no deben su solidez á la presion del aire. Lo mismo se puede decir de todos los demas cuerpos sólidos. Por exemplo, es igualmente difícil cortar, hendir ó dividir de qualquiera modo un trocito de madera en el vacío que á aire libre.

II.º Es cierto que hay en la Naturaleza una *Materia sutil* diferente de la de Descartes. Esta *Materia sutil* cuya existencia está demostrada, y cuyos efectos se perciben en infinitos fenómenos es un fluido compuesto de moléculas de una pequeñez infinita, movido en varias direcciones con una velocidad inconcebible y siempre permanente, capaz de insinuarse con una facilidad prodigiosa por entre los cuerpos mas densos y mas duros. Pero un fluido como éste lexos de producir la dureza y solidez en los cuerpos, parece por el contrario que debe luchar por su impulsion contra la adherencia de aquellos que penetra, pues no puede penetrarlos sin tirar á separar sus partes.

Asi pues la Atraccion ó Afinidad de los elementos es

la que produce su adherencia en los Cuerpos sólidos, y por el contrario la Materia sutil es la que debilita y disminuye esta fuerza atractiva que produciría un efecto mayor sino se la opusiera la acción de la materia sutil.

224. OBJECCION II. En la hipótesis que hemos adoptado, los Cuerpos mas densos y compactos deberian ser los mas duros: pues esta especie de cuerpos tiene mas elementos, menos vacios y mas contigüidad. Con toda la experiencia demuestra lo contrario; pues el Oro que es el cuerpo mas denso es mucho mas denso y menos duro que el diamante: á pesar por otra parte de que uno y otro de estos dos cuerpos parecen formados de elementos muy homogéneos, muy análogos y muy propios para atraerse mutuamente.

RESPUESTA. En los Cuerpos compuestos de elementos análogos es mayor la dureza á proporción de que es mayor y mas inmediato el contacto. Puede muy bien suceder que un cuerpo muy poroso tenga un contacto mayor y mas inmediato de elementos que otro menos poroso. Esto depende como vamos á explicar, de la colocacion de los elementos, y disposición de los poros.

I.º Sean varias chapas de metal ó mármol de superficies perfectamente lisas, pero horadadas como las cribas de un número considerable de agujeros bastante grandes, de modo que haya en ellas mucho mas vacío que lleno. Juntélas de suerte que todos los agujeros caigan unos enfrente de otros, y todas las partes sólidas se toquen en todos los puntos de su superficie. He aqui la imagen de un Cuerpo *muy poroso* á causa del número y grandor de sus vacios, y al mismo tiempo *muy duro* á causa de la union íntima y perfecta de sus partes sólidas.

II.º Pues sea ahora otro Todo compuesto de chapas que tengan dos ó tres veces menos vacios que las anteriores, pero cuyas partes sólidas sean menos análogas, mas ásperas y menos propias para unirse íntimamente por sus superficies.

Este Todo aunque mas denso y compacto será menos sólido y duro que el precedente, porque uniéndose sus ele-

elementos menos íntimamente y tocándose en muchas menos partes, están menos en estado de que obre en ellos la Ley de Afinidad. Luego es falso que en la hipótesis que hemos adoptado, los Cuerpos mas densos deban ser siempre los mas duros.

III.º Puede pues el diamante en la hipótesis que hemos adoptado, tener una fuma de poros mayor que el oro, y ser no obstante mucho mas duro.

Supongamos que los elementos ó partes sólidas del diamante tengan una afinidad muy grande y una contigüidad perfecta en sus puntos de contacto. Los poros esparcidos por todas partes al lado de las partes sólidas, no impedirán á este cuerpo ser sumamente sólido.

Supongamos por el contrario que los elementos ó partes sólidas del oro tengan ó menor afinidad, ó una contigüidad menos íntima y extensa en los puntos de contacto. Los elementos del oro aunque mas condensados serán menos adherentes entre sí, porque estarán menos en estado de que obre en ellos la Ley de Atracción especial, cuyo efecto depende enteramente de la afinidad y contigüidad de las partes sobre que exercce su accion. (91).

225. OBJECCION III. Se seguiria de nuestra hipótesis, que quando un cuerpo duro p. e. un diamante se dividiese en dos pedazos bastaria aplicar simplemente una á otra estas dos porciones divididas, para que recobrasen su adherencia primitiva: lo que no conviene con lo que estamos experimentando cada dia.

RESPUESTA. I.º Consta por la experiencia, que si dos Planos de mármol ó vidrio perfectamente lisos se aplican íntimamente uno á otro haciéndoles resbalar paralelamente sobre sus superficies untadas, estos *Planos* adhieren fuertemente uno á otro de fuerte que para separarlos en una direccion perpendicular á sus superficies contiguas será necesaria una fuerza bastante considerable.

Ahora pues es manifiesto que no se puede atribuir esta adherencia mutua de los dos Planos á otra causa que á su *Atracción reciproca*, pues casi la misma adherencia se experimenta en el Vacío de la Máquina pneumática en

donde no obra la presión del aire, y en donde sería inútil imaginar una presión ocasionada por una materia sutil, qualquiera que fuese. (219. y 223.)

II.° Si se pudiese dividir en dos solas porciones un diamante ó un trozo de mármol y dar despues á las dos porciones divididas la misma union total que tenian antes de la division, no admite duda que estas dos porciones recobrarían enteramente su adherencia primitiva.

Pero quando se divide un Cuerpo sólido, el esfuerzo que se hace para dividirlo, hace saltar en pequeños fragmentos una infinidad de partículas que se disipan; y asi quando se reunen despues las porciones principales, las desigualdades sin número que tienen las superficies que se aplican una á otra junto con las partículas de aire y de materia sutil que se interponen entre las partes que se unen, impiden á estas porciones volver á tomar la misma extension é intimidad de contacto que tenian antes de la division. Por lo qual no pueden estas partes divididas tener despues de la division la misma adherencia que tenian antes.

III.° Quando se pulen dos superficies de mármol, vidrio ó acero para aplicarlas lo mas íntimamente que pueda ser una á otra, los instrumentos groseros de que es preciso servirse dexan siempre en las superficies por mas lisas que aparezcan hoyos, elevaciones, rayas, y todo género de desigualdades que la vista percibe con el auxilio del Microscopio, y que impiden la union íntima que toman naturalmente estos cuerpos en su cristalización natural ó artificial. De aqui resulta la adherencia incomparablemente menor de estas superficies aplicadas una á otra, respecto de la que tenian quando estaban naturalmente unidas.

ARTICULO III.

ELASTICIDAD DE LOS CUERPOS.

226. OBSERVACION. Hay en la Naturaleza *Cuerpos elásticos, y Cuerpos no elásticos.*

Los primeros tienen en sí mismos una especie de reforte que tira á volverlos á su estado natural quando se les dobla ó comprime.

Los segundos carecen de semejante reforte, y quando se les dobla ó comprime conservan el último estado en que se les ha puesto sin hacer ningun esfuerzo para recobrar el estado primitivo que se les ha hecho perder.

Si se dexa caer sobre un Plano de mármol una bola de barro húmedo se comprime y queda comprimida. Si se dexa caer sobre el mismo plano otra bola de marfil se comprime tambien (205), pero al instante vuelve á adquirir la redondez que tenia. La primera bola es un cuerpo duro no elástico, o sin reforte. La segunda es un cuerpo duro, elástico o de reforte.

227. DEFINICION. Llámase pues *Elasticidad de los Cuerpos* esta virtud ó propiedad que tienen algunos de tirar á recobrar por sí mismos su estado natural quando una fuerza externa y estraña causa alguna mutacion en él.

El gran fenómeno de la *Elasticidad* de los *Cuerpos* es seguramente un efecto que proviene de las *Leyes generales de Impulsion y de Atraccion*. Pero no es facil explicar el mecanismo y hacer percibir la influencia de estas *Leyes generales* en este fenómeno.

No obstante, ínterin que la *Fisica* nos da mas luces que las que tenemos sobre esta materia (lo que acaso jamas hará) he aquí nuestra idea y opinion acerca de la *Causa fisica* de la *Elasticidad*.

PROPOSICION.

228. Parece que la Elasticidad de los Cuerpos es efecto así de la adherencia bastante considerable de sus elementos entre sí, como de la accion de ciertos fluidos encerrados en sus poros

EXPLICACION. Es cierto que hay entre ciertos elementos una *Afinidad real* que produce entre ellos una adherencia mayor ó menor, sin la que no hay elasticidad. Es cierto tambien que hay una *Materia sutil* siempre en movimiento destinada á reparar y conservar la accion de la Naturaleza. De estas dos Causas físicas parece que resulta bastante naturalmente el fenómeno de la Elasticidad cuya teoria general en nuestra opinion es la siguiente.

I.º Los Cuerpos se forman en la Naturaleza en medio de los demas cuerpos á quienes ella está haciendo obrar continuamente; de modo que la materia ignea, la eléctrica y la magnética fluidos siempre esparcidos y en accion al rededor de los cuerpos, se abren y conservan por todas partes caminos análogos á sus moléculas por entre los varios Mixtos que van naciendo y creciendo.

II.º Los Elementos que forman las plantas, las piedras, los metales, y los demas cuerpos sólidos adhieren unos á otros segun su mayor ó menor grado de afinidad y de contacto. (221). De aqui resulta su dureza que debe contribuir á su elasticidad, como explicaremos bien pronto.

III.º Los Fluidos que penetran y atraviesan libremente estos Mixtos en su estado natural no podrian hacerlo con igual facilidad, si los caminos análogos que sus moléculas que se han procurado en lo interior de los Mixtos, se ensancháran de un lado y estrecháran de otro. De aqui naceria un obstáculo al curso de estos fluidos, y una impulsión de ellos contra las partes que se opusieran á su libre paso.

IV.º Puede suceder fácilmente que algunas *Porciones*

de estos fluidos que se insinuan en los Mixtos durante su formacion y acrecentamiento queden como aprisionadas en algunos poros rodeados por todas partes de particulas impenetrables. En este caso estos Fluidos cuya naturaleza es estar siempre en movimiento, se estarán moviendo continuamente en esta especie de prisiones, de donde no pueden escaparfe con un movimiento circular, ó que se acerque bastante á este segun sea la figura de las cavidades en que estan retenidos y como aprisionados.

APLICACIONES DE ESTA TEORIA FISICA.

229. APLICACION II. Sea una *Vara verde de mimbre*, cuerpo muy elástico, y que yo supongo perfectamente formada en línea recta *A C B* (*Fig. 7.*)

I.º Esta vara toma y conserva como por sí misma su dirección natural en línea recta, porque las moléculas que la componen colocadas segun la exigencia y conveniencia de su afinidad han tomado naturalmente esta figura; y segun el axioma fisico y político las cosas se conservan por los mismos principios y segun las mismas leyes que las producen.

II.º Pero si á esta vara se la dobla haciéndola formar un arco ó semi-círculo *a C b*, claro está que no puede tomar esta figura curva sin que sus moléculas se separen y sus poros se ensanchen en la parte exterior de la curvatura, y por el contrario se acerquen sus partes y estrechen sus poros en la parte interior.

Esta vara asi doblada tiene unos poros paralelos á su largura, y otros que lo son á los diámetros de su anchura; los primeros se doblan en arco, y los otros toman la figura de un cono ó embudo. De todo esto resulta y debe resultar físicamente la *Elasticidad de esta vara*, como lo vamos á hacer patente.

230. EXPLICACION. I.º En la parte exterior de la curvatura las moléculas antes contiguas forzadamente han de haber padecido una pequeña separacion y han de haber perdido un poco de su contigüidad natural,

La *Atraccion reciproca* de estas moléculas que subsiste siempre y no consigue en este estado producir todo su efecto, tira pues sin cesar á acercar unas á otras las moléculas que estan algo apartadas, y á hacer que vuelvan á tener entre sí el mismo contacto inmediato que tenían naturalmente: lo que no puede efectuarse, sin que esta vara tire con un esfuerzo general de todas sus partes integrantes á recobrar su figura primitiva.

II.º En la parte interior de la curvatura las moléculas contiguas que estaban naturalmente colocadas desde su formacion segun su mayor conveniencia, su mayor grado de analogia y su afinidad reciproca, se desordenan un poco por la compresion, toman puntos de contacto por lo comun menos análogos y simpaticos; y comprimen por otra parte los fluidos que estrechados mas en su especie de prisiones, empujan con mas fuerza contra los obstáculos que los tienen encerrados. Lo que no puede efectuarse sin que todas las partes de esta vara tiren á volverse á poner en su estado natural.

III.º Los Fluidos exteriores que atraviesan por los poros de esta vara de mimbre á lo largo de su extension tiran como todo Cuerpo á moverse en línea recta: y así con su impulsión hacen fuerza para darla una direccion en línea recta.

IV.º Los Fluidos exteriores que atraviesan paralelamente á los diámetros de su anchura los poros de esta vara, hallando por un lado poros mas abiertos que por el otro, se precipitan en mayor abundancia por las mayores aberturas, y tiran por su impulsión á abrirse poros de igual anchura de una superficie á otra: lo que no pueden conseguir sin impeler á la vara á que vuelva á tomar la figura y direccion que tenia.

V.º Claro está que de todo esto debe resultar mecánicamente la *Elasticidad de esta vara*, ó el esfuerzo que hace para recobrar su primitiva figura quando una fuerza exterior la hace tomar figura diferente.

Es facil aplicar la teoria de este mismo mecanismo fisico á todos los Cuerpos elásticos que forma la Natura-

leza. Y así la teoría que acabamos de aplicar con toda individualidad á esta vara de mimbre viene á ser una teoría general en esta materia.

VI.º Si esta Vara en vez de ser recta fuera naturalmente arqueada, no se la podría enderezar sin ocasionar en todas sus partes un desorden semejante al que en una vara naturalmente derecha ocasiona el doblarla: y así esta vara naturalmente curva tiraría á volver á su curvatura.

231. APLICACION II. Si en lugar de una vara de mimbre se dobla una *Barreta de hierro sin templar*, no habrá elasticidad alguna porque siendo dúctil el hierro, sus moléculas no padecen la pequeña separación que sería necesaria para dar lugar á su atracción recíproca á desplegarfe y hacer sentir su fuerza.

A medida de que dos moléculas se separan y apartan en la parte superior de la curvatura, como son dúctiles, dexan una porción de sí mismas en el intervalo que separaría sus extremidades; y así no hay defecto de contigüidad. Igualmente á medida de que dos moléculas se acercan por la compresión en la parte inferior de la curvatura, algunas porciones de estas mismas moléculas dúctiles que se acercan, se separan de ellas y adquieren la misma afinidad con otras moléculas junto á quienes las coloca la compresión. Por otra parte la ductilidad del metal hace que esta materia de qualquier modo que se la tuerza ó doble, tome siempre casi la misma colocación de partes y disposición de poros que la ha dado su cristalización natural ó artificial.

Se ve pues que es necesario que haya en los Cuerpos un *cierto grado de rigidez* y defecto de ductilidad, para que la elasticidad se desplegue con una fuerza sensible. La Templadura, como explicáremos bien pronto, hace al hierro perder su ductilidad, da á sus partes una adherencia y rigidez que las hace quebradizas, y de este modo el hierro se hace elástico y muy elástico.

Se puede observar aquí como de paso que aunque la acción de los Fluidos contribuye para la elasticidad, ésta no obstante tiene por causa principal la atracción ó

afinidad de las partes entre sí, la qual se opone á su separacion y alteracion de colocacion.

232. APLICACION III. Un *Florete ó Espadin* compuesto de un hierro que ha sido batido en la yunque para purgarle de sus partículas heterogéneas, y á quien se ha metido despues estando aun albando en una mezcla de agua fria y otras substancias para templarle, tiene una elasticidad mui grande, porque la templadura le ha hecho perder su ductilidad, y ha aumentado la atraccion y adherencia de sus partes: las quales no pueden ya apartarse sin dividirse totalmente, ó sin tirar fuertemente á recobrar aquel estado que las ha dado la templadura.

El frio del Líquido en que se ha metido el hierro purificado en el estado de incandescencia, estrecha y condensa sus partes; disminuye la abertura de sus poros, impide la salida de los fluidos que andan dando vueltas en sus cavidades, y da á todas sus moléculas una adherencia y rigidez que las hace tirar á juntarse y volver á su primer estado quando padecen qualquiera separacion ó alteracion de colocacion por pequeña que sea. Por otra parte la accion de los fluidos y su mecanismo se verifica del mismo modo en una barreta de acero templado, que en la vara de mimbré de que hemos hablado anteriormente. (230.)

De esta misma causa proviene la *accion de los Resortes ó muelles* que hacen andar á las muestras y á los péndulos. La templadura hace tomar á sus partes una posicion y adherencia que se altera y violenta si se les dobla espiralmente sobre sí mismos. Apartándose cada una de sus moléculas de su posicion natural una cantidad infinitamente pequeña, en fuerza de esta inflexion conservan todavia bastante contigüidad ó próximidad para que su fuerza atractiva tire eficazmente á hacerlas andar el *intervalo infinitamente pequeño* que las separa. De aqui la fuerza con que se estiende el resorte.

Si este Resorte se quiebra, ya no hay atraccion, y por lo mismo ni adherencia entre sus partes separadas: porque aunque se las vuelva á juntar no se las da aquel grado

do de contigüidad que necesitan tener para que obre en ellas la Ley de Atraccion especial. (90.)

Quando un Resorte permanece por mucho tiempo en estado continuo de accion pierde toda su fuerza ó á lo menos parte de ella; porque los fluidos que se introducen en él continuamente, se abren al fin paso libre en su seno; y la materia de que está compuesto vuelve á tomar con el tiempo en este estado violento y siempre sostenido, bastante ductilidad para llenar los pequeños intervalos que la tension ha formado entre sus moléculas.

233. APLICACION IV. Un Florete y un Muelle pierden su elasticidad quando se les recuece, porque la accion del fuego disipa y consume las sustancias que la templadura habia introducido en sus moléculas; y que destruyendo su ductilidad las ponian en estado de no poderse apartar cada una infinitamente poco de su posicion, sin tirar con una fuerza mui grande á recobrar su posicion primitiva.

La materia de este Florete y este Muelle habiendo recobrado su ductilidad no tienen ya suficiente rigidez de partes, que es como hemos dicho una de las qualidades necesarias para que un cuerpo sea elástico. (231.)

234. APLICACION V. No hay elasticidad alguna en los Cuerpos que tienen ó una rigidez excesiva, ó un total defecto de adherencia en sus partes integrantes.

I.º Un *Cuerpo perfectamente duro*, un cuerpo cuyas partes integrantes no fuesen susceptibles de defunion, tal como los globos del segundo elemento de Descartes no tendria ninguna elasticidad, porque un cuerpo como este por su infinita dureza no podria padecer ninguna separacion en sus partes.

Por esto se ve que quando es excesiva la dureza ó adherencia de las partes, que es una condicion necesaria para que un cuerpo tenga elasticidad, le impide que la tenga.

II.º Un *Cuerpo sin ninguna adherencia en sus partes* como el agua, el vino y todos los líquidos no tienen elasticidad alguna, porque las moléculas de un cuerpo semejante se apartan sin violencia y sin tirar á reunirse. En

estos cuerpos el espacio que dexan entre sí dos moléculas que se separan es al instante ocupado por otras que tienen igual afinidad con las moléculas separadas; y así la atracción recíproca de las partes logra siempre producir en ellos todo su efecto, y no está jamás en un estado violento.

En general todo *Cuerpo incompresible* carece de elasticidad; porque no pudiendo padecer ninguna mudanza ni en sus partes integrantes ni en sus poros, no puede tener tendencia á recobrar un estado primitivo que no puede perder, ni á satisfacer á una atracción que produce siempre todo su efecto, y á quien nada altera.

235. APLICACION VI. Los Metales en su estado natural tienen muy poca elasticidad; el Mármol y el Marfil mucha.

I.º Los *Metales* tienen poca elasticidad, porque siendo dúctiles sus partes integrantes se separan en la inflexión y compresión, sin dexar entre sí los intervalos infinitamente pequeños que serian necesarios para que la Atracción tuviese que desplegarse y manifestarse, restableciendo su situación y figura en el cuerpo doblado ó comprimido. (231.)

Las partes integrantes de los Metales son en esta parte en algun modo como las de los líquidos. A medida que dos moléculas se separan, otras se unen á ellas, y su atracción queda siempre saturada y satisfecha. Los Metales no tienen elasticidad sino en quanto tienen alguna rigidez en sus partes integrantes.

II.º El *Mármol y el Marfil* tienen mucha elasticidad, porque sus partes integrantes tienen una afinidad y rigidez que las hacen muy aptas para perder y recobrar la colocación que las ha dado su cristalización natural.

Si una bola de marfil ó de mármol cae de bastante altura sobre un Plano sólido, el choque imprime un temblor general á todas sus partes. Todas ellas tiran al principio en virtud del choque á separarse, y en efecto se separan un poco las unas de las otras porque la bola toma una figura elíptica, aplanada en las dos extremidades del diámetro que termina en el punto del contacto, é

inflada en la zona igualmente distante de las dos extremidades de este diámetro.

Pero como cada una de todas estas partes no se ha apartado de otra sino infinitamente poco, lo que á no ser así habria fraccion y division en este cuerpo tiran todas ellas en virtud de su *Afinidad reciproca* á pasar el intervalo infinitamente pequeño que las separa, á volver á tomar los mismos puntos de contacto que tenian antes de la compresion, y á recobrar cada una su estado primitivo.

236. APLICACION VII. El *Aire y la Luz* son elásticos, porque las moléculas que forman cada globo infinitamente pequeño de aire ó de luz tienen una atraccion ó afinidad entre sí, que les da adherencia.

La compresion de estas partes integrantes del aire y de la luz hace tomar á las moléculas que los componen, un estado de contacto menos íntimo y favorable que el que tienen naturalmente, y su *Atraccion mutua* tira con exfuerzo á hacerles recobrar este estado natural y primitivo por el mismo mecanismo que hemos explicado en la vara de mimbre, y en la bola de marfil.

237. NOTA I. Los Cuerpos mas perfectamente elásticos de todos los que están sujetos á nuestras observaciones son el Aire y la Luz.

El *Aire comprimido* vuelve siempre á tomar, quando la fuerza que le comprime dexa de obrar sobre él, un volumen ó expansion sensiblemente el mismo que la compresion le habia hecho perder.

La Luz arrojada sobre un plano impenetrable á sus rayos refalta por un ángulo de reflexion siempre igual al de incidencia: lo que supone en la Luz una elasticidad sensiblemente perfecta.

Entre los demas *Cuerpos elásticos* ninguno conocemos cuya elasticidad sea perfecta. Una Bola de mármol ó de marfil seria perfectamente elástica, si cayendo perpendicularmente en el Vacío sobre un Plano de la misma materia desde qualquiera altura, subiese precisamente á la misma altura de donde habia caido, reco-

brando perfectamente la *misma figura* que tenía antes de la caída.

Pero ni el Mármol, ni el Marfil, ni el Acero templado, ni ningun otro Cuerpo sólido nos presenta este doble fenómeno en toda su perfeccion: ningun globo sólido se eleva á la misma altura de donde ha caído, ninguno recobra perfectamente la redondez que ha perdido en el choque, y si se le examina con atencion se observará que queda un poco aplanado hácia el centro del círculo que ha padecido la compresion, y tenido el contacto con el plano.

Por esto se puede valuar sobre poco mas ó menos la mayor ó menor elasticidad que tienen los Cuerpos. Los globos mas elásticos son los que cayendo perpendicularmente de una altura determinada sobre un plano de la misma materia resaltan á una altura mayor y pierden menos de su redondez.

238. NOTA II. De dos modos diferentes se pone en accion la Elasticidad en los Cuerpos, á saber ó por *via de presion*, ó por *via de tension*.

Quando se comprime en la mano una esponja ó una pelota se hacen elásticas por via de presion. Las Cuerdas de vihuela se hacen elásticas en los instrumentos por via de tension, y quando se quiebran, cada parte vuelve sobre sí con violencia porque todas las moléculas separadas y apartadas por la tension tiran por su atraccion mútua á acercarse unas á otras con un movimiento que las hace volver hácia los puntos fixos que las retenian.

Quando una barra ó un florete se dobla en arco hay tension y presion; tension en la parte exterior, y presion en la interior de la curvatura.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

239. OBJECCION I. Si la Atraccion especial influye como causa física en el fenómeno de la elasticidad, ¿porque no darla todo el honor de este efecto? ¿Porque afo-

ciarla la acción de una Materia sutil de que no tiene necesidad? ¿Porque admitir dos causas físicas para lo que una sola es suficiente? Por otra parte ¿cómo la Materia sutil que se insinúa con tanta facilidad en los Cuerpos puede encontrar obstáculos capaces de ocasionar su Impulsión contra estos cuerpos, y de retenerla y aprisionarla en sus concavidades? ¿Como siendo de una tenuidad como infinitamente pequeña puede producir en estos cuerpos un efecto tan poderoso como el de su elasticidad?

RESPUESTA. En la Física el número de Causas no depende del capricho del Físico que observa su influencia. Admitimos dos Causas para explicar el fenómeno de la Elasticidad, porque parece que ambas concurren juntas á la producción de este fenómeno. La Atracción especial ó Afinidad es la causa principal de la Elasticidad; pero nada prueba que sea la única, y que se deba de consiguiente excluir la acción de los varios fluidos de que hemos hecho mención.

I.º Podemos considerar la *Materia sutil* como que forma torrentes mas ó menos densos; y los *Poros de los cuerpos comprimidos* á manera de canales de la figura de un embudo.

En esta idea tan simple y natural es fácil concebir de qué modo un torrente de una materia infinitamente rápida dando contra el orificio grande de los poros cónicos de un cuerpo debe encontrar obstáculos en su paso por lo interior de este cuerpo, é imprimir una impulsión real á las partes sólidas é impenetrables en quienes pega.

II.º Por imperceptible que se suponga la pequeñez de la Materia sutil sus moléculas tienen una masa determinada, la qual puede ser retenida y presa en concavidades cuyos poros sean menores que lo son estas moléculas.

Luego sin chocar á la verosimilitud se pueden suponer Fluidos retenidos y movidos circularmente en lo interior de los Cuerpos.

III.º Es muy verosímil que la fuerza de los hombres y de los animales no sea mas que el efecto de los *Espíritus animales*, que no son otra cosa que una materia muy sutil arrojada en torrentes invisibles en los nervios y músculos que la retienen y dirigen su curso. (*Met.* 793 y 794.)

No es pues improbable que una Materia sutil á pesar de su inconcebible tenuidad produzca efectos sensibles en los cuerpos.

IV.º Pero los efectos de la Elasticidad no tienen por causa ni única ni principal, la accion de la Materia sutil.

Estos efectos dependen principalmente de la fuerza de Atraccion ó de Afinidad como ya lo hemos observado. Seria pues exâgerar la accion de la Materia sutil atribuirle todo el efecto de la Elasticidad.

240. OBJECION II. El Aire tiene una elasticidad perfecta; ¿la deberá á la adherencia de sus partes y á la accion de los fluidos que pegan en sus poros, ó andan dando vueltas en ellos?

La Luz es elástica y perfectamente elástica: ¿se admitirá tambien una adherencia de partes, y un choque de fluidos en la Luz que parece ser un agregado de elementos infinitamente pequeños y simples?

RESPUESTA. I.º ¿Porque la masa elástica del Aire deberia su elasticidad á una causa diferente de la que produce este fenómeno en los demas cuerpos de la Naturaleza?

Como la figura de las moléculas aereas se frustra necesariamente á todas las observaciones de la Física, se representan comunmente estas moléculas baxo la imágen de una infinidad de pequeños filamentos cortos y muy delgados, ó baxo la imágen de una infinidad de pequeños resortes doblados, bastante semejantes á los que mucven las Muestras. (*Fig.* 98.)

¿Porque las moléculas que forman, sea estos pequeños filamentos, sea estos pequeños resortes aëreos no podrian tener una adherencia que resultase de su *Afinidad reciproca*? ¿Porque no podria obrar en estos filamentos

ó resortes aëreos una *Materia mas sutil* capaz de contribuir por su Impulsion ó expansion á hacerlos volver á su figura natural que les hubiera hecho perder la pression?

Los filamentos del aire, de la lana, de la cerda y de la esponja deben considerarse en quanto á su elasticidad como otras tantas barretas flexibles semejantes en pequeño á la vara de mimbre, cuyo mecanismo elástico hemos explicado ya. (230.)

II.º Consta por las bellas experiencias de Newton acerca de la Luz, que el menor globo de Luz que se puede observar, está compuesto de siete especies diferentes de moléculas, de las quales provienen los siete colores primitivos. (696.)

Luego todo globo de Luz está compuesto de muchas moléculas que pueden tener y tienen realmente una adherencia entre sí. ¿Porque estas moléculas que forman un globo de luz no podrian tener entre sí una afinidad ó atraccion semejante á la que tienen los demas cuerpos elásticos? Aunque no podamos observar en sí las masas infinitamente pequeñas de la Luz, se las puede suponer con bastante verosimilitud de figura esférica. En esta suposicion el mecanismo que produce y pone en exercicio la elasticidad en la luz se reduce al mismo que la produce y pone en exercicio en una bola de marfil ó mármol. (235.)

ARTICULO CUARTO.

PESANTEZ Ó GRAVEDAD DE LOS CUERPOS.

241. OBSERVACION. La *Causa de la Gravedad y sus Fenómenos* son los dos objetos que nos presenta naturalmente esta cuestión. Pero la naturaleza de las cosas, y el encadenamiento de las materias exigen que prescindamos por ahora de la Causa de la Gravedad, y nos ci-

ñamos á establecer su existencia, y á observar sus afombrados fenómenos.

En otra parte harémos ver que la *Gravedad de los Cuerpos es una dependencia de la Ley general de Atraccion*, ó que la *Pesantez* de los Cuerpos tiene por *Causa física* su *Atraccion* recíproca que los hace tirar continuamente hácia ciertos Centros comunes. (84, y 808.)

242. DEFINICION. Llámase *Gravedad*, *Pesantez* ó *Fuerza aceleratriz* en los Cuerpos, la fuerza que los hace tirar hácia ciertos centros comunes; por exemplo todos los Cuerpos terrestres tiran hácia el centro de la tierra con una fuerza que es su pesantez. Todos los Planetas y Cometas hácia el del Sol con una fuerza que es su Pesantez.

Solamente hablarémos aqui de la *Pesantez de los cuerpos terrestres* ó de la fuerza que los impele continuamente á acercarse al centro de la tierra, y en virtud de la qual se acercan en efecto sin cesar, quando no se opone á su movimiento un obstáculo invencible.

Aristóteles dividió las diferentes especies de cuerpos, en *pesados* que tiraban naturalmente á acercarse al centro de la tierra, y *ligeros* que tiraban á apartarse del mismo centro. Se engañó, y la experiencia ha demostrado que no hay cuerpos ligeros por su naturaleza, ó que todos los cuerpos tienen pesantez real.

Supondrémos en esta cuestión que nuestros Lectores conocen á lo menos en globo, asi el mecanismo de la Máquina pneumática, como la estimacion de las Fuerzas motrices: objetos que explicarémos por menor en los tratados siguientes. (621 y 268.)

FENÓMENO I.

243. *Los Cuerpos que se miran como leves tienen una pesantez real, ó una tendencia natural hácia el centro de la Tierra.*

DEMOSTRACION. La experiencia nos enseña que el humo, los vapores y la llama que el Vulgo mira como cuerpos leves, tienen una pesantez natural que les hace caminar hácia el centro de la Tierra quando una fuerza extraña no les impele con mayor fuerza en una direccion opuesta. Para demostrarlo:

I.º Póngase debaxo de la campana de una Máquina pneumática una vela apagada pero humeando. El humo mas ligero que el aire, sube y se esparce por toda la campana de vidrio. Extráigase el aire, y se verá que el humo abandonado á sí mismo baxa y se precipita sobre la platina y en la bomba de cobre. Luego este humo tiene una pesantez propia que le sollicita á baxar quando el aire extraido dexa de elevarle.

Lo mismo sucede si se hace quemar baxo la misma campana azucar, incienso ó qualquiera otro cuerpo que se exále en vapores visibles.

II.º Si en lugar de una vela apagada y humeando se pone otra ó la misma encendida baxo la campana de vidrio, la llama menos pesada que el aire, sube y se eleva perpendicularmente. Pero extráigase el aire; entonces la llama dexada á sí misma baxa y se precipita hácia la platina; prueba evidente de que tiene una gravedad ó pesantez propia que la sollicita á caminar naturalmente hácia el centro de la tierra quando el aire no la aparta de él por su exceso de pesantez. (L. Q. P. D.)

244. NOTA. Es Ley general de todos los Líquidos y Fluidos que los mas pesados se pongan debaxo, y los mas leves encima.

Aunque así el aceyte como el agua son cuerpos pesados, con todo si á un vaso mediado de aceyte se le acaba de llenar de agua, ésta por su exceso de pesan-

tez sobre el aceyte se situará en el fondo del vaso, y obligará al aceyte á subir á la parte superior de él. Si se extrae el agua, el aceyte por su pesantez natural dexará lo alto del vaso y se precipitará al fondo.

Esto es una imágen del fenómeno que acabamos de explicar. El Aire es un cuerpo pesado por sí mismo, como lo demostraremos en otra parte por medio de experiencias sensibles y convincentes. Siendo el Aire mas pesado que la llama, que el humo y que ciertos vapores, fuerza á estos fluidos á pesar de su propia pesantez á elevarse y subir arriba. ¿Pero se le extrae? Al instante la llama, el humo y los vapores caen por su propio peso en el fondo de la máquina, como el aceyte en el fondo del vaso.

FENÓMENO II.

245. *Todos los Cuerpos colocados á igual distancia del centro de la Tierra caen con igual velocidad quando nada se opone á su caída. De donde se sigue que la Fuerza aceleratriz que solicita á los Cuerpos terrestres á baxar, es la misma en todos quando su distancia del centro de la Tierra es igual. (Fig. 11.)*

DEMOSTRACION. Sea un Tubo de vidrio muy largo A B, del que se haya extraido todo el aire, y en el que se haya puesto antes una pequeña masa de plomo, otra de corcho y un trocito de pluma ú otros cualesquiera cuerpos pequeños que se tenga por conveniente. El pequeño cilindro R á que está pegada la lámina D está ajustado al Tubo de tal modo que puede dar vueltas y mover la plancha que sirve para sostener y dexar caer los cuerpos sin dar paso al aire exterior.

Si se hacen caer perpendicularmente estos varios Cuerpos de suerte que partan á un mismo instante de la plancha que les sostiene, se les ve correr juntos y con una misma velocidad el espacio D B, y llegar á un mismo instante á B, no obstante la diferencia de su naturaleza y densidad.

Luego estos cuerpos y todos los demas que se quieren poner en su lugar, aunque de densidad desigual y naturaleza diferente tienen todos una misma fuerza aceleratriz que les mueve ó, tira á moverlos con igual velocidad hácia el centro de la tierra. (L. Q. P. D.)

246. COROLARIO. *La Pesantez y el Peso no son dos términos sinónomos. La Pesantez es la misma en todos los cuerpos que distan igualmente del centro de la tierra, pero su Peso es proporcional á sus masas.*

EXPLICACION. I.º *La Pesantez de un cuerpo es la fuerza activa que le hace caminar hácia el centro de la tierra, sea el que quiera el número de las partes de que se compone. Esta fuerza es la misma en todos los cuerpos, pues ocasiona una caída igualmente pronta en su principio y progresos en todos los cuerpos igualmente distantes del centro de la tierra, sean las que quiera su densidad y su masa.*

II.º *El Peso de un cuerpo es la suma de las partes que se mueven ó tiran á moverse en virtud de su pesantez propia. En los Graves se debe mirar la pesantez como causa, y el peso como efecto de ésta causa. Un Globo de plomo de una libra tiene diez y seis veces mas peso que uno de una onza, pero no tiene mas pesantez porque la fuerza activa que sollicita á las partes del primero á baxar es exáctamente la misma que la que produce igual efecto en las partes del segundo.*

III.º *En otro tiempo se pensaba que la Pesantez y el Peso eran una misma cosa; que un cuerpo compuesto de quatro partes tiraba y debia tirar mas hácia el término de la pesantez que un cuerpo que no tuviese mas que una ó dos, y que la pesantez era y debia ser proporcional á las masas.*

Galileo confrontó esta opinion con la experiencia, y halló que en la caída de los cuerpos la diferencia de las velocidades no correspondia á la diferencia de las masas. Formó pues otra idea de la Pesantez, y en lugar de juzgar, como se habia juzgado hasta entonces, que habia mas pesantez en el plomo que en el corcho

por exemplo, imaginó que esta fuerza era igual en los dos cuerpos, que les imprimia igual tendencia hácia el centro de la tierra, y que la diferencia de sus velocidades en su caída á aire libre solo provenia de la resistencia del Medio en que se movian, la qual destruia mayor cantidad de esta fuerza activa y aceleratriz, ó mas bien de su efecto en el corcho que en el plomo.

La experiencia ha demostrado que la idea de Galileo acerca de la Pesantez era justa y conforme á la naturaleza de las cosas.

247. NOTA I. Se debe considerar en la Pesantez como en qualquiera otra Fuerza motriz la direccion que sigue, la velocidad que imprime, y la cantidad de materia que mueve.

I.º La *Direccion que sigue la Pesantez* en los cuerpos terrestres, es la direccion misma del radio de la tierra, tomando este radio del punto en el que da, ó hácia el que se dirige la Pesantez.

Porque consta por infinitas experiencias y observaciones hechas con el mayor cuidado en todos los países de la Tierra, que en los Cuerpos terrestres *la línea de gravitacion es siempre y en todas partes perpendicular al Horizonte sensible ó á la Tangente de aquel punto de la superficie terrestre hácia el qual tiran en virtud de su sola pesantez.* (808.)

II.º La *Velocidad que imprime la Pesantez* quando nada destruye su efecto, es la misma en todos los cuerpos igualmente distantes del centro de la tierra.

Pero esta velocidad impresa á los cuerpos por la pesantez varía á medida de que los cuerpos están notablemente mas cerca ó lexos del centro de la tierra, como lo demostraremos bien pronto. (251.)

III.º La *Cantidad de materia que mueve la pesantez* con igual velocidad, produce en los cuerpos que la tienen diferente peso, diferente percusion y diferentes fuerzas motrices. Una bala de plomo en el Vacío produce una percusion mas fuerte que una bala de corcho de igual volumen, porque en la bala de plomo hay una cantidad de

materia movida por la pesantez mucho mayor que en la bala de corcho.

248. NOTA II. Consta por varias observaciones que se han hecho con la mayor exactitud en Francia, Inglaterra, Italia y Alemania, que cerca de la superficie de la tierra durante el primer Segundo de su caída perpendicular andan los cuerpos en el Vacío unos quince pies de Francia con corta diferencia, que vienen á hacer diez y seis de Inglaterra.

Lo que andan menos en su caída á aire libre se debe atribuir á la resistencia del aire, la qual ocasiona mayor diminución de velocidad en los cuerpos menos densos, y menor en los mas densos.

249. NOTA III. El Sabio Desaguliers aprovechándose de la grande elevacion de la Cúpula de San Pablo de Londres hizo sobre la caída de los cuerpos á aire libre en presencia de Newton y Halley las mas bellas experiencias que tenemos en esta materia. De una altura de 272 pies de Inglaterra hizo caer muchos cuerpos de peso y volúmen diferente. De aqui entre otras varias las dos observaciones siguientes.

I.º Observó lo primero que una *Bola de plomo* como de dos pulgadas de diámetro caia de esta altura de 272 pies en quatro segundos y un quarto. En el texto de las Transacciones Filosóficas donde está consignada esta observacion experimental, se ponen quatro segundos y medio. Pero se debe quitar un quarto como lo advierte el Abbate Nollét; porque los quatro segundos y medio salian contando el instante de la caída por el golpe que se oia desde un sitio elevado á 272 pies, y se debe advertir que el ruido ó el fonido tarda un quarto de segundo en subir á esta altura. (675.)

Esta bola hubiera andado en el Vacío en el mismo tiempo un espacio de 289 pies de Inglaterra, que son de los que aqui hablamos. (371 y 377.)

La Resistencia del aire le ocasionó pues una retardacion de velocidad igual á 17 pies.

II.º Observó ademas que dos *Bolas heterogeneas* de cinco pies y medio de diámetro, y que pesaban la una 2610 gra-

nos y la otra 137 y $\frac{1}{2}$ gastaban tiempos diferentes en caer de toda esta altura, porque la mas pesada acabó su caída en seis segundos y medio y la otra tardó cerca de 19 segundos.

La *Resistencia del aire* ocasiona pues mayor retardacion en los cuerpos menos densos y pesados, y menor en los mas densos y de mayor peso.

250. NOTA. Una libra de agua y otra de plomo producirian igual percusion en el Vacío si todo lo demas fuera igual en estos dos cuerpos, porque tendrian una misma masa y velocidad, y por tanto un mismo producto de fuerza motriz.

Con todo, un cuerpo frágil que se haya quebrado en el Vacío por el golpe de una libra de plomo, no lo será por el de una libra de agua. La razón es porque el plomo á causa de la unión y adherencia de sus partes que gravitan todas juntas, hace un exfuerzo mas reunido contra un mismo punto del cuerpo frágil; al paso que el agua á causa de la desunion de sus partes que gravitan separadas unas de otras, hace solo un exfuerzo dividido contra distintos puntos del cuerpo frágil y asi un Cuerpo frágil que cede al exfuerzo reunido de todas las partes de una fuerza motriz, puede resistir al exfuerzo dividido de esta misma fuerza.

La diferencia de percusion en una libra de agua y en una libra de plomo es todavia mas notable quando estos dos cuerpos caen á aire libre. La libra de Plomo en su caída no muda de volúmen, ni tiene que vencer mas que una columna de aire igual á su anchura. Por el contrario la libra de agua se divide sin cesar en su caída á causa de la resistencia del aire, y á medida de que la division se aumenta adquiere mayor superficie, tiene que echar de su lugar á mayor volúmen de aire, y asi experimenta una resistencia mas considerable y pierde mas de su fuerza aceleratriz.

Para dar mayor claridad á esta teoria; sea un Tubo de vidrio bastante largo, vacío de aire, y lleno de agua hasta la tercera parte de su capacidad. Si se inclina este

tubo para reunir toda el agua en la parte superior y se le da despues súbitamente una direccion perpendicular al horizonte, el agua cae al fondo en columna, y hace un ruido bastante semejante al que produciria el golpe de una pequeña columna de marmol ó de un pequeño martillazo. Esto es lo que se llama *Martillo de agua*.

La caída del agua no produce un golpe ni un ruido semejante en un tubo igual del que no se haya extrahido el aire, porque la columna de aire que hay entre el agua y el fondo del tubo se eleva á medida que el agua baxa, divide este líquido en muchísimas partes, retarda desigualmente su caída, y asi le impide caer reunido en columna y dar en el fondo del tubo un golpe instantáneo que resulte del movimiento acelerado é interrumpido de todas sus partes gravitantes.

FENÓMENO III.

251. *La Pesantez ó Fuerza aceleratriz que solicita á los cuerpos á baxar no es igual en todos los parages de la Tierra. Es mayor baxo los Polos que en Francia, y mayor en Francia que baxo del Equador.*

EXPLICACION. La Demostracion de este fenómeno está fundada en un *singular Descubrimiento* que se hizo hace como un siglo, y consiste en que un mismo Péndulo de segundos gasta mas tiempo en hacer sus vibraciones ú oscilaciones hácia el Equador que en Francia, y mas en Francia que hácia los Polos. (*Fig. 12.*)

Un *Péndulo de segundos* es una lente pesada P colgada de una varilla plana de cobre F P en la qual por medio de unas ruedas dispuestas con exâctitud y regularidad colocadas en F se conserva un pequeño movimiento uniforme que se da á la lente P dexándola caer de la extremidad D de su arco. Se sube ó baxa la lente P hasta que corra precisa y constantemente en un segundo su arco D D ó m m: ó n n. Se puede ver en nuestro Curso de Matemáticas elementares pag. 7. y 11. una explicacion mas extensa del Péndulo de segundos

simple y compuesto. Este Instrumento es el que ha hecho descubrir á fines del Siglo pasado que los Cuerpos pesaban mas en Francia que hácia el Equador.

I.º El Célebre Académico Richer habiendo pasado á Cayena por órden del Rey en 1672 observó el primero con sorpresa que su Péndulo de segundos cuya largura era de tres pies, ocho lineas y tres quintas, y que hacia en Paris sus oscilaciones en un segundo no era exácto en la Isla de Cayena donde cada oscilacion duraba un poco mas de un segundo. Le fué pues necesario acortar su Péndulo una línea y quarta á lo menos en esta Isla situada á los cinquenta grados de latitud para hacerle exácto como lo era en Paris á los 48 grados y 50 minutos.

El mismo Fenómeno han observado posteriormente en la Isla de Gorea, de San Cristoval y de Santo Domingo Varin y Deshayes; en la Martinica Feuillée y Camphel; en Panamá Bouguer y la Condamine enviados al Perú para medir un grado del Meridiano terrestre hácia el año de 1738.

II.º Los Académicos Franceses que hácia el mismo tiempo habian ido á Laponia á medir un grado del Meridiano terrestre baxo del Círculo Polar, observáron que su Péndulo de segundos que hacia en Paris exáctamente una oscilacion por segundo gastaba poco menos de un segundo en hacer una oscilacion baxo del Círculo Polar; y asi les fué necesario alargar su Péndulo P para hacerle exácto.

III.º Segun Richer, Varin, Deshayes, Mayrán, Picard y Maupertuis un Péndulo de segundos P debe tener 440 lineas y media de largo con mui corta diferencia en Paris para correr exáctamente el arco D D en un segundo.

Este mismo Péndulo en Cayena debe ser acortado á lo menos línea y quarta segun Richer, ó casi dos lineas segun Deshayes para correr exáctamente en un segundo el arco *mm* un poco mas corto que el arco D D.

Este mismo Péndulo baxo del Círculo Polar se necesita alargar un poco para que recorra exáctamente en

un segundo el arco nn , un poco mas largo que el arco DD . Se pueden ver si se quiere, todas estas observaciones comparadas entre sí al fin del último Tomo de las Obras de M. de Maupertuis.

IV.º Tenemos pues segun todas las observaciones que se han hecho en esta materia y que concuerdan en establecer y demostrar el mismo fenómeno, que un mismo Péndulo P cuyas vibraciones DD se hacen en un segundo en Francia, gasta en hacer las mismas vibraciones menos de un segundo baxo del Círculo polar y mas de un segundo baxo del Equador. De aqui nace la Demostracion del fenómeno que acabamos de anunciar, y tenemos que probar.

DEMOSTRACION. I.º Quanto mas largo es un Péndulo, mas extenso es el arco que describe en una oscilacion; y asi los arcos mm , nn que describe baxo de diferentes longitudes, son arcos semejantes de circunferencias concéntricas. (*Fig. 12.*)

Quanto mas largo y extenso es el arco que describe un Péndulo P en un tiempo dado, por exemplo en un segundo, tiene mas velocidad, y de consiguiente mas fuerza motriz; pues la *fuerza motriz* no es otra cosa que el producto de la masa del Péndulo, que es siempre la misma por su velocidad mayor ó menor.

Quanto mas velocidad y fuerza motriz tiene un Péndulo, mayor es la causa que produce en él esta velocidad y fuerza motriz; pues la causa es siempre proporcional á su efecto.

II.º ¿Aora pues, qual es la causa que produce la velocidad y fuerza motriz del Péndulo P elevado á la extremidad D de su arco? Es evidente por sola la inspeccion de un Péndulo que esta causa no es, ni puede ser otra que su *Pesantez*, que es la causa general que solicita á todos los cuerpos á acercarse con un movimiento acelerado á el centro de la tierra, pues que ninguna otra causa obra entonces sobre el Péndulo; y pues que el Péndulo elevado á la extremidad de su arco no es ni puede ser llevado hasta P en la línea de su gravitacion perpendicular.

lar y despues á la extremidad opuesta de su arco , sino mediante el movimiento acelerado de su pesantez.

Luego pues que el *mismo Péndulo* elevado á la extremidad de su arco tiene mas velocidad y fuerza motriz hácia los Polos que en Francia , y en Francia que hácia el Equador , como consta de las observaciones que acabamos de referir ; es cierto y evidente que la *Pesantez de este Péndulo*, y de consiguiente de qualquiera otro Cuerpo es mas activa , poderosa y grande hácia los Polos que en Francia , y en Francia que hácia el Equador. L. Q. P. D. 252. NOTA I. Si al *Péndulo de segundos* F P se le quitan las ruedas F , quedará un Péndulo simple que basta por aora para fixar bien nuestra teoría.

I.º Un Péndulo que hace exáctamente una oscilacion D D por segundo en Francia, tiene necesidad de ser acortado hasta *m m* baxo del Equador ; porque baxo del Equador *siendo la Pesantez menor* ó mas débil que en Francia, no imprime al Péndulo bastante velocidad para hacerle andar en un segundo un arco tan grande como el que le hacia andar en Francia. (Fig. 12.)

II.º Por el contrario un Péndulo que hace exáctamente una vibracion por segundo en Francia, tiene necesidad de ser alargado hasta *n n* para que gaste un segundo entero en hacer una vibracion baxo del Círculo polar; porque *siendo mayor la Pesantez* hácia los Polos que en Francia imprime al Péndulo colocado baxo del Círculo polar mas velocidad que la necesaria para hacerle andar simplemente el arco que andaba en Francia en un segundo, y asi le anda baxo del Círculo polar en poco menos de un segundo.

Por tanto es necesario hacer un poco mas largo este arco, para que el tiempo empleado en andarle mediante una Pesantez ó fuerza aceleratriz aumentada , sea precisamente igual á un segundo.

III.º Segun las Observaciones que han hecho en estos últimos tiempos en Francia y baxo del Círculo polar los Académicos Franceses, la Pesantez en Paris es á la Pesantez baxo el Círculo polar como 100,000 á 100,137, esto es con corta diferencia como 201, á $201 + \frac{1}{4}$.

Segun el resultado de las varias Observaciones que se han hecho sobre este mismo objeto en muchos parages desde el Equador hasta el Circulo polar, y de las que se hallará una Tabla en el Tomo quarto de las Obras de Mr. Maupertuis pag. 345 la *Pesantez* baxo del Equador es á la *Pesantez* baxo de los Polos como 201 es á 202.

253. NOTA II. En vano fuera recurrir á la condensacion y dilatacion que causa la diversidad de temple baxo del Equador y los Polos, para eludir las conseqüencias que nacen del alargamiento y acortamiento del Péndulo. Este sería un éfugio frívolo que es muy facil desvanecer eficazmente; porque

I.º Las experiencias en que ha sido necesario acortar el Péndulo en las Regiones Meridionales cercanas al Equador se han hecho por la mayor parte sobre Montañas muy elevadas donde hacia un frio bastante superior al que se podia experimentar en Paris al tiempo en que se arreglaron los Péndulos.

Es pues falso que el acortamiento que ha sido necesario hacer á estos Péndulos para que fuesen exáctos hacia el Equador, provenga de la dilatacion del metal ocasionada del exceso de calor.

II.º Las experiencias en que ha sido necesario alargar el Péndulo en las Regiones Septentrionales se han hecho por lo comun en un tiempo en que estas Regiones tenian un grado de frio menor que el que se experimenta en la Primavera y Otoño en Francia, donde no es necesario alargar los Péndulos por este tiempo.

III.º Un Péndulo de 360. pulgadas de largo en fuerza del exceso de calor que se experimenta en las Regiones meridionales respecto de los calores comunes que se experimentan en Francia no recibiria mas alargamiento que el de una línea, al paso que un Péndulo de menos de 37. pulgadas necesita en Cayena un acortamiento de casi linea y media ó dos líneas.

Luego sería necesario acortar al Péndulo en las Regiones cercanas al Equador incomparablemente mas que puede añadirle el exceso de calor. Luego es falso que la

retardacion del Péndulo en las Regiones Meridionales tenga ó pueda tener por causa única ó principal la dilatacion del metal ocasionada por el calor de estos Climas.

IV.º Baxo de un mismo grado de calor medido exactamente con el termómetro, las vibraciones del Péndulo son fensiblemente diferentes hácia el Equador que hácia los Polos. Luego la diferencia de estas vibraciones en estas Regiones no tiene por causa la diferencia de temple, sino la diferencia de Pesantez en el Péndulo.

254. NOTA III. Es cierto que la Tierra es aplanada hácia los Polos y levantada hácia el Equador, y de consiguiente que los *Radios terrestres* van decreciendo desde el Equador á los Polos.

De aqui resulta que la *Pesantez de los Cuerpos terrestres*, que va decreciendo desde los Polos hasta el Equador, es menor y mas débil á medida de que el Cuerpo en que reside se aparta del centro de la Tierra.

Harémos ver en la Teoría del Cielo que la Pesantez ó Fuerza aceleratriz que sollicita á los Cuerpos terrestres á acercarse al centro de la Tierra, se disminuye en la misma proporcion que se aumenta el *Quadrado de su distancia* del mismo centro; y que un mismo Cuerpo que tiene una Pesantez determinada sobre la superficie de la Tierra tendria una Pesantez quatro veces menor á doble distancia del mismo centro, cien veces menor á una distancia diez veces mayor, y 3600. veces menor á la distancia en que está la Luna. (805.)

255. NOTA IV. El célebre Dominico Casini midió geoméricamente en el Siglo pasado todo el arco del Meridiano terrestre que pasa por Paris desde el fondo del Rossellon hasta Dunkerque, y deduciendo de sus medidas geométricas una especulacion general sobre la Figura de la Tierra, anunció al Mundo sabio como un Descubrimiento interesante, que la Tierra debia de ser alargada hácia los Polos y aplanada hácia el Equador.

Bien persuadido Newton de la Revolucion diurna de la Tierra, para confrontar con la Experiencia y la Especulacion el Descubrimiento de Casini hizo un *Globo*

de piel flexible: le llenó de agua, le hizo dar vueltas rápidamente sobre su eje, y observando que figura tomaba en su revolucion, vió que se inflaba hácia su Equador, y se aplanaba hácia sus Polos.

En fuerza de esta observacion se contentó con anunciar modestamente al Público, que la hipótesis del alargamiento de la Tierra hácia los Polos, y aplanamiento hácia el Equador no concordaba con la observacion que habia hecho, ni con la Teoria del Movimiento: que segun la experiencia que acababa de hacer y segun la teoria del movimiento, describiendo las partes aqueas de la Tierra círculos mas grandes baxo del Equador que hácia los Polos, debian tener mas *Fuerza centrífuga* baxo del Equador que lexos del Equador y hácia los Polos, que teniendo mas fuerza centrífuga hácia el Equador debian perder mas de su fuerza centripeta ó pesantez; que perdiendo de su fuerza centripeta ó pesantez deberian sostenerse á mayor elevacion hácia el Equador para hacer equilibrio por el exceso de su masa, con las que puestas hácia los Polos pierden menos de su pesantez, y en fin que los Cuerpos sólidos igualmente que los líquidos y fluidos dando vueltas diariamente al rededor de la Tierra con velocidades desiguales debian tener *menos pesantez baxo del Equador*, que lexos del Equador y cerca de los Polos.

Este racionio de Newton era conforme con la experiencia que habia hecho con su globo, y con el descubrimiento de Richer. Las observaciones astronómicas que se han hecho en este Siglo en el Perú, en el Cabo de Buena-esperanza, y baxo del Circulo polar, y en otros parages han acabado de convertirle en una Demostracion completa. Asi pues el Aplanamiento de la Tierra hácia los Polos está hoy definitivamente adoptado, y la opinion contraria generalmente abandonada.

RESULTADO DE ESTOS DOS PRIMEROS TRATADOS.

256. CONCLUSION. La *naturaleza de la Materia* y la *naturaleza de los Cuerpos* son los interesantes Objetos que nos habiamos propuesto exponer y desenvolver en estos dos primeros Tratados en que hemos hecho pasar sucesivamente en revista todas las propiedades generales que se han descubierto hasta aora, así en la Materia como en los Cuerpos.

¿Nos podemos lisongear de que conocemos todas las propiedades de la Materia y de los Cuerpos? No. Todavía hay una infinidad de descubrimientos que hacer sobre este objeto inmenso. Pero bien nos podemos lisongear sin temeridad de que sabemos que todas las Propiedades que nos pueden ser desconocidas en los Cuerpos nacen y deben nacer de las *Propiedades generales* que nos han dado á conocer en ellos las Observaciones de muchos millares de años, como de su extension, de su divisibilidad, de su atraccion recíproca, de la diversidad de sus partes integrantes y constituyentes, de su porosidad, pesantez, movilidad &c.

De fuerte que si no conocemos formal y explícitamente en sí mismas todas las Propiedades que pueden caracterizar cada especie de cuerpos, conocemos á lo menos implícita y confusamente las Propiedades que por aora no penetramos ó nunca podrémos penetrar en los Cuerpos, viendo estas *Propiedades ocultas* en su raiz ó fuente, ó en las Causas conocidas que combinadas deben darlas exístencia. (*Met.* 615. y 719.)

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO TERCERO.

TEORIA GENERAL DEL MOVIMIENTO.

Expuesta ya la Teoría general de la Materia vamos á desenvolver la Teoría general del Movimiento; de aqui resultará la Teoría general de la Naturaleza visible que no encierra en sí otra cosa que Materia y Movimiento.

¡Da lástima ver esta interesante *Teoría del Movimiento* envuelta muchas veces en densas tinieblas, y fundada algunas en principios falsos y reglas erradas en muchos Autores de reputacion! Procuraremos darla toda la claridad de que es susceptible, y desterrar de ella todos los errores y equivocaciones que á veces la han desfigurado.

La Estimacion del movimiento, sus Obstáculos, sus Leyes generales, y su Comunicacion, son los objetos de que trataremos en las quatro Secciones siguientes.

SECCION PRIMERA.

ESTIMACION DEL MOVIMIENTO Ó DE LAS FUERZAS MOTRICES.

257. DEFINICION I. El *Movimiento* es el transporte ó tránsito sucesivo de un Cuerpo de un lugar á otro, sean las que quieran la causa, direccion y rapidez por que y con que se hace este tránsito ó transporte.

I.º Asi el Lugar como el Movimiento es absoluto y relativo, como ya lo hemos dicho y explicado en nuestra Metafísica. (*Met.* 251 y 253.)

II.º Solo Dios es la causa eficiente del Movimiento: el hombre, el bruto y la materia son solamente causas ocasionales. (*Met.* 789.)

—258. DEFINICION II. Se llaman *Diferencias del movimiento* las modificaciones que hacen, que un movimiento se distinga de otro.

Un movimiento se distingue de otro, ó por su direccion, ó por su velocidad, ó por su cantidad, ó por su combinacion.

Por exemplo un Movimiento horizontal se diferencia de un Movimiento vertical en la *Direccion*. Un movimiento menos rápido se diferencia de otro mas rápido en la *Velocidad*. Un movimiento como 2 se diferencia de otro como 4 en la *Cantidad*. Un movimiento compuesto de muchos movimientos se diferencia de un movimiento simple, ó de un movimiento mas ó menos compuesto en la *Combinacion*.

259. DEFINICION III. Todo Movimiento ó es en línea recta ó en línea curva. El movimiento tanto en línea recta como en línea curva es ó uniforme, ó acelerado, ó retardado.

El movimiento es *uniforme* quando es siempre igual á sí mismo; quando no padece aumento ni disminucion en su duracion ni en sus progresos. El movimiento es *acelerado* quando se aumenta sin cesar cada vez mas, como el movimiento de una bomba que cae perpendicular ú obliquamente al horizonte. El movimiento es *retardado* quando va disminuyéndose sin cesar, como el movimiento de una bomba que se eleva verticalmente.

260. DEFINICION IV. El *Movimiento en línea recta* considerado relativamente á la tierra es ó paralelo, ó perpendicular, ú obliquo al horizonte. Estas nociones son por sí tan claras y sensibles que no necesitan de explicacion alguna.

261. DEFINICION V. Se puede considerar el *Movimiento perpendicular* con relacion á una superficie plana, ó con relacion á una superficie curva.

I.º El Movimiento en línea recta es perpendicular á una *Superficie plana*, quando la línea que describe forma hácia todos lados ángulos rectos con esta superficie.

Este mismo movimiento es obliquo á la misma superficie quando la línea que describe forma con ella ángulos mayores de un lado que de otro. Este mismo movimiento feria paralelo á la misma superficie, si la línea que describe distase igualmente de ella por todas partes.

II.º El Movimiento en línea recta es perpendicular á un Cuerpo de *Superficie curva*, por exemplo á una Esfera; quando la línea que describe al tocar en este cuerpo prolongada indefinidamente mas allá del punto de contacto, pasaria por el centro de la curvatura. Pero si esta línea prolongada hubiera de pasar por fuera del centro, el movimiento es obliquo á este cuerpo.

La Velocidad absoluta y relativa de los cuerpos puestos en movimiento, la Cantidad de su movimiento, y el exámen de las Fuerzas vivas y muertas son los tres objetos de que trataremos en esta primera Seccion.

PARRAFO PRIMERO.

ESTIMACION DE LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO.

262. DEFINICION. La *Velocidad de un Cuerpo que se mueve* es la prontitud ó rapidez mayor ó menor con que corre un espacio.

La Velocidad no se puede estimar de otro modo que comparando el espacio corrido con el tiempo gastado en correrle. Aristo anduvo dos leguas caminando á paso igual y sostenido ¿qual era su velocidad? Sin suponer mas que esto, no se sabe. Aristo ha caminado por espacio de dos horas á paso uniforme ¿qual era su

velocidad? Todavía no se sabe. Aristo ha caminado por espacio de dos horas á paso uniforme y ha andado dos leguas; ya su velocidad es conocida.

La Velocidad pues es el espacio andado, dividido por el tiempo que se ha gastado en andarle; ó bien *la Velocidad es la relacion del espacio andado con el tiempo gastado en andarle.*

Quanto mayor es el espacio y mas corto el tiempo, mayor es la velocidad. Quanto mas pequeño es el espacio y mas largo el tiempo, menor es la velocidad.

263. COROLARIO. De esto se sigue que *la Velocidad puede expresarse por medio de una Fraccion en que el numerador sea el espacio corrido, y el denominador el tiempo gastado en correrle.*

Tal es esta fraccion $\frac{E}{T} = V$: ó esta $\frac{e}{t} = v$.

De aqui nacen estas quatro Reglas que sirven para comparar y estimar la *Velocidad relativa* de diferentes cuerpos.

REGLAS GENERALES SOBRE LAS VELOCIDADES RELATIVAS.

264. REGLA I. *Si los espacios andados y los tiempos gastados en andarlos son iguales, las Velocidades son iguales.*

Porque dos fracciones son iguales quando sus numeradores y denominadores son iguales: por exemplo $\frac{10}{12} = \frac{10}{12}$.

265. REGLA II. *Si los tiempos son iguales y los espacios andados desiguales, las Velocidades son entre sí como los espacios.*

Porque dos fracciones que tienen un mismo denominador son entre sí como los numeradores, por exemplo $\frac{10}{12} : \frac{20}{12} :: 10. 20.$ (Mat. 190.)

266. REGLA III. *Si los espacios andados son iguales y los tiempos gastados en andarlos desiguales: las Velocidades son en razon inversa de los tiempos.*

Porque quando los numeradores de dos fracciones

son iguales, las dos fracciones están en razon inverfa de los denominadores, por exemplo $\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{20} :: 20 \cdot 10$.

267. REGLA IV. *Si los espacios y los tiempos son desiguales, las Velocidades son entre sí como los quócientes de los espacios divididos por los tiempos respectivos.*

Porque siendo desiguales los numeradores y denominadores de dos fracciones, el valor de cada fraccion es igual al quociente de su numerador dividido por su denominador. Por exemplo $\frac{1}{10} \cdot \frac{9}{4} :: \frac{1}{2} \cdot 2$. (*Mat.* 190.)

PARRAFO SEGUNDO.

ESTIMACION DE LA CANTIDAD DEL MOVIMIENTO.

268. OBSERVACION. Consta por la experiencia que un *Cuerpo de una masa determinada* tiene tanto mas movimiento ó fuerza motriz, quanto mayor es su velocidad: que un *Cuerpo de una velocidad determinada* tiene tanto mas movimiento ó fuerza motriz, quanto mayor es su masa.

De donde se infiere que *la Masa y la Velocidad deben ambas entrar en la estimacion de la Cantidad del movimiento.* Por exemplo; (*Fig.* 17.)

I.º Si dos Cuerpos A y B iguales en masa parten á un mismo tiempo de un mismo sitio, y llegan al mismo tiempo á un mismo término, bien se comprehende que tienen una misma cantidad de movimiento.

Pero supongamos que la masa del cuerpo A es al doble mayor que la del cuerpo B, y que ambas llevan una misma velocidad; ya se comprehende que la *Mitad del cuerpo A* debe tener tanto movimiento como todo el cuerpo B, y que todo el cuerpo A en razon de su masa equivalentemente doble debe de tener dos veces mas movimiento que todo el Cuerpo B.

Luego *para estimar el Movimiento ó la Fuerza motriz se debe atender á la masa.*

II.º Si dos Cuerpos A y B iguales en masa parten á un mismo tiempo de un mismo sitio, y el cuerpo A llega á un término mas ó menos distante mucho antes que el cuerpo B: bien se conoce que el cuerpo A debe tener mas cantidad de movimiento que el cuerpo B.

Por exemplo, se comprehende que el cuerpo A tendrá dos ó quatro veces mas movimiento que el cuerpo B, si el cuerpo A llega al término comun dos ó quatro veces mas pronto que el cuerpo B.

Luego para estimar el Movimiento ó la Fuerza motriz se debe atender tambien á la velocidad.

Luego la Masa y la Velocidad deben ambas entrar en la estimacion del Movimiento ó de la Fuerza motriz, pues que mayor masa ó mayor velocidad en un cuerpo le da mayor cantidad de movimiento.

269. ASERCION. *La Cantidad de movimiento en un cuerpo es el producto de la masa por la velocidad, ó de la velocidad por la masa.*

DEMOSTRACION. I.º Quando dos cantidades concurren á formar una *tercera cantidad*, es claro que esta tercera cantidad debe ser el producto de las cantidades generantes.

Es asi que la Masa y Velocidad concurren juntas á formar la cantidad del movimiento, como acabamos de observar: luego la cantidad del movimiento debe ser el producto de la masa y de la velocidad multiplicadas indiferentemente una por otra.

II.º La experiencia confirma y demuestra la verdad de esta teoría; porque para dar en todos los *Movimientos mecánicos* doble fuerza motriz á un cuerpo, basta doblarle la masa, ó la velocidad; y para hacer su fuerza motriz ó su cantidad de movimiento tres ó quatro veces mayor, basta triplicar ó quadruplicar su masa ó su velocidad, y así progresivamente.

Luego la *Cantidad de movimiento* en un cuerpo qualquiera que sea es siempre el producto de la masa por la velocidad, ó de la velocidad por la masa. (L. Q. P. D.)

270. NOTA. De esta teoría asi expuesta y aclarada se

derivan como otros tantos Corolarios, las cinco Reglas siguientes que sirven para comparar y estimar la *Quantidad respectiva* del Movimiento ó Fuerza motriz que tienen dos cuerpos, cuya masa y velocidad son conocidas.

No haremos aqui mas que proponer estas Reglas sin detenernos á demostrarlas: porque en sí mismas llevan su demostracion entera y completa, fundada sobre los principios manifiestos que acabamos de sentar, y sobre las mas sencillas nociones de la Multiplicacion arithmética ó algébrica.

REGLAS GENERALES SOBRE LAS FUERZAS RESPECTIVAS.

271. REGLA I. Quando dos Cuerpos tienen la misma masa y velocidad, uno que otro, tienen igual cantidad de movimiento.

Porque sea M ó m la expresion de la masa: V ó u la expresion de la velocidad; claro está que $M \times V = M \times V$, ó $m \times u = m \times u$.

272. REGLA II. Quando dos Cuerpos son iguales en masa y desiguales en velocidad, sus cantidades de movimiento respectivas son entre sí como sus velocidades.

Porque es claro, que $M \times V. M. \times v. :: V. u.$ (*Math. 221.*)

273. REGLA III. Quando dos Cuerpos son iguales en velocidad y desiguales en masa, sus cantidades de movimiento respectivas son entre sí, como sus masas.

Porque es claro segun la misma proposicion matemática que $V \times M. V \times m. :: M. m.$

274. REGLA IV. Quando dos Cuerpos son desiguales tanto en masa como en velocidad, sus cantidades de movimiento respectivas son entre sí como los productos de las masas por las velocidades respectivas.

Porque estas dos Fuerzas motrices no son otra cosa que el producto de cada masa por su mayor ó menor velocidad particular.

275. REGLA V. Si dos Cuerpos M y m . son desiguales en masa y en velocidad, de tal suerte que M exceda á m en masa precisamente otro tanto como m excede á M en

velocidad : sus cantidades de movimiento son iguales.

Y recíprocamente si las cantidades de movimiento son iguales en dos cuerpos de masa desigual : sus velocidades están en razón inversa de sus masas.

DEMOSTRACION. I.º La primera parte de esta Regla es evidente. Porque dos productos son necesariamente iguales, quando el multiplicando M del primero es al multiplicando m del segundo, como el multiplicador V del segundo es al multiplicador u del primero. Por exemplo $10 \times 5 = 5 \times 10$.

II.º La segunda parte de esta Regla no es menos evidente. Porque si dos Productos son iguales, es absolutamente necesario que haya proporcion entre las quatro cantidades desiguales de que resultan. (*Math.* 172.)

Pues para que haya semejante proporcion entre las quatro cantidades de que aqui tratamos, es absolutamente necesario que la masa grande M sea á la masa pequeña m , como la velocidad grande V á la velocidad pequeña u .

Por exemplo si $M \times v = m \times V$: Luego $M. m :: V. u$. Otro exemplo, si $10 \times 5 = 2 \times 25$. ; luego $10. 2 :: 25. 5$ y así proporcionalmente. (*Math.* 173.)

III.º Esta quinta Regla es el principio fundamental de toda la Mecánica, ciencia que enseña el modo de vencer las resistencias mas grandes por medio de masas muy pequeñas, lo que se consigue aumentando la velocidad en la masa pequeña hasta tal grado que resulte en ella un producto igual ó superior al de la masa grande multiplicada por su velocidad pequeña. (421.)

276. NOTA I. Para valuar las Masas y Velocidades cuya estimacion debe necesariamente entrar en la estimacion del Movimiento es necesario compararlas con *Medidas análogas y conocidas*. Por exemplo

I.º La *Cantidad de las Masas* en dos cuerpos se estima por sus pesos, y por la comparacion de sus pesos con pesos conocidos y determinados.

Una masa de plomo y otra de corcho de una libra cada una, son iguales. Una masa de plomo de una libra, y

otra de plomo ó corcho de una onza son entre sí como 16 es á 1.

II.º La *Quantidad de las Velocidades* en dos cuerpos se estima como hemos dicho, dividiendo en cada uno de por sí el espacio andado por el tiempo que se ha gastado en andarle: hecho lo qual los quöcientes respectivos expresarán las velocidades respectivas.

El espacio se mide por toesas, pies, pulgadas y lineas. El tiempo por horas, minutos, segundos, terceros, &c.

277. NOTA II. Supuesta la teoria de la *Quantidad del Movimiento* que acabamos de exponer, segun la qual es siempre igual al producto de la velocidad por la masa, ó de la masa por la velocidad:

I.º Se comprehende como unos *Cuerpos de una pequenez prodigiosa*, como son las moléculas de fuego, de materia eléctrica y los espíritus animales producen efectos tan grandes.

La pequenez de la masa se compensa en ellos con el grandor excesivo de la velocidad; y el producto que expresa su fuerza motriz ó su cantidad de movimiento viene á ser muy considerable mediante esta excesiva velocidad á pesar de la pequenez de la masa.

II.º Se comprehende ademas como un *pequeño Guijarro elástico* metido entre dos peñascos muy grandes, de los quales el uno desgajándose va cayendo y carga sobre el otro con una velocidad mui lenta, escapa á veces con una velocidad prodigiosa, con una velocidad incomparablemente superior á la de la masa enorme que le imprime el movimiento.

Este guijarro ha sido comprimido por el producto de la masa y de la velocidad del grueso peñasco que cargó sobre él, y segun las *Leyes de la Compresion y Reaccion*, que explicaremos bien pronto, ha escapado y corrido con una cantidad de movimiento igual á la Fuerza comprimente, lo qual no podia ser sin que este guijarro que es de una masa mui pequeña adquiriese una velocidad mui grande.

PARRAFO TERCERO.

EXAMEN DE LAS FUERZAS VIVAS Y MUERTAS.

278. OBSERVACION. ¡He aquí una materia que parece el escándalo de la Física! Se ve en ella á los mayores Físicos y mejores Matemáticos fundados en observaciones Físico-Matemáticas dividirse en opiniones diametralmente opuestas. ¡Que plausible pretexto de triunfo para el ciego é insensato Pirrónico! Pero bien pronto haremos ver que este escándalo filosófico consiste únicamente en una *Mala inteligencia*, y que ambos partidos convienen en el fondo de las cosas.

I.º Se llama *Fuerza muerta*, una fuerza que lucha en vano contra una resistencia que no puede vencer. Por exemplo

Si sobre los dos platillos de una balanza se pone en el uno un peso de dos libras, y en el otro uno de una libra: este peso de *una libra* es una fuerza muerta, una fuerza como destruida por la fuerza ó la resistencia opuesta.

Si sobre los mismos dos platillos se ponen de una y otra parte pesos iguales de fuerte que estén en equilibrio; una y otra fuerza es en este caso fuerza muerta, fuerza que destruida por la opuesta parece destituida de acción. *Vis cujus actio perseveranter eliditur, et quasi mortua remanet.*

II.º Se llama *Fuerza viva*, una fuerza que vence la resistencia opuesta, que mueve y hace mudar de lugar al cuerpo que se opone á su acción.

Por exemplo, si sobre los dos platillos mencionados se pone en uno un peso de diez libras, y en el otro un peso de doce, el *peso de doce libras* es una fuerza viva: una fuerza cuya acción mueve el obstáculo, y queda vencedora de la resistencia que este le opone. *Vis cujus actio non eliditur, sed victo obice viva remanet.*

El célebre Buffon da otra idea de las Fuerzas vivas

y muertas ; pero la que él da nada tiene que ver con el objeto de la cuestión presente.

279. NOTA I. La Fuerza viva y la Fuerza muerta tienen una y otra una acción muy real y activa. La *Acción de la Fuerza viva* consiste en vencer la fuerza que se la opone. La *de la Fuerza muerta* en destruir en la fuerza opuesta una cantidad de fuerza igual á la suya.

I.º Como la acción de la Fuerza muerta es constantemente destruida por el obstáculo ó resistencia que encuentra : el efecto de todos sus esfuerzos constante y perseverantemente destruidos es siempre el mismo sin aumento , ni disminución alguna en todo el tiempo que dura su acción.

II.º No es lo mismo de la acción de la Fuerza viva. Como esta fuerza triunfa del obstáculo que se la opone, y después de haber movido el cuerpo resistente queda todavía viva y activa, y continúa en obrar sobre el cuerpo que lleva tras de sí ; el efecto de sus esfuerzos , de sus *conatos* contra este cuerpo es un efecto que siempre se aumenta , un efecto proporcional á la intensidad y duración de todos sus esfuerzos colectivamente tomados.

Por exemplo en un *Peso de diez libras*, que lucha en una balanza contra un peso igual ó mayor por espacio de quatro segundos : el último esfuerzo , el *último conato* no produce mas ni menos efecto que el primero ; este esfuerzo siempre destruido queda siempre igual á 10.

Pero en un *Peso de diez libras*, que en una balanza levanta un peso opuesto por el mismo espacio de quatro segundos : después del primer esfuerzo que ha hecho perder su lugar , y empezado á llevar tras de sí el obstáculo , el cuerpo vencedor conserva todavía su fuerza, y continúa en ejercerla durante todo el tiempo que el cuerpo opuesto se halla sometido á su acción. Si esta acción ha hecho un esfuerzo , y producido un efecto como 10. durante el primer segundo : hará un nuevo esfuerzo , y producirá un nuevo efecto como 10. en cada segundo siguiente ; y así imprimirá al cuerpo que lleva tras de sí un movimiento que siempre irá creciendo.

De donde resulta que un exfuerzo como 10. en una fuerza muerta que no puede ya repetir ni acumular el efecto siempre nulo de su accion, es siempre igual á 10: al paso que un exfuerzo como 10, en una fuerza viva si se repite dos veces, es igual á 20, si quatro á 40, y si diez á 100.

III.º Únicamente atendemos aqui á la *accion misma de la Fuerza viva*, sea la que quiera su direccion, su intensidad, y la cantidad de su efecto.

Sea que ella obre de arriba abaxo, ó de abaxo arriba, en una direccion paralela ú obliqua al Horizonte: sus exfuerzos se repiten contra el obstáculo que lleva tras de sí mientras que está fometido á su accion, y el *Resultado de sus exfuerzos* quando se acaben, será proporcional á su intensidad y duracion.

280. NOTA II. Antes del fin del último Siglo todos los Físicos del Mundo estaban de acuerdo sobre la estimacion de las Fuerzas vivas y muertas: y las miraban indistintamente á unas y otras, como que eran en toda especie de cuerpos el *Producto de la masa y de la velocidad*.

Un Genio superior nacido para obrar revoluciones en los espíritus, el famoso Leibnitz quiso establecer una *Distincion singular* entre estas dos especies de fuerzas. Afirmó y sostuvo que en las fuerzas muertas la cantidad del movimiento es el producto de la masa por la simple velocidad, pero que en las vivas la cantidad del movimiento es el producto de la masa por el quadrado de la velocidad. Por exemplo sea una bala de á libra movida con una velocidad como 100, ó con una velocidad en virtud de la que ande cien tocasas en un segundo. Según Leibnitz

I.º Si esta bala da en un muro que no puede derribar; su fuerza motriz es una *Fuerza muerta*, igual al producto de su masa 1. por su velocidad 100. En este caso la Fuerza $F = 100$.

II.º Si esta bala da en un muro que derriba con facilidad, su fuerza motriz es una *Fuerza viva*, igual al producto de su masa 1. por el quadrado de su velocidad

100., el qual quadrado es 10000. En este caso la Fuerza $F = 10000.$

La fuerza pues de esta misma bala movida siempre con la misma velocidad, es segun Leibnitz cien veces mayor en el segundo caso que en el primero.

III.º Por extraña que parezca esta opinion no ha dexado de dividir en Partidos al Mundo Filosófico; y la *Distincion de las Fuerzas vivas y Muertas*, impugnada por los mas de los Físicos Ingleses y Franceses, quienes se han atenido al cálculo antiguo, ha sido adoptada con entusiasmo por la mayor parte de los Físicos Alemanes y Holandeses, tales entre otros, como los Muschembroeks, los s^r Gravesandes, los Wolfios, quienes han seguido el cálculo de Leibnitz.

PROPOSICION.

281. *No se debe admitir distincion alguna real entre las Fuerzas vivas y muertas, y la disputa que tiene dividido sobre este objeto al mundo filosófico no parece que es otra cosa que una mera quæstion de nombre en que todos convienen en la cosa que se disputa.*

DEMOSTRACION. Para probar esta proposicion haremos ver que la *Opinion de Leibnitz* es una paradoxa opuesta á lo que la razon enseña, y que las experiencias que nadie niega, sobre las que funda él esta paradoxa, nada prueban á su favor.

I.º *La Opinion de Leibnitz parece opuesta á la Razon, y lo demuestró.*

Todos convienen unánimemente en que las *Fuerzas muertas* deben estimarse multiplicando la masa por la simple velocidad. Es asi que las *Fuerzas muertas*, sin mudar intrínsecamente de naturaleza, sin adquirir nada absolutamente real, se harian *Fuerzas vivas* si cediese el obstáculo que las detiene: Luego si cediendo el obstáculo, las *Fuerzas muertas* se hiciesen *Fuerzas vivas*, deberian estimarse como quando eran muertas por el simple producto de la masa y velocidad, pues que su naturaleza

es siempre intrínseca y positivamente la misma, sea que resista, sea que ceda el obstáculo.

¿A quien se persuadirá que la bala de que acabamos de hablar, (280.) teniendo siempre la misma masa y la misma velocidad, tenga intrínsecamente en sí misma una fuerza ya como 100. ya como 10000. en razon únicamente del acaso extrínseco, que se verifique de parte del obstáculo que encuentra? ¡Que extraña paradójal Si fuera posible que se la fundase. en una demostracion rigurosa, semejante demostracion no conseguiria de nosotros mas que hacernos dudosa y sospechosa la certidumbre misma de las Demostraciones fisico-matemáticas.

II.º *La Opinion de Leibnitz no está probada por la Experiencia, y lo demuestro.*

Todos los Filósofos están de acuerdo acerca de la estimacion del efecto producido por las *Fuerzas vivas*. Tanto los que adoptan como los que impugnan la Distincion de Leibnitz convienen en que el efecto producido por dos Móviles, que vencen el obstáculo que se les opone, es igual despues de consumidas sus fuerzas al producto de las masas por el quadrado de las velocidades respectivas.

Por exemplo, convienen en que si *dos Balas* cuyas masas son iguales, y las velocidades como 2 á 1 chocan contra un obstáculo igual que cede á su fuerza motriz, el efecto de la primera será quádruplo del de la segunda despues de consumidas sus fuerzas.

Convienen tambien en que si *dos Globos iguales* empiezan á rodar con velocidades, que sea la una triple de la otra sobre una superficie horizontal que ocasiona una fraccion ó resistencia uniforme, los espacios corridos por estos dos globos, quando se hayan consumido sus fuerzas motrices, serán como 9 á 1.

Convienen tambien en que si estos dos globos al tiempo de empezar á moverse encuentran sobre el plano horizontal otros dos de igual masa y elasticidad que ellos, estos otros dos con quienes chocan, quando hayan perdido todo el movimiento que se les haya comunicado por

el choque, habrán corrido espacios que serán entre sí como 9 á 1.

No hay oposicion alguna entre los Físicos acerca de estos efectos que la experiencia comprueba. ¿Pero estos efectos incontestables forman una demostracion en favor de la distincion de Leibnitz? No sin duda; pues que se los puede explicar estimando las Fuerzas vivas como las muertas por el simple producto de la masa y de la velocidad. He aquí la explicacion de estos fenómenos en la Sentencia opuesta á la de Leibnitz. (*Fig. 17.*)

EXPLICACION. Sean *dos Bolas A y B* iguales en masa, y movidas sobre un plano horizontal con velocidades que sean entre sí como 2 á 1.

I.º Estimemos el Movimiento ó la Fuerza motriz de estas bolas multiplicando su masa por su simple velocidad. La fuerza motriz de la bola A será doble de la de la B, y experimentando ambas la misma resistencia en el plano sobre que ruedan, es claro que el movimiento de la bola A que es *doble en intensidad* debe ser tambien *doble en duracion*.

Durante todo el tiempo en que ambas bolas se mueven, la bola A anda ó corre doble espacio que la bola B: y quando la bola B se para, la bola A conserva todavia su movimiento, el qual no se acabará hasta que haya hecho andar á la bola á quien anima, un espacio todavia igual al precedente. No se parará pues la bola A en fuerza de su *Movimiento doble en sí mismo* del de la bola B, hasta que haya andado un espacio quatro veces mayor que la bola B.

Si esta bola A hubiera tenido seis veces mas velocidad que la bola B, hubiera tambien tenido una cantidad de movimiento seis veces mayor *en intensidad*, que hubiera sido tambien seis veces mayor *en duracion*. De consiguiente despues de consumidas sus fuerzas, la bola A con una cantidad de movimiento únicamente seis veces mayor en sí misma hubiera andado un espacio 36 veces mayor que el de la bola B.

II.º Si se supone que las *dos Bolas iguales y elásticas*

A y B movidas con velocidades como 2 y 1 encuentran sobre un plano horizontal dos bolas elásticas de igual masa: bien claro está que en el tiempo en que se hace la compresion entre estas quatro bolas, la bola A como que tiene dos veces mas velocidad hará dos esfuerzos contra la bola que encuentra en el mismo instante determinado en que la bola B, como que solo tiene la mitad menos de velocidad, no hará mas que un esfuerzo contra la bola que se la opone.

La compresion que causa la bola A no debe durar mas que la que causa la bola B, porque siendo la reaccion igual á la accion como explicaremos adelante (327), aunque la bola A tiene dos veces mas movimiento que la bola B, tambien experimenta dos veces mas resistencia en la compresion; y asi su movimiento debe acabarse en el mismo instante que el de la bola B.

Suponiendo pues la compresion acabada de ambas partes en una suma igual de instantes infinitamente pequeños y las dos bolas impelentes privadas de todo su movimiento: la bola impelida por la bola A debe correr sobre el plano horizontal con una suma de movimiento, que comparada con el movimiento de la bola impelida por la B, será doble en cantidad, y doble en duracion, y de consiguiente quádruplo en su efecto total quando las dos bolas acaben sus movimientos.

Lo mismo proporcionalmente sucederia si la bola A tuviera 10 veces mas velocidad que la bola B, pues en este caso la bola impelida y comprimida por la A se moveria con un movimiento 100 veces mayor que el que tendria la bola impelida por la B.

III.º De aqui resulta que se pueden y deben calcular de un mismo modo las *Fuerzas vivas* y las *muertas*; las primeras multiplicando la masa por la *Velocidad actual*, que vence al obstáculo y produce libremente todo su efecto; las últimas multiplicando la masa por la *Velocidad inicial*, que vencida por el obstáculo tira en vano á producir todo su efecto.

Luego no se debe admitir Distincion alguna real entre las fuerzas vivas y las muertas. (L. Q. P. D.)

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

282. OBJECCION I. En las Fuerzas vivas siendo las masas iguales son los efectos como los *Quadrados de las velocidades*, segun confiesan los mismos partidarios de la Sentencia opuesta á la de Leibnitz ; luego las fuerzas que seguramente deben ser como los efectos producidos , son tambien como los quadrados de las velocidades , y no como las simples velocidades.

RESPUESTA. I.º En las Fuerzas muertas como en las Fuerzas vivas , siendo iguales las masas y velocidades serian tambien iguales los efectos , si las fuerzas muertas pudiesen ejercer toda su actividad como lo hacen las vivas , puesto que no las falta á las muertas para ser vivas , otra cosa que vencer su obstáculo , la qual condicion es enteramente extrínseca y estraña á su naturaleza y actividad.

Luego pues que la actividad de las fuerzas muertas y vivas es la misma en su naturaleza , debe ser sometida á la misma estimacion ó al mismo cálculo.

II.º Las *Fuerzas muertas* , despues de que su primer exfuerzo ha sido vencido por la resistencia del obstáculo no pueden ejercer un exfuerzo segundo que venza al obstáculo ; y asi el primer exfuerzo de las fuerzas vivas es la expresion de toda su accion , la qual nada puede producir de nuevo despues de este primer exfuerzo inútil.

En las *Fuerzas vivas* al contrario , despues del primer exfuerzo el obstáculo que cede da lugar á nuevos exfuerzos de parte de la fuerza viva , y la suma acumulada de estos exfuerzos produce en realidad lo que los exfuerzos de la fuerza muerta solo tiran á producir , ó producen solamente en potencia.

Luego siendo las mismas en su naturaleza las Fuerzas muertas y las vivas , y no diferenciándose en otra cosa que en que la actividad de las primeras no puede des-

plegarle al paso que puede hacerlo la actividad de las segundas, no debe establecerse entre ellas distincion alguna real.

III.º Admitimos en horabuena todas las experiencias y cálculos por medio de los que se prueba que en las *Fuerzas vivas* comparadas entre sí, los efectos son como los productos de las masas por los quadrados de las velocidades.

¿Pero que se sigue de aqui? Se sigue únicamente como ya hemos explicado, que en dos *Fuerzas motrices* sean las que se quiera, siendo la cantidad de accion el producto de la masa por la simple velocidad se debe atender á un tiempo para estimarlas tanto á la *cantidad de la accion*, como á la *duracion de ella*.

IV.º ¿Si las *Fuerzas vivas* son entre sí como los efectos que produce su accion, porque las *Fuerzas muertas* no deberian ser entre sí como los efectos que su accion tira á producir? Luego si se estiman las *Fuerzas vivas* multiplicando la masa por el quadrado de la velocidad, seria igualmente necesario estimar las *Fuerzas muertas* multiplicando su masa por el quadrado de su velocidad, lo que no admiten los Partidarios de Leibnitz.

V.º La cantidad ó *actividad de las Fuerzas* debe estimarse por el grandor del efecto que producen ó tiran á producir en tiempos iguales, y no por el grandor del efecto que producen en tiempos desiguales.

Y dos *Fuerzas vivas* A y B con una masa igual y una velocidad doble la una de la otra, producen en un tiempo dado dos efectos que son entre sí como las velocidades, y no como los quadrados de las velocidades.

283. OBJECCION II. ¿Porque se han de estimar dos *Fuerzas motrices* por el efecto que producen en tiempos iguales, por exemplo en el *primer instante* de su impulsión, mas bien que por su efecto total correspondiente á toda la duracion de su accion?

RESPUESTA. La razon es porque las *Fuerzas motrices* se estiman principalmente con relacion á la resistencia de los obstáculos que tienen que vencer, y esta

resistencia exige que se atienda especialmente á la cantidad del primer exfuerzo, el qual si es vencido por la resistencia del obstáculo hace nulos todos los exfuerzos que le hubieran seguido, si hubiera cedido el obstáculo.

I.º Supongamos que una *Masa de un quintal* sea precisamente suficiente para resistir sin ser movida, al impulso del cuerpo A que da en ella con dos grados de velocidad.

Una *Masa de dos quintales* será precisamente suficiente para resistir sin ser movida, al impulso del mismo cuerpo A que dé en ella con quatro grados de velocidad.

II.º Se ve claramente y todos convienen en que estas dos Fuerzas muertas $A \times 2$, $A \times 4$ son entre sí como 1 á 2.

Con todo si en estos dos casos llegase á perder el obstáculo parte de la cantidad de materia con que resiste, (lo que es una cosa enteramente extraña á estas dos Fuerzas motrices) cediendo el obstáculo al impulso del primer choque, el efecto total de estas dos fuerzas quando se hubiesen consumido, sería como 1 en el primer caso y como 4 en el segundo. Porque en el primer caso la fuerza como 1 sería = 1 en cantidad, y = 1 en duracion: $1 \times 1 = 1$. En el segundo caso la fuerza como 2 sería = 2 en cantidad, y = 2 en duracion: $2 \times 2 = 4$.

284. OBJECCION III. Sean dos Bolas A y B movidas sobre un plano horizontal que oponga por todas partes igual resistencia á su movimiento A de una libra con una velocidad 2, y B de dos libras con una velocidad 1.

Segun el cálculo de los que siguen la opinion contraria á la de Leibnitz, estas dos bolas tienen igual cantidad de movimiento una que otra; segun sus Partidarios la bola A debe tener una cantidad de movimiento doble del de la bola B, porque 1×4 quadrado de 2 es igual á 4, y 2×1 quadrado de 1 es igual á 2. Luego la disputa sobre este objeto no es como se pretende una mera questão de nombre. (*Fig. 17.*)

RESPUESTA. Las dos Fuerzas que aqui se compa-

ran son *Fuerzas vivas*, y segun confiesan los mismos contrarios, quando se hayan consumido habrán andado la bola A un espacio igual á 4, y la bola B un espacio igual á 2.

Siendo la bola B doble en masa, cada una de sus mitades es igual á toda la bola A, y así el efecto de la fuerza motriz es el mismo en ambas bolas, porque esta fuerza motriz transporta de una parte una bola de dos libras á una distancia como 2, y de otra una bola de una libra á una distancia al doble mayor.

Siendo estas dos Fuerzas motrices iguales *en intensidad* son tambien iguales *en duracion*; pero la que tiene mas velocidad anda dos Espacios, mientras que la otra no anda mas de uno. La que tiene mas velocidad y menos masa, solo experimenta al andar los dos espacios otra tanta resistencia como la que tiene menos velocidad, y mas masa al andar el uno solo.

Resulta pues todavia no obstante estas objeciones, que la disputa sobre la *estimacion de las Fuerzas* no es mas que una cuestion de nombre en que todos convienen en los efectos, pero en que los efectos no prueban como pretenden los Sequaces de Leibnitz, una *Distincion real* entre las Fuerzas vivas y muertas.

SECCION SEGUNDA.

OBSTACULOS DEL MOVIMIENTO.

285. OBSERVACION. No tienen todos los Cuerpos igual disposicion al Movimiento; unos oponen mas, y otros menos resistencia á las Fuerzas que los mueven ó al movimiento que los anima, segun que son ó de diferente figura, ó mas ó menos lisas sus superficies, ó de diferentes densidades, ó en fin segun la mayor ó menor resistencia que encuentran en los medios por donde se mueven.

I.º Pónganse sobre un mismo Plano horizontal un globo de plomo de diez libras, y un cubo de la misma materia y del mismo peso, que tengan las superficies igualmente lisas.

Será mas facil mover horizontalmente el globo que el cubo, y si se les imprime un mismo movimiento á uno que á otro, durará mas en el globo que en el cubo. Luego *la figura de un Cuerpo contribuye algo á su mayor ó menor disposicion al movimiento.*

II.º Sean dos Cubos iguales de mármol, el uno perfectamente liso y puesto sobre un plano horizontal tambien muy liso, y el otro desigual y escabroso, y puesto sobre un plano igualmente escabroso y desigual.

Será mas fácil mover, y conservará por mas tiempo el movimiento que se le imprima, el primer cubo que el segundo. Luego *la mayor ó menor lisura en las superficies contribuye tambien algo á la mayor ó menor movilidad de los Cuerpos.*

III.º Sean dos Cubos sólidos de un pie de diámetro, el uno de plomo y el otro de carton, de superficies igualmente lisas, y puestos sobre un plano horizontal tambien liso. Si se les quiere hacer mover sobre este plano se encontrará mas resistencia en el primero que en el segundo, y el esfuerzo que se necesitará hacer para moverlos será proporcional á su densidad ó á la cantidad de materia que tienen baxo de su volúmen, que es el mismo. Luego *los Cuerpos oponen al movimiento una resistencia ocasionada por su densidad, y proporcional á ella.*

IV.º Si dos Cuerpos de igual volúmen, densidad, lisura y figura se mueven el uno en el aire y el otro en el agua, encuentran una desigual resistencia á su movimiento. Luego *la diversidad de los medios en que se mueven los Cuerpos se opone mas ó menos á su movimiento, y á su tendencia á él.*

La resistencia ocasionada por la *diversidad de Densidades* y por la *diversidad de Medios* exige una explicacion aparte, la qual vamos á dar en los dos párrafos siguientes.

PARRAFO PRIMERO.

LA FUERZA DE INERCIA.

286. OBSERVACION. Hay en la Materia como acabamos de advertir, una *resistencia al Movimiento* ocasionada únicamente por la mayor ó menor cantidad de materia que se ha de mover. A esta resistencia siempre proporcional á la cantidad de la materia la han llamado los Físicos modernos *Fuerza de inercia*, la qual no se debe confundir con lo que hemos llamado en otra parte *Inercia de la materia*. (72.)

I.º Se llama *Inercia de la materia* la incapacidad natural que tiene de darse por sí misma movimiento y accion. Esta es en la Materia una propiedad puramente negativa. (75.)

II.º Llámase *Fuerza de inercia* en la Materia la resistencia ú obstáculo positivo que opone al movimiento si está en quietud; á la quietud si está en movimiento ó á recibir un movimiento diferente del que tiene en proporcion de su masa ó cantidad. Esta es en la Materia una propiedad positiva, sean las que quieran su naturaleza y causa.

Descartes atribuye esta resistencia al movimiento que se experimenta en un cuerpo que queremos mover, al simple *Reposo de las partes*.

Newton mira esta resistencia al movimiento como una *propiedad natural de la Materia*, en virtud de la qual toda materia en reposo opone al movimiento un obstáculo real y positivo siempre proporcional á su masa, sin que el reposo que no es mas que una mera privacion de movimiento, y que por consiguiente nada tiene de positivo influya poco ni mucho en esta resistencia positiva al movimiento.

Una Materia puesta en movimiento opone la misma resistencia positiva á quedar en reposo, como á recibir un movimiento diferente del que tiene.

287. ASERCION I. *Hay en todos los Cuerpos que estan parados una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza, en virtud de la qual oponen una resistencia positiva al movimiento. (Fig. 14.)*

DEMOSTRACION. Sean dos Globos no elásticos A y B, iguales en volúmen y de una misma materia, colgados en el aire ó en el vacío de hilos perpendiculares muy largos. Apartese de su perpendicular M A el globo A, y dexesele caer hácia su perpendicular por un arco de seis grados.

Si este globo A al caer por un arco de seis grados no encuentra con el globo B que se habrá tenido el cuidado de apartar, se moverá hasta seis grados mas allá de su perpendicular; pero si encuentra en el camino con el globo B de la misma masa que él, no llegará en compañía del globo B que impele delante de sí á mas altura que á la de tres grados más allá de su perpendicular. Sobre lo qual discurro asi:

El Globo en reposo opone una resistencia al globo en movimiento, pues á no ser así el globo en movimiento despues de haber dado en el globo en reposo, subiria hasta los seis grados mas allá de la perpendicular; como lo hace quando no encuentra obstáculo alguno. ¿ Porque, que motivo habria para que el globo en movimiento encontrando con el globo en reposo, perdiese la mitad de su movimiento si el globo en reposo no le opusiese resistencia alguna? Luego hay en este globo B, y por un juicio de analogía en todo Cuerpo una resistencia real y positiva al movimiento, inherente á su naturaleza, é independiente de todos los obstáculos extraños á ella.

Esta Resistencia al movimiento, que se experimenta igualmente en el vacío que fuera de él, es lo que llamamos Fuerza de inercia. Luego hay en todos los cuerpos una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza. (L. Q. P. D.)

288. ASERCION II. *Esta Fuerza de inercia es proporcional á la masa ó á la cantidad de materia que resiste.*

DEMOSTRACION. Siendo la Fuerza de inercia inherente á la materia, es claro que reside en cada elemento de materia y que la resistencia que opone debe ser propor-

cional á la suma de elementos en que reside, y de consiguiente como las masas que han de moverse, doble en una masa doble, quádrupla en una masa quádrupla. (L. Q. P. D.)

289. ASERCION III. *Esta Fuerza de inercia es independiente de la gravedad de los cuerpos, ó no tiene por causa la gravedad de los cuerpos.*

DEMOSTRACION. Si se dexa caer perpendicularmente un Cuerpo sólido sea el que quiera, y quando va baxando en fuerza de los impulsos de su gravedad se le pega rápidamente con un martillo, se experimenta en él una resistencia que no puede provenir de su gravedad, pues la gravedad ó pesantez lejos de oponerse al impulso del martillo, substrahe de él en quanto puede el cuerpo á quien anima.

Luego este cuerpo y qualquiera otro tiene una Fuerza de inercia, una resistencia al movimiento, cuya causa no es su gravedad ó pesantez. (L. Q. P. D.)

290. ASERCION IV. *Esta Fuerza de inercia, esta resistencia al movimiento es distinta é independiente del reposo de las partes.*

DEMOSTRACION. I.º Si esta Fuerza de inercia, ó resistencia al movimiento no es otra cosa en el cuerpo que el *Reposo de las partes* como quiere Descartes se sigue que un cuerpo de qualquiera masa por enorme que sea, debe ser movido por el mas pequeño choque, por el mas leve impulso del menor átomo. Porque el mas mínimo exfuerzo, el choque mas pequeño, el impulso mas leve es un movimiento real, y siendo todo movimiento necesariamente opuesto al reposo debe necesariamente acabar el reposo, siempre que exísta ú obre el movimiento.

Luego si la Fuerza de inercia no es otra cosa que el reposo de los cuerpos, un cuerpo de una masa qualquiera debería ser movido por el mas mínimo exfuerzo ó el mas leve impulso, lo qual es contrario á la experiencia que nos enseña que hay algunos Móviles á quienes no hace mudar de lugar un movimiento bastante considerable, y cuya resistencia destruye el movimiento que les impele. (310.)

Luego hay en los Cuerpos una Fuerza de inercia distinta é independiente del simple reposo de sus partes.

II.º Acabamos de observar en la demostracion de la Asercion precedente que esta Fuerza de inercia existe y se experimenta en los cuerpos, no solo quando están en reposo sino tambien quando están en movimiento. Luego es absurdo querer confundir esta Fuerza de inercia con el reposo de las partes. (L. Q. P. D.)

291. ASERCIÓN V. *Esta Fuerza de inercia es una consecuencia ó dependencia de la Ley general de la Impulsion.*

EXPLICACION. El mismo Autor de la Naturaleza que ha establecido las Leyes generales de la impulsion, y decretado que los Cuerpos recibiesen tal movimiento con ocasion de tal choque, ha decretado tambien que los Cuerpos opusiesen tal Resistencia al movimiento, y que esta resistencia ó fuerza de inercia fuese proporcional á la masa del cuerpo que se intenta mover.

Esta Fuerza de inercia es tan Qualidad oculta, como el movimiento mismo de la materia. La resistencia de los cuerpos como tambien su movimiento son un efecto fisico que no nace de su propia substancia, y no tiene ni puede tener por causa eficiente, otra que la *accion misma del Autor de la Naturaleza*, mediante la qual este Ser Supremo da á todas las cosas el movimiento ó quietud segun ciertas Leyes fixas y constantes libremente establecidas y puestas por él sin interrupcion alguna en accion y execucion. (Met. 8o y 783.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

292. OBJECCION I. El aire y los demas fluidos que rodean un *Cuerpo en reposo* le impiden ceder libremente al exfuerzo del cuerpo que le impele. Luego la resistencia que opone un cuerpo en reposo á un cuerpo que tira á moverle, se debe atribuir á la resistencia de los medios y no á una fabulosa Fuerza de inercia.

RESPUESTA. I.º Quitar la fuerza de inercia á los cuerpos sólidos que están en reposo para atribuirla al aire

y demas fluidos que los rodean, es destruir con una mano para edificar con otra.

II.º El aire y los demas fluidos que rodean los cuerpos en reposo pueden á la verdad oponer alguna resistencia al movimiento de estos cuerpos, porque el aire y los demas fluidos tienen como todos los demas cuerpos una resistencia ó fuerza de inercia proporcional á su masa la qual se opone á su movimiento.

Pero es evidente que los cuerpos quietos oponen á los cuerpos que los impelen una resistencia independiente de la del aire y demas fluidos que los rodean, porque fuera de que esta *resistencia de los cuerpos quietos* se verifica en el vacío casi igualmente que fuera de él, la grandeza de esta resistencia seria proporcional á la grandeza de las superficies, y de consiguiente un globo de carton dado de barniz de un pie de diámetro resistiria tanto como un globo de plomo ó de oro del mismo diámetro, lo que es absolutamente falso.

293. OBJECCION II. La Fuerza de inercia es siempre proporcional al peso de los cuerpos, ó á la cantidad de su materia gravitante. Esto parece indicar que la fuerza de inercia es idénticamente lo mismo que la pesantez ó gravedad.

La misma experiencia en que se ha fundado la existencia de esta fuerza de inercia (287) no prueba mas que la existencia de la pesantez en el globo que está quieto, el qual no puede apartarse de su perpendicular de otra fuerte que moviéndose contra la direccion de su pesantez.

RESPUESTA I. La *Pesantez de los Cuerpos* es efectivamente proporcional á su masa, y la *Fuerza de inercia* lo es igualmente; pero la porcion de estas dos fuerzas no prueba la *identidad de su naturaleza*.

La *Pesantez* sólo obra en una direccion que es la central, pero la *Fuerza de inercia* obra y resiste hácia todos lados y direcciones: luego la primera es enteramente distinta de la segunda, y la segunda totalmente distinta é independiente de la primera.

RESPUESTA II. Lo que se objeta contra la Experiencia

cia con que probamos la primera asercion precedente, y en que fundamos la existencia de una Fuerza real de inercia en los Cuerpos, nos parece muy mal concebido, y que de ninguna manera prueba la induccion que se quiere sacar de ella. (*Fig. 14.*)

I.º Estando los dos globos colgados de hilos muy largos perpendiculares y cercano el uno al otro como supone el Autor de esta ingeniosa Experiencia, andando el globo impelido un arco muy pequeño, solo se aparta infinitamente poco de la línea horizontal; y así este globo solo debería oponer al globo que le impele una resistencia infinitamente pequeña si obrara únicamente en virtud de su fuerza de gravedad.

II.º Si un globo impele á otro sobre un plano horizontal cuyos puntos esten todos igualmente distantes del centro de la tierra, el globo impelido opone la misma resistencia sensible al que le impele que en la experiencia que se acaba de citar.

Ahora bien, la resistencia de un globo impelido sobre un plano horizontal no se puede atribuir á la gravitacion, porque este globo no se aparta ni tira á apartarse del centro de la tierra; luego tampoco la resistencia del globo en reposo se deberá atribuir á la gravitacion en la experiencia que se quiere impugnar.

III.º Ya hemos observado que un cuerpo que cae libremente en la direccion de su gravedad y á quien se impele al caer, en la misma direccion opone al cuerpo impelente, sea en el vacío sea fuera de él una resistencia que no puede provenir de la gravitacion (289). Luego hay en los Cuerpos una resistencia al movimiento independiente de su gravitacion.

Esta Fuerza independiente tanto de la gravitacion como del reposo de las partes, y de la resistencia de los fluidos que rodean los cuerpos, es lo que llamamos con Newton *Fuerza de inercia*. Luego hay en los Cuerpos, ya esten en reposo ó ya en movimiento una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza, é independiente de todas las demas propiedades que tienen.

294. OBJECCION III. Si los Cuerpos tienen una Fuerza de inercia proporcional á su masa; ¿ como un cuerpo pequeño podrá mover á otro de una masa veinte ó treinta veces mayor, siendo así que la fuerza de inercia del cuerpo mayor excede la fuerza de impulsión del menor?

RESPUESTA. La *Fuerza de inercia* es una fuerza simple, siempre igual á sí misma, é incapaz de aumento ni disminución, mientras que la masa sea la misma.

Por el contrario la *Fuerza de impulsión* es una fuerza compuesta, que resulta de la masa y la velocidad; y así una masa pequeña multiplicada por una velocidad susceptible de aumento al infinito puede dar un producto ó una cantidad de Fuerza motriz capaz de exceder la resistencia ó fuerza de inercia que opone una masa mucho mas grande que ella.

PARRAFO SEGUNDO.

RESISTENCIA DE LOS MEDIOS.

295. OBSERVACION. Dos obstáculos generales se oponen al progreso ó duración del movimiento de un Cuerpo quando encuentra con otros en su carrera.

El primer obstáculo es la *Cohesion de las partes* del cuerpo, que tiene que apartar para proseguir su camino; tal es el obstáculo que detiene el progreso del movimiento de una Cuña que en fuerza de los golpes de la maza penetra ó tira á penetrar por un trozo de madera. Este obstáculo mayor ó menor en todos los cuerpos duros y sólidos es algun tanto sensible en ciertos Líquidos, pero es insensible y como nulo en los Fluidos como el aire, el fuego y la Juz.

El segundo obstáculo es la *Fuerza de inercia*, ó la resistencia que oponen á mudar de sitio los Cuerpos sólidos, líquidos y fluidos. De esta especie es el obstáculo

que encuentra una pelota en el agua ó en el mercurio cuyos elementos no tienen cohesion sensible, ó solo tienen una cohesion que es seguramente insuficiente para producir tan grande y tan pronta disminucion de movimiento como producen en la pelota que cae en ellos.

296. DEFINICION. Se llama *Resistencia de los medios* el obstáculo que oponen á los Cuerpos que se mueven, los Fluidos enmedio ó por entre los quales caminan.

I.º La Tierra, los Planetas y los Cometas moviéndose al rededor del Sol, no experimentan resistencia alguna sensible, porque se mueven en el Vacío como lo demostraremos en otra parte. (793).

II.º Los Cuerpos que se mueven cerca de la Tierra experimentan necesariamente alguna resistencia, porque forzosamente se han de mover, ó en el agua, ó en el aire, ó en otros fluidos que teniendo alguna masa deben de tener alguna fuerza de inercia, ó resistencia al movimiento.

III.º Esta Resistencia de los medios tiene forzosamente por raiz y causa, ó simplemente su *Fuerza de inercia* que les es común con todos los cuerpos, ó la *adherencia de sus partes entre sí*, si estos fluidos están compuestos de moléculas viscosas y coherentes, las que sea mas fácil mover juntas que separadas.

297. NOTA I. La *Resistencia de Cohesion ó Viscosidad* se percibe algun tanto en la mayor parte de los aceites. En el agua es como insensible; y es totalmente imperceptible, y se debe tener por nula en el aire, la luz y la materia subtil.

En estos tres últimos Fluidos sola la fuerza de inercia es la que puede oponer una resistencia sensible al movimiento de los cuerpos que los atraviesan.

298. NOTA II. La *Resistencia de Cohesion* infinitamente pequeña en el agua se debe tener por ninguna en los grandes movimientos que se hacen con mucha velocidad en este líquido, porque entonces la accion de esta fuerza es sensiblemente nula en comparacion de la fuerza que se opone.

Pero quando estos movimientos vienen á ser como infinitamente pequeños, la *Cohesion* que es siempre constante, uniforme y proporcional al tiempo puede tener un efecto sensible acabando de destruir por su resistencia la porcion infinitamente pequeña de movimiento que todavia conserva el móvil. Asi un sólido mas leve que el agua movido horizontalmente en un baño de agua quieta, llega en fin al reposo entero y perfecto en fuerza de la cohesion infinitamente pequeña de las partes del agua, la qual destruye al fin eficazmente un débil resto de movimiento que por su naturaleza tiraba á fuscitar siempre, descreciendo al infinito por partes proporcionales.

En la teoría que vamos á dar de los obstáculos del movimiento prescindirémos enteramente de esta *Resistencia de cohesion* que miramos como nula en los medios en que se executan los grandes movimientos de la Naturaleza, y pondrémos toda nuestra atencion en la *Resistencia de inercia* que se experimenta en todos los medios y respecto de todos los Cuerpos.

299. ASERCION I. Si un mismo Cuerpo empieza á moverse con una misma velocidad en diferentes Medios, la Resistencia que estos le oponen es proporcional á sus densidades.

DEMOSTRACION. Quanto mas denso es un Fluido, mas partes resistentes presenta al sólido que le penetra, y que no puede penetrarle sin hacer mudar de lugar á un volumen de fluido igual al suyo.

Quanto menos denso es un fluido, menos partes resistentes opone al cuerpo que le penetra, y que solo tiene que echar de su lugar á un volumen de fluido igual al suyo. Por exemplo un medio tres veces mas denso presenta triple número de partes que echar de su lugar: debe pues oponer una resistencia tres veces mayor, y así á proporcion.

Luego la Resistencia que experimenta un cuerpo que empieza á moverse con una misma velocidad en diferentes medios es proporcional á la densidad de ellos.
(L. Q. P. D.)

300. ASERCION II. Si dos Cuerpos semejantes, de gran-

dor desigual empiezan á moverse con una misma velocidad en un mismo Medio, la Resistencia de este medio será proporcional á las superficies de los dos cuerpos que le atraviesan.

DEMOSTRACION. Quanta mas superficie sólida é impenetrable, que es de la que aqui se trata, tiene un Cuerpo, mayor es la cantidad de fluido con que encuentra, y á quien echa de su lugar, pues como hemos dicho, encuentra y echa de su lugar necesariamente un volúmen de fluido igual al fuyo. Quanto mayor es la cantidad de Fluido impelido y echado de su lugar, mas son las partes resistentes con que encuentra el cuerpo que le penetra, pues cada parte de fluido tiene su resistencia particular.

Luego quanta mas superficie tiene un Cuerpo, mas resistencia halla en el medio en que se mueve, y recíprocamente quanta menos superficie tiene un cuerpo, menos resistencia halla en el medio. Luego si *dos Cuerpos* empiezan á moverse en un mismo medio con una misma velocidad, la resistencia que les oponga este medio fera proporcional á sus superficies. (L. Q. P. D.)

301. NOTA. Un globo de madera y otro de plomo de un mismo diámetro movidos en el aire con una misma velocidad experimentan igual resistencia. Pero el globo de plomo vence mas facilmente esta resistencia, porque teniendo igual velocidad y mayor masa que el de madera tiene mas fuerza motriz que oponer á la columna de aire que le resiste.

Supongamos que las sumas de movimiento de estos dos globos son entre sí como 20 es á 100. Quando la resistencia del aire haya hecho perder diez grados de movimiento á cada uno de estos dos globos, el globo de madera habrá perdido la mitad de su movimiento, y el de plomo solo habrá perdido la décima parte del fuyo. De consiguiente el movimiento de este mayor en intensidad, será tambien mayor en duracion.

302. ASERCION III. Si un mismo Cuerpo empieza á moverse en un mismo Medio, por exemplo en el aire con velocidades diferentes, la resistencia del medio será proporcional al cuadrado de la velocidad del cuerpo que le penetra.

DEMOSTRACION. Muévase un globo con una velocidad que le haga andar una toesa por segundo, en medio de un fluido sea el que quiera, por exemplo el aire. En un segundo hará mudar de lugar á una columna de fluido de una toesa de largo, é imprimirá á todas las moléculas del fluido impelido una velocidad igual á la fuya.

Muévase despues este mismo globo en el mismo fluido con una velocidad que le haga andar dos toesas por segundo. En un segundo hará mudar de lugar á una columna de fluido de dos toesas de largo, é imprimirá á todas las moléculas del fluido impelido una velocidad igual á la fuya; esto es una velocidad doble de la precedente.

I.º En el primer caso el Móvil echa de su lugar una cantidad de fluido como 1, á quien imprime una velocidad como 1, y como pierde otro tanto movimiento como comunica, y comunica el movimiento á proporcion de la resistencia que experimenta, pierde una cantidad de movimiento cuya masa es 1, la velocidad 1, el producto $1 \times 1 = 1$.

II.º En el segundo caso el Móvil echa de su lugar á una cantidad de fluido como 2, á quien imprime una velocidad como 2: pierde pues una cantidad de movimiento cuya masa es 2, la velocidad 2, y el producto $2 \times 2 = 4$.

De consiguiente el movimiento perdido por el Móvil, y por tanto la resistencia opuesta por el fluido son en estos dos casos como 1 es á 4: es decir como el quadrado de la primera velocidad es al quadrado de la segunda.

III.º La Teoría que acabamos de aplicar á estos dos exemplos de velocidades desiguales, es una Teoría general que fácilmente se puede aplicar á todos los casos posibles de velocidades diferentes. Por exemplo si las velocidades de un mismo Móvil en un mismo medio fueran como 1 es á 10, las *Resistencias del fluido* respecto de este móvil serian igualmente como los quadrados de las velocidades, ó como 1 es á 100: porque en el segundo caso el Móvil con una velocidad como 10 echaria de su

Lugar en un mismo tiempo determinado á una columna de fluido diez veces mas grande, é imprimiria á cada molécula de esta columna diez veces mas grande un movimiento diez veces mayor.

Es evidente que un Móvil no puede comunicar un movimiento diez veces mayor á todas las moléculas de una columna diez veces mas grande, sin darla una cantidad de movimiento cien veces mayor. Ademas un Móvil no puede comunicar á un cuerpo un movimiento cien veces mayor sin perder el mismo movimiento que comunica, y no puede perder este movimiento cien veces mayor sin experimentar una *Resistencia cien veces mas grande*, que le robe esta cantidad de movimiento guardando las leyes de su Comunicacion.

IV.º De todo esto resulta que la Resistencia de un mismo Medio respecto de un mismo Móvil que se mueva en él con diferentes velocidades es siempre proporcional al quadrado de la velocidad que lleva el móvil. (L. Q. P. D.)

COROLARIOS.

303. COROLARIO I. *La Resistencia respectiva que experimentan dos Globos que se mueven en un mismo Fluido, es el producto de sus superficies por el quadrado de sus velocidades.*

Este primer Corolario es una consecuencia evidente de las dos últimas Aserciones que acabamos de demostrar.

304. COROLARIO II. *La Resistencia respectiva que experimentan dos Globos que se mueven en dos Fluidos de diferente densidad, es respectivamente como el producto de sus superficies por los quadrados de sus velocidades multiplicado por la densidad de los fluidos en los que se mueven los Globos.* Este segundo Corolario es tambien una evidente consecuencia de las tres Aserciones precedentes.

305. COROLARIO III. *Un Cuerpo que se mueve en un mismo Fluido con una velocidad inicial, á quien nada tira á acelerar, experimenta una resistencia que se va disminu-*

yendo como los cuadrados de las velocidades que le quedan al fin de cada tiempo dado. Este Corolario es tambien una consecuencia de la Asercion tercera, pero le aclararémos un poco mas.

EXPLICACION. Al fin de cada tiempo determinado la velocidad del Móvil ha sido disminuida por la resistencia que ha experimentado durante todo este tiempo, y como la resistencia es siempre proporcional al cuadrado de la velocidad actual, es claro que esta resistencia es siempre como el cuadrado de la velocidad que queda al fin de cada tiempo dado durante el qual se ha disminuido.

La Experiencia y la Teoría nos enseñan concordemente, que la Resistencia que opone un Fluido al movimiento de un Cuerpo que le atraviesa con una velocidad siempre decreciente, es solo la *mitad de la Resistencia* que le hubiera opuesto, si se hubiera movido constantemente con su velocidad inicial. De consiguiente nos enseñan que este Móvil solo ha perdido al fin de cada tiempo dado la *mitad del movimiento* que hubiera perdido durante el mismo tiempo, si su velocidad primitiva no hubiera padecido disminucion alguna.

SECCION TERCERA.

LEYES GENERALES DEL MOVIMIENTO.

306. DEFINICION. Se llaman *Leyes generales del Movimiento* el modo uniforme y constante con que se produce, conserva ó destruye el Movimiento en todos los Cuerpos.

El *Autor de estas Leyes* es el Autor mismo de la Naturaleza, cuya eficaz voluntad es la única causa primitiva y eficiente del movimiento que la regla y anima. (76).

El *conocimiento de estas Leyes* depende mas de la observacion que del racionio, porque son obra de un Ser infinitamente poderoso y libre que ha sido dueño abso-

luto de dar á la Naturaleza aquellas Leyes que mas le plugo.

L E Y P R I M E R A .

307. *Un Cuerpo que ha principiado á moverse conserva la misma direccion y velocidad con que empezó, hasta que alguna nueva Causa ocasiona en ellas alguna mudanza.*

DEMOSTRACION I. Los Cuerpos tienen por su naturaleza una *Inercia intrínseca*, una Indiferencia pasiva á la quietud ó al movimiento, á este determinado movimiento ú á otro diferente. (75).

Luego un Cuerpo no puede pasar de un estado á otro por una virtud intrínseca que le sea propia. Luego un Cuerpo no puede pasar de la quietud al movimiento, del movimiento á la quietud, ó de un movimiento determinado á otro movimiento diferente, por otro medio que por el influxo de una *Causa extraña á su naturaleza*.

Luego si un Cuerpo ha empezado á moverse por la influencia de alguna causa sea la que quiera, con determinada *Velocidad y Direccion*, conservará esta misma velocidad y direccion hasta que alguna nueva Causa ó alguna nueva accion de la misma causa ocasione alguna mudanza en su velocidad ó direccion, ó en ambas á un tiempo (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Esta Teoría Metafísica concuerda perfectamente con la experiencia. Porque siempre que vemos, que un Cuerpo en movimiento padece alguna mudanza en su *Velocidad ó Direccion*, descubrimos y vemos tambien que esta mutacion proviene de tal ó tal causa. De donde es natural concluir que este Cuerpo hubiera conservado constantemente su velocidad y direccion primitivas, si ninguna causa nueva hubiera influido en él, si ninguna nueva causa ó ninguna nueva accion de la misma causa hubiera ocasionado mutacion alguna en su movimiento, sea aumentándole, sea disminuyendo, sea inclinándole. (L. Q. P. D.)

LEY SEGUNDA.

308. *Un Cuerpo en movimiento tira naturalmente y quanto está en él á moverse en línea recta.*

DEMOSTRACION I. Un Cuerpo no puede moverse sin pasar del punto que ocupa, al punto que se le sigue inmediatamente; estos dos puntos contiguos del Espacio forman necesariamente una línea recta infinitamente pequeña: luego un cuerpo no puede moverse sin empezarse á mover por una línea recta infinitamente pequeña. Es así que segun la primera Ley que acabamos de demostrar, un Cuerpo no puede recibir mutacion alguna en su movimiento primitivo sin que influya en él alguna Causa que produzca esta mudanza. Luego si no hay causa alguna que haga mudar de direccion al Cuerpo en movimiento, debe éste continuar sin cesar en moverse en la misma direccion que ha empezado. Segun lo dicho el Cuerpo ha empezado necesariamente á moverse en línea recta: Luego debe continuar moviéndose en línea recta:

Luego un Cuerpo que ha sido puesto en movimiento sacándole de su inercia natural y dándole una Fuerza motriz, tira naturalmente y quanto está en él á moverse en línea recta. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Tambien en esta parte concuerda perfectamente la Experiencia con la teoría; porque nunca vemos que un Cuerpo se mueva en línea curva sin que haya una causa que incline á cada instante la direccion de su movimiento, y sin que el cuerpo á quien se le hace mudar de direccion á cada instante luche con exfuerzo contra la causa que ocasiona en él esta mutacion.

Luego la Experiencia nos enseña tambien que todo Cuerpo en movimiento tira naturalmente y quanto está en él á moverse en línea recta. (L. Q. P. D.)

309. *NOTA.* Se puede ilustrar algo mas esta segunda Ley del movimiento: Procurarémos aclararla todo lo posible.

I.º Una Piedra que da vueltas en una honda lucha sin cesar contra el dedo que la retiene, y en el instante en

que se fuerla uno de los dos ramales de la honda , la piedra escapa por la tangente del círculo que describía.

Luego esta piedra , lo mismo que otro qualquier cuerpo , tira naturalmente á moverse en *línea recta*, y resiste quanto puede á la accion que inclina su movimiento.

II.º El movimiento de un Cuerpo en *línea curva* es menos un estado , que una continua mutacion de estado: pues semejante cuerpo es forzado á cada instante á tomar una direccion contraria á su tendencia natural.

III.º Quando una Rueda da rápidamente vueltas sobre su exe, todas sus partes tiran naturalmente á escaparse del círculo que describen por una infinidad de líneas rectas, y sino fueran detenidas por su adherencia natural , marcharian todas por las tangentes del punto que ocupan, como hacen las gotas de agua que se echan en la rueda.

IV.º Si se ata un Vaso pequeño á una cuerda , y despues de haberle llenado de agua se le da vueltas como á una piedra en una honda , *el agua no se saldrá del vaso* porque todas las gotas de agua arrebatadas por la fuerza centrífuga que las hace circular , tiran á apartarse del centro de su movimiento y hacen mas fuerza contra el lado y fondo del vaso, que hácia el centro de la tierra.

Si el fondo del vaso estuviera agujereado, las gotas de agua se escaparían sucesivamente por la tangente del círculo mas ó menos regular que describen, y su movimiento seguiria la direccion de la línea recta tangencial hasta que se la hiciese mudar la influencia de una causa siempre subsistente y activa , qual es su gravedad ó pesantez.

V.º Una Peonza da vueltas sobre su exe , porque el cordel en que se la envuelve y con que se la tira, la imprime al extenderse un movimiento en virtud del qual cada una de sus partes tira á huir por la tangente, y como todas ellas estan adherentes y en equilibrio al rededor del exe, su movimiento centrífugo ó axifugo detenido por todas partes se convierte en movimiento circular como el de una piedra en una honda.

LEY TERCERA.

310. *El Movimiento se pierde en un Cuerpo, ó por la Comunicacion que le hace pasar á otro, ó por la Resistencia que simplemente le destruye. (Fig. 14 y 12.)*

DEMOSTRACION I. La Experiencia nos enseña en primer lugar que *el Movimiento se pierde por la comunicacion*; porque como vemos á cada paso, el movimiento se disminuye ó acaba en un cuerpo que se mueve á medida y en la misma proporcion que nace ó se aumenta en otro cuerpo impelido por este. Por exemplo:

I.º Si la bola A apartada de su perpendicular M A cae por un arco de seis grados, sube hasta casi seis grados mas allá de su perpendicular en caso de que no encuentre obstáculo alguno en su carrera.

Pero si encuentra la bola B de igual masa y sin elasticidad, no sube mas que á tres grados mas allá de la perpendicular.

Luego la bola A pierde parte de su movimiento, y pierde precisamente otro tanto como comunica á la bola á quien impele.

II.º Si el Cuerpo A en lugar de ser una bola es un Péndulo colgado de un alambre (251), y que caiga hácia su perpendicular por un arco de cinco ó seis grados, se observará que este Péndulo si se le pone en movimiento hace mas vibraciones antes de pararse, en el vacío que á aire libre, lo qual proviene de que el aire que él mueve le quita parte de su movimiento.

III.º Si la parte inferior del alambre que atraviesa el Péndulo P se la mete alternativamente mientras que hace sus oscilaciones á una profundidad pequeña é igual en mercurio y en agua, se observará que tres oscilaciones en el mercurio le hacen perder otro tanto movimiento como quarenta y dos en el agua. (Fig. 12) Sobre lo qual ratiocino asi:

Siendo el mercurio como catorce veces mas denso que el agua, un Péndulo P movido en el mercurio echa de

su lugar durante una oscilacion, catorce veces mas materia que quando se mueve en el agua ; echando de su lugar catorce veces mas materia á quien imprime una misma velocidad, á saber la velocidad con que él se mueve comunica catorce veces mas movimiento al mercurio que al agua ; porque siendo las velocidades iguales , las cantidades de movimiento son como las masas ; comunicando catorce veces mas movimiento al mercurio que al agua, si el movimiento se pierde en la misma proporcion que se comunica , el Péndulo debe perder durante una oscilacion en el mercurio otro tanto movimiento como durante catorce oscilaciones en el agua , que es precisamente lo que nos muestra esta última experiencia.

Luego la Experiencia nos enseña no solamente que el Movimiento se pierde por la comunicacion , sino tambien que el movimiento se pierde ó acaba en un cuerpo en la misma proporcion que se comunica á otro. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. La Experiencia nos enseña tambien que *el Movimiento se pierde ó acaba por la resistencia*. Porque sean dos cuerpos blandos, por exemplo dos globos de barro húmedo , iguales en masa y velocidad, que colgados cada uno de un hilo y apartados igualmente de su perpendicular se vienen á encontrar con direcciones opuestas en A B. (Fig. 14.)

Despues del choque ambos globos quedan parados, porque cada uno de ellos se opone y resiste igualmente al otro : luego el movimiento se pierde y acaba simplemente por la resistencia.

La misma experiencia y raciocinio se podrian hacer, si el choque de que acabamos de hablar fuese entre dos Cuerpos perfectamente duros y nada elásticos. (L. Q. P. D.)

LEY CUARTA. § 111. Si un Cuerpo en movimiento padece alguna mutacion en su Velocidad ó Direccion, la mutacion será proporcional á la accion de la Causa física que la ocasiona.

DEMOSTRACION. I.º Es evidente en primer lugar que una Causa física no puede producir un efecto que exceda á su actividad. Luego la mutacion producida en un cuerpo en movimiento no puede exceder la actividad de la causa física que la ocasiona. (*Met.* 179 y 181.)

II.º Sabemos ademas que las Causas motrices son causas necesarias que obran siempre con toda su actividad. Luego la actividad de la causa es siempre proporcional á la cantidad del efecto. Luego un efecto doble ó triple denota una actividad doble ó triple en la causa. Luego una actividad doble ó triple en la causa está siempre conexa con una cantidad doble ó triple en efecto.

Luego la grandeza del efecto hace conocer la actividad de la causa que le produce, y al contrario la actividad de la causa hace conocer la cantidad del efecto que debe ser producido. (*L. Q. P. D.*)

312. NOTA. El Alma humana ó ya se la tenga por causa eficiente, ó ya por causa ocasional del movimiento no es una causa motriz propiamente tal; porque las *Causas motrices* de que se trata en la Física son siempre una accion que resulta de una masa multiplicada por una velocidad.

El Alma humana mediante un acto de su voluntad produce ó ocasiona libremente en los espíritus animales, ó en las fibras y músculos de su cuerpo una suma mayor ó menor de movimiento. Este movimiento de los espíritus animales, fibras y músculos es en el hombre la Causa ó Fuerza motriz propiamente tal, tan necesaria en sí misma y tan inevitablemente conexa con su efecto quando existe, como la fuerza motriz de una máquina de palancas y poleas; con sola esta diferencia que la Fuerza motriz en una máquina es necesaria en su existencia y en su influencia, pero la fuerza motriz del hombre aunque es necesaria en quanto á su influencia, no lo es en quanto á su existencia. Porque el Alma que pone libremente en accion sus *Fuerzas motrices* puede impedir, modificar y suspender su accion segun la agrade, en lo que toca á los Movimientos libres del Cuerpo. (*Met.* 175 y 174.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

313. OBJECCION I. Si la *primera Ley del Movimiento* es verdadera y real; si todos los Cuerpos tiran naturalmente á conservar el mismo movimiento que una vez se les ha impuesto, se sigue

I.º Que la Naturaleza se ha impuesto absurdamente una Ley que nunca guarda, pues todos los cuerpos que podemos observar experimentan continuas mutaciones en su direccion y velocidad.

II.º Que todo Movimiento una vez existente debería ser naturalmente un *Movimiento perpetuo*, aunque conste que todos los cuerpos tiran naturalmente á la quietud, y que el Movimiento perpetuo repugna al Orden Físico.

III.º Que Dios único Autor de todo Movimiento después de haber empezado á mover un cuerpo, estaría obligado á moverle siempre de un mismo modo, lo que carece de todo fundamento.

RESPUESTA. I.º La Naturaleza no se ha impuesto una Ley chímérica imponiéndose la Ley que se quiere impugnar. En virtud de esta *primera Ley* todo movimiento debe perseverar tal como ha empezado, á no ser que alguna causa ocasione en él alguna mutacion. Ahora pues, siempre que se verifica alguna mutacion en el movimiento, existe alguna causa que la ocasione. Luego la Naturaleza guarda constantemente la Ley que se ha impuesto, ó que por mejor decir la ha impuesto su Autor.

Un Cuerpo que se mueve en qualquiera direccion cerca de la tierra, experimenta siempre alguna resistencia de parte de los fluidos que necesariamente echa de su lugar. El que se mueve de abaxo arriba experimenta resistencia de parte de su gravedad que disminuye continuamente su movimiento; el que se mueve de arriba abaxo recibe continuamente de su gravedad nuevos impulsos que aumentan y aceleran su movimiento: El que se mueve horizontalmente en la region del aire es solicitado continuamente por su gravedad á acercarse al centro de la

tierra, y si se mueve horizontalmente sobre un plano por liso que sea, halla resistencia en su gravedad que comprimiéndole continuamente contra el plano opone sin cesar á su movimiento horizontal un obstáculo capaz de destruirle al fin completamente.

Se ve pues claramente que si los Cuerpos aparentan tirar naturalmente á la quietud ó mutacion de movimiento, el motivo de esta tendencia no es su naturaleza misma sino la resistencia ó accion de una multitud de causas, que son extrañas tanto á su naturaleza como á su movimiento actual.

II.º Es cierto que en virtud de esta primera Ley todo movimiento debería ser invariable y siempre permanente, si ninguna causa se opusiese á su permanencia invariable. Pero como no conocemos especie alguna de movimiento que no encuentre en la Naturaleza causas capaces de mudar continuamente su direccion ó velocidad, se sigue que en virtud de esta primera Ley lexos de que todo movimiento sea constantemente el mismo segun su exígenzia natural é intrínseca, debe padecer continuas mudanzas segun la ocurrencia y exígenzia de las causas capaces de producir las que obran en él.

El *Movimiento perpetuo* repugna naturalmente; porque para que se verificase seria necesario, ó que un cuerpo pudiese continuar su movimiento sin encontrar obstáculo alguno, ó que pudiese producir en un resorte ó máquina á quien diese accion un movimiento mayor que el fuyo propio, un movimiento que volviendo todo entero á su causa pudiese reparar las continuas pérdidas que le ocasionan los obstáculos que se oponen á su movimiento primitivo. Una y otra hipótesis parece imposible en el estado natural de las cosas. Y asi en este estado el *Movimiento perpetuo* es chímérico.

III.º El Autor de la Naturaleza y del Movimiento es un Ser esencialmente sabio, consiguiente, inmutable, incapaz de obrar por capricho y sin razon; lo que ha establecido y decretado una vez, está decretado y establecido para siempre. (*Met.* 654. y 656.)

Y así afirmar que el Movimiento dado á un Cuerpo por el Autor de la Naturaleza no se mudará sino hay causa que ocasione en él alguna mudanza, es afirmar únicamente que el Autor de la Naturaleza es un Ser invariable en sus voluntades y acción; un Ser siempre consigo mismo, é incapaz de obrar tontamente y sin razón. Lo que lexos de ser un absurdo es un principio mui cierto y mui filosófico.

La causa ó razón de la mutacion de movimiento en un Cuerpo es, ó la acción de su gravedad ó la resiliencia de los fluidos, ó el choque con otros cuerpos; causas todas cuya influencia separada ó junta se percibe claramente siempre que se ve alguna mutacion en el movimiento de un cuerpo.

314. OBJECCION II. Si la *segunda Ley del Movimiento* fuese verdadera y real, si todo Cuerpo puesto en movimiento tirase naturalmente á moverse en línea recta:

I.º Se seguiria en primer lugar que el *Movimiento en línea curva* sea elíptica, sea circular es un movimiento contra la naturaleza, ó contrario á la exigencia natural de todos los cuerpos puestos en movimiento. Quando es patente que los cuerpos mas notables del Universo tienen esta especie de movimiento. La Tierra, los Planetas y los Cometas se mueven en línea curva al rededor del Sol. El Sol mismo en el centro del Mundo planetario se mueve en línea curva al rededor de su centro ó eje. Es bastante probable, que las Estrellas tienen un movimiento semejante al del Sol, esto es un movimiento de rotacion al rededor de su eje inmóvil. Y así los Cuerpos mas notables del Universo tendrian un movimiento contrario á la naturaleza. (*Fig. 124. y 125.*)

II.º Se seguiria en segundo lugar que un Cuerpo movido en línea curva, ó fuese elíptica ó fuese circular tiraria á moverse por la Tangente; lo que no puede ser así.

Porque no puede un Cuerpo movido en línea circular ó elíptica, por exemplo la Tierra movida al rededor del Sol tirar á moverse por la tangente de su curva, sin tirar á apartarse del centro de su movimiento; y la Tier-

ra no puede naturalmente tirar á apartarse del centro de su movimiento que es el centro del Sol, sin tirar naturalmente á apartarse y á acercarse á un mismo tiempo al centro del Sol, lo que es contradictorio.

III.º Se seguiría en fin que la Vegetacion de las plantas, y la circulacion de la sangre de los animales se harian mediante movimientos totalmente contrarios á la exígen- cia de una Ley primitiva del movimiento; pues es evidente que estos movimientos no se executan por la mayor parte en línea recta:

RESPUESTA. I.º Como en toda Curva, por exemplo en un círculo, dos puntos inmediatamente contiguos hacen necesariamente una línea recta, es evidente que un círculo es un polígono de infinitos lados, que son otras tantas pequeñas líneas rectas. Luego un cuerpo movido en línea circular se mueve necesariamente por una infinidad de líneas rectas, cuya direccion se muda continuamente por la influencia de alguna causa extraña á su naturaleza. Luego moviéndose el cuerpo en línea circular sigue quanto está de su parte la Ley general que se impugna. (*Mat.* 467.)

Esta constante inflexion ó interrupcion de movimiento recto en un Cuerpo que se mueve en línea curva, es ciertamente contra la exígen- cia natural del movimiento inicial, con que á cada instante empieza á moverse; ¿pero se sigue de aquí que la interrupcion ó inflexion de este movimiento sea contra la Naturaleza? No por cierto. Porque la naturaleza del movimiento empezado no exige que de ningun modo sea interrumpido; sino únicamente que no sea interrumpido sin que influya en él alguna causa que exija su interrupcion.

II.º Un Cuerpo movido con un movimiento elíptico ó circular, por exemplo la Tierra movida al rededor del Sol tira á cada instante en virtud del movimiento simple proyectil que la anima á escapar por la tangente, y de consiguiente á apartarse del centro del Sol. Pero en virtud de otra causa, á saber en virtud de su gravitacion la tierra tira tambien á cada instante á acercarse al centro del Sol. (771.)

De la reunion de estas dos causas nace la continua inflexion del movimiento de la Tierra al rededor del Sol, como lo explicaremos más amplamente en otra parte. Es pues falso que en virtud de una misma causa tire un cuerpo contradictoriamente á acercarse y á apartarse á un mismo tiempo del centro de su movimiento.

III.º En la Vegetacion de las plantas, y en la Circulacion de la sangre y humores destinadas á su conservacion y acrecentamiento en los animales, todos los movimientos tiran á efectuarse en línea recta, y no obstante casi todos se efectuan en líneas curvas ó angulosas, porque en los animales y vegetales la sangre y los humores se mueven por infinitos canales que les hacen mudar de direccion á cada paso.

Los movimientos sin cesar inclinados de estos fluidos no son de modo alguno contra la Naturaleza; porque como acabamos de observar la Naturaleza del movimiento exige únicamente que no mude de direccion sin que influya en él alguna causa, y las sinuosidades de los canales por donde pasan los fluidos en los animales y vegetales exigen á causa de su resistencia, que los fluidos tomen en su movimiento la direccion que ellas siguen.

315. OBJECCION III. Si existiese la *tercera Ley del movimiento*, si el movimiento pereciese simplemente por la Resistencia, deberia el Universo estar privado hace ya mucho tiempo de todo movimiento; la Naturaleza entera deberia estar sumida en una inaccion total y general; pues no hay Cuerpo alguno en toda ella que no experimente continuamente y por todas partes alguna resistencia, de donde resultaria la destruccion de su movimiento.

¿ Por otra parte la prueba de experiencia en que se quiere fundar esta Ley tercera, es bastante concluyente y demostrativa? ¿ No se podria decir con Descartes que el movimiento de dos cuerpos duros ó blandos que chocan entre sí con direccion opuesta se comunica al aire y á los demas fluidos que les rodean mediante el temblor interno de sus partes, en vez de decir con Newton que:

este movimiento es pura y simplemente destruido y aniquilado? RESPUESTA. La acción de la Naturaleza nada tiene que temer de la Ley que aquí se impugna, y la experiencia en que la hemos fundado es muy concluyente y decisiva.

I.º Los *Movimientos generales* de la Naturaleza: los que se pueden mirar como *esenciales á su constitucion* no experimentan resistencia alguna conocida en la hipótesis demostrada de los Vacíos inmensos de Newton. Luego estos movimientos generales, estos movimientos esenciales de la Naturaleza no pueden ser destruidos mediante la resistencia.

La Tierra, los Planetas y los Cometas en virtud de un movimiento proyectil que tira á efectuarse por la tangente, y de un movimiento central que tira á efectuarse por el radio de su curva hacen sus revoluciones periódicas al rededor del Sol, sin experimentar otra resistencia que la infinitamente pequeña percusión de la luz, que despedida continuamente contra su superficie tira necesariamente á aumentar su movimiento de una parte, otro tanto como á disminuirle de otra.

La resistencia que la fuerza proyectil opone á la central, y ésta á la proyectil no produce otro efecto que el de conservar y reproducir el equilibrio entre ellas, impidiendo que ninguna de las dos se haga constantemente predominante.

II.º Los *Movimientos particulares de la Naturaleza*, los que se pueden mirar como *accidentales á la constitucion del Universo* se pueden reparar de infinitos modos á medida que perecen mediante la resistencia.

Por exemplo los movimientos de las plantas y animales que se acaban quando sus individuos perecen, se reparan por la formacion de nuevos individuos semejantes. El movimiento que se disminuye por el frio durante el Invierno, se repara con el calor por la Primavera y Estío. El movimiento que puede hacer perecer la resistencia en los reynos animal, vegetal y mineral, se repara por la acción de la Luz y del Fuego que el Sol des-

pide continuamente sobre la Tierra. El movimiento que podría perder la masa del aire en virtud de la resistencia que le oponen tan continuamente las arboledas y los montes, es reparado sin cesar por su elasticidad que le da en direccion opuesta otro tanto movimiento como la resistencia le quita.

III.º Decir que el Movimiento que segun la apariencia parece en el choque opuesto de dos cuerpos duros ó blandos se puede comunicar á los fluidos circundantes es recurrir á una mala razon para sostener una mala causa.

Porque consta por experiencias ciertas y no contradichas, que si dos *Cuerpos blandos* se mueven en la misma direccion, de suerte que el que precede vaya con dos ó quatro veces mas lentitud que el que sigue, estos dos cuerpos despues del choque se mueven en la misma direccion con la suma entera de su movimiento primitivo. Luego su movimiento primitivo que conservan todo entero despues del choque y la compresion no se ha comunicado al aire y fluidos circundantes mediante el temblor interno de sus partes. ¿Con que fundamento pues si el movimiento no se comunica al aire y fluidos circundantes mediante el temblor interno de las partes quando dos cuerpos se chocan moviéndose en la misma direccion, se podrá afirmar que se comunica quando se chocan moviéndose en direcciones opuestas?

Si hay en efecto en el choque de los Cuerpos blandos ó duros y no elásticos un *temblor interno de partes*, capaz de transmitir el movimiento á los fluidos circundantes, es claro que este mismo temblor deberia comunicar el movimiento á los fluidos circundantes igualmente en el caso de que el choque se hiciese entre dos cuerpos movidos en una misma direccion, que en el de que se haga entre dos cuerpos movidos en direcciones opuestas.

Y si no hay semejante temblor: ¿Como puede comunicar y transmitir el movimiento primitivo á los fluidos circundantes?

Luego la razon que se alega para eludir la prue-

ba experimental de la tercera Ley del movimiento es una razon fútil y de ningun momento. Luego queda demostrado que el Movimiento perece efectivamente por la resistencia.

316. OBJECCION IV. La *cuarta Ley del Movimiento* confunde las Fuerzas motrices *libres* con las *necesarias* que son entre sí muy distintas; pues aunque la cantidad de una fuerza motriz necesaria se puede determinar por su efecto, no sucede lo mismo con una fuerza motriz libre, pues ésta obra mas ó menos sobre su efecto; á veces con toda, á veces solo con parte de su actividad.

RESPUESTA. La *cuarta Ley del movimiento* no confunde nada que se deba distinguir. Hablando con propiedad no hay ninguna Fuerza motriz libre como ya lo hemos observado y explicado (312), porque una Fuerza motriz es única y necesariamente una masa multiplicada por una velocidad; y la Libertad que solo pertenece á una substancia inteligente, no puede pertenecer á una materia ni á una velocidad.

SECCION CUARTA.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO.

317. OBSERVACION I. Consta por millares de experiencias conocidas de todo el mundo, que en el choque de los Cuerpos el Movimiento se comunica y transmite de uno á otro. Se trata en esta quarta Seccion de observar segun qué proporcion y qué leyes se hace esta Comunicación, y de fixar bien la idea que se debe formar de ella.

I.º Quando decimos que *el Movimiento se comunica de un Cuerpo á otro*, no queremos decir que la modificacion de movimiento que está en un cuerpo A pasa á otro cuerpo B y se hace una modificacion de este cuerpo B. Es tan imposible que la modificacion del movimiento que está

en el cuerpo A pase al cuerpo B y se haga una modificación suya, como el que el cuerpo A se haga el cuerpo B. Porque las modificaciones no pueden existir en otro que en el sugeto á quien modifican, y es tal su naturaleza, que exigen esencialmente para existir, ser modificaciones de tal individuo, de tal sugeto, sin poder jamas pasar á ser modificaciones de otro sugeto, de otro individuo. (*Met.* 114. y 783.)

¿Que entendemos pues y que se debe entender por *Comunicacion de Movimiento*? No entendemos, ni podemos entender otra cosa que el que el Autor del Movimiento con ocasion del choque de dos Cuerpos disminuye ó destruye el movimiento en el cuerpo chocante, y le produce ó aumenta segun ciertas reglas fixas y constantes en el cuerpo chocado.

El movimiento que nace en el cuerpo impelido no es idénticamente el mismo que estaba y ha dexado de estar en el cuerpo impelente. Es solo un movimiento semejante, que empieza á existir en el cuerpo impelido á proporcion de que se disminuye ó perece el movimiento en el cuerpo impelente.

II.º Aunque se conciba que el Movimiento se comunica de un cuerpo á otro mediante el choque, del modo que acabamos de explicar, es necesario suponer siempre que *la Comunicacion del movimiento es sucesiva y no instantanea*: es decir que el movimiento impreso y comunicado á una parte de un cuerpo necesita de algun tiempo para comunicarse sucesivamente á las demas partes del mismo cuerpo distantes del punto en que se hace la percusion. Una experiencia conocida de todo el mundo demuestra esta verdad fisica. (*Fig.* 16.)

Sean dos Vasos A y B sobre los quales se ponga horizontalmente un palito bastante largo de madera bien seca y frágil. Péguese con otro palo fuerte con fuerza, prontitud y perpendicularmente al palito horizontal en C, el palito A B se quebrará y caerá sin trastornar los dos Vasos llenos de agua, porque este palito dividido súbitamente en C dexa de apoyarse sobre los dos vasos antes

de que el movimiento impreso en C haya tenido tiempo de pasar á A y á B.

Si el palito A B no se quiebra súbitamente, los vasos se trastornarán y quebrarán, porque el movimiento impreso al palito en C tiene tiempo bastante para llegar y obrar en A y B.

Por la misma razon una puerta abierta y suspendida por sus goznes cede fácilmente á un impulso ligero de mi mano, porque el movimiento que mi mano imprime á una parte de la puerta tiene tiempo de comunicarse sucesivamente á todas las demas partes; pero la misma puerta apenas se mueve al impulso de una bala que da en ella perpendicularmente y la atraviesa de parte á parte, porque el movimiento de la bala ha arrancado la parte que la resiste abriéndose un agujero antes que este movimiento tenga tiempo de comunicarse al resto de la puerta y commover la parte que descansa inmediatamente sobre los goznes.

Un Autor moderno ha inferido de aquí haciendo un paralogismo que no se debia esperar en nuestro Siglo que una Fuerza pequeña pueda producir un efecto mayor que otra inmensamente mas grande.

318. OBSERVACION II. Los varios Cuerpos entre quienes se comunica el movimiento son ó blandos, ó duros, ó elásticos.

I.º Llámanse *Cuerpos blandos* aquellos que se comprimen con facilidad, y que comprimidos no tiran por su naturaleza á recobrar la figura que han perdido por la compresion. Tal es la cera vírgen, el barro húmedo, la leche crema, ó una bola de nieve.

II.º Llámanse *Cuerpo duros* los que no pueden comprimirse de modo alguno. Tales son los elementos primitivos de la materia, cuyas figuras son inalterables é indestructibles. (145.)

Entre los cuerpos sólidos que estan sujetos á nuestras experiencias y observaciones, no conocemos ninguno que sea perfectamente duro é incompresible. (205.)

III.º Se llaman *Cuerpos elásticos*, aquellos que se com-

primen, y despues de haber sido comprimidos recobran ó tiran á recobrar su primer estado, su figura primitiva y natural. Tal es el mármol, el márfil, el acero templado, una vara de mimbre &c. (226, 229, y 232)

319. NOTA I. Como la Comunicacion del Movimiento se hace del mismo modo y segun las mismas Leyes en los Cuerpos blandos que en los duros que no son elásticos, dividiremos este artículo únicamente en dos párrafos que tendrán por objeto la Comunicacion de movimiento en los *Cuerpos sin resorte* y en los *Cuerpos de resorte*.

I.º Aunque no conozcamos en la Naturaleza *Especie alguna de cuerpos sólidos*, que sea perfectamente blanda, perfectamente dura, ó perfectamente elástica; con todo, en la exposicion que vamos á hacer de las Leyes de la comunicacion del movimiento, consideraremos los Cuerpos sin resorte, como si absolutamente no tuvieran elasticidad alguna, y los Cuerpos de resorte como si su elasticidad fuera perfecta.

Prescindiremos pues de la poquísima elasticidad que pueden tener los Cuerpos blandos ó duros, y de la falta de elasticidad perfecta que puede haber en los Cuerpos elásticos.

II.º Prescindiremos tambien de la gravedad de los Cuerpos, de la resistencia de los medios en que se mueven, y de la obliquidad de sus colisiones.

Y así les consideraremos como si carecieran de gravedad, se movieran siempre en un vacío perfecto, y chocáran siempre entre sí directamente por la línea recta que toca á sus centros.

Todas estas suposiciones son absolutamente necesarias para simplificar esta teoria que es bastante complicada por sí misma.

320. NOTA II. La *Velocidad de los Cuerpos* se divide en la teoria del choque, en velocidad absoluta, y en velocidad respectiva.

I.º La *Velocidad absoluta* de un cuerpo es el espacio que corre dividido por el tiempo que tarda en cor-

rerle : es el quóciente del espacio dividido por el tiempo. (262.)

11.º La *Velocidad respectiva* de dos Cuerpos que se mueven uno contra otro , es el espacio que ambos han corrido dividido por el tiempo que tardaron en andar este mismo espacio : ó ya estos dos Cuerpos anden espacios iguales , ó ya anden espacios desiguales. Por exemplo (*Fig. 17.*)

Un cuerpo A dista de un Cuerpo B seis toefas : Estos dos cuerpos se mueven uno contra otro en un segundo, de manera que el cuerpo A corre quatro toefas, y el cuerpo B anda dos : su velocidad respectiva es = 6 toefas.

Despues del choque estos dos cuerpos se vuelven ambos hácia atras : sea la que quiera la causa de este movimiento retrogado. El cuerpo A corre dos toefas, y el cuerpo B corre quatro en un segundo. La Velocidad absoluta se ha mudado , pero su Velocidad respectiva queda la misma : Son siempre seis toefas las que han andado los dos cuerpos en un segundo.

PARRAFO PRIMERO.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO EN LOS CUERPOS SIN RESORTE, Ó QUE CARECEN DE ELASTICIDAD.

Cuerpos sin resorte como acabamos de explicar, son aquellos que se consideran como perfectamente blandos ó como perfectamente duros. (319.)

THEOREMA I.

321. *En el choque de los cuerpos en general la cantidad de movimiento que pierde el Cuerpo chocante es otro tanto menor quanto mayor es su masa , y otro tanto mayor quanto su masa es menor relativamente á la masa del Cuerpo con que encuentra.*

DEMOSTRACION. La Expeculacion y la Experiencia se reunen á probar y hacer sentir la *Verdad de este teorema fundamental* que solo aplicaremos aqui á los cuerpos sin resorte, y que es muy fácil adoptar al choque de los cuerpos de resorte.

I.º La Expeculacion prueba la verdad de este teorema, porque quanto *mayor* es la masa del Cuerpo impelente relativamente á la del cuerpo impelido, menos divide su movimiento el cuerpo impelente, partiéndole con el cuerpo impelido. Quanto menos se divide este movimiento, es mayor cada una de sus divisiones; luego la cantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente partiéndole con el impelido es otro tanto menor quanto mayor es su masa.

Por el contrario quanto *menor* es la masa del cuerpo impelente relativamente á la del impelido, mas divide su movimiento el cuerpo impelente partiéndole con el impelido. Quanto mas se divide este movimiento, menor es cada una de sus divisiones ó de sus porciones; luego la cantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente comunicándole al impelido es otro tanto mayor quanto menor es su masa.

II.º La Experiencia hace sentir todavia mejor la verdad del mismo teorema. Porque

Si un *Cuerpo de diez libras* impele con una velocidad fea la que quiera á otro de una libra en reposo y móvil, el cuerpo de diez libras solo pierde la undécima parte de su movimiento, porque su movimiento que antes del choque estaba dividido entre diez libras y aplicado á transportar una masa de diez libras, queda despues del choque dividido entre once libras y aplicado á transportar una masa de once libras.

Si por el contrario un *Cuerpo de una libra* con qualquiera velocidad da en otro de diez libras en reposo y móvil, pierde diez Onzavos de su movimiento, porque el mismo movimiento que antes del choque estaba aplicado todo entero á transportar una libra se divide despues del choque en once partes para transportar once libras. (L. Q. P. D.)

TEOREMA II.

322. Quando un Cuerpo sin resorte da en otro tambien sin resorte:

I.º Si el choque se hace contra un Cuerpo en reposo ó movido en la misma direccion que el Cuerpo chocante, el Movimiento se divide sin destruirse.

II.º Si el choque se hace entre dos cuerpos movidos en direcciones opuestas, el Movimiento perece en todo ó en parte.

Si los dos Movimientos opuestos son iguales en cantidad sean ó no los Cuerpos iguales en masa, los dos cuerpos quedan en reposo despues del choque.

Si los dos Movimientos opuestos son desiguales en cantidad, los dos Cuerpos se mueven despues del choque en la direccion del que lleva mayor movimiento, con un movimiento comun que es el exceso del mayor movimiento sobre el menor. (Fig. 14.)

DEMOSTRACION. La Experiencia comprueba y hace sentir completamente la Verdad de todas las partes de este segundo teorema.

EXPERIENCIA I. Sean dos globos A y B colgados perpendicularmente en el aire el uno al lado del otro cerca de un plano perpendicular y perfectamente liso.

I.º El globo A de quatro onzas por exemplo, apartado á distancia de seis grados de su perpendicular, y abandonado á su gravedad seria llevado por su movimiento hasta seis grados mas allá de su perpendicular M A, sino encontrase obstáculo alguno, y la suma de su movimiento seria 4 de masa por 6 de velocidad. $4 \times 6 = 24$.

Pero si este globo A encuentra al globo B de dos onzas en reposo y móvil, le lleva consigo con un movimiento comun; y uno y otro llegan hasta quatro grados mas allá de la perpendicular; y asi el Movimiento comun despues del choque es $4 + 2$ de masa por 4 de velocidad: $4 + 2 \times 4 = 24$.

Luego en el choque de un cuerpo en movimiento contra un cuerpo en reposo el movimiento se divide sin destruirse.

II.º Si el globo B de dos onzas apartado á nueve grados de su perpendicular viene á dar en el globo A de quatro onzas *en reposo y móvil*, se mueven despues del choque los dos globos con un *movimiento comun* hasta tres grados mas allá de su perpendicular.

Antes del choque la cantidad del movimiento era $2 \times 9 = 18$. Despues del choque es $2 + 4 \times 3 = 18$. Luego igualmente el Movimiento se divide sin destruirse en el choque de dos cuerpos, de los cuales el uno está en reposo.

EXPERIENCIA II. Si el Cuerpo A de quatro onzas con una velocidad como seis encuentra con el Cuerpo B de dos onzas, que se mueve delante de él en la *misma direccion* con una velocidad como tres, los dos Cuerpos se mueven despues del choque con un *movimiento comun* en la direccion del cuerpo chocante hasta cinco grados mas allá de sus perpendiculares.

Antes del choque las dos sumas de movimiento eran $24 + 6 = 30$. Despues del choque el movimiento comun es $4 + 2 \times 5 = 30$.

Luego el Movimiento se divide tambien sin destruirse en el choque que se hace entre dos cuerpos movidos en la misma direccion.

Los mismos resultados saldrán aunque se varíe esta experiencia quanto se quiera, dando ya mas, ya menos velocidad ó masa á los cuerpos que se chocan en la misma direccion.

EXPERIENCIA III. Si el Cuerpo A de quatro onzas con una velocidad 3, y el Cuerpo B de dos onzas con una velocidad 6 chocan uno con otro en *direcciones opuestas*, despues del choque quedan los dos Cuerpos en reposo y privados de todo movimiento.

Antes del choque la cantidad de sus movimientos opuestos 4×3 y 2×6 era igual: luego en el choque los movimientos iguales y opuestos se destruyen.

Lo mismo sucederá sean las que quieran las masas y velocidades de los Cuerpos que se chocan; con tal de que carezcan de resorte, y sus cantidades de movimiento sean iguales.

EXPERIENCIA IV. Si el cuerpo A de quatro onzas con una velocidad 2, y el cuerpo B de dos onzas con una velocidad 7 chocan en direcciones opuestas, despues del choque ambos Cuerpos se mueven en la direccion del cuerpo B con una velocidad como $=1$.

Antes del choque los movimientos opuestos eran 8 y 14; despues del choque no quedan mas que seis grados de movimiento comun á ambos Cuerpos, que son precisamente el exceso que lleva el movimiento mayor al menor.

Luego en el choque de los Cuerpos movidos en direcciones opuestas, el menor movimiento es destruido por el mayor, y el menor por su parte destruye en el mayor una cantidad de movimiento igual á la suya, de fuerte que á los dos Cuerpos sin reforte no les queda por *Movimiento comun* mas que el exceso del movimiento mayor sobre el menor. (L. Q. P. D.)

323. NOTA. Quando dos Cuerpos chocan, uno de los dos puede estar en reposo, ó uno y otro pueden moverse en la misma direccion, ó pueden ambos moverse en direcciones diametralmente opuestas.

I.º Quando uno de los dos está en *reposo y es inmóvil*, la percusion es proporcional á toda la suma de movimiento que lleva el Cuerpo chocante, porque entonces el cuerpo chocado no se substrahe á parte alguna del movimiento que le impele.

Pero si el Cuerpo chocado está en *reposo y es móvil*, la percusion no es proporcional á todo el movimiento del cuerpo chocante, sino solamente á la porcion que éste pierde y comunica á aquel; porque entonces el cuerpo impelido, echando á andar delante del impelente se substrahe á la porcion de movimiento que le queda á éste.

II.º Quando los dos Cuerpos que chocan se mueven en *la misma direccion*, la percusion se hace segun la diferencia de velocidades multiplicada por la masa impelente. Y en este caso la percusion es proporcional á la cantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente, porque entonces el impelido se substrahe al impelente asi antes como despues del choque segun toda su velocidad propia.

III.° Quando dos Cuerpos que chocan se mueven en *direcciones diametralmente opuestas*, la percusion se hace por las dos sumas opuestas de movimiento, y es proporcional á la cantidad de movimiento que pierde uno y otro cuerpo; porque entonces cada uno de ellos da y resiste con todo el movimiento que pierde, sea en resistir al cuerpo opuesto, sea en partir con él el resto de su movimiento.

La experiencia y la razon comprueban de concierto esta teoria de la comunicacion del movimiento.

IV.° Como en el choque de los Cuerpos puede suceder en primer lugar que el choque se haga, ó contra un cuerpo en reposo ó contra un cuerpo movido en la misma direccion del cuerpo impelente, ó entre dos cuerpos que siguen direcciones diametralmente opuestas: en segundo lugar que el cuerpo impelente sea igual, ó mayor ó menor que el cuerpo impelido, dan algunos Autores para estos diferentes casos varias reglas, cuya multitud siempre nos ha desagrado infinito.

Y así como somos tan amantes de la sencillez hemos intentado reducir todas estas varias reglas con que otros fatigan la atencion inútilmente, á una *Regla única*, y lo hemos conseguido por un medio bien sencillo, que consiste en considerar siempre uno de los dos cuerpos que chocan, como si estuviera en reposo, y en dividir por la suma de las dos masas la velocidad comun que deben tener los dos cuerpos despues del choque.

La Regla única que vamos á dar de la comunicacion del movimiento en los cuerpos sin resorte, se puede fácilmente aplicar á la comunicacion del movimiento en los cuerpos de resorte, como lo explicaremos en el párrafo siguiente:

REGLA GENERAL.

324. Si un Cuerpo sin resorte impele directamente á otro cuerpo tambien sin resorte, en reposo y móvil; despues del choque se mueven los dos Cuerpos en una misma direccion

con una velocidad comun, que es á la velocidad primitiva del cuerpo impelente, como la masa de este cuerpo á la suma de las dos masas. (Fig. 14. y 17.)

EXPLICACION. Esta Regla general no es mas que un simple Corolario de los dos Teoremas precedentes, por los cuales consta que en el choque de un cuerpo en movimiento contra un cuerpo en reposo la velocidad del cuerpo impelente se divide entre las dos masas, y decrece en el cuerpo impelente á proporcion de que se comunica al cuerpo impelido.

Es fácil reducir á la práctica esta regla general, sometiéndola al mas sencillo cálculo: por exemplo: Sea la masa impelente 6, la velocidad 12, y la masa impelida 3. ¿Qual será despues del choque la velocidad comun é incógnita x ?

Para hallar esta *Velocidad comun* que deben tener las dos masas despues del choque, hágase esta proporcion: la velocidad incógnita es á la velocidad primitiva, como la masa impelente es á la suma de las dos masas: es decir $x. 12 :: 6. 9.$

Así en este caso la velocidad comun despues del choque será 8: Por que $8. 12. :: 6. 9.$ (*Mat. 171.*)

PROBLEMA GENERAL.

325. Reducir los otros dos casos de Colision á la misma Regla general.

SOLUCION I. Si el choque se hace entre dos Cuerpos movidos en direcciones opuestas, la suma mas pequeña de movimiento es destruida y destruye en la mayor una cantidad de movimiento igual á la suya (322.)

Luego despues del choque no queda del movimiento mas que el exceso de un movimiento sobre otro. Luego se puede considerar al cuerpo que tiene menos movimiento como que está en reposo, y al que tiene mas como que solo imple al otro con el exceso de movimiento que tiene sobre él. Luego este caso de colision se comprende en la Regla general.

Por

Por ejemplo, suponiendo que el cuerpo A tenga una masa 2 y una velocidad 6, y el cuerpo B una masa 3 y una velocidad 8, el cuerpo A tendrá 12 grados de movimiento y el cuerpo B 24.

Quítense al cuerpo B por el pensamiento 12 grados de movimiento que deben perecer en el choque, le quedarán otros 12 que divididos por su masa 3 darán su velocidad 4.

¿Qual será pues en este caso la *Velocidad comun* á ambos Cuerpos despues del choque? Se hallará formando esta proporcion. La velocidad incógnita x es á la velocidad 4, como la masa 3 á la suma de las dos masas 5. Así en este caso $x. 4 :: 3. 5$: la velocidad comun despues del choque es $2 \frac{1}{3}$.

SOLUCION II. Si el choque se hace entre dos *Cuerpos movidos en una misma direccion*, el movimiento se reparte entre ellos sin destruirse. (322.)

Luego despues del choque se halla en estos dos Cuerpos un movimiento comun, igual á la suma de los dos movimientos separados. Luego despues del choque hay en estos dos cuerpos el mismo movimiento que habria, si uno de los dos hubiera estado en reposo, y el otro le hubiera impelido con la suma total de los dos movimientos. Luego se puede considerar al cuerpo impelido como que está en reposo, y al otro como que le impele con la suma total de los dos movimientos separados. Luego este caso de colision se comprehende tambien en la Regla general.

Por exemplo, suponiendo que el cuerpo A tenga una masa 2 y una velocidad 6, y que dé en el cuerpo B movido en la misma direccion con una masa 4 y una velocidad 3, las dos sumas de movimiento son $12 + 12 = 24$.

Apliquemos por el pensamiento estos 24 grados de movimiento al cuerpo A, y supongamos el cuerpo B en reposo al tiempo de hacerse el choque. En esta hipótesis los 24 grados de movimiento del cuerpo A divididos por su masa 2 darán su velocidad 12. Qual será pues la *Ve-*

locidad comun á ambos cuerpos despues del choque? Para hallarla no hay mas que hacer esta proporcion: la velocidad incógnita x es á la velocidad 12 como la masa 2 á la suma de las dos masas 6.

La velocidad comun despues del choque será pues 4. Porque buscando por una simple regla de tres el valor de la incógnita x se hallará que $4. 12 :: 2. 6$.

PARRAFO SEGUNDO.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO EN LOS CUERPOS DE RESORTE Ó ELASTICOS.

326. OBSERVACION. Sean las que fueren la naturaleza y causa de la Elasticidad (228), es cierto que existe este principio, y que sus efectos son indubitables. Los dos fenómenos que denotan y caracterizan la Elasticidad en los cuerpos son la Compresion y Reaccion reunidas. Todo cuerpo elástico se comprime y tira como por sí mismo á recobrar la figura y estado que tenia antes de la compresion.

Se deben pues considerar y distinguir dos fuerzas en la Elasticidad de los cuerpos; la una que cause la compresion, y la otra que resista á la compresion, y tire á destruirla quando se ha efectuado.

La primera, que se llama *Fuerza comprimente* ó *Fuerza de compresion*, ó simplemente *Accion* es extrínseca al cuerpo comprimido. Esta Fuerza es el movimiento del cuerpo comprimente que se emplea ó todo ó parte en producir la compresion.

La segunda, que se llama *Fuerza de reaccion* ó simplemente *Reaccion* es intrínseca al cuerpo comprimido; es como un muelle ó reforte interior, que puesto mas ó menos en accion por la fuerza comprimente resiste constantemente, y cada vez mas á su accion, destruyéndola mediante esta resistencia en todo ó en parte, y que despues

de haberla destruido se desplega libremente en una direccion opuesta á la inflexion y tension que ha padecido.

TEOREMA FUNDAMENTAL.

327. *La Fuerza de Reaccion es igual y opuesta á la Fuerza de compresion.*

DEMOSTRACION I. El *Resorte de un Cuerpo elástico* podria ser comprimido todavia mas de lo que lo es en el choque ó la presion; y no obstante dexa en fin de ser comprimido: Luego este resorte resiste la fuerza comprimente con una fuerza igual á ella: luego la fuerza de este resorte es igual á la fuerza que le comprime.

La accion de este Resorte no puede menos de ser opuesta á la *Fuerza á quien resiste* y que le comprime. Luego su fuerza igual y opuesta á la *Fuerza comprimente* debe de producir en direccion opuesta un efecto igual al de la *Fuerza comprimente*. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Sean dos bolas de márfil colgadas en el aire una junto á otra cerca de un plano perpendicular y bien liso. Hágase que estas dos bolas iguales en masa é igualmente apartadas de su perpendicular vengan á chocar una con otra en direcciones opuestas y con velocidades iguales. Despues del choque retrocederán ambas con las mismas velocidades y consiguiente con las mismas cantidades de movimiento (271) que tenian antes del choque. Sobre esta experiencia ratiocino de este modo. (Fig. 14.)

I.º Si estas dos bolas no tuvieran mas que los movimientos primitivos que las comprimen, siendo estos iguales y opuestos deberian quedar destruidos despues del choque, y las dos bolas en reposo; como sucede con dos bolas de barro húmedo que chocan entre sí en direcciones opuestas con masas y velocidades iguales.

II.º Pero estas dos bolas despues del choque tienen un movimiento que las hace recíprocamente retroceder por su ruta primitiva con la misma velocidad que tenian antes del choque: Luego tienen despues del choque un movimiento igual pero diametralmente opuesto al que tenian antes del choque.

III.º No se puede asignar á este movimiento retrógrado, igual y opuesto al primitivo, otra causa que la reaccion ó el reforte de las partes comprimidas en el choque, y restablecidas despues de él. Luego esta compresion ocasiona una reaccion igual y opuesta á la accion.

IV. Quanto mayor es la masa y velocidad de estas dos bolas, mas violento es su choque, y mas grande su compresion; pues que el choque y la compresion ocasionada por él siguen necesariamente la proporcion de la fuerza motriz que les produce.

No obstante, estas dos bolas sea la que quiera su igual cantidad de movimiento, resaltan siempre despues del choque con la misma velocidad y suma de movimiento que tenian antes de él. Luego la Reaccion siempre igual y opuesta á la Accion se aumenta y disminuye, como la fuerza que la produce; y es siempre igual á la fuerza comprimente. (L. Q. P. D.)

TEOREMA SEGUNDO.

328. *Quando mas resiste un Cuerpo elástico á la accion del Cuerpo comprimente, mayores son asi la Compresion que padece, como la Reaccion que adquiere.*

DEMOSTRACION. Quanto mas resiste un Cuerpo compresible y elástico, tanto mas lugar da á la accion del Cuerpo comprimente para que se exerza contra él segun la medida y extension de su actividad. En vez de que si cede muy fácil y prontamente, se substrahe mas ó menos á la accion de la fuerza comprimente que no es instantanea, sino sucesiva.

Puede pues un Cuerpo sufrir ó toda la accion de la fuerza comprimente, y en este caso recibe una compresion proporcional y una reaccion igual á toda esta fuerza, ó solamente una parte de su accion, y en tal caso recibe una compresion proporcional, y una reaccion igual á aquella porcion de fuerza que se emplea en comprimirle. (L. Q. P. D.)

329. COROLARIO. *Aunque la fuerza de reaccion sea*

siempre igual á la de compresion, no se sigue de aqui que la Reaccion sea siempre igual á todo el Movimiento primitivo del cuerpo comprimente.

DEMOSTRACION. La razon de este Corolario es porque el movimiento primitivo no siempre se emplea todo entero en hacer la compresion, como sucede quando el cuerpo impelido echando á andar delante del cuerpo impelente, ó cediendo mui fácilmente á su impulsion se escapa y substrahe á parte de su fuerza y accion. Por tanto no se deben confundir siempre el *Movimiento primitivo* del cuerpo comprimente con la *Fuerza de compresion*, que es por lo comun mucho menor que el movimiento primitivo.

I.º Quando el Cuerpo impelido es inmóvil, la *Reaccion es igual á todo el Movimiento primitivo*. Porque en este caso el cuerpo impelido no evita parte alguna de este movimiento, que de consiguiente se emplea todo en producir la compresion. La fuerza comprimente parece toda en esto, y la sucede una fuerza igual y opuesta que es la *Reaccion*.

II.º Quando dos Cuerpos chocan entre sí con direcciones opuestas y fuerzas iguales, la *Reaccion es igual á toda la suma de los dos Movimientos primitivos*; porque los dos cuerpos impelen y resisten á un tiempo con toda la suma de sus fuerzas motrices, y la compresion es producida tanto por la percusion como por la resistencia de uno y otro.

III.º Quando un Cuerpo en movimiento da en otro en reposo y móvil, la *Reaccion es igual al movimiento que perderia el primero, y adquiriria el segundo, si ninguno de los dos fuera elástico*.

Asi, si los dos Cuerpos son iguales, ó si el cuerpo impelente es menor que el impelido, la *Reaccion* dividida igualmente entre los dos Cuerpos en direcciones opuestas es igual á todo el movimiento primitivo, el qual ha sufrido bastante resistencia para haberse consumido en producir la compresion.

Pero si el Cuerpo impelente es mayor que el im-

pelido, la Reaccion dividida siempre igualmente entre los dos Cuerpos en direcciones opuestas es menor que el movimiento primitivo, por no haber este sufrido bastante resistencia para haberse empleado todo en producir la compresion.

IV.º Quando un Cuerpo impele á otro que se mueve en la misma direccion, *la Reaccion es igual no á todo el movimiento primitivo, sino solo á aquel que perderia el impelente y adquiriria el impelido, si ninguno de los dos fuera elástico.*

La razon es porque el Cuerpo impelido se substrahe á la percusion, y de consiguiente á la compresion y reaccion con toda su velocidad primitiva.

330. NOTA. Aunque el *Resorte de los Cuerpos elásticos* esté dentro de ellos mismos, se le puede considerar como si fuera un resorte exterior comprimido por dos cuerpos que chocan entre sí.

Bien se comprehende que este *Resorte exterior* extendiéndose y desplegándose con una fuerza igual á la que le ha comprimido, exerceria una accion igual en direcciones opuestas contra los dos cuerpos, y que repeliéndoles de una parte y otra con igual fuerza imprimiria á uno y otro la misma cantidad de movimiento, y de consiguiente velocidades que estarian en razon inversa de las masas. Pues siendo los movimientos iguales, si las masas son desiguales, las velocidades estan necesariamente en razon inversa de las masas. (275.)

De este modo se debe concebir en quanto á sus efectos el *Resorte natural* de los Cuerpos elásticos que se extiende y despliega despues del choque. Este resorte obra con igual fuerza contra un cuerpo de una libra que le comprime de un lado, que contra otro de dos que le comprime del otro, pero imprimiendo igual suma ó cantidad de movimiento á estos dos cuerpos dará á el primero una velocidad dos veces mayor que á el segundo, porque siendo su masa dos veces menor es dos veces menos difícil transportarla, y porque la misma fuerza motriz que lleva una masa de dos libras á una distancia

qualquiera, debe llevar otra de una libra á una distancia doble.

REGLA GENERAL.

331. Si un Cuerpo elástico da en otro tambien elástico en reposo y móvil, despues del choque el Cuerpo impelente habrá perdido, y adquirido el impelido doble movimiento que hubieran perdido y adquirido respectivamente, sino hubieran sido elásticos. (Fig. 14. y 17.)

EXPLICACION. Esta Regla general es una consecuencia del teorema fundamental que acabamos de demostrar. La fuerza de reaccion es igual y opuesta á la de compresion, y reside igualmente en el cuerpo impelente que en el impelido, pues la resistencia de este es igual al impulso que hace aquel para vencerla, y de la percusion y resistencia nacen la compresion y reaccion.

Luego esta reaccion debe destruir en el cuerpo impelente otro tanto movimiento como ha destruido el choque y dar al Cuerpo impelido otro tanto como el choque le ha dado. Luego el movimiento perdido por el primero y adquirido por el segundo debe ser doble de lo que hubiera sido si ninguno de los dos fuera elástico.

Luego para estimar la cantidad de movimiento que deben tener estos dos cuerpos elásticos despues del choque no hay mas que hacer que considerarles como si no fueran elásticos, (324) y doblar lo que debia perder el uno, y adquirir el otro. Por exemplo

I.º Si el Cuerpo impelente y el impelido son iguales en masa, despues del choque el primero queda quieto y el segundo echa á andar con toda la suma del movimiento primitivo. Asi se ve suceder todos los dias quando un diestro Jugador de bolas al dar un cabe, pega directamente con la bola de madera que despide á otra igual de la misma materia.

El *Cuerpo impelente* perderia la mitad de su movimiento primitivo por el choque sino fuera elástico (324.). Siéndolo pierde otro tanto mas por su reaccion igual y opuesta á la porcion de movimiento primitivo que se

ha consumido en vencer la resistencia del Cuerpo impelido. Debe pues perder las dos mitades de su movimiento primitivo ó todo su movimiento primitivo.

El *Cuerpo impelido* adquiriria la mitad del movimiento primitivo por su resiliencia ó fuerza de inercia igual á la del *Cuerpo impelente* sino fuera elástico. Siéndolo, adquiere otro tanto mas por la reaccion igual y opuesta á la resiliencia que opone al movimiento primitivo. Debe pues tener despues del choque un movimiento igual á todo el movimiento primitivo.

II.º Si la masa impelente es *mayor* que la impelida, el *Cuerpo impelente* pierde una cantidad de movimiento proporcional á la resistencia del *Cuerpo impelido* y á la reaccion que le ocasiona esta resiliencia.

Por exemplo si un *Cuerpo elástico* de nueve onzas dá directamente en otro elástico de una onza en reposo y móvil, el *Cuerpo impelente* pierde una décima parte de su movimiento en virtud de la percusion, y otra décima en virtud de su reaccion, y por el contrario el *Cuerpo impelido* adquiere una décima parte del movimiento primitivo en virtud de la percusion, y otra décima en virtud de su reaccion.

III.º Si la masa impelente es *menor* que la impelida, despues del choque el *Cuerpo impelido* tiene mas movimiento que tenia el impelente. Por exemplo si un *Cuerpo elástico* A con una masa 2 y una velocidad 6 que dan 12 grados de movimiento primitivo, da en otro *cuerpo elástico* B en reposo y móvil cuya masa es 4, despues del choque el *cuerpo A* retrocede con una velocidad como 2, y el *cuerpo B* echa á andar con una velocidad como 4.

La suma del movimiento del *cuerpo B* despues del choque es $4 \times 4 = 16$; quando la suma del movimiento del *cuerpo A* antes del choque no era mas que $2 \times 6 = 12$.

IV.º Es fácil dar razon de esta última experiencia asi en el *Cuerpo impelente* como en el *impelido* en virtud de los principios que acabamos de sentar y demostrar. (327 y 329).

Si el *Cuerpo impelente* A no fuera elástico, dando en el *Cuerpo B* cuya masa es dos veces mayor perdería ocho grados de movimiento en virtud de la percusión; en nuestro caso pierde otro tanto mas en virtud de su reaccion. De 12 grados de movimiento que tenia antes del choque quítense 16, quedan —4 que divididos por 2 de masa dan —2 de velocidad despues del choque, y de consiguiente una *Velocidad retrógrada*.

Si el *Cuerpo impelido* B no fuera elástico recibiría 8 grados de movimiento en virtud de la percusión. En nuestro caso recibe otros tantos mas en virtud de su reaccion. Tendrá pues despues del choque 16 grados de movimiento, que divididos por 4 de masa darán 4 de velocidad en la direccion del *Cuerpo impelente*.

PROBLEMA GENERAL.

332. *Reducir los otros dos casos de Colision á esta Regla general. (Fig. 14 y 17.)*

SOLUCION I. Si dos *Cuerpos elásticos* chocan entre sí en direcciones opuestas; despues del choque, si no fueran elásticos su velocidad seria el exceso del mayor movimiento dividido por las dos masas. (325.)

Pero estos *Cuerpos* son elásticos, y su resorte ha sido puesto en accion por toda la suma de los dos movimientos destruidos en la percusión. Es necesario pues despues del choque dividir entre las dos masas esta fuerza de reaccion, igual y contraria al movimiento primitivo destruido. La mitad de esta suma de movimiento de Reaccion dividida por cada una de las masas dará la velocidad que se debe quitar al cuerpo que tenia mas movimiento, y añadir al que tenia menos. (329.)

Por exemplo supongamos que el *Cuerpo elástico* A de tres libras de masa con una velocidad 8, y el cuerpo B de una libra con una velocidad 12 choquen entre sí en direcciones opuestas. Si estos dos *Cuerpos* no fueran elásticos, despues del choque tendrían por *Movimiento comun* el exceso del movimiento mayor sobre el menor;

exceso igual á 12, que dividido por la suma de las dos masas 4 daría cada una una velocidad como 3 en la direccion del Cuerpo A.

Pero estos dos Cuerpos son elásticos, y su reforte ha sido puesto en accion por los 24 grados del movimiento destruido que han producido una reaccion igual y opuesta á este movimiento. Habrá pues que quitar al cuerpo A 12 grados de movimiento, y que añadir otros 12 al cuerpo B.

Estos 12 grados de movimiento divididos por la masa 3 del cuerpo A darán 4 grados de velocidad que quitar á este cuerpo. Divididos por la masa 1 del cuerpo B darán 12 grados de velocidad que añadirle. La velocidad del cuerpo A despues del choque será pues $3-4=-1$, y la del cuerpo B será $3+12=15$.

SOLUCION II. Si los dos Cuerpos elásticos se chocan entre sí moviéndose *en la misma direccion*, se les debe de considerar primero como si no lo fueran. Se hallará por la teoría de la comunicacion del movimiento en los Cuerpos no elásticos (325) la cantidad de movimiento que en este caso perderia el cuerpo impelente, y adquiriria el impelido.

Pero como estos dos Cuerpos son elásticos, y su reforte ha sido puesto en accion así por el movimiento que pierde el cuerpo impelente, como por la resistencia igual que opone el cuerpo impelido; la Reaccion doblará la pérdida del cuerpo impelente, y la adquisicion del impelido.

Por exemplo supongamos que el cuerpo A con una masa 2 y una velocidad 6 dé en el cuerpo B que se mueve delante de él con una masa 4 y una velocidad 3. Si estos dos cuerpos no fueran elásticos, despues del choque el cuerpo impelente habria perdido dos grados de velocidad, y el cuerpo B habria adquirido 1. (325.)

Pero como estos cuerpos son elásticos, despues del choque el cuerpo A habrá perdido 4 grados de velocidad, y el cuerpo B habrá adquirido 2.

333. NOTA. El pormenor de esta Teoría del Choque se

puede fácilmente asentar y demostrar por medio de otras tantas experiencias particulares como casos distintos hemos considerado. Pero como este pormenor es de muy poca utilidad en la Física nos abstenáremos de fatigar inútilmente la atención de nuestros Lectores.

Nos contentarémolos pues con observar que la teoría y la experiencia están acordes en probar esta Verdad física; á saber que hay circunstancias en que la cantidad del movimiento es la misma antes que despues del choque, y que las hay tambien en que la cantidad del movimiento es mayor ó menor despues del choque, como se puede observar en los exemplos que hemos puesto.

De donde se infiere que la Regla fundamental que imaginó Descartes, á saber que la cantidad de movimiento en los cuerpos queda siempre invariablemente la misma antes y despues del choque, es una regla incontestablemente falsa.

No se hallarán en parte alguna tan simplificadas, mas fucinta y luminosamente presentadas y probadas las *Leyes del choque* asi en los cuerpos elásticos como en los cuerpos no elásticos, pues siempre las hemos visto muy embarazosas y complicadas; y aun en muchos Autores asi antiguos como modernos, bien comunmente erroneas y defectuosas á lo menos en su generalidad.

APLICACION DE ESTA TEORÍA DE LOS CUERPOS ELÁSTICOS A VARIOS FENÓMENOS FÍSICOS.

334. PROBLEMA I. *Explicar segun la teoría del Resorte de los cuerpos el retroceso de las Armas de fuego.*

SOLUCION. La *Pólvora encendida* en un Cañon es como un resorte que se despliega hácia todos lados con violencia, y hace exfuerzo para arrojarse al aire las partes adherentes del cañon al oriente y al occidente, al zenit y al nadir, al norte y al medio-dia. Pero como las partes que componen el cañon tienen entre sí una adherencia superior á la accion de la pólvora encendida, los exfuerzos iguales é inútiles que hace ésta hácia

todos lados contra las partes inseparablemente adherentes del cañon se convierten, así contra la bala que puede romper hácia delante, como contra el cañon que se puede mover hácia atras. Luego la accion inmensa de la pólvora encendida considerada como un Reforte que obra con fuerza igual entre *dos resistencias desiguales*, dividiéndose entre la masa de la bala y la del cañon debe imprimir á estos dos cuerpos, si todas las demas cosas son iguales una cantidad igual de movimiento, y de consiguiente una velocidad en razon inversa de las masas (275). De modo que la *Velocidad retrógada del Cañon* será á la *Velocidad directa de la Bala* como la masa de la bala es á la masa del Cañon. (Fig. 34.)

I.º Un cañon de á veinte y quatro pesa comunmente en Alemania segun Wolfio unas 6400 libras, y en Francia segun San-Remi unas 5100, que con el afuste vendrán á salir las mismas con corta diferiencia que pesan los cañones de Alemania.

II.º La *Velocidad de una bala arrojada de un cañon de batir* bien cargado es de unos seiscientos pies en el primer segundo. Verémos en otro lugar como se puede hallar y determinar esta velocidad. (391.)

III.º Supongamos que la *Pólvora encendida* divide igualmente su fuerza motriz entre las dos masas desiguales del cañon y la bala imprimiendo á una y otra una cantidad de movimiento igual y opuesta. ¿Qual debe de ser la velocidad opuesta de la bala y del cañon despues de la inflamacion de la pólvora? Para hallarla hágase esta proporcion. La velocidad de la bala debe de ser á la velocidad del cañon como la masa del cañon es á la masa de la bala (275): de consiguiente $600. x :: 6400. 24$. Por una simple regla de tres se hallará que la incógnita x que expresa la velocidad retrógrada ó el retroceso del cañon en un segundo es de 2 pies y $\frac{1}{4}$.

Suponiendo pues que el cañon esté puesto sobre un plano perfectamente horizontal, la velocidad retrógada del cañon será á la velocidad opuesta de la bala como $2 \frac{1}{4}$ es á 600: es decir que el cañon reculará con una ve-

locidad que le hará andar 2 pies y $\frac{1}{4}$ en un segundo, al paso que en el mismo segundo la bala andará un espacio de 600 pies. Pero como el cañon está comunmente dispuesto de tal modo que no puede recular sin que su afuste que se debe tener por parte de su masa fuba por un Plano inclinado y experimente una resistencia grande á su movimiento, esta resistencia disminuye tambien su velocidad retrógada.

El *Retraceso ó culatazo del fusil y la pistola* depende de la misma causa, y se explica del mismo modo. La fuerza del brazo que los sostiene y dirige se debe considerar como que hace parte de su resistencia.

IV.º Quanto mas pesados son los Cañones ó Fusiles menos reculan, porque quanto mayor es una masa menos velocidad la imprime una fuerza determinada. Si el cañon ó el fusil estuviesen de tal fuerte fixos que no pudiesen recular de ningun modo, la violencia de la bala seria mucho mayor, porque entonces la *accion de la Pólvora inflamada* se emplearia toda entera contra la bala, asi como la accion de un Resorte puesto entre un Cuerpo móvil y otro inmóvil pasa toda entera y sin dividirse al Cuerpo móvil.

V.º Un Cañon ó un Fusil mas largos, con tal de que no sea desmesurada su longitud alcanzan mas, porque dan á la pólvora el tiempo necesario para inflamarse toda, y exercer toda su accion contra la bala, la qual se subtrae al impulso de la porcion de pólvora que no se inflama hasta despues de su erupcion.

Pero si la longitud del cañon ó del fusil es desproporcionada y mayor de lo que es necesario para dar lugar á la inflamacion sucesiva de toda la pólvora, el exceso de longitud solo sirve de ocasionar una frotacion que disminuye el movimiento de la bala sin utilidad alguna.

335. NOTA. Tres causas que no harémos aqui mas que indicar, son las que concurren á producir el *prodigioso esfuerzo de la Pólvora* asi contra el cañon como contra la bala: á saber la accion explosiva del Fuego, el resorte

desplegado del Aire, y la fuerza inmensa del Vapor producido por la inflamacion.

Algunos Físicos poco ilustrados ó poco observadores han querido atribuir el *Retroceso de las armas de fuego*, por exemplo de un cañon al sacudimiento violento del aire que se precipita por la boca contra la culata, en el instante en que la materia inflamada ha hecho su erupcion. Explicacion falsa por muchos capítulos.

I.º El Cañon empieza á recular segun Wolfio antes de que haya salido la bala, y el aire pueda haber entrado. Luego no es el sacudimiento del aire quien le hace recular.

II.º El Aire no puede precipitarse con violencia en lo interior del Cañon, á no ser que el Cañon estuviese como vacío de aire en el instante en que se hace la erupcion de la pólvora inflamada.

Ahora pues consta por la observacion, que un grano de pólvora inflamado da un volúmen de aire doscientas veces mayor que el mismo grano (653). Luego lexos de que el cañon esté vacío de aire en el instante en que se hace la erupcion, está lleno de un volúmen exórbitante de moléculas aereas, que defatándose y rompiendo con violencia exercen su resorte asi contra la bala, como contra la culata del cañon.

III.º Aun quando el Cañon estuviese vacío de aire, la pequeña cantidad que puede contener no seria capaz de imprimirle precipitándose en él con su simple resorte natural, un sacudimiento tan violento como el que produce su retroceso.

336. PROBLEMA II. *Explicar por los mismos principios, como y porque un Cohete se eleva en el aire contra su pesantez.*

SOLUCION. Se debe considerar el Cohete como un Cañon mui leve cuya culata está á la parte de arriba, y cuyo calibre lleno todo de una materia sucesivamente inflamable solo tiene un agujerito de figura de embudo á la parte de abaxo, cuyo destino es dar paso á la erupcion de la materia inflamable segun se va encendiendo.

ucesivamente y como por capas. Se le ata paralelamente una varita al cohete para que le haga tomar por su gravitacion hácia el centro de la tierra una direccion siempre perpendicular con corta diferiencia al horizonte.

I.º La materia inflamable que se enciende en el cohete no súbitamente y como de un golpe, sino sucesivamente y como por capas hace el oficio de un *Resorte* que se despliega con violencia entre dos Resiliencias; á saber entre el cuerpo del cohete á quien tira á hacer subir contra su gravedad, y la columna inferior de aire contigüo á quien tira á hacer baxar á pesar de la presión de las columnas adyacentes que la sostienen, y se oponen á que sea echada de su lugar. El cuerpo del cohete es como el cañon que recula, y las moléculas aéreas son como la bala que se arroja con una velocidad incomparablemente mayor en fuerza de la acción explosiva de la pólvora, la qual lucha constantemente así contra el fondo del cohete, como contra la columna de aire que termina en el agujero del cohete.

II.º Aunque á primera vista parece que la *Columna inferior* del aire contigüo debe oponer muy poca resistencia á la erupcion de la materia inflamada, con todo como la resistencia de un fluido es proporcional al cuadrado de la velocidad del cuerpo que le impele y echa de su lugar (302), y como la velocidad de la materia inflamada que impele la columna de aire es inmensa, se sigue que debe ser muy grande la resistencia que opone la columna de aire á la materia inflamada que sale del cohete.

III.º El Cohete para elevarse en el aire tiene que vencer ademas de su pesantez la resistencia de una columna de aire igual á su diámetro, y esta resistencia lucha tambien contra la acción de la fuerza que le eleva.

Pero la resistencia que opone la columna superior á la acción de la materia inflamada es como nula en comparacion de la resistencia que la opone la columna de aire inferior; porque la *Columna superior* solo es impelida por la velocidad del cuerpo del cohete, al paso que la colum-

na inferior es impelida por la velocidad incomparablemente mayor de la materia inflamada que sale del cohete.

Y como las *Resistencias de un mismo fluido* son entre sí como los cuadrados de las velocidades (302), y la velocidad de la materia inflamada excede inmensamente á la velocidad del cuerpo del cohete, se sigue que la resistencia que opone la columna superior al cuerpo del cohete es como nula en comparacion de la que opone la columna inferior á la materia inflamada.

Debe pues subir el Cohete en lugar de baxar mientras que dure la erupcion de la materia inflamada, cuya fuerza explosiva detenida y repelida por la resistencia del aire lucha contra el fondo del cohete con un exfuerzo permanente, opuesto, y bastante superior al exfuerzo de su gravedad.

337. PROBLEMA III. *Explicar por la Teoría del Resorte de los cuerpos como y porque un globo elástico A dando en una fila de globos elásticos todos iguales á él queda en reposo despues del choque, é imprime todo su movimiento al último de la fila dexando quietos los globos intermedios.* (Fig. 19.)

SOLUCION. I.º El globo elástico A dando en el globo elástico B, debe perder la mitad de su movimiento por el choque, y la otra mitad por la reaccion (331). Debe pues quedar inmóvil junto al globo B.

II.º El globo elástico B acabada la compresion, queda animado de una tendencia al movimiento igual á todo el movimiento que ha perdido el globo A. En virtud de este movimiento inicial, detenido y como aprisionado por la resistencia del globo contiguo C comprime á éste y se comprime á sí mismo, y así pierde la mitad de su fuerza por la compresion, y la otra mitad por la reaccion. Debe pues quedar inmóvil y en reposo, y lo mismo sucede con los otros dos globos siguientes C y D.

III.º El Globo elástico E el último de la fila, comprimido por la tendencia al movimiento que tiene el globo precedente D recibe la mitad del movimiento primitivo en su compresion, y la otra mitad por su reaccion.

Y como nada se opone á la tendencia que tiene al movimiento, su movimiento se efectúa y le hace andar con la misma velocidad que tenia antes del choque el cuerpo impelente A.

338. NOTA. Como todos estos globos están contiguos, la compresion aunque sucesiva pasa con una rapidez inconceivable de uno á otro desde el primero hasta el último de la fila. Durante la compresion estos globos se alargan en sus diámetros Bb , Cc , Dd , y se aplanan en sus diámetros rs , pero la Reaccion les hace volver á tomar bien pronto su estado natural.

I.º No se deben considerar estos globos como que á causa de su contigüidad no hacen mas que un solo todo, porque en este caso no habria mas que una sola compresion y una sola reaccion, quando en la experiencia de que hablamos hay realmente muchas compresiones y reacciones sucesivas, que destruyéndose recíprocamente desde la primera hasta la última exclusivamente restablecen el reposo inicial en todos estos globos excepto en el último, en el que no siendo destruido el movimiento, ni por una compresion que tenga que causar, ni por una reaccion opuesta que tenga que sufrir, persevera y se efectúa todo entero.

II.º Se comprehende facilmente segun esta misma Teoría, que si dos globos elásticos A y E iguales en masa y velocidad vinielen á chocar en un mismo instante y en direcciones opuestas con la fila de globos iguales B, C, D, despues del choque resaltarían con la misma velocidad A y E. La razon es porque si pierden todo su movimiento por el choque, tambien le recobran por la reaccion igual á la percusion.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

339. OBJECCION I. Las Reglas generales que acabamos de sentar acerca de la *Comunicacion del movimiento* asi en los cuerpos elásticos como en los que no lo son, pueden ser verdaderas en el estado metafísico

pero no lo son seguramente en el estado físico de las cosas; por exemplo quando un cuerpo elástico da con seis grados de movimiento en otro elástico igual en masa, en reposo y móvil, segun la Teoría dada el cuerpo impelente debería imprimir al impelido seis grados de movimiento; no obstante en la práctica el cuerpo impelido jamas tiene mas que cinco ó cinco y medio: Luego estas Reglas generales admirables en la Teoría no sirven de nada en la práctica.

- RESPUESTA. Ya hemos advertido que al describir las *Leyes del Movimiento* que guardan los cuerpos en el choque, prescindiríamos de la gravedad de los cuerpos, de la resistencia de los medios, de la imperfeccion del resorte en los Cuerpos que llamamos elásticos, y de la existencia de un resorte muy pequeño en algunos cuerpos que miramos como no elásticos: aunque es cierto que todas estas causas concurren comunmente á impedir que las Reglas generales que hemos sentado correspondan en la práctica y estado físico de las cosas con una precision exácta á la teoría.

- No obstante no se sigue de aqui que estas Leyes ó reglas generales sean vanas y engañosas en la práctica porque se acercan tanto á lo que sucede efectivamente en el estado físico de las cosas, que la falta de precision perfecta que pueden tener ocasionada por los obstáculos de que acabamos de hablar, en nada perjudica á la estimación exácta de las Fuerzas mecánicas. La razon es porque despues de haber valuado las Fuerzas motrices en el estado metafísico conforme á estas Reglas generales, se valua tambien la resistencia de los obstáculos que deben disminuirlas en el estado físico.

Por exemplo, se sabe por la teoría metafísica que un cuerpo elástico impelido por una fuerza como 6 debería tener despues del choque una fuerza como 6. Si se advierte que no tiene realmente despues del choque mas que una fuerza como 5, se hace juicio de que la resistencia ocasionada ó por el aire, ó por la gravedad, ó por el defecto de elasticidad destruye en tal especie de cuer-

pos una sexta parte de la Fuerza primitiva; así en lugar de esperar en la práctica un efecto como 6, solo se esperará un efecto como 5, y no se padecerá engaño, ni en la teoría, ni en la práctica.

340. OBJECCION II. Según las *Leyes del choque* que hemos descrito un grano de arena atrojado con un movimiento débil contra un pedazo de mármol debería hacerle mover mas ó menos y perder su lugar: pues que el movimiento del grano de arena debe según estas leyes dividirse después del choque entre el cuerpo impelente, y el cuerpo impelido.

RESPUESTA. Ya hemos demostrado que el Movimiento perece, ó puede perecer por la resistencia (310.) Luego la *Fuerza de inercia* muy grande del pedazo de mármol puede y debe bastar para hacer nulo el efecto del pequeño movimiento del grano de arena.

Luego si el grano de arena no es elástico, su movimiento perecerá simplemente, y si lo es retrocederá con un movimiento igual y lo puesto al que tenía antes del choque.

341. OBJECCION III. Según las *Leyes del choque en los cuerpos elásticos* una bola de marfil que se encuentra directamente con otra igual en una mesa de villar debería quedar inmóvil después del choque (331), y no obstante la experiencia nos hace ver que continúa en moverse después del choque. Luego las *Leyes* que hemos establecido acerca de la comunicacion del movimiento son falsas y contrarias á la experiencia.

RESPUESTA. Las *Leyes del choque* que hemos descrito solo tienen por objeto el *Movimiento de impulsión directa*, ocasionado por la accion ó reaccion.

La bola de marfil quando rueda sobre la mesa tiene dos movimientos diferentes: el uno de impulsión horizontal con el que se mueve paralelamente á la mesa. El otro de rotacion sobre su exe en virtud del qual todas sus partes circulan igualmente al rededor del exe. El primer movimiento es el objeto de las leyes que hemos descrito, el segundo las es totalmente extraño. (*Fig. 17.*)

I.º La bola impelente comunica todo el *Movimiento de impulsión horizontal* á la impelida, de fuerte que si despues del choque desapareciese la mesa, la bola impelente continuaria en rodar sobre su exe y sus polos sin caminar horizontalmente.

Para comprobar esta teoría con la experiencia, póngase una de estas bolas al extremo de una mesa sin barandillas y despídase horizontalmente contra ella otra igual que vaya á herirla directamente, ó hágase lo mismo sobre una de las barandillas de la mesa. Despues del choque la bola impelida escapa con todo el movimiento de la bola impelente, y la impelente cae perpendicularmente en el suelo rodando sobre su exe y al rededor de sus polos.

II.º Pero sobre la cubierta de la mesa la bola impelente despues de haber perdido su movimiento de impulsión directa en el choque conserva todavia su *Movimiento de rotacion sobre su exe*, porque este movimiento nada tiene que le destruya.

Y como este *Movimiento de rotacion* no puede subsistir sobre la cubierta en que padece frotacion, sin que el centro de esta bola se mueva hácia adelante, continúa despues del choque en caminar hácia adelante, no en virtud de su movimiento horizontal que ya no existe, sino en virtud de su movimiento de rotacion, que todavia subsiste y subsistirá hasta que la pesantez de la bola, y la resistencia de la cubierta destruyan totalmente este *Movimiento de rotacion*.

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO CUARTO.

TEORIA PARTICULAR DEL MOVIMIENTO COMPUESTO,
ACELERADO, REFLEJO, Y REFRACTO.

En las tres Secciones de que constará este Tratado trataremos del Movimiento compuesto rectilíneo y curvilíneo; del Movimiento acelerado y retardado, y del Movimiento reflexo y refracto.

SECCION PRIMERA.

EL MOVIMIENTO COMPUESTO, RECTILINEO Y
CURVILINEO.

342. DEFINICION I. El Movimiento simple y el compuesto se distinguen entre sí, ó por la causa que los produce ó por el término á que se dirigen.

I.º Se llama *Movimiento simple* aquel que no obedece mas que á una sola fuerza, ó no se dirige mas que á un solo término. Tal es el movimiento de un cuerpo que en virtud de su gravedad cae por una línea perpendicular al horizonte: pues (como es claro) el movimiento de este cuerpo es efecto de una sola causa y se dirige á un solo término.

II.º Se llama *Movimiento compuesto* aquel que es producido por la accion junta y simultánea de muchas causas, cuya direccion no es la misma, ó que tiran á un

tiempo hácia distintos términos. Tal es el movimiento de un cuerpo que se arroja horizontalmente por una ventana. Este cuerpo obedece á un mismo tiempo á su impulsión y á su gravitación, y se dirige á cada instante así hácia el centro de la tierra, como hácia un punto del horizonte.

III.º Si dos Potencias tienen una misma direccion como los dos pesos C y D colgados uno encima de otro de una misma cuerda perpendicular al horizonte, se las considera como una *Potencia sola*, y el movimiento que producen en la misma direccion y hácia el mismo término no se le tiene por movimiento compuesto sino por movimiento simple. (*Fig. 18.*)

Para que el movimiento se tenga por *compuesto* de parte de las causas que le producen, es necesario que estas causas no tengan una misma direccion, sino que sus direcciones ó sean diametralmente opuestas, ó formen entre sí un ángulo mayor ó menor. (*Fig. 21, 22, y 23.*)

343. DEFINICION II. Se llama *Potencia mecánica* ó simplemente *Potencia* qualquiera causa animada ó inanimada que produce ó tira á producir un movimiento en un móvil. La accion de un caballo que tira de un calesin, la gravitación de un peso sobre una balanza, el impulso de una bala contra un muro, y de un corriente de agua contra una rueda son potencias mecánicas.

I.º Un mismo efecto, un mismo movimiento puede ser producido por la accion junta y simultánea de muchas potencias, y en tal caso estas potencias se llaman *Potencias conspirantes*. Dos potencias son otro tanto mas conspirantes, quanto mas se ayudan á producir su efecto comun.

II.º Para simplificar esta Teoría del movimiento compuesto, supondrémos que la accion junta y simultánea de *dos Potencias* sobre un Móvil coincide y se reúne siempre en el centro del Móvil.

Quando las dos Potencias obran en direcciones diametralmente opuestas A m, A n, sus direcciones no forman ángulo alguno en el centro del móvil. (*Fig. 18.*)

Pero quando las dos Potencias no obran, ni en la

misma direccion, ni en direcciones diametralmente opuestas, sus direcciones forman un ángulo en el centro del Móvil, y este Angulo agudo, recto ú obtuso se llama el *Angulo de direccion* de las dos potencias conspirantes. Por exemplo (*Fig. 20, 21, 22.*)

Si al Móvil A le tiran de una parte en la direccion A B, y de la otra en la direccion A C, el ángulo B A C es el ángulo de direccion de las dos Potencias conspirantes B y C.

III.º Para simplificar lo mas que nos sea posible esta Teoría del Movimiento compuesto, supondrémos tambien que las Potencias conspirantes son *Fuerzas constantes*; es decir que conservan durante todo el tiempo de su accion la misma actividad sin aumento ni disminucion, ó que si padecen algun aumento ó disminucion de movimiento, crece ó se disminuye el movimiento proporcionalmente en ambas.

IV.º En toda esta primera Seccion procurarémos hacer ver como se ha de valuar el efecto de *muchas Fuerzas motrices* cuya accion junta y simultánea produce ó tira á producir el movimiento en un mismo cuerpo.

Este movimiento efecto único de muchas Potencias mas ó menos opuestas, mas ó menos conspirantes puede ser ó en *línea recta* ó en *línea curva*. Le consideraremos baxo de estos dos aspectos en los tres Párrafos siguientes, de los quales el segundo tendrá por objeto la descomposicion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.

PARRAFO PRIMERO.

MOVIMIENTO COMPUESTO RECTILÍNEO.

Todo Movimiento que se hace en línea recta es un *Movimiento rectilíneo*, qualquiera que sea la direccion que siga y las causas físicas que le produzcan.

REGLA PRIMERA FUNDAMENTAL.

344. Quando un Cuerpo móvil es impelido hácia lados diametralmente opuestos por dos Potencias constantes cuyas direcciones forman una línea recta que pasa por el centro del móvil.

I.º Este cuerpo queda en reposo si las dos potencias son perfectamente iguales.

II.º Si son desiguales, este cuerpo se mueve en la dirección de la mayor á proporcion del exceso de actividad que tiene sobre la otra. (Fig. 18.)

DEMOSTRACION. Esta primera Regla comprehende dos casos diferentes que conviene distinguir: el caso de igualdad y el de desigualdad entre las dos Fuerzas motrices.

I.º Si las dos Potencias B y C son iguales, su acción opuesta A m A n lucha y se destruye recíprocamente. Luego esta doble acción destruida por una resistencia igual de ambas partes es nula respecto del Móvil A. Luego el Móvil A que no puede moverse por sí mismo y que no es mas sollicitado á moverse hácia B que hácia C no se moverá hácia una ni hácia otra parte. Luego este Móvil entregado á la acción opuesta de dos Potencias iguales y diametralmente opuestas quedará en reposo.

II.º Si las dos Potencias B y C son desiguales, el Móvil A indiferente por sí mismo al reposo, ó al movimiento debe necesariamente ceder á la potencia que tira de él con mayor fuerza; pero no debe ceder sino á proporcion del exceso de actividad que ésta tiene sobre la otra; porque la potencia menor B conserva toda su actividad y la emplea en destruir en la mayor C D una cantidad de fuerza igual á la fuya. Luego una parte de actividad de la potencia mayor igual á toda la actividad de la potencia menor es como nula respecto del Móvil A. Luego este Móvil solo caminará hácia la potencia preponderante C D en virtud del exceso de fuerza D que tiene esta potencia sobre la opuesta. Luego si las dos Potencias opuestas son entre sí como 3 á 2, el

Mó-

Móvil cederá á la potencia vencedora como si obrando esta sola y sin obstáculo, su fuerza total fuera igual á 1 y asi proporcionalmente. (L. Q. P. D.)

SEGUNDA REGLA FUNDAMENTAL.

345. Si un Móvil es impelido por dos Potencias constantes cuyas direcciones formen un ángulo en su centro; en fuerza de estos dos impulsos describirá con su movimiento una línea que será Diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos potencias conspirantes. (Fig. 20 , 21 , 22.)

EXPLICACION. I.º Un Paralelogramo es una figura formada por quatro líneas rectas cuyos ángulos y lados opuestos son iguales.

II.º La direccion de las Potencias es la línea que cada una de por sí tira á hacer describir al Móvil.

III.º Un Paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Potencias es un paralelogramo cuyos lados saliendo desde el centro del móvil coinciden con las direcciones de las dos potencias, y son entre sí en largura, como las dos potencias son entre sí en actividad.

IV.º La línea recta A D tirada desde un ángulo á otro opuesto del paralelogramo es la Diagonal que debe describir el centro del Móvil en su movimiento producido por la accion junta y simultánea de las dos Potencias conspirantes B y C.

DEMOSTRACION I. Supongamos que en un tiempo determinado, por exemplo en un segundo, el Móvil A debiese caminar hasta B impelido por sola la fuerza A B, y hasta C impelido por sola la fuerza A C, y dividamos este Segundo en quatro tiempos iguales. (Fig. 20.)

I.º Si el Móvil fuera impelido por sola la fuerza A B, al fin del primer tiempo habria andado la quarta parte de esta línea A B y se hallaria en el punto *m*, tocando asi en la línea *mu* paralela á la línea A C;

Y si fuera impelido por sola la fuerza A C, al fin del primer tiempo habria andado la quarta parte de la línea

A C y se hallaría en el punto r tocando así en la línea $r u$ paralela a la línea A B.

II.º Como las direcciones de estas dos potencias no son diametralmente opuestas entre sí, y el Móvil puede acercarse á un mismo tiempo á las dos líneas $m u$, $r u$, se hallará al fin del primer tiempo, habiendo obedecido sucesivamente á las dos potencias, en u .

III.º Por la misma teoría tirando siempre el Móvil A á obedecer á la acción junta y simultánea de las dos Fuerzas que le impelen, se hallará en x al fin del segundo tiempo; en y al fin del tercero, y en D al fin del cuarto tiempo ó de un segundo.

IV.º Ygualmente por la misma teoría aplicada á todos los instantes intermedios de estos quatro tiempos iguales se hallará sucesivamente el Móvil, ó mas bien el centro del Móvil en algun punto correspondiente á la línea A D.

Luego este Móvil en fuerza del impulso de las dos Potencias A B y A C habrá andado en un segundo la línea A D.

Es así que la línea A D es la *Diagonal* de un paralelogramo construido sobre la dirección y relación de dos potencias conspirantes. Luego un Móvil en virtud del doble impulso de dos Potencias constantes y conspirantes describe con su movimiento una línea que es la Diagonal del paralelogramo construido sobre la dirección y relación de las dos fuerzas que le mueven. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Si dos Martillos M y N movidos por dos resortes fixos y de fuerza desigual pegan á un mismo tiempo á una bola de madera ó marfil puesta sobre un plano horizontal, se verá á la bola A andar la línea A D que será la Diagonal de un paralelogramo construido sobre la dirección y relación de las dos impulsiones A B y A C.

Si permaneciendo la misma la impulsión A C se le junta otra A G en lugar de A B y mas débil que ella, la bola A describirá la línea A H que será la Diagonal de un nuevo paralelogramo construido sobre la dirección y relación de los dos impulsos A C y A G. (Fig. 22.)

Luego la teoría y la experiencia demuestran de concierto la verdad de la Regla fundamental que acabamos de fentar acerca del Movimiento compuesto rectilíneo. (L. Q. P. D.)

VARIOS COROLARIOS SOBRE ESTE OBJETO.

346. COROLARIO I. *La Diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Potencias conspirantes, expresa tanto la cantidad de su accion como la de su efecto.*

EXPLICACION. I.º La Diagonal expresa la *Cantidad de su efecto*, pues expresa la velocidad impresa al Móvil que es como el espacio andado en un tiempo determinado, y por lo mismo como la longitud de la diagonal que anda el Móvil en un tiempo dado.

II.º La Diagonal expresa la *Cantidad de su acción unida* sobre el Móvil, pues el efecto es siempre proporcional á la causa que le produce, y la longitud de la Diagonal expresa el efecto comun de las dos Potencias, ó la velocidad y movimiento que imprimen juntas al Móvil.

347. NOTA. La *Velocidad del Movimiento compuesto* es menor que la suma de las dos velocidades que la producen; pues la Diagonal A D que expresa la velocidad del Movimiento compuesto es menor que los dos lados A B y A C que expresan las velocidades de las dos Fuerzas motrices.

La razon de esto es; porque las dos velocidades A B y A C que tiran á imprimir al Móvil las dos fuerzas motrices tienen direcciones incompatibles, y se oponen mas ó menos una á otra á proporcion de su incompatibilidad. Deben pues imprimir al Móvil menos velocidad que si concurriesen á moverle en una misma direccion. (Fig. 20, 21, y 22.)

I.º Quanto menor es el ángulo de direccion *mayor es el efecto comun de las dos Potencias*, porque sus direcciones son tanto menos incompatibles, y se oponen tanto menos una

á otra quanto menos distantes están de conspirar en una misma direccion.

II.º Quanto mayor es el ángulo de direccion, *menor es el efecto comun de las dos Potencias*, porque sus impulsos son tanto mas incompatibles y se oponen tanto mas uno á otro, quanto están mas distantes de coincidir en una misma direccion.

348. COROLARIO II. *Quando las direcciones de dos Potencias conspirantes forman un ángulo recto en el centro del móvil, cada una de ellas obra sobre él como si la otra no obrase, y produce todo su efecto sin aumento ni disminucion alguna.* (Fig. 22.)

EXPLICACION. Sea el Móvil A movido horizontalmente por una fuerza que tira á llevarle á B en un segundo, y verticalmente por otra que tira á llevarle á C en igual tiempo.

I.º *La Potencia que obra horizontalmente tira á llevar al Móvil en un segundo á B, ó á hacerle andar en un segundo un espacio horizontal igual á A B, y la es indiferente que el Móvil llegue al fin del segundo á B, ó á D, ó á qualquier otro punto de la línea B D.*

II.º *La Potencia que obra verticalmente y que consideramos por ahora como constante tira á llevar en el mismo tiempo al Móvil á una distancia igual á A C, y esta distancia de alto abaxo se halla en qualquiera punto de la línea C D.*

Así quando ambas Potencias obran juntas sobre el Móvil y le llevan por la diagonal A B, cada una de ellas consigue su efecto sin aumento ni disminucion, como si el Móvil no fuera movido por la otra. Y ni se ayudan ni se perjudican relativamente á su efecto particular.

349. COROLARIO III.º *No sucede lo mismo quando el ángulo de las dos Potencias es obtuso ó agudo, pues en estos casos el efecto de una de las dos se disminuye si el ángulo es obtuso, y se aumenta si es agudo.* (Fig. 21. y 23.)

EXPLICACION. I.º Si la Potencia horizontal A B y la obliqua al horizonte A C obran contra el Móvil A baxo el Ángulo obtuso B A C, el Móvil corre la diagonal A D.

En este caso el efecto de la Potencia horizontal se disminuye la cantidad Bm : y esta disminucion será tanto mayor quanto mas obtuso sea el ángulo de direccion.

II.º Si la Potencia horizontal AR , y la obliqua al horizonte AT obran contra el Móvil A formando entre sí el *Angulo agudo* RAT , el Móvil corre la diagonal AS .

En este caso el efecto de la Potencia horizontal Rm se aumenta la cantidad Rm , y este aumento será otro tanto mayor quanto mas agudo sea el ángulo de direccion. (347).

350. APLICACION. Supuesta esta Teoría general del Movimiento, es fácil resolver varios problemas particulares que la vista ó la imaginacion pueden presentar al entendimiento; por exemplo (Fig. 31.)

I.º *¿Que camino debe seguir un Barco A tirado obliquamente contra la corriente del agua por dos Potencias conspirantes m y n , la una de un lado y la otra del otro del Rio?*

El Barco debe moverse por medio del rio, si las dos Fuerzas conspirantes que tiran de él son iguales, pues esta direccion AB es la diagonal de una infinidad de paralelogramos contruidos á cada instante sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas que obran sobre el Barco A .

II.º *¿Que camino debe seguir un Tito de guinda que escapa de entre los dedos, que le oprimen obliquamente de una parte y de otra?*

Prescindiendo de su gravedad que le da un movimiento acelerado hácia el centro de la tierra, debe caminar este Tito por una línea que sería la diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Fuerzas ó Presiones que le ponen en movimiento.

III.º Suponiendo que un Ginete que corre á rienda suelta se mueve con un movimiento siempre igual sobre una línea recta llevando en la mano un fusil cargado siempre perpendicular al horizonte; *¿en donde caería la bala despedida del fusil si llegase á dispararse?*

La bala caería en la boca misma del fusil G P K, si este caso metafísico pudiese ser reducido exáctamente á la práctica. (Fig. 32.)

La razon de esto es, porque la bala F saliendo del fusil tiene dos movimientos diferentes, el uno vertical F e ocasionado por la impulsión de la pólvora inflamada, y el otro horizontal F f que es el movimiento mismo del Ginete; y asi es preciso que la bala F en virtud del *Movimiento vertical* que subsiste durante un cierto tiempo, y del *horizontal* que es constante, suba primero y despues baxe siguiendo las diagonales F E, E D, D C, C B, B A, A S, S T, T V, V Y, Y Z de una serie de paralelogramos contruidos sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas vertical y horizontal que la mueven.

Quando la bala esté en E el fusil vertical que lleva el Ginete estará en f. Quando la bala esté en C el fusil estará en G; quando la bala esté en A el fusil estará en P: quando la bala esté en V el fusil estará en K, &c.

Quando la bala llega á su mayor elevacion ha perdido todo su movimiento vertical ascendente, y su gravedad la da otro *Movimiento vertical descendente*, que combinándose con el movimiento horizontal que siempre subsiste, la vuelve á traer á la boca del fusil en Z. El camino que sigue esta bala es una Parábola de la que hablaremos en otra parte, pero que resulta del movimiento compuesto de que aqui se trata. (380.)

IV.º En muchisimas circunstancias es necesario tener cuidado con la *Combinacion de estos dos Movimientos* horizontal y vertical, la qual influye mas ó menos sensiblemente en los resultados que se esperan de un móvil.

Por exemplo un Cuerpo que se tira desde una barca ó un coche que se mueven con rapidez, no tiene la misma direccion que tendria si la barca ó el coche estuviesen parados: porque este cuerpo participa asi del movimiento de la mano que le arroja, como del movimiento del coche ó de la barca desde donde le tiran; y por lo mismo sigue la *Diagonal* de un paralelogramo contruido sobre la direccion y relacion de las dos causas que le mueven.

PARRAFO SEGUNDO.

DESCOMPOSICION DEL MOVIMIENTO Ó DE LAS FUERZAS MOTRICES.

351. OBSERVACION. *Un mismo y único Movimiento puede mirarse como compuesto, ó por razon de su causa que real ó equivalentemente es múltipla, ó por razon de su accion que se divide y hace como múltipla produciendo su efecto en una direccion y no en otra.*

I.º En primer lugar se sabe, como acabamos de hacer ver en el Párrafo anterior, que dos Fuerzas motrices que obran juntas sobre un mismo Móvil en direcciones diferentes producen menos efecto ó menos Movimiento en él, que si obrasen en una misma: igualmente se ve tambien que *la suma de las dos fuerzas consideradas cada una de por sí es como los dos lados de un paralelogramo construido sobre su relacion; y su Accion junta como la diagonal del mismo paralelogramo.* (347.)

II.º Ademas consta por la Experiencia que una misma Fuerza motriz que obra directa y perpendicularmente contra un Móvil, le imprime un impulso mayor que quando obra contra él *en direccion obliqua.*

Por exemplo una bala de cañon que pega perpendicularmente en un muro produce un efecto mayor que quando da en él en direccion obliqua. En el primer caso exerce toda su fuerza contra el muro, y en el segundo una parte de su fuerza pierde su accion y efecto.

III.º Trátase en este segundo Párrafo de valuar así la *Accion junta* de dos Fuerzas que obran sobre un mismo Móvil, como la *Accion obliqua* de sola una que obra contra una resitencia. Y vamos á hacerlo en los dos Problemas siguientes.

PROBLEMA I.

352. *Dada la velocidad impresa á un Móvil por la accion junta de dos potencias, y el ángulo que la direccion de cada*

potencia hace con la direccion del Móvil, determinar así la suma comun de las dos Fuerzas motrices, como la suma propia y particular de cada una de ellas. (Fig. 20, 21, 22.)

EXPLICACION. I.º Desde un punto qualquiera A tírense dos líneas indefinidas A B y A C que entre sí formen un ángulo igual á la suma de los dos ángulos dados.

II.º Dé este ángulo total B A C tómese una parte B A D igual al ángulo que hace la direccion de la potencia A B con la direccion del Móvil, y tírese la línea indefinida A D. El ángulo total B A C habrá sido dividido por esta línea indefinida en dos ángulos que seran respectivamente iguales á los dos ángulos dados, ó á los dos ángulos formados por la direccion del Móvil, y por la direccion de las dos Fuerzas que le mueven.

III.º Supongamos ahora que la *velocidad impresa al Móvil* por la accion junta de las dos Fuerzas conspirantes que es la velocidad dada, sea como 30.

Sobre una línea dividida exáctamente en partes iguales tómese con el compas una largura de treinta partes; y desde el punto A llévase esta abertura del compas sobre la línea indefinida A D. Puesta una punta del compas en A la otra caerá sobre un punto D, y la línea A D será igual á treinta partes. (*Math.* 411.)

IV.º Desde este punto D tírese una línea D B paralela á la línea A C, y otra D C paralela tambien á la línea A B. Estas líneas formarán un Paralelogramo A B C D, cuya *Diagonal* será A D. Hechos todos estos preparativos, es fácil resolver las dos partes del problema.

SOLUCION I. Se sabe que la *velocidad del Movimiento compuesto* es á la suma de las dos velocidades que la producen, como la diagonal es á la suma de los dos lados. (345.)

Tomese pues con el compas la longitud del lado A B, y despues póngase el compas sobre la misma línea de las partes iguales en la que se ha tomado lo largo de la diagonal A D; hágase lo mismo con el lado A C y se tendrá en partes conocidas la *longitud de los dos lados* A B y A C, y por consiguiente las dos fuerzas motrices

A B y A C expresadas por la longitud de estos lados.

Por exemplo siendo la diagonal, como suponemos de treinta partes iguales; supóngase tambien que el lado A B sea de 25, y el lado A C de 18: la suma de estas dos velocidades motrices será $25 + 18 = 43$.

No teniendo el Móvil en este caso mas que 30 grados de velocidad los 13 que faltan de los 43 habrán sido destruidos por la incompatibilidad de las dos direcciones.

SOLUCION II. Como los dos lados A B y A C expresan las dos velocidades que imprimirian al Móvil las dos fuerzas motrices si obrasen separadamente sobre él; estos dos lados conocidos harán conocer asi estas dos fuerzas como su relacion; y por lo mismo el valor separado de cada una.

En el exemplo que acabamos de poner la fuerza A B es á la fuerza A C como 25 es á 18, y tenemos descompuestas las dos fuerzas. Tal es la solucion del famoso Problema de la *descomposicion de las Fuerzas unidas ó conspirantes*.

353. NOTA. Si dos Fuerzas motrices A B y A C con una suma de movimiento como 43 producen en el Móvil A un movimiento ó tendencia á él como 30: una Fuerza única como 30 que obra directamente contra el Móvil en la direccion D A le haria quedar parado, y estaria en equilibrio con las dos Potencias A B y A C.

La razon de esto es, porque la Fuerza directa D A igual á 30 obraria tanto contra el Móvil A, como las dos Fuerzas conspirantes A B y A C cuya accion es en parte destruida por la incompatibilidad de sus direcciones.

PROBLEMA II.

354. Estimar la accion de una Fuerza que obra obliquamente, ó descomponer una Fuerza obliqua. (Fig. 22.)

SOLUCION. Supongamos que el Móvil A en virtud del impulso de los dos martillos M y N se mueve con 20 grados de velocidad contra C D que se considera como un Plano sólido.

I.º Es evidente que el Móvil A no camina á dar en el plano C D en virtud de la impulsión A B que le imprime el martillo M; pues que esta impulsión A B no le arroja contra el plano C D.

Luego la parte de la fuerza motriz que el Móvil A recibió del martillo M, es ninguna relativamente al plano C D.

II.º Es claro que el Móvil A en virtud del impulso A C que recibe del martillo N, camina á dar en el plano C D. Luego sola la parte de la fuerza motriz que el Móvil A recibió del martillo N, exerce su acción contra el plano C D.

III.º La *Fuerza entera* del Móvil A producida por las dos fuerzas conspirantes A B y A C debe pues considerarse relativamente al plano C D en que da, como si estuviese dividida y descompuesta en dos fuerzas A B y A C de las cuales la una fuese paralela, y la otra perpendicular al plano. La primera A B no obra contra el plano, y sola la segunda A C exerce su acción contra él.

IV.º Resulta de esto, que para descomponer una *Fuerza obliqua* no hay mas que hacer que concebir de la parte de acá del punto D en que el Móvil debe dar en el plano, un rectángulo qualquiera cuya diagonal sea la dirección del Móvil, y del que el un lado sea el plano.

En la fuerza total del Móvil qualesquiera que sean su velocidad y masa, la parte que hiere es á la parte que no hiere, como el lado A C perpendicular al plano herido al lado A B paralelo al mismo plano.

Por exemplo, si el lado perpendicular es igual al lado paralelo, la fuerza motriz del Móvil debe ser dividida en dos partes iguales de las cuales sola una hiere al plano. Si el lado perpendicular A C es dos veces mas pequeño que el lado paralelo A B, la fuerza motriz del Móvil debe dividirse en tres partes, de las cuales sola una hiere el plano; y así proporcionalmente.

V.º Es evidente que se verificaria la misma descomposición, si la Fuerza obliqua A D en vez de nacer de dos *Impulsiones*, naciese de dos *Atracciones* A B y A C; X

que en la Fuerza total $A D$ la parte que atraxese en C sería á la parte que atraxese en B como el lado $A C$ es al lado $A B$.

355. NOTA. Es indiferente para la percusion que la *Fuerza motriz* del Móvil sea producida por sola una ó por muchas fuerzas conspirantes. Esta Fuerza motriz del Móvil que va á dar en un plano es siempre la misma en su naturaleza, sea el que quiera su origen y causa. Considerada con relacion al término adonde va á producir su efecto, debe asimismo dividirse y descomponerse en dos acciones, la una paralela y la otra perpendicular al plano. (Fig. 24.)

Una *Fuerza obliqua* $A B$ puede mirarse como formada de una infinidad de pequeños pasos unos paralelos, y otros perpendiculares al plano $G H$. Esta Fuerza obliqua dividida en pasos paralelos y perpendiculares al plano será una fuerza descompuesta en sus dos acciones $a g n$; de las quales la una es nula, y la otra es eficaz con relacion al plano.

356. COROLARIO. La *Fuerza impulsiva* de un Cuerpo contra un Plano es todo lo que puede ser de grande quando da en él perpendicularmente; pero quando toma varios grados de obliquidad descrece como los Senos de los ángulos de incidencia. (Fig. 30.)

EXPLICACION. I.º La *Fuerza impulsiva* de un cuerpo P lucha toda entera contra el plano $G H$ quando da en él perpendicularmente. En este caso no se descompone su accion en dos partes de las quales la una quede sin efecto.

Esta *accion total* y totalmente activa contra el plano es representada por el radio $P B$ que es el Seno del ángulo recto. (Math. 634.)

II.º Quando esta misma Fuerza impulsiva se hace obliqua respecto del plano, su accion total A se descompone en dos partes, la una $A D$ paralela al plano y sin efecto alguno; la otra $A M$ perpendicular al plano y sola activa.

En este caso siendo representada la *accion total* del

Móvil por $A B \equiv P B$, la parte impulsiva de esta acción total será representada por la perpendicular $A M$ que es el Seno del ángulo de incidencia $A B G$.

III.º Si esta misma Fuerza impulsiva toma todavía mayor obliquidad de fuerte que obre en la dirección $S B$, se descompone también en dos acciones de las cuales la una $S T$ es paralela al plano y nula en la percusión, y la otra $S U$ es perpendicular al plano y sola ella es activa en la percusión.

En este caso la parte impulsiva de la Fuerza total es como la perpendicular $S U$ que es el Seno del ángulo de incidencia $S B H$, y así proporcionalmente.

Luego la Fuerza impulsiva de un Cuerpo haciéndose obliqua al Plano en que da, decrece como los Senos de los ángulos de incidencia.

357. NOTA. Si un Móvil P en vez de herir un Plano, hiere un cuerpo de superficie curva, por exemplo un globo $B X$, la dirección $P B$ del cuerpo que hiere es perpendicular al cuerpo herido cuando tira á pasar por el centro X del cuerpo herido. En este caso la *Fuerza impulsiva* no se descompone, sino que lucha toda entera contra el globo B .

Pero quando la dirección $A B$ ó $S B$ del cuerpo que hiere, tira á pasar fuera del centro del globo, entonces es obliqua y esta obliquidad se mide por los ángulos $A B G$ ó $S B H$ que hace la dirección del cuerpo que hiere con la tangente $G H$ tirada al punto del contacto. En este caso la *Fuerza impulsiva* del cuerpo que hiere se descompone en dos partes, una sin efecto, y otra activa en la percusión; como si el punto de contacto fuese un plano $G H$.

Se ve por esto, que la teoría que acabamos de dar en el Problema y Corolario precedentes, es la misma para un Cuerpo de superficie plana que para un Cuerpo de superficie curva.

PARRAFO TERCERO.

MOVIMIENTO COMPUESTO CURVILINEO.

358. OBSERVACION. No todo Movimiento compuesto es curvilíneo, pues que hay tambien Movimiento compuesto en línea recta, cuya teoría acabamos de dar.

Pero todo *Movimiento curvilíneo es necesariamente compuesto*, pues que todo movimiento tira naturalmente á efectuarse en línea recta (308); y no puede efectuarse en línea curva sino por la influencia de dos causas juntas y simultáneas de las quales la una le lleve á cada instante á la línea recta, y la otra le aparte á cada momento de ella.

De dos Fuerzas que mueven un Móvil en línea curva, la una le impele continuamente hácia el centro de su movimiento, y la otra tira sin cesar á apartarle de él. La combinacion de estas dos Fuerzas motrices es la que determina la *naturaleza de la Curva* que describe el Móvil.

359. DEFINICION I. Se llama *Centro de Movimiento* el punto comun hácia donde una fuerza tira á llevar el Móvil quando otra fuerza intenta apartarle lejos de él.

En el *Movimiento circular* el centro del movimiento es el centro mismo del círculo.

En el *Movimiento elíptico* el centro del movimiento es uno de los focos F de la elipse, especie de círculo cuyo centro C está indefinidamente apartado en F y en G alargando un lado de la curva y aplanando el otro. (Fig. 28.)

360. DEFINICION II. Hay que considerar tres Fuerzas en el movimiento curvilíneo. Fuerza centrípeta, Fuerza proyectil, y Fuerza centrifuga. (Fig. 29.)

I.º Se llama *Fuerza centrípeta* la que impele al Móvil hácia el centro del movimiento. La Fuerza $a c$ que tira á hacer baxar al Móvil por el radio hácia el centro C es la fuerza centrípeta de este Móvil.

II.º Se llama *Fuerza proyectil* ó *Fuerza tangencial*, la que impele al Móvil á escaparse por la tangente de su curva. La fuerza $a b$ es la fuerza proyectil de este Móvil.

III.º El Móvil no puede escapar por la tangente de su curva sin apartarse del centro de su movimiento. La fuerza proyectil le da pues necesariamente una *Fuerza centrífuga*, ó una fuerza en virtud de la qual el Móvil tira sin cesar á apartarse del centro C de su movimiento.

Esta fuerza centrífuga originada de la fuerza proyectil es siempre menor que ella, pues que bd que expresa la fuerza centrífuga, es necesariamente menor que ab que expresa la fuerza proyectil.

IV.º La *Fuerza centrífuga* es siempre igual á la *Fuerza centripeta* en un círculo por exemplo $bd = ac$.

No es así en la elipse, en donde estas dos Fuerzas padecen variaciones continuas, en fuerza de las quales una de ellas se halla alternativamente ya tan grande, ya mayor, y ya menor que la otra, como lo explicaremos en otro lugar.

PROPOSICION I.

361. *Un Móvil que se mueve en línea circular, describe sucesivamente una infinidad de pequeñas Diagonales ocasionadas por la accion siempre uniforme de una Fuerza proyectil y de una Fuerza centripeta que le mueven. (Fig. 29.)*

DEMOSTRACION. I.º Un Móvil que se mueve en línea circular obedece necesariamente á mas de una Fuerza motriz, pues sino obedeciese á mas que á una sola, se moveria en línea recta y no en línea curva. (308)

Por exemplo si el Móvil a no obedeciese mas que á la fuerza ab se moveria constantemente en la direccion ab por la tangente.

Si el mismo Móvil no obedeciese sino á la fuerza ac , se moveria siempre en la direccion ac por el radio.

Estas dos Fuerzas combinadas son necesarias y bastan para producir el *Movimiento circular* del Móvil, como vamos á hacerlo ver. Luego en el *Movimiento circular* del Móvil no hay mas ni menos de dos causas.

II.º Un Móvil que se mueve en línea circular está siempre igualmente distante por todas partes del centro de su movimiento; luego las dos fuerzas que intentan jun-

tamente ya acercarle, y ya apartarle del centro C de su movimiento permanecen siempre en la misma relacion entre sí sin aumento ni disminucion alguna.

Luego las direcciones de estas dos fuerzas forman siempre entre sí un *Angulo recto*; pues no conservarian entre sí la misma relacion si hiciese un ángulo obtuso ó agudo. (348 y 349.)

III.º Un Móvil que se mueve en línea circular debe pues ser considerado en un punto qualquiera a de su curva como entregado á dos Fuerzas motrices ab y ac cuyas direcciones por la tangente y el radio forman siempre un ángulo recto en el centro del Móvil.

Luego segun la teoria del Movimiento compuesto rectilíneo, el Móvil a obedeciendo á la accion de las dos fuerzas conspirantes ab y ac debe en un tiempo infinitamente pequeño describir la Diagonal ad de un paralelogramo rectángulo infinitamente pequeño construido sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas conspirantes. Luego el Móvil al fin de este tiempo sumamente pequeño no se hallará ni en b ni en c , sino en d .

IV.º El Móvil puesto ya en d está todavia entregado á dos fuerzas motrices dx y de respectivamente iguales á las dos precedentes: luego correrá igualmente en un tiempo infinitamente pequeño la Diagonal dn . En los tiempos siguientes el Móvil correrá asimismo y por un mecanismo semejante las diagonales nm y mr , y asi de toda la demas circunferencia del círculo.

Luego un Móvil entregado á la accion siempre uniforme de dos fuerzas una de proyeccion, y otra centrípeta debe describir en una infinidad de instantes sumamente pequeños una multitud de Diagonales infinitamente pequeñas cuya suma será la curva circular. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION II.

362. Un Móvil que se mueve en línea elíptica, describe una infinidad de pequeñas Diagonales ocasionadas por la accion alternativamente creciente y decreciente de una fuerza de Proyeccion y de otra centrípeta que le mueve. (Fig. 28.)

EXPLICACION. Sin entrar aqui en ningun pormenor asi acerca de la naturaleza de la Elipse como de la causa fisica del movimiento elíptico, objetos de que se podrá tomar una idea suficiente en nuestra Geometría y nuestra Teoría del Cielo, supondremos que la figura 28 representa una elipse; y que el cuerpo movido en esta curva tiene siempre por centro de movimiento durante toda su revolucion el punto F que es uno de los dos Focos de la elipse. (*Math.* 749 y 757.)

I.º En esta curva como en la precedente el Móvil obedece necesariamente á dos *Fuerzas conspirantes* que le tiran á un mismo tiempo á mover la una por el radio, y la otra por la tangente de la curva. Segun la teoria del movimiento compuesto rectilíneo debe pues el Móvil describir en cada tiempo sumamente pequeño las Diagonales de otros tantos paralelogramos infinitamente pequeños, contruidos sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas que le mueven. Luego el Móvil en una multitud de instantes infinitamente pequeños correrá una infinidad de pequeñas Diagonales *ad, dn, nr, rs, st, tv, vx, xy, yz, zi, ik, ko, og, ga*, cuya suma será la Curva elíptica.

II.º Si los ángulos que la direccion de la Fuerza proyectil y la de la centrípeta forman en el centro del Móvil, fuesen siempre ángulos rectos como en el círculo; el Móvil no se acercaria ni apartaria jamas del centro F de su movimiento; porque no siendo nunca estas dos fuerzas ni mas ni menos conspirantes en sus direcciones, siempre conservarían cada una su misma cantidad de accion sin aumento ni disminucion alguna, (348) é imprimirian continuamente al Móvil la misma cantidad de movimiento centrípeto y centrífugo; los quales dos movimientos perseverando iguales y opuestos le mantendrian á la misma distancia del centro F de su revolucion.

Pero si las direcciones de las dos Fuerzas que mueven el Móvil tan pronto forman entre si ángulos rectos como obtusos y agudos, la *accion junta de estas dos*

Fuer-

Fuerzas que obran siempre por la tangente y el rádio, debe variar con los ángulos. El movimiento del Móvil es tanto mayor quanto el ángulo de las dos fuerzas ó potencias conspirantes es menor; y es tanto menor quanto el ángulo de las dos potencias conspirantes es mayor. (349)

Es así que en un movimiento elíptico la dirección de la Fuerza proyectil y la de la centrípeta hacen ángulos que varían sin cesar. El ángulo baF es recto, el ángulo edF es obtuso, todos los ángulos siguientes van siendo cada vez mas obtusos hasta el ángulo pxq que es aun recto. Todos los que se siguen son cada vez mas y mas agudos, hasta que el Móvil despues de una revolucion entera llega nuevamente al punto a endonde vuelve á empezar como antes el ángulo recto.

Luego el movimiento de un Móvil que describe una curva elíptica tan pronto debe á veces aumentarse y á veces como disminuirse. Luego un Móvil que se mueve en línea elíptica describe una infinidad de pequeñas diagonales ocasionadas por la accion alternativamente creciente y decreciente de dos fuerzas una de proyeccion, y otra centrípeta, de las quales la una le tira á mover sin cesar por la tangente, y la otra por el rádio.

III.º Esta teoría del Movimiento elíptico presenta aquí á la vista y al entendimiento un bosquejo del movimiento regular y permanente de los Planetas y Cometas al rededor del Sol, centro comun de sus revoluciones elípticas. (771.)

SECCION SEGUNDA.

EL MOVIMIENTO ACELERADO Y RETARDADO.

La teoría del Movimiento acelerado y retardado, y la aplicacion de esta teoría á la Balística son los dos objetos de esta segunda Seccion.

PARRAFO PRIMERO.

OBSERVACIONES DE LA ACELERACION DE LOS GRAVES.

363. OBSERVACION I. Nada hay mas cierto ni mas digno de atencion en toda la Física que el fenómeno del Movimiento acelerado de los graves.

I.º Los *Graves* ó los cuerpos que pesan cayendo libremente hácia sus centros corren mas espacio en el segundo tiempo que en el primero, y en el tercero mas que en el segundo, lo qual no puede ser sin que su velocidad crezca y se acelere segun cierta proporcion que conviene determinar.

Por exemplo una bala de fusil que de la altura de una pulgada cae sobre mi cabeza no me hace daño, pero cayendo de una altura de cinquenta ó sesenta pulgadas causa en mí una contusion dolorosa. La masa de la bala es la misma en ámbos casos, y con todo su Fuerza motriz es mucho mayor en el segundo que en el primero. Luego es preciso que la velocidad de la bala sea mucho mayor en el segundo caso que en el primero (272). *Luego es necesario que la bala haya acelerado su velocidad en los diferentes tiempos de su caída. ¿Pero segun que proporcion se aumenta esta velocidad?*

II.º Antes de Galileo pensaban los mas de los Filósofos sin saber porque, que la velocidad de los graves quando caen libremente se acelera segun la progresion creciente de los *Números naturales* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. y asi progresivamente, de tal fuerte que si un cuerpo cayendo libremente en muchos tiempos iguales corria una toesa en el primer tiempo, en el segundo debía correr dos, en el tercero tres, en el quarto quatro, y asi en los demas tiempos.

III.º Galileo despues de haber examinado y profundizado esta materia demostró que la *Velocidad de los Graves* se acelera, no segun la progresion creciente de los *Números naturales* sino segun la progresion creciente de los *Nú-*

meros impares 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 &c. De tal fuerte que si un cuerpo que cae libremente en muchos tiempos iguales corre una toesa en el primer tiempo de su caída, debe correr tres en el segundo, cinco en el tercero, siete en el quarto, nueve en el quinto, once en el sexto, y así progresivamente en los tiempos siguientes.

La teoría de Galileo acerca de la aceleracion de los Graves es una de las más bellas producciones del entendimiento humano. Vamos á exponerla y á hacer uso de ella en toda esta Seccion.

364. OBSERVACION II. Harémos ver en otra parte que la *Pesantez de los cuerpos* tiene por única causa la Ley general de gravitacion ó atraccion, en fuerza de la qual todos los cuerpos caminan hácia ciertos centros comunes (8c8).

Peio qualquiera que sea la naturaleza y causa de la *Pesantez* es cierto que existe y que obra perseverantemente en los euerpos. La teoría de su accion no depende pues de la de su naturaleza y su causa; y aqui no se trata sino de su accion, y de valuar sus progresos.

I.º Está demostrado por las Observaciones experimentales (248), que en nuestros países un *Grave* que caiga libremente corre en el primer segundo cerca de 15 pies de Francia, que componen como 16 pies de Inglaterra ó una pertica inglesa.

II.º Está averiguado tambien por las Observaciones experimentales (254), que la *Pesantez* se aumenta á medida de que el *Grave* á quien anima se acerca al centro de la tierra, y que esta *Potencia variable* crece y decrece en un mismo *Grave* puesto á diferentes distancias del centro de la Tierra en razon inversa del quadrado de estas distancias. (805.)

III.º Consta en fin por las mismas Observaciones experimentales, que la *Pesantez* es sensiblemente la misma en un *Grave* puesto algunos centenares de pies más ó menos distante del centro de la Tierra; por exemplo (Fig. 13.)

Si un cuerpo D con su cuerda C D hace precisamente equilibrio en C con la balanza opuesta, este mismo

cuerpo puesto doscientos ó trescientos pies mas abajo en D aun permanecerá precisamente en equilibrio con esta balanza. La razon de esto es porque la *Gravedad de los cuerpos terrestres* crece y decrece en razon inversa de los quadrados de sus distancias al centro de la tierra, y por consiguiente si se compara el quadrado del simple rádio terrestre con el quadrado del mismo rádio aumentado ó disminuido cien toefas por exemplo, se sacará que sus diferencias son como infinitamente pequeñas; todo lo qual se puede ver por medio del cálculo con solo el trabajo de formar esta proporcion: La pesantez de un cuerpo puesto en C es á la pesantez del mismo cuerpo puesto en D, como el quadrado del rádio terrestre que termina en D, al quadrado del mismo rádio que finaliza en C.

Suponiendo la distancia C D de 100 toefas, la diferencia de los dos quadrados y por consiguiente de las dos pesanteces será como una parte de noventa mil, que es una cantidad infinitamente pequeña y necesariamente insensible.

IV.º Asi aunque la Gravedad ó Pesantez de los cuerpos sea una *Potencia realmente variable*, quando obra á distancias notablemente diferentes del centro de la tierra se la puede y debe considerar con Galileo como una *Potencia sensiblemente constante y uniforme* con relacion á las diferentes elevaciones en que podemos observar la caida de los Graves cerca de la superficie de la tierra.

En otro lugar harémos ver que si un Cuerpo pesa mas, baxo de los Polos que baxo del Equador es porque en los Polos está mas cerca del centro de la tierra seis ó siete leguas á lo menos: lo que es una cantidad notable que debe causar una diferencia sensible asi entre los *Quadrados de las distancias* como entre las Pesanteces que dependen de ellos. (255, y 492.)

PRIMERA PROPOSICION FUNDAMENTAL.

365. *La Gravedad sea la que quiera su naturaleza y su causa, debe ser mirada como una fuerza siempre inherente*

ó siempre aplicada al Móvil, la qual por medio de impulsiones siempre nuevas é iguales le solicita continuamente á acercarse al centro de su movimiento con una velocidad que á cada instante está creciendo.

DEMOSTRACION. I.º Si la Gravedad fuese una fuerza extrínseca al Móvil; una fuerza que despues de haberle impreso su impulsión cesase de obrar en él, el Móvil en virtud de la impulsión recibida se moveria con un movimiento uniforme sin aumentar su velocidad. Porque ¿como y por que la aumentaria sino hay causa alguna que obre de nuevo sobre él?

Pero está demostrado por la experiencia que el Móvil aumenta á cada instante su velocidad. Luego la Gravedad no es una causa extrínseca al Móvil, que cese de obrar sobre él despues de haberle impreso su impulso. Luego debe considerarse como una causa siempre unida é inherente al Móvil, la qual por medio de *impulsos no interrumpidos* le imprime á cada instante una nueva velocidad, un nuevo grado de tendencia hácia el centro de su movimiento.

II.º Como la Gravedad es una fuerza real ó equivalentemente *intrínseca é inherente al Móvil*, sea la que quiera la velocidad del Móvil, siempre estará éste sujeto á su acción. Luego qualquiera que sea la velocidad del Móvil sea en la dirección, sea contra la dirección de su gravedad, ésta obra siempre sobre él, y exerce igualmente contra él sus impulsiones que repite sin cesar.

III.º Aunque no podamos valuar el *Número de impulsiones* que hace la Gravedad contra el Móvil durante el primer tiempo determinado de su caída, por exemplo en el *primer segundo*, sin embargo podemos juzgar con seguridad que esta causa constante é invariable en sí misma, intrínseca é inherente al Móvil ejercerá contra él durante el segundo tiempo de su caída el mismo número de impulsos, que en el primero; y que lo mismo se debe decir del tercero, quarto, quinto y sexto tiempo, &c.

Luego el Móvil en cada tiempo determinado de su

caída, por exemplo en cada Segundo debe recibir de la *accion permanente de la Gravedad* un aumento de movimiento igual al movimiento que adquirió durante el primer segundo. Luego si sola la Gravedad ha hecho correr al Móvil 15 pies durante el primer segundo: ella sola prescindiendo de qualquiera otra causa debe hacerle correr en cada segundo siguiente 15 pies mas. Luego el Móvil debe avanzarse hácia el centro de su movimiento con una velocidad siempre creciente durante todo el tiempo de su caída libre por un medio en que no halle resistencia alguna, por exemplo en un Vacío perfecto.

SEGUNDA PROPOSICION FUNDAMENTAL.

366. *Los Graves cayendo libremente aceleran su movimiento segun la progresion creciente de los Números impares.* (Fig. 27.)

DEMOSTRACION SACADA DE LA EXPERIENCIA.

PREPARACION. Sea un *Hilo de metal* $A B C D$ bastante largo, estirado en una direccion obliqua al horizonte, á lo largo del qual un Móvil M tire á moverse por su gravedad rodando con su poleita A . Sea tambien un Péndulo P acomodado á esta experiencia, de tal suerte que el hilo x que detiene al Móvil que está á punto de comenzar su caída detenga tambien el Péndulo que está á punto de comenzar su vibracion; y que cortado el hilo en x empiece el Péndulo su vibracion, y el Móvil su caída en un mismo instante.

DEMOSTRACION. Téngase cuidado de observar exactamente el punto del *Hilo de metal*, en donde se hallará el Móvil al fin de cada vibracion igual é isócrona.

1.º Se verá que al fin de la primera vibracion el Móvil M habrá corrido un espacio como 1, y se hallará en A ; que al fin de la segunda habrá corrido un espacio nuevo tres veces mayor que el primero, y se hallará en B ; que al fin de la tercera habrá corrido un nuevo espacio cinco veces mas grande que el primero, y se ha-

llará en C y que al fin de la quarta vibracion el Móvil habrá corrido un nuevo espacio siete veces mayor que el primero, y se hallará en D.

II.º Es claro que el *Movimiento acelerado* de este Móvil y de otro qualquiera que se le quiera substituir tiene por causa la accion de la Gravedad la qual obra del mismo modo en la caída obliqua que en la perpendicular: con sola esta diferencia que en la caída obliqua lo largo del Hilo de metal que resiste perseverantemente á la Gravedad, y la accion de esta fuerza que en parte se destruye hacen correr al Móvil en cada tiempo igual, un espacio proporcionalmente menor que el que correria cayendo libremente, en cuyo caso la Gravedad exerceria siempre toda su accion contra el Móvil.

III.º Segun esta Experiencia los espacios que corre un Móvil en fuerza de su gravedad en los tiempos sucesivamente iguales de su caída, crecen segun la progresion 1, 3, 5, 7. Luego los Graves que caen libremente aceleran su movimiento segun la progresion creciente de los números impares. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION DEDUCIDA DE LA RAZON.

EXPLICACION. Los Graves que caen libremente, caminan ó se acercan al centro de su movimiento en virtud de su Gravedad: luego caen con una velocidad que se acelera segun la progresion creciente de los Números impares.

No resta mas que demostrar esta consecuencia; y para hacerlo nos valdrémos de la Teoría de Galileo sin recurrir al cálculo del infinito que seria muy molesto para los mas de nuestros Lectores.

PREPARACION. Sea un Triángulo rectángulo qualquiera ABC que pueda aumentarse al infinito AHM , y cuyo lado AB exprese un *Segundo* dividido en 1000 instantes iguales, los quales consideraremos como tiempos infinitamente pequeños. (Fig. 25.)

EXPLICACION. I.º Concibamos este Triángulo ABC lleno de otras tantas líneas paralelas á la base BC quan-

tos instantes iguales contiene el segundo. De fuerte que estas 1000 líneas crezcan sucesivamente segun la progresion de los números naturales 0,1,2,3,4,5....999,1000. Como la Gravedad es una *Fuerza constante y uniforme*, real ó equivalentemente inherente é intrínseca al Móvil (365): éste en cada uno de los 1000 instantes iguales que componen cada segundo debe recibir de la accion de la Gravedad el mismo impulso ó suma de impulsos, y asi la accion de la Gravedad sobre el Móvil debe ser la misma en cada instante igual considerado separadamente.

II.º Un *Grave que cae libremente* corre en el primer segundo de su caída un *espacio de 15 pies* con un movimiento que se acelera sin cesar, y se aumenta sucesivamente de un instante sea el que quiera á el instante siguiente, como los números que expresan los mil instantes infinitamente cortos en que dividimos idealmente este primer segundo.

De modo que el espacio corrido en el primer instante de este segundo será como un simple punto; el corrido en el segundo como una línea de dos puntos; el corrido en el tercero como una de tres; el corrido en el quinentésimo como una línea *bc* de quinientos; el corrido en el milésimo y último instante de este segundo será como una línea *BC* de mil puntos.

III.º Es claro que la línea de quince pies que corrió este *Grave* en el primer segundo de su caída libre puede dividirse por el pensamiento en estas mil partes sucesivamente crecientes cuya suma forma esta línea de quince pies; y suponer que estas mil partes sucesivamente crecientes, asi divididas y como cortadas son tomadas separadamente y puestas unas encima de otras en el Triángulo rectángulo *ABC* cuya superficie llenarán y formarán la área.

Tal es el solo postulado ó hipótesis matemática de que se necesita en el desenvolvimiento de la famosa Teoría de Galileo, que es la bafa fundamental de toda la Física moderna, y la que vamos á presentar y probar en la Demostracion siguiente.

DEMOSTRACION. Supuestos los preparativos y explicacion preliminar que acabamos de hacer exáminemos y sigamos la accion acumulada de la Gravedad sobre un Móvil en muchos Segundos de una *Caida libre*; prescindiendo de la resistencia de los medios. Empezarémos por la analisis del primer Segundo, con el que se compararán despues los Segundos siguientes.

SEGUNDO I. En el instante que precede inmediatamente á la caída del Móvil ó en el último instante de quietud, la velocidad del Móvil es $= 0$.

I.º Durante el *primer instante* de la caída la gravedad que empieza á obrar sobre el Móvil le imprime una velocidad sea la que quiera $= 1$, que será denotada por la primera línea $= 1$.

II.º Si al fin del primero instante se aniquilase ó dexase de obrar la Gravedad sobre el Móvil, éste continuaria moviéndose en el segundo instante con la velocidad 1 que habia adquirido por la acción de la gravedad durante el primero.

Pero la Gravedad subsiste y obra en el Móvil en el segundo instante del mismo modo que en el primero. Luego durante el instante segundo producirá la Gravedad en el Móvil una nueva velocidad igual á la primera. Luego el Móvil en virtud del movimiento adquirido durante el primer instante de su caída tendrá al fin del segundo una velocidad como 1, y ademas una nueva velocidad que tambien será como 1, producida por la acción que la Gravedad exerció sobre él durante el segundo instante de su caída.

Esta doble velocidad que tendrá el Móvil al fin del segundo instante será indicada en el Triángulo por la segunda línea $= 2$.

III.º Si al fin del segundo instante se aniquilase ó dexase de obrar la Gravedad en el Móvil, éste en virtud de su velocidad actual que debe á la impulsión de la Gravedad que antes existia y aora suponemos destruida, continuaria moviéndose uniformemente en la misma direccion con una velocidad $= 2$, á la que nada resiste.

Pero la Gravedad permanece y obra en el Móvil en el tercer instante igualmente que en el primero y segundo: luego el Móvil en fuerza del movimiento que conservaba al fin del segundo instante tendrá una velocidad $= 2$, y en virtud de la Gravedad que obra en él durante este tercer instante una nueva velocidad $= 1$. La suma 3 de estas velocidades que tendrá el Móvil al fin del tercer instante se expresará en el Triángulo por la tercera línea $= 3$.

IV.º El mismo raciocinio puede hacerse acerca de los instantes siguientes hasta los mil inclusive que componen el primer Segundo de la caída del Móvil.

Y así el Móvil al fin del primer Segundo de su caída habrá adquirido una suma creciente de velocidades que serán representadas por las 1000 líneas del Triángulo ABC; ó por la suma de los números naturales 0, 1, 2, 3, 4, 5, ... 999, 1000.

V.º De esto se sigue que en los tiempos infinitamente pequeños de la caída libre de un Grave, la velocidad se acelera según la progresión creciente de los números naturales 0, 1, 2, 3, 4, 5, y así progresivamente al infinito.

Será fácil hacer ver que esta aceleración según la progresión de los números naturales en tiempos infinitamente pequeños, da una aceleración según la progresión de los números impares en tiempos inmensamente más grandes como son segundos y minutos.

Tal es la análisis del primer Segundo en la caída libre de los Graves. Hagamos la de los Segundos siguientes.

SEGUNDO II. Dividamos con el pensamiento este Segundo segundo como hicimos con el primero, en 1000 instantes iguales que consideraremos igualmente como infinitamente pequeños: y así como hemos expresado el primer Segundo por la línea AB expresemos éste por la línea igual BD del Triángulo rectángulo ADG que vamos igualmente á llenar de líneas paralelas á la base DG.

I.º Al fin del primer segundo ó de los mil instantes, la velocidad del Móvil A era $= 1000$ y se expresaba por la línea BC $= 1000$. Luego si la Gravedad del Móvil

se aniquilase durante los mil instantes que componen este segundo Segundo, el Móvil continuando en moverse uniformemente en virtud de su última velocidad adquirida que no se destruye, correría en los mil instantes de este nuevo segundo mil líneas iguales á la línea B C: las cuales llenarían la área del rectángulo B C E D que como se ve es dos veces mayor que el triángulo A B C.

II.º Pero la Gravedad subsiste y obra en el Móvil A durante este segundo Segundo del mismo modo que durante el primero. Luego el Móvil en virtud de la Gravedad que siempre le anima, correría igualmente durante este segundo dividido en mil instantes una suma de líneas igual á las mil líneas crecientes del Triángulo A B C: y por consiguiente igual á una suma de líneas crecientes que llenarían la superficie del Triángulo C E G = A B C.

III.º Asi al fin del segundo Segundo la suma de todos los espacios corridos por el Móvil será representada por las mil líneas que llenarían el rectángulo B C E D, y por otras mil que llenarían el Triángulo adyacente C E G.

Es así que la suma de estas líneas B C G D es tres veces mayor que la suma de las líneas A B C: Luego la velocidad del Móvil durante el segundo Segundo será tres veces mayor que su velocidad durante el primer segundo de su caída; pues que siendo iguales los tiempos, las velocidades son como los espacios corridos (265), y las líneas que llenarían el espacio B E D, B E C, B E G exceden evidentemente el triplo á las líneas que llenarían el espacio A B C.

Luego la *velocidad del Móvil* durante el primer Segundo es á la velocidad del mismo durante el segundo Segundo como A B C es á B C G D, ó como 1 es á 3.

SEGUNDO III.º Dividamos también este tercer Segundo en mil instantes iguales, lo qual expresaremos por D H = A B.

I.º Al fin del segundo Segundo la última velocidad del Móvil que corresponde al último instante, era como D E + E G, ó 1000 + 1000; luego si la Gravedad del Mó-

vil se aniquilase mientras durase todo este tercer Segundo, el Móvil solamente en virtud de su velocidad adquirida correria mil líneas que llenarian la superficie del Paralelogramo rectángulo $D G K H$, el qual contiene quatro Triángulos iguales al triángulo $A B C$.

II.º Pero la Gravedad subsiste y obra en el Móvil en este tercer Segundo del mismo modo que en el precedente. Luego el Móvil en virtud de su Gravedad correria igualmente una suma de líneas que llenaria el Triángulo $G K M$. Luego al fin de este tercer Segundo la velocidad del Móvil que expresan los cinco Triángulos comprendidos entre $D G M H$ será cinco veces mayor que al fin del primer Segundo, quando se denotaba por el triángulo $A B C$.

Luego la velocidad del Móvil en los tres segundos que acabamos de analizar será como 1, 3, 5, creciendo de un segundo á otro segun la progresion de los números impares.

SEGUNDO IV.º Se puede demostrar por la misma teoría que á cada nuevo Segundo siguiente debe aumentarse la velocidad del Móvil segun la progresion dicha. Porque prolongados al infinito los lados $A B$ y $A C$ del Triángulo se concibe que al fin de cada segundo los Paralelogramos que se describirian en fuerza de las últimas velocidades adquiridas $B C D G H M$ serian entre sí como 2, 4, 6, y asi progresivamente, y que la Gravedad que siempre subsiste y obra en el Móvil debe haber aumentado al fin de cada nuevo Segundo el Paralelogramo correspondiente una cantidad igual al primer Triángulo $A B C$.

Luego las velocidades totales del Móvil comparadas unas con otras estarán entre sí al fin de cada segundo como la progresion creciente de los números impares 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, &c.

Luego el Movimiento de los Graves prescindiendo de la resistencia de los Medios, debe acelerarse de un Segundo á otro segun la progresion creciente de los Números impares. (L. Q. P. D.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

367. OBJECCION I. No es cierto que la Gravedad sea una fuerza intrínseca é inherente al Móvil, pues muy bien puede tener por causa la Impulsion extrínseca de una materia distinta del cuerpo gravitante. Luego la teoría que se acaba de exponer y demostrar, y que supone que la Gravedad es intrínseca é inherente al Móvil se funda en una suposicion incierta y sobre un fundamento ruinoso.

RESPUESTA. I.º Qualquiera que sea la naturaleza y causa de la Gravedad está demostrado por la experiencia que esta fuerza obra uniforme y perseverantemente en el Móvil como si fuese intrínseca é inherente. Luego esta fuerza en la teoría de su accion puede mirarse como si fuese intrínseca é inherente al Móvil puesto que ó ya se la suponga intrínseca ó ya extrínseca al Móvil, sus efectos que todo el mundo conoce son los mismos.

Luego la teoría que acabamos de dar no supone nada incierto sobre la causa de la Gravedad, de la qual hemos prescindido no atendiendo únicamente sino á sus efectos.

II.º En otro lugar demostraremos que la *Gravedad de los Cuerpos* no tiene por causa ni la impulsión de la materia etérea de los Cartesianos ni la impulsión de alguna otra materia sea la que quiera, sino que ésta es una propiedad inherente á la naturaleza de los cuerpos y afecta á su propia substancia en consecuencia de la *Ley general de Atraccion* que impele á todos los cuerpos á moverse sin cesar unos hácia otros. (808.)

Luego considerando la Gravedad como una fuerza real ó equivalentemente intrínseca al Móvil, nada suponemos de incierto, ni edificamos sobre cimiento ruinoso.

368. OBJECCION II. Segun la Teoría establecida el movimiento acelerado de un Móvil crece como la progresion aritmética de los Números naturales 1, 2, 3, 4, 5, 6, de un instante á otro en unos tiempos que se consideran como infinitamente pequeños. ¿Pues porque este movimien-

to acelerado crece en una progresion enteramente diferente 1, 3, 5, 7, 9, de un Segundo á otro, de un minuto á otro?

RESPUESTA. La Gravedad ó Pefantez es una fuerza que siempre subsiste y obra, cuyos impulsos se repiten sin cesar contra el Móvil, y cuyo efecto siempre se va aumentando de un instante infinitamente pequeño á otro tambien infinitamente pequeño.

I.º Es necesario pues para valuar la accion total de la Gravedad tener cuenta con todos los *impulsos sucesivos* que aceleran la velocidad de un instante á otro, y para esto es preciso dividir el tiempo en instantes tan cortos que se pueda considerar el impulso de la Gravedad como *único* en cada instante separado.

En estos términos es como hemos supuesto y considerado los mil instantes de un Segundo, á saber como instantes bastante cortos para que la velocidad que corresponde á cada instante de por sí, no sea precisamente mas que la velocidad del último instante precedente aumentada con la velocidad producida por un solo y único impulso durante el instante actual.

II.º Hay pues en esta Teoría un cálculo doble de velocidad acelerada. El uno tiene por objeto el acrecentamiento de velocidad en *cada instante infinitamente pequeño*, el qual acrecentamiento expresan las líneas paralelas, quales son las del triángulo A B C que se aumentan segun la progresion de los números naturales. El otro tiene por objeto el acrecentamiento de velocidad en una *suma notable de instantes infinitamente pequeños*, y este acrecentamiento denotan las superficies ABC, BCGD, DGMH, que se aumentan evidentemente segun la progresion de los números impares.

Estimando el acrecentamiento de velocidad segun la progresion de los Números naturales en *tiempos infinitamente pequeños*, se tiene la suma entera de todos los acrecentamientos, y el cálculo es exácto.

Pero estimando del mismo modo el acrecentamiento de velocidad en tiempos notablemente largos por exem-

plo en Segundos, no se tendria el acrecentamiento de velocidad que hay desde un instante á otro durante cada segundo, y el cálculo saldria errado. Es necesario pues estimar la velocidad de diferente modo en los tiempos infinitamente pequeños que en los tiempos notablemente largos.

369. OBJECCION III. Segun la misma Teoría que se acaba de dar, la velocidad no se acelera de un Segundo á otro sino segun la progresion de los *Números naturales*, pues al fin de tres Segundos sucesivos las velocidades adquiridas son como las líneas B C, D G, H M, que son entre sí como 1, 2, 3.

RESPUESTA. La línea B C no expresa toda la velocidad del primer Segundo, pues ésta se representa por todas las líneas paralelas del Triángulo A B C. Tampoco la línea D G expresa toda la velocidad del segundo Segundo, pues ésta se expresa por todas las líneas que llenarian el Trapecio B C G D.

Las últimas Velocidades de los tiempos infinitamente pequeños que terminan cada Segundo crecen entre sí como los Números naturales. Pero la Suma de velocidades de cada Segundo crece de un Segundo á otro como los números impares.

OBJECCION IV. Muchos Físicos excelentes han hecho experiencias en grande acerca del *Movimiento acelerado de los Cuerpos* dexándoles caer de diferentes alturas, y comparando los Espacios corridos por ellos con el número de Segundos que tardaban en caer; y nunca ha convenido la experiencia con la Teoría de Galileo. Luego esta Teoría como opuesta á la experiencia no debe admitirse en la Física.

RESPUESTA. Las experiencias hechas por los mejores Físicos concuerdan perfectamente con la Teoría de Galileo, quando los tiempos de la caída son mui cortos, y los espacios corridos mui pequeños.

En las experiencias hechas en espacios y tiempos considerablemente mayores, si los espacios corridos son menores en realidad de lo que deberian ser segun la Teoría

de Galileo, este defecto se debe atribuir á la *Resistencia de los Medios*, la qual creciendo como el quadrado de la velocidad debe ser mui grande, quando la velocidad se haya aumentado notablemente.

Y se debe tener presente que la Teoría de Galileo prescinde de esta resistencia de Medios; pues en ella se consideran los Cuerpos en su caída libre; ó los cuerpos quando caen en un puro espacio, en un Medio en que nada se opone á su movimiento en un Vacío perfecto.

VARIOS COROLARIOS SOBRE ESTE OBJETO.

371. COROLARIO I. Quando un Cuerpo dexado á su Gravedad cae libremente en muchos tiempos iguales por exemplo en muchos Segundos, los espacios corridos por éste son al fin de cada tiempo como los quadrados de los tiempos.

DEMOSTRACION. Segun la Teoría que acabamos de exponer y demostrar, el espacio corrido al fin del primer tiempo es $= 1$, quadrado de 1; el espacio corrido al fin del segundo es $1 + 3 = 4$, quadrado de 2: el espacio corrido al fin del tercero es $1 + 3 + 5 = 9$, quadrado de 3: el espacio corrido al fin del quarto es $1 + 3 + 5 + 7 = 16$, quadrado de 4: el espacio corrido al fin del quinto tiempo seria $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$, quadrado de 5: y lo mismo se puede decir de los tiempos siguientes.

Luego quando un Grave cae libremente en muchos tiempos iguales y conocidos, se halla la *Suma precisa de los espacios corridos* tomando el quadrado de los tiempos que tardó en su caída. Por exemplo

Como los Cuerpos corren una Pertica Inglesa en el primer Segundo de su caída libre (364); si un cuerpo tardó en caer 10 segundos, el quadrado de 10 que es 100 dará la altura de cien perticas Inglesas de donde ha caido este cuerpo en estos diez segundos. (L. Q. P. D.)

372. NOTA. Dividiendo un Segundo en quatro porciones iguales que serán de 15 Tercias cada una, se hallará que los Cuerpos que corren 16 pies de Inglaterra du-

durante el primer Segundo de su caída libre, correrán 1 pie en el primer cuarto, 3 en el segundo, 5 en el tercero, 7 en el cuarto cuarto de este Segundo, pues que su movimiento se acelera de una porción á otra de un Segundo, como de un Segundo á otro, segun la progresion de los números impares. Pues $1 + 3 + 5 + 7 = 16$.

373. COROLARIO II. *Un Cuerpo que cae libremente de una altura qualquiera que sea, ha adquirido al fin de su caída una velocidad en virtud de la qual, si su direccion se hiciese retrógada, volveria á subir precisamente á la misma altura de donde ha caido. (Fig. 26.)*

DEMOSTRACION. Supongamos que caiga un Cuerpo A durante dos Segundos, cada uno de los cuales dividiremos en 1000 instantes iguales, correrá dos espacios de los cuales el uno será denotado por el Triángulo ABD, y el otro por el Trapecio B D F C (366). La última Velocidad de este cuerpo en el último instante de su caída será $= C F$.

I.º Si esta última velocidad C F hecha retrógada fuese constante y durase todo un Segundo ó 1000 instantes, el Móvil retrógado A en virtud de esta velocidad constante correria en estos 1000 instantes 1000 líneas iguales á C F, ó un número de líneas que llenarian la superficie entera del Paralelogramo F C B G. Y asi el Móvil llegaria en un Segundo á la misma altura de donde cayó en dos; pues que el Paralelogramo F C B G que expresaria la velocidad total del Móvil retrógado durante un Segundo es igual al Triángulo A F C, que expresa la velocidad total del Móvil durante dos.

Pero el Móvil retrógado tiene su Gravedad, la qual retarda su velocidad al tiempo de subir como la aceleró al tiempo de baxar; pues esta fuerza siempre inherente al Móvil debe obrar continuamente en él en iguales terminos. Supongamos su última velocidad C F $= 2000$; esta velocidad retrógada luchando continuamente contra la accion permanente y opuesta de la Gravedad, decrecerá segun la progresion de los Números naturales durante los 1000 instantes iguales del primer Segundo, y será

sucesivamente 2000 — 1, 2000 — 2, 2000 — 3, 2000 — 4...
 2000 — 999; 2000 — 1000.

Luego el Móvil que va subiendo habrá corrido al fin del primer Segundo no un espacio proporcional al Paralelogramo C F G B, sino simplemente un espacio proporcional al Trapecio B D F C.

II.º Al fin del primer Segundo el Móvil que va subiendo tiene por *última Velocidad* $B D = 1000$. Si esta última velocidad fuese constante y durase 1000 instantes, el Móvil retrógrado A en virtud de esta última velocidad correría 1000 líneas iguales á B D, ó un número de líneas que llenarian la área del paralelogramo B D E A.

Pero el Móvil retrógrado es retardado sin cesar por su Gravedad. Luego su última velocidad $B D = 1000$ será durante los 1000 instantes de este segundo Segundo 1000 — 1, 1000 — 2, 1000 — 3, 1000 — 4,.... 1000 — 999, 1000 — 1000 = 0, que será el estado de quietud.

Luego el Móvil al subir habrá corrido durante el segundo Segundo no un espacio proporcional al paralelogramo B D E A, sino simplemente un espacio proporcional al triángulo A D B.

III.º Fácilmente se comprehende que se verificaria la misma Teoría y Demostracion, si el Móvil cayese durante un número mayor de Segundos.

Luego un Móvil que cae libremente en virtud de su Gravedad ha adquirido al fin de su caída una velocidad, que si se hiciera retrógrada le subiría precisamente á la misma altura desde donde ha empezado á caer. (L. Q. P. D.)

374. NOTA I. Un Móvil que cayó libremente en virtud de su Gravedad no ha corrido al fin de su caída mas que la *mitad del espacio* que correría, si durante todo el tiempo de su caída se hubiese movido con la misma velocidad que tiene quando acaba de caer.

Porque si durante todo el tiempo de su caída se hubiese movido con su última velocidad C F, hubiera corrido un espacio proporcional al Paralelogramo A C F M, en vez de un espacio proporcional al Triángulo A F C.

que es el que ha corrido, y que no es sino la mitad del Paralelogramo. (Fig. 26.)

375. NOTA II. Si un Móvil perfectamente elástico cae perpendicularmente con un movimiento acelerado sobre un plano perfectamente duro ó perfectamente elástico, este Móvil en virtud de la percusion hecha por la última velocidad debe recibir un *Movimiento retrógrado* que le haga subir hasta el mismo punto de donde ha baxado, pues que la reaccion igual y opuesta á la accion (327) hace retrógrada su última velocidad, y esta velocidad hecha retrógrada debe subirle al mismo punto de elevacion desde donde ha empezado á caer. (373.)

I.º Supongamos primeramente que este Móvil cae durante un solo segundo, su última velocidad B D hecha retrógrada por la reaccion le hará correr retrocediendo el triángulo B D A. (Fig. 26.)

Supongamos que caiga despues el mismo Móvil durante dos Segundos, su última velocidad C F hecha retrógrada por la reaccion le hará correr el triángulo A F C quadruplo del triángulo A D B.

Por consiguiente las dos velocidades B D y C F que son entre sí como 1 es á 2, producen dos efectos que son entre sí como 1 es á 4.

II.º ¿Se infiere de esto que las diversas Fuerzas imotrices de un mismo Cuerpo deben estimarse por los cuadrados de las velocidades?

Esto es renovar la frívola cuestión de las fuerzas vivas y muertas sobre cuyo fondo está todo el mundo conforme, como lo hemos explicado en otra parte. (281.)

376. COROLARIO III. *La Velocidad se disminuye tanto en un Móvil que sube, como se aumenta en uno que baxa, segun la progresion de los Números impares.* (Fig. 26.)

EXPLICACION. Un Móvil que empieza á subir con una velocidad C F ha perdido al fin del primer segundo una cantidad de velocidad proporcional al triángulo D F G; al fin del segundo Segundo una nueva cantidad de velocidad proporcional al Trapecio A D G M A tres veces mayor que el triángulo D F G. Por consiguiente

Como un Móvil con su movimiento acelerado durante los Segundos sucesivos de su caída corre 1, 3, 5, 7, 9 perticas inglesas:

Este mismo Móvil comenzando á subir con un movimiento que le haga correr 10 perticas inglesas en un segundo, correrá en los cinco segundos sucesivos de su movimiento retardado 9, 7, 5, 3, 1 perticas inglesas.

377. COROLARIO IV. *La Velocidad de un Grave que cae fuera del Vacío y á Aire libre, despues de acelerarse por un cierto tiempo se hace en fin sensiblemente constante y uniforme.*

DEMOSTRACION. I.º La Experiencia comprueba la verdad de este Corolario. Defagulliers hizo caer de lo alto de la cúpula de San Pablo de Lóndres desde una elevacion de 272 pies de Inglaterra varios *Globos de plomo* como de dos pulgadas de diámetro, y su caída se acabó á los quatro segundos y un quarto. (249.)

Sobre lo qual ratiocino asi: Si la velocidad de estos *Globos* se hubiese acelerado constantemente segun la ley fundamental que hemos demostrado (366), su caída hubiera durado menos tiempo; porque corriendo los Cuerpos en el primer segundo de su caída diez y seis pies de Inglaterra que son de los que aqui hablamos, estos *Globos* deberian haber corrido en quatro segundos y un quarto $16 + 48 + 80 + 112 + 33$, que son 289 pies.

Luego si estos *Globos* hubiesen acelerado su movimiento sin obstáculo alguno hubieran andado unos 17 pies mas. Luego su velocidad se ha disminuido y el cuerpo se ha retardado por la resistencia de los obstáculos: luego su velocidad creciente hubiera llegado á un punto en que la resistencia de los obstáculos le hubiera impedido crecer mas.

II.º La verdad de este Corolario se comprueba tambien por el ratiocinio. El motivo de acelerarse el *Movimiento de los Graves*, es porque la Gravedad mediante sus impulsos continuamente repetidos añade sin cesar una nueva velocidad á la ya anteriormente adquirida. Luego el movimiento de los *Graves* deberá dexar de acelerarse

quando el efecto de los impulsos de la Gravedad sea destruido por la resistencia del aire enmedio del que caen.

Es así que la *Resistencia del aire* debe en fin destruir el efecto de las impulsiones que la Gravedad imprime continuamente al Móvil, porque la Gravedad es una fuerza constante que nunca se aumenta, y por el contrario la resistencia del aire es una fuerza variable que se aumenta como el *cuadrado de la velocidad* del Móvil que le atraviesa (302); y bien claro está que una fuerza siempre creciente aunque menor, debe en fin igualar á otra siempre constante aunque al principio mayor: luego un Móvil que cae en el aire debe llegar á tener despues de un cierto tiempo de aceleracion una *Velocidad sensiblemente uniforme*, ó cuya aceleracion infinitamente pequeña sea sensiblemente nula. (L.Q.P.D.)

378. PROBLEMA. *Estimar sobre poco mas ó menos la resistencia que opone el aire á un Móvil en los diferentes tiempos de su caída.*

SOLUCION. Tomemos por exemplo uno de los Globos de plomo de que acabamos de hablar. Este globo hubiera corrido 17 pies mas (377), sino se le hubiera opuesto la resistencia del aire.

I.º Supongamos que la velocidad de este globo de plomo haya sido retardada por la resistencia del aire una cantidad igual á dos pulgadas durante el *primer Segundo* de su caída.

En el *segundo Segundo* su velocidad 3 veces mayor habrá experimentado una resistencia proporcional al cuadrado de 3 que es 9: Y el Móvil habrá sido retardado en su velocidad 9 veces dos pulgadas ó 18 pulgadas (302).

En el *tercer Segundo* su velocidad 5 veces mayor habrá experimentado una resistencia proporcional al cuadrado de 5 que es 25: el Móvil se habrá pues retardado en su velocidad 25 veces dos pulgadas ó 50 pulgadas.

En el *quarto Segundo* su velocidad 7 veces mayor habrá experimentado una resistencia proporcional al qua-

drado de 7 que es 49: el Móvil se habrá pues retardado en su velocidad 49 veces dos pulgadas que son 98 pulgadas.

En el cuarto del quinto Segundo la resistencia siempre proporcional al cuadrado de la velocidad 9 veces mayor habrá ocasionado una retardacion de 33 pulgadas.

La suma de todas estas pulgadas compone 18 pies que corresponden sobre poco mas ó menos á la resistencia total que el aire ha opuesto al Móvil.

II.º Por un método semejante se estimará la resistencia que opone el aire á otros móviles que tengan mas ó menos velocidad cayendo á aire libre, comparando el espacio que hubieran debido correr con el espacio menor que han andado.

Por exemplo, si el globo de que hablamos hubiese sido retardado 34 pies en lugar de 17 se le hubieran dado 4 pulgadas de retardacion al primer Segundo en lugar de dos, y así en los demas Segundos siguientes.

III.º Suponiendo una *pulgada de retardacion* en el primer Segundo hay un pie de mas: supóngise la retardacion de este primer Segundo igual á once líneas y dos tercios, resultarán 17 pies con corta diferenciencia.

PARRAFO SEGUNDO.

PRINCIPIOS FISICOS DE LA BALISTICA.

379. DEFINICION I. La *Ballística* es una ciencia que tiene por objeto la *Proyeccion de los Graves* como de las bombas ó balas.

Ademas de sus Principios matemáticos tiene la Balística sus Principios físicos fundados en la teoría del Movimiento compuesto, y del Movimiento acelerado y retardado.

380. DEFINICION II. La *Parábola* es una curva A B C D E F descripta en virtud de la acción de dos fuerzas

conspirantes, de las quales la una es siempre constante, y la otra descrece continuamente segun la progresion de los números impares. (*Math.* 739 y 766.) He aqui una nocion de esta línea, suficiente para la materia de que tratamos. (*Fig.* 32 y 33.)

I.º Sea una línea indefinida A P dirigida hácia el centro de las Fuerzas conspirantes que es el *Exe* de la *Parábola*. A es su *Vértice*; H B, M C, N D son sus *Ordenadas*; A H, A M, A N son sus *Abscisas*.

II.º Si sobre este *Exe* A P se elevan una infinidad de paralelas de longitud desigual, perpendiculares ú obliquias al *Exe*, de fuerte que los quadrados de ellas H B, M C, N D que se llaman *Ordenadas* sean entre sí como las secciones correspondientes del *exe* A H, A M, A N que se llaman *Abscisas*, la *Cúrva* que pase por el vértice A, y las extremidades B, C, D, E, F de todas las ordenadas será una *Parábola*.

III.º Se ve fácilmente en las dos *Parábolas* que representamos en las figuras indicadas, como los quadrados de las ordenadas son entre sí como las *abscisas* correspondientes. Porque

La ordenada H B = 1: su quadrado será = 1.

La ordenada M C = 2: su quadrado será = 4.

La ordenada N D = 3: su quadrado será = 9.

La ordenada O E = 4: su quadrado será = 16.

La ordenada P F = 5: su quadrado será = 25.

Las *abscisas* correspondientes tendrán tambien la misma relacion entre sí. Porque,

La *abscisa* A H será 1, = 1.

La *abscisa* A M será 1 + 3 = 4.

La *abscisa* A N será 1 + 3 + 5 = 9.

La *abscisa* A O será 1 + 3 + 5 + 7 . . . = 16.

La *abscisa* A P será 1 + 3 + 5 + 7 + 9 . = 25.

PROPOSICION I.

381. Los *Graves* despedidos en una direccion paralela al horizonte describen una *parábola*. (*Fig.* 32.)

DEMOSTRACION. Un Móvil A despedido de un Cañon en una direccion horizontal A R tiene un movimiento doble, á saber un *movimiento horizontal* que le da la pólvora inflamada, y otro *central* que le da su gravedad. Prescindamos por aora de la resistencia del aire, y consideremos estos dos movimientos como que se executan en un vacío perfecto.

I.º Si los dos movimientos que lleva el Móvil permaneciesen siempre constantes y uniformes conservando la misma relacion entre sí, el Móvil obedeciendo á estas dos fuerzas constantes correria la diagonal rectilínea A X de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas A a, y A H. (345.)

Pero el movimiento horizontal es un movimiento constante y uniforme que no se acelera, al paso que el movimiento central es un movimiento variable que se acelera de un momento á otro segun la progresion de los números impares. Entregado pues el Móvil á estos dos movimientos cuya relacion se muda á cada instante no describirá la diagonal rectilínea A X.

II.º Supongamos el Móvil A despedido horizontalmente en qualquiera direccion, por exemplo de occidente á oriente en el plano de un círculo que pasa por el zenit del punto A, y por el centro de la tierra. *Plano de un círculo* es el que forman las dos superficies planas y sin profundidad de un círculo.

Es evidente que el Móvil puede caminar de occidente á oriente en el plano de este círculo en virtud de su fuerza proyectil, y que en virtud de su fuerza centripeta puede baxar en el mismo plano hácia el centro de la tierra. Pero el Móvil no puede salir fuera del plano de este círculo apartándose hácia el mediodia ó norte; porque no es movido por fuerza alguna que le impela en estas direcciones fuera del Plano en que ha empezado á moverse. Será pues siempre la *direccion del Móvil* dentro del mismo plano, y lo que resta es seguir las inflexiones que debe tomar sucesivamente su movimiento en el plano en que ha empezado.

III.º Supongamos que el Movimiento proyectil A *a* en línea horizontal debe hacer andar al Móvil quatro perticas inglesas de occidente á oriente en el primer Segundo. Este Movimiento proyectil A *a*, B *b*, C *c*, D *d*, E *e* será en cada Segundo siguiente igual á quatro perticas inglesas.

Pero siendo el Movimiento centrípeta A H que impele al Móvil hácia el centro de la tierra igual á una pertica inglesa en el primer Segundo, será sucesivamente en los Segundos siguientes igual á 3, á 5, á 7, á 9, á 39, á 41 á 43 perticas inglesas, y en la misma proporcion en los demas segundos, si la altura de donde se despide el Móvil fuera inmensa.

Asi pues en el *primer Segundo* el Móvil A impelido por una fuerza proyectil A *a* = 4, y por otra centrípeta = 1, correrá la diagonal A B de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de estas dos fuerzas.

En el *segundo Segundo* impelido por la fuerza proyectil B *b* = 4, y por la centrípeta = 3 correrá la diagonal B C de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de estas dos fuerzas.

En el *tercer Segundo* impelido por una fuerza proyectil C *c* = 4, y por otra centrípeta = 5, correrá la diagonal C D de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de estas dos fuerzas.

En el *quarto Segundo* impelido el mismo Móvil por una fuerza proyectil D *d* = 4, y otra centrípeta = 7, correrá la diagonal D E de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de las dos fuerzas que le mueven; y asi en los demas Segundos.

Es asi que la línea A B C D E F que corre el Móvil es una Parábola, pues que los cuadrados de las ordenadas H B, M C, N D, O E, P F son entre sí como las abscisas correspondientes. Luego el Móvil que se mueve por la extremidad de todas estas líneas describe una Parábola. (E. Q. P. D.)

382. Nota. Una Piedra que se arroja horizontalmente por una ventana, un Chorro de agua que brota con

fuerza en una direccion paralela al horizonte, describen la misma especie de Curva. Si la Fuerza proyectil excede al principio á la centrípeta en estos cuerpos, esta última que se aumenta continuamente segun la progresion de los números impares, llega bien pronto á igualar y despues á exceder á la primera que permanece constante. (Fig. 32.)

I.º La Resistencia del aire que disminuye continuamente la velocidad del Móvil no le impide describir una verdadera parábola, porque no teniendo á cada instante mas que un solo movimiento producido por dos fuerzas conspirantes, la resistencia del aire disminuye proporcionalmente el efecto de ambas.

Así el Móvil que en un Vacío perfecto se hallaria en C al fin del segundo Segundo estará á causa de la resistencia del aire en un punto entre B y C, pero siempre en una línea parabólica B C, y lo mismo sucederá proporcionalmente en los Segundos siguientes.

II.º Aunque el camino A B, B C, C D, D E del Móvil sea rectilíneo en la figura es realmente curvilíneo en sí mismo, porque haciéndose cada vez mayor la Fuerza centrípeta al paso que la proyectil permanece constante, las cortas porciones de estas diagonales A B, B C, C D, D E deben inclinarse á cada instante y doblarse hácia el lado de la fuerza que se va haciendo á cada instante mayor.

Si el Móvil en lugar de baxar subiese en la direccion F E D C B A, estas diagonales se inclinarian á cada punto hácia el lado de la fuerza que permanece constante, al paso que la otra se disminuye.

PROPOSICION II.

383. Los Graves arrojados en una direccion descendente obliqua al horizonte describen una Parábola. (Fig. 33.)

DEMOSTRACION. Sea un globo A arrojado de lo alto de un muro ó de una roca mui elevada en la direccion A Z obliqua al horizonte, de suerte que en virtud

de sola su Fuerza proyectil debiese andar en cada Segundo una cantidad constante de espacio acercándose al centro de la Tierra, y á un punto del horizonte.

Segun la teoría que hemos expuesto y demostrado en la proposicion precedente, el Móvil A impelido por su fuerza proyectil A a y por su fuerza centrípeta A H describirá la diagonal A B en el *primer Segundo* de su caída.

En el *segundo* describirá la diagonal B C, en el *tercero* la diagonal C D, é igualmente en los Segundos siguientes las siguientes diagonales.

La Curva que forman estas diagonales igualmente que la de que hablamos en la proposicion precedente, es una Parábola. Luego este Móvil y de consiguiente todos los demas Graves arrojados en una direccion descendente obliqua al horizonte, describen una parábola. (L. Q. P. D.)

PROPOSICIÓN III.

384. *Los Graves arrojados en una direccion ascendente obliqua al horizonte describen una Parábola doble.* (Fig. 32.)

DEMOSTRACION. Sea el Móvil F una bomba ó bala de cañon ó fusil tirada desde el punto F en una direccion F E que es en parte horizontal F f, y en parte vertical F e. El Movimiento horizontal F f permanece constante y uniforme, porque no hay causa alguna que le aumente ni disminuya. Pero el vertical F e decrece continuamente segun la progresion de los números impares, porque lucha contra la gravedad del Móvil. (376.)

1.º Supongamos que el Móvil F empieza á subir con un movimiento vertical capaz de hacerle subir hácia el Zenit 10 perticas por Segundo.

En el *primer Segundo* subirá 10 perticas menos 1 y llegará á E: en el *segundo* subirá 10 menos 3 y llegará á D: en el *tercero* subirá 10 menos 5 y llegará á C: en el *quarto* subirá 10 menos 7 y llegará á B: y en el *quinto* subirá 10 perticas menos 9 y llegará á A.

En el *sexto Segundo* el Móvil deberia subir 10 perticas menos 11. Y así en lugar de subir baxará una perti-

ca y llegará á S, despues 3 á T, despues 5, 7, 9 periticas llegando á V, Y, Z, como hemos explicado y demostrado en la primera de estas tres proposiciones.

Esta *Curva doble* es siempre y por todas partes Parabólica porque la fuerza horizontal siempre constante y uniforme lleva y retiene sucesivamente el Móvil á la extremidad de infinitas Ordenadas, cuyos quadrados son siempre entre sí como las Abscisas correspondientes.

II.º Si el Móvil empezara á moverse con un movimiento vertical mas ó menos grande que el que le hemos supuesto, llegaria en mas ó menos tiempo á su mayor elevacion, y el exe A P de su curva estaria mas ó menos distante del punto de proyeccion F.

Pero los quadrados de las ordenadas á este exe serian siempre como las abscisas correspondientes, y el Móvil llevado por las dos fuerzas que le impelen describiria en todo caso una línea parabólica asi al subir como al baxar.

Luego los Graves tirados de abaxo arriba en una direccion obliqua al horizonte describen una parábola doble. (L. Q. P. D.)

385. NOTA. La *Parábola* es una curva que no vuelve sobre sí misma como el círculo, pues que desde su vértice A se va apartando uniformemente al infinito de su exe A P.

En la Teoría del tiro de las bombas se llama *Amplitud del tiro ó Amplitud de la Parábola* la línea horizontal F P Z que está entre el punto de donde se tira, y el punto en donde cae el Móvil.

Consta por la experiencia y la teoría que la amplitud del tiro es la mayor que es posible con una misma Fuerza impulsiva, quando la direccion del mortero ó del cañon que despiden el Móvil hace un *ángulo de 45 grados* con el horizonte, y que la mitad de esta amplitud es igual á la altura vertical adonde llegaria el Móvil si se le tirase perpendicularmente hácia el zenit.

Quando la direccion del mortero forma un ángulo mayor ó menor se disminuye la amplitud del tiro. (*Math.* 743.)

PROBLEMA I.

386. Dado el tiempo que se ha pasado desde la proyeccion de un Grave hasta su caída, determinar á que altura ha subido. (Fig. 32.)

SOLUCION. Sea una bomba ó bala de cañon ó fusil tiradas de abaxo arriba en una direccion perpendicular ú obliqua al horizonte, y supongamos que desde el instante de la erupcion de la pólvora inflamada hasta el instante en que el Móvil llega al fin de su caída en el mismo horizonte en que ha empezado se hayan pasado veinte segundos.

I.º El movimiento de los Graves se retarda al subir otro tanto como se acelera al baxar (376). Luego el Móvil habrá tardado diez segundos en subir, y otros diez en baxar. El punto desde donde empieza á baxar es su mayor altura.

II.º Los espacios andados por un Grave que baxa, son como los quadrados de los tiempos (371), y los Graves que caen libremente en una direccion obliqua ó perpendicular al horizonte corren acercándose al centro de la tierra en virtud de su gravedad una pertica Inglesa en el primer Segundo de su caída. Luego al cabo de diez Segundos baxando el Móvil perpendicular ú obliquamente al horizonte, habrá andado acercándose al centro de la Tierra un número de perticas Inglesas, que será expresado por el quadrado de 10 que es 100. Luego el Móvil ha caido de una altura de 100 perticas Inglesas. Y esta es la altura á que habia subido.

Prescindimos aqui de la resistencia del aire que ocasiona alguna retardacion al Móvil, y que se debia rebajar de la altura hallada. En otro lugar hemos explicado ya como se puede valúar con corta diferencia esta resistencia del aire (378).

III.º Si desde el instante en que se encendió la pólvora hasta el punto en que el Móvil acabó de caer se pasaron mas ó menos segundos que en el exemplo que

hemos puesto, el Móvil habrá gastado la mitad de este tiempo en subir y la otra mitad en bajar.

Sea este tiempo igual á 15 segundos: el Móvil habrá tardado en caer 7 segundos y medio, cuyo quadrado se ha de buscar. El quadrado de 7 mas la mitad de la diferencia entre los quadrados de 7 y de 8, menos los tres quadrados de una pertica Inglesa que hubieran sido la aceleracion propia del medio Segundo (372) expresarán la altura que se busca, que será $49 + 7 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = 56 + \frac{1}{4}$ perticas Inglesas.

387. NOTA I. Quando decimos que los espacios corridos por el Móvil al fin de cada tiempo son como los quadrados de los tiempos, solo hablamos de los espacios andados verticalmente.

Un Móvil que cae en direccion obliqua al horizonte en virtud de una fuerza central y de otra horizontal anda mas espacio que si cayese perpendicularmente en virtud de sola su gravedad, porque es impelido por dos *Fuerzas conspirantes*, cada una de las cuales produce todo su efecto llevándole por una diagonal mas larga que qualquiera de sus dos lados (348).

Pero el *Espacio vertical* de que aqui se trata es siempre como el quadrado de los tiempos, sea que el Móvil caiga perpendicular, sea que caiga obliquamente de la mayor altura á donde le ha elevado la fuerza proyectil.

388. NOTA II. Aunque los espacios verticales andados por un Grave que cae libremente sean al fin de cada tiempo como los quadrados de los tiempos, con todo su *percusion solo se hace en virtud de la última velocidad que ha adquirido en el instante en que pega*, porque las velocidades que preceden á la percusion son extrañas é indiferentes á la velocidad con que se hace la percusion. Y asi estas velocidades precedentes no deben entrar en cuenta al calcular la cantidad de la percusion.

Es asi que las *últimas velocidades* adquiridas al fin del primero, segundo, tercer Segundo &c. no son co-

mo los cuadrados de los tiempos, sino simplemente como los tiempos, pues las líneas B C, D G, H M que expresan las últimas velocidades de estos tres segundos son entre sí como 1, 2, 3. (Fig. 25.)

Luego la *Fuerza impulsiva* de este Grave, la qual es proporcional al producto de su masa por su velocidad, se debe estimar al fin de cada tiempo igual de su caída multiplicando la masa por el tiempo, pues que estos tiempos son la expresión de sus últimas velocidades, que son las únicas que influyen en la Percusión.

PROBLEMA II.

389. Dada la masa de un Móvil que cae sucesivamente de diferentes alturas, y el tiempo que ha tardado cada vez en caer: determinar la fuerza de la percusión en cada caída.

SOLUCION. Sea el Móvil una bomba de doscientas libras que caiga perpendicular ú obliquamente sobre una superficie horizontal, en la que suponemos que ha de hacer su percusión. Es muy indiferente que la superficie sea ó no horizontal, pues que la percusión contra una superficie horizontal solo se hace en virtud del *Movimiento vertical*, y el movimiento horizontal que podría tener esta bomba en su caída obliqua nada influye en la percusión de que aqui se trata. (354). Comparemos entre sí varias caídas de esta bomba.

I.º Supongamos que en la *primer caída* desde el instante de la inflamación de la pólvora hasta el instante de la percusión han pasado 10 segundos; la caída habrá durado 5, y la última velocidad con que se hace la percusión, y que es proporcional al tiempo que el Móvil ha tardado en caer (388) será $\equiv 5$.

Siendo la fuerza motriz el producto de la masa por la velocidad, la percusión de esta bomba será $200 \times 5 \equiv 1000$.

II.º Supongamos que en la *segunda caída* desde que salió la bomba del mortero hasta la percusión hayan pasado 18 segundos; la caída en este caso habrá durado

nueve segundos, la última velocidad será igual á 9; y de consiguiente la percusion de esta bomba será $200 \times 9 = 1800$.

III.º Por este método se podrá hallar siempre la *Fuerza motriz* de esta bomba en sus diferentes caidas de una altura qualquiera; pues como se ve por lo dicho no hay mas que tomar por multiplicador de la masa el número de segundos que ha tardado en caer, el qual expresa siempre las últimas velocidades del Móvil.

390. NOTA. En la solucion de este problema solo estimamos la *Fuerza inicial* del Móvil que es proporcional al producto de la masa por la velocidad.

Si se quiere averiguar el *Efecto total* que habrá producido la bomba de que hablamos, despues de consumidas sus fuerzas cayendo de diferentes alturas sobre cuerpos que ceden á su impulso, se debe multiplicar la masa por los *quadrados de las últimas velocidades* ó por los quadrados de los tiempos; y entonces el efecto total de la primera caida en que ha tardado el Móvil 5 segundos será 200×25 , y el de la segunda en que tardó 9 será 200×81 .

Lo dicho últimamente es una nueva prueba de que la disputa acerca de la estimacion de las Fuerzas vivas por la simple velocidad ó por el quadrado de la velocidad pende solo de una mala inteligencia. (381.)

PROBLEMA III.

391. Hallar por la teoría del movimiento acelerado la velocidad de una bala despedida de un cañon ó de un fusil, ó determinar en quanto tiempo va la bala desde el arma de fuego que la despide al punto en que da. (Fig. 34.)

SOLUCION. Sea A M un Cañon ó un Fusil afechado fixamente á B punto de un plano perpendicular al horizonte, de suerte que si el Móvil M no tuviera gravedad alguna debería dar precisamente en B. En el corto espacio de tiempo que tarda la bala en pasar desde el arma de fuego de donde sale hasta el término á donde se dirige, su gravedad la hace bajar continuamente hácia el

el centro de la tierra mas abaxo de su direccion M B. Dará pues no en el punto B á donde la dirigen sino mas abaxo, y otro tanto mas abaxo quanto mas tiempo haya gastado en andar el espacio M B.

I.º Conocida la distancia M B que hay entre el arma de fuego y el plano opuesto, y la distancia B D que hay entre el punto de direccion y el de percusion se hallará fácilmente la Velocidad del Móvil.

Porque el Móvil, que en caso de no tener gravedad alguna hubiera dado en B se ha detenido en el camino precisamente otro tanto tiempo como hubiera empleado en caer perpendicularmente con un movimiento acelerado desde B á D, pues que la gravedad obra en los mismos términos, y produce un mismo efecto en un Móvil, sea que este caiga obliquia, sea que caiga perpendicularmente al horizonte. (387.)

II.º Como los graves al fin del primer Segundo de su caída han andado una *Pertica inglesa*, y al fin de cada Segundo siguiente el espacio central que han andado es como el quadrado del tiempo que han empleado en andarle, se sigue que extrayendo la raiz quadrada del número de perticas que hay desde el punto de direccion al de percusion se tendrá el tiempo que ha tardado el Móvil en pasar de M á D; y se tendrá por lo mismo la velocidad del Móvil, pues ésta es el espacio conocido M D dividido por el tiempo hallado y conocido.

Supongamos por exemplo que el Móvil M dirigido á B haya dado en D, y que la distancia B D sea de 16 perticas inglesas. La raiz quadrada de 16 es 4; luego el Móvil A ha gastado 4 Segundos en andar la línea parabólica M D.

Si la distancia D B fuera de 100 perticas el Móvil hubiera empleado 10 Segundos en andar el espacio M D.

Si la distancia que hay entre el punto de direccion B y el de percusion D es mucho menor, si solo es por exemplo de un pie de Inglaterra, el Móvil solo ha tardado un quarto de Segundo en pasar desde M á D,

porque los graves en su caída andan un pie de Inglaterra en un cuarto de segundo (372).

Así disminuyendo proporcionalmente los tiempos y espacios se hallará siempre mediante el mismo método el tiempo gastado en andar la línea $M D$ por el grandor de la caída $B D$.

III.º Este es el método mediante el qual se ha hallado que un cañon cargado para batir despide la bala con una fuerza que la hace correr 100 toesas ó 600 pies con corta diferencia en un Segundo; porque dirigida la bala por la línea $A M B$ á una distancia $M B$ de 600 pies va á dar á D 15 pies de Francia con corta diferencia mas abajo del punto de direccion B , que son precisamente los que anda en su caída libre durante un Segundo.

Dura pues el Movimiento en fuerza del que camina esta bala desde M á D ni mas ni menos de un Segundo, pues si durase mas ó menos daría la bala mas arriba ó mas abaxo del punto D que dista 15 pies justos del punto de direccion B .

IV.º Se podria tambien determinar la velocidad de que hablamos á distancias considerables comparando por medio de un Péndulo de Segundos bien exácto, el tiempo que pasa desde que se percibe la llama de la pólvora hasta que la bala da en el punto á que la dirigen.

Es claro que midiendo exáctamente la distancia del término desde donde sale la bala hasta donde da, y conociendo exáctamente el tiempo que ha gastado en correr esta distancia se determinaria su velocidad con toda exáctitud.

392. OBJECCION. La bala despedida del Cañon, del Fusil, ó de la Pistola da fixamente en el punto de direccion; luego las reglas de la Balística conforme á las quales los Graves deberian dar mas abaxo del punto de su direccion son falsas. (*Fig. 35.*)

RESPUESTA. Las Armas de fuego están por lo común hechas de tal modo que la línea de direccion $D C A$, y la de proyeccion $E M B$ no son paralelas sino que se cruzan en un punto C mas ó menos distantes.

I.º Si el Móvil M no tuviera gravedad alguna, la línea de proyección E M B le llevaria á B mas arriba de la línea de direccion, pero como el Móvil va baxando quando camina en fuerza de su gravedad da con corta diferencia en A que es el punto en que termina la línea de direccion D C A prolongada hasta la distancia á que obran comunmente las armas de fuego.

II.º Adviértase de paso que es imposible construir armas de fuego de tal modo que á qualquiera distancia y con qualquiera velocidad la línea de direccion y la de proyección conspiren perfectamente en llevar al Móvil á un mismo punto fixo A.

La razon es porque si la distancia M B se anda en un Segundo, el Móvil M solo baxará una pertica inglesa mas abaxo de B, quando si se anduviesen dos baxaria quatro perticas mas abaxo. Y aun si se anduviesen seis, el Móvil baxaria treinta y seis perticas mas abaxo de dicho punto B.

Se ve por esto lo que debe suceder en otros casos en que el Móvil tarda mas ó menos tiempo en llegar á su término mas ó menos distante.

III.º Qualquiera que sea el ángulo F C G formado por las líneas de direccion y proyección, los lados F G, H K, B A crecen como las distancias, al paso que la caída acelerada del Móvil á las distancias G, K, A se ha aumentado como el quadrado de los tiempos que corresponden á estas distancias.

Si el Móvil se halla en algun instante en la línea de direccion D A ya no puede volver á hallarse en esta misma línea.

La Experiencia pues y la Balística son las que deben dirigir la vista y mano del que usa de las armas de fuego. La experiencia y la teoría le enseñarán á apuntar mas arriba ó mas abaxo del punto en donde quiere dar, segun que la pólvora mas ó menos fuerte imprima mas ó menos velocidad al Móvil, y segun que el objeto en que quiere dar está mas ó menos distante.

SECCION TERCERA.

MOVIMIENTO REFLEXO Y REFRACTO.

393. OBSERVACION. Un Cuerpo que se mueve puede encontrar ó un obstáculo impenetrable como un pedazo de mármol, ó un obstáculo penetrable como un estanque de agua. En el primer caso padece *reflexion* si es elástico, y en el segundo *refraccion* si penetra obliquamente en un nuevo medio mas ó menos resistente.

I.º En el *Movimiento reflexo* el Móvil repercute despues del choque en una direccion diferente de la primera.

En el *Movimiento refracto* el Móvil es simplemente apartado de su primera direccion.

II.º La causa de la *Reflexion del movimiento* es la elasticidad de los cuerpos que chocan entre sí, pues solo en el choque de los cuerpos elásticos advertimos el fenómeno de la Reflexion; y en los cuerpos que no tienen ninguna ó solo muy poca elasticidad no vemos ninguna, ó solo vemos muy poca reflexion en el movimiento.

III.º La causa de la *Refraccion del Movimiento* es la cantidad mayor ó menor de resistencia que opone á la direccion del Móvil el nuevo medio en que penetra.

No hay Refraccion alguna quando el Móvil pasa perpendicularmente de un medio á otro, ó quando pasa obliquamente de un medio á otro medio de igual resistencia.

PARRAFO PRIMERO.

MOVIMIENTO REFLEXO.

394. DEFINICION. Un Móvil que resalta despues de haber dado en un obstáculo impenetrable forma con el plano en que reflexa dos ángulos, el uno de inciden-

cia y el otro de reflexi3n que merecen considerarse atentamente. Suponemos aqu3 que el Movimiento antes y despues del choque se hace en l3nea recta. (Fig. 30.)

I.º Se llama *Angulo de incidencia* el 3ngulo $A B G$ que forman las l3neas $A B$ que describe el M3vil A antes del choque y la l3nea 3 superficie del plano $B G$. El Angulo de incidencia puede ser 3 recto $P B G$, 3 agudo $A B G$.

II.º Se llama *Angulo de reflexi3n*, el 3ngulo $H B C$ que forman la l3nea $B C$ que describe el M3vil A despues del choque, y la l3nea 3 superficie del plano $B H$.

III.º Si la superficie en que da el M3vil que reflexa en vez de ser plana $G H$, es curva $r m n t$ se debe concebir una Tangente $m n$ de esta superficie en el punto de contacto. Los 3ngulos formados por la direcci3n del m3vil antes y despues del choque sobre esta Tangente ser3n el *Angulo de incidencia* $A m G$, y el *Angulo de reflexi3n* $C n H$.

REGLA I.

395. Si un Cuerpo el3stico da perpendicularmente con una velocidad qualquiera en un Plano horizontal duro 3 el3stico, despues del choque este cuerpo reflexa por la misma l3nea perpendicular al plano. (Fig. 30.)

DEMOSTRACION. Sea un globo el3stico P tirado perpendicularmente 3 B sobre un plano horizontal 3 impenetrable $G H$. Este cuerpo despues del choque debe volver 3 subir 3 P por la l3nea $B P$.

I.º La Reacci3n es igual y opuesta 3 la acci3n (327.) Luego la fuerza $P B$ que se consume en hacer la compresi3n revive en una direcci3n opuesta $B P$ mediante la reacci3n.

Luego el M3vil ser3 llevado de B 3 P por una fuerza precisamente igual 3 la que le traxo de P 3 B .

II.º El M3vil al baxar por la perpendicular antes del choque no tiene movimiento horizontal; luego tampoco tendr3 movimiento horizontal al subir despues del choque; pues que el movimiento que nace de la Reacci3n es igual y opuesto al que se pierde en la compresi3n.

Luego el Móvil despues del choque privado de todo movimiento horizontal, y llevado por el solo movimiento vertical volverá á subir por la perpendicular B P describiendo una misma linea antes y despues del choque. (L. Q. P. D.)

REGLA II.

396. Si un Cuerpo elástico da perpendicularmente en un plano duro ó elástico perpendicular ú obliquo al horizonte, prestindiendo de su gravedad vuelve despues del choque por la misma linea que ha seguido antes de él. (Fig. 24.)

DEMOSTRACION. Sea un globo elástico A sin gravedad tirado perpendicularmente contra un plano duro ó elástico D, perpendicular ú obliquo al horizonte.

La Fuerza impulsiva A D del Móvil se destruye toda en la compresion, y se convierte en otra igual y opuesta D A en virtud de la reaccion. Luego el Móvil llevado por la fuerza A D antes del choque reflexará despues del choque en virtud de la fuerza D A. Luego el Móvil entregado á la accion y siguiendo la direccion de la fuerza de reaccion D A volverá despues del choque por la linea D A. (L. Q. P. D.)

REGLA III.

397. Si un Cuerpo elástico da obliquamente en un plano duro ó elástico sea la que quiera su posicion, continúa moviéndose despues del choque formando con el plano en que reflexa un ángulo de reflexion igual á su ángulo de incidencia. (Fig. 30.)

DEMOSTRACION. Sea un globo elástico A tirado obliquamente contra el plano duro ó elástico G H en una direccion qualquiera A B. Despues del choque este globo reflexará en la direccion B C, y el ángulo de reflexion C B H será precisamente igual al de incidencia A B G. La teoria con que vamos á sentar esta Regla fundamental se funda en lo que hemos dicho en otro lugar acerca

de la descomposicion de las fuerzas, ó del movimiento obliquo. (354 y 355.)

I.º El Móvil A tirado de A á B lleva un movimiento que tiene dos direcciones, la una A D *paralela al plano* y nula en la percusion, y la otra A M *perpendicular al plano* y la sola eficaz en la percusion.

La parte del movimiento que le da la direccion A D paralela al plano no se destruye en el choque, porque el plano no le opone resistencia alguna y asi permanece la misma despues del choque que antes.

La parte del movimiento que le da la direccion A M = D B perpendicular al plano, perece en el choque y se convierte en una fuerza igual y opuesta B D mediante la reaccion; y asi *esta Fuerza de reaccion B D* tendrá que elevar al Móvil despues del choque en una direccion perpendicular al plano.

II.º Entregado el Móvil antes del choque á las dos fuerzas impulsivas A M y A D, ó á una sola fuerza que equivaliese á la accion unida de las dos potencias A D y A M describiria en un tiempo determinado la diagonal A B del paralelogramo A D B M.

Entregado despues del choque á la fuerza paralela B N = A D, y á la perpendicular B D = A M, describirá en el mismo tiempo la diagonal B C del paralelogramo B D C N semejante é igual al precedente A D B M. Luego el Móvil despues del choque hará con el plano un ángulo de reflexion H B C igual al de incidencia G B A; pues que el grandor de estos ángulos depende de la relacion de las dos fuerzas perpendicular y paralela que mueven al Móvil, la qual es precisamente la misma antes y despues del choque. (L. Q. P. D.)

398. COROLARIO. *De qualquiera manera que un Globo elástico dé en un cuerpo duro ó elástico, el ángulo de reflexion es igual al de incidencia.* (Fig. 30.)

DEMOSTRACION. El *Angulo de incidencia* es ó recto, ó agudo, ó sobre una superficie plana, ó sobre una superficie curva.

I.º Si la direccion del Móvil es perpendicular á la

superficie del cuerpo en que da el Móvil P reflexa por la perpendicular (396), y el ángulo de reflexión es un ángulo recto como el de incidencia.

II.º Si la dirección del Móvil es obliqua á la superficie en que da el Móvil A ó C reflexa tambien formando un ángulo igual al de incidencia. (397.)

III.º Si el Cuerpo en que da el Móvil en vez de tener la superficie plana G H, la tiene curva $r m n t$, el punto de contacto es siempre un plano pequeño en que los ángulos de incidencia y de reflexión se pueden medir por la tangente del cuerpo. (394)

La misma teoría que demuestra, que los ángulos de reflexión son iguales á los de incidencia sobre un plano grande G H, demuestra igualmente que son tambien iguales sobre el plano infinitamente pequeño $m n$ del globo B X. Luego el ángulo de reflexión será siempre igual al de incidencia. (L. Q. P. D.)

399. NOTA I. La teoría que acabamos de sentar acerca del Movimiento reflexo concuerda perfectamente con la naturaleza de las cosas por lo que toca á la Luz; pero padece algunas modificaciones por lo que hace á los demas Cuerpos, como vamos á observar y explicar.

I.º En las *Leyes del Movimiento reflexo* que acabamos de exponer, prescindimos de la resistencia de los medios, de la pesantez de los cuerpos, de su falta de elasticidad perfecta; tres causas que hacen que en la práctica el ángulo de reflexión no sea perfectamente igual al de incidencia. Por exemplo:

La *Pesantez de los cuerpos* hace que su dirección en su incidencia y reflexión describa una línea parabólica (380) en vez de una curva.

La *Falta de Elasticidad perfecta* hace que la fuerza de reaccion no sea perfectamente igual á la de percusion, y de consiguiente que el ángulo de reflexión sea un poco menor que el de incidencia.

Pero de esto no se sigue que estas *Leyes* sean vanas ó engañosas en el estado físico de las cosas, como lo hemos observado en otra parte. (339.)

II.º La Luz es el único cuerpo en que las *Leyes de la reflexion* convienen puntualmente en la práctica con lo que enseña la teórica.

Consta por las observaciones y se demuestra por la teoría general que acabamos de explicar, que de cualquier modo que caiga la Luz sobre un plano, del que reflexe el ángulo de reflexion recto ó agudo es sensiblemente igual al de incidencia. La causa es porque la Luz tiene una perfecta elasticidad, y su infinita pequeñez la proporciona senderos bastante libres por entre los medios en que se mueve, y su movimiento de gravitacion es como nulo en comparacion de su movimiento de impulsion directa ó reflexa.

POR EJEMPLO. Consta por las observaciones astronómicas, que la Luz viene del Sol á nosotros en siete minutos y medio, andando en este tiempo á lo menos treinta millones de leguas. (716.)

Tiene pues la Luz una velocidad que la hace andar 66666 leguas á lo menos por segundo, quando su pesantez que la es comun con todos los cuerpos no la puede apartar de la direccion que sigue en el mismo tiempo y cerca de la tierra mas que una pertica Inglesa. (*Fig. 30.*)

Sea pues un Globo de luz despedido y reflexado en la direccion A B C. Andando este globo de luz 66666 leguas en la direccion B C, en un segundo no podria baxar mas que una pertica inglesa ó 15 pies de Francia mas abaxo de la línea B C en virtud de su gravedad, aun quando esta gravedad que va descreciendo á medida de que el globo se aparta de la tierra, permaneciese siempre la misma. Con que su línea de direccion B C aunque realmente parabólica debe de ser siempre sensiblemente recta.

Esta Teoría general del Movimiento reflexo es como se ve la base y fundamento de la Catóptrica, ciencia que tiene por objeto la *direccion que debe seguir la Luz* en la reflexion que padece dando en cuerpos impenetrables á sus rayos.

400. NOTA II. La Teoría y Práctica del movimiento
TOMO I.

reflexo se verifican particularmente en los juegos de pelota y villar, en los que todo el arte consiste en tomar los ángulos de incidencia y reflexión favorables, y evitar los perjudiciales. Los Jugadores diestros de Villar conocen á ojo sin percibirlo ellos mismos las tangentes del punto de contacto que les hacen al caso.

Ya que hemos tocado el juego de Villar, darémos razon de un pequeño fenómeno que divierte y admira á veces á los jugadores. Si sobre una mesa de Villar se pega perpendicularmente con la mano de corte á la bola B en la direccion Bv que cae fuera del centro, la bola echá á andar al principio en la direccion BA , y vuelve inmediatamente con un movimiento mas ó menos rápido en la direccion AB . (*Fig. 17.*)

EXPLICACION. Pegando á esta bola en la direccion Bv se la imprimen tres movimientos diferentes; el uno *central* Bv que en fuerza de la reaccion de la bola y del plano se convierte en un movimiento vertical vB : otro *horizontal* en virtud del qual es impelida á moverse en la direccion rs ; y otro de *rotacion*, en virtud del qual es determinada á rodar mas ó menos rápidamente al rededor de su centro r en la direccion $BnmB$.

I.º Despues de la percusion Bv y la reaccion vB , la bola B es agitada de dos movimientos, el horizontal rs , y el vertical rB . En fuerza de estos dos movimientos se eleva un poco encima de la mesa, y va desde A á B por la línea parabólica rCs . (384.)

Durante esta travesía la bola elevada encima de la mesa á quien no toca, continúa en rodar sobre su centro en la direccion $BnmB$.

II.º Llegada al punto A, despues que sus movimientos horizontal y vertical se han consumido, conserva únicamente su movimiento de rotacion $BnmB$: y en virtud de éste, su centro camina hácia adelante en la direccion sr ; hasta que la resistencia ocasionada por la frotacion de la cubierta destruye enteramente este movimiento de rotacion que la hace retroceder,

PARRAFO SEGUNDO.

MOVIMIENTO REFRACTO.

401. OBSERVACION. Consta por muchísimas experiencias, que si un Móvil pasa perpendicularmente de un Medio á otro mas resistente, su *Movimiento se debilita sin mudar de direccion*, y que si el mismo Móvil pasa obliquamente de un Medio á otro mas ó menos resistente su *direccion tuerce en el punto en que se hace el tránsito de un medio á otro*: Por exemplo (*Fig. 36.*)

I.° Si una bola V de plomo, mármol ó madera cae con una velocidad qualquiera del aire encima de la superficie B T de un estanque de agua quieta en una *direccion perpendicular* á este estanque, se mueve mas lentamente en el agua que en el aire; pero siempre en la misma *direccion perpendicular V M N.*

El agua ocho ó novecientas veces mas densa que el aire, opone al movimiento de esta bola una resistencia ocho ó novecientas veces mayor, y asi su movimiento debe ser mas débil pasando del aire al agua. Pero como esta resistencia del agua se opone igualmente por todas partes al movimiento perpendicular de la bola, debe únicamente debilitarle y disminuirle sin darle una nueva *direccion hácia un lado mas que hácia otro.*

II.° Si se tira la misma bola A en el mismo estanque de agua en la *Direccion obliqua A M*, no solamente su movimiento se debilita en el agua, sino que tambien dexa la *direccion A M P*, para tomar la *direccion A M D* inclinándose hácia el punto M.

La bola en su *direccion obliqua A M* es impelida hácia la superficie del agua por un movimiento compuesto del horizontal A V, y del central A B. (354.)

En el instante en que toca en el agua su *Movimiento central* experimenta la resistencia del agua; pero su *Movimiento horizontal* no experimenta todavia mas que la del aire: luego su movimiento central debe hacerse mas

débil que el horizontal. Luego permaneciendo el mismo el movimiento horizontal, y habiéndose disminuido el central, el Móvil debe inclinarse hácia la direccion de la fuerza MH , que viene á hacerse predominante á causa de haberse debilitado la fuerza opuesta MN .

PERPENDICULAR A DIFERENTES MEDIOS.

Como al pasar un Móvil de un Medio á otro mas ó menos resistente se acerca ó aparta de una *Perpendicular* tirada en el nuevo Medio desde el punto de incidencia ó de tránsito, es sumamente importante conocer bien qual sea esta *Perpendicular* asi en un Medio de superficie plana, como en uno de superficie convexa ó de superficie cóncava.

402. DEFINICION I. En un Medio de superficie plana la *Perpendicular* es una línea recta MN , tirada en el nuevo Medio desde el punto de incidencia, y perpendicular á la superficie en que el Móvil se encuentra con este Medio. (Fig. 36.)

I.º Es indiferente que la superficie de un Medio penetrable sea horizontal, vertical ó inclinada al horizonte respecto de esta *Perpendicular* que es siempre una línea recta perpendicular á la superficie de este Medio, y tirada en él desde el punto del tránsito.

II.º Como la superficie de una agua quieta BT es plana, la superficie del aire que le rodea es tambien plana, y asi el aire que rodea una superficie plana se debe considerar como *Medio de superficie plana*.

Si un Móvil M pasa del agua á el aire en la direccion DM , la línea MV será la *Perpendicular* tirada en este nuevo Medio.

403. DEFINICION II. En un Medio de superficie esférica como en un globo de cera, nieve ó barro húmedo esta *Perpendicular* es el radio mismo de la Esfera, ó la línea recta tirada desde el punto de incidencia al centro de la convexidad. Por exemplo si el Móvil M da en el globo penetrable N en B , ó en D , la *Perpendicular* es el radio BN , ó DN . (Fig. 37.)

Un Medio que rodea á un Globo, por exemplo el aire ó el agua que circundan al globo N, se debe considerar como un *Medio de superficie cóncava* cuya Perpendicular tirada desde el globo por el Medio circundante vamos á dar á conocer.

404. DEFINICION III. *En un Medio de superficie esféricamente cóncava, la Perpendicular es el radio prolongado, ó la línea recta N C, ó N F tirada en el nuevo Medio desde el centro de la curvatura por el punto en que el Móvil pasa desde la esfera al medio circundante; pues que la línea E F es perpendicular á las tangente del punto E.*

REGLA I.

405. *Quando un Móvil pasa de un Medio á otro mas ó menos resistente con un movimiento perpendicular, no muda de direccion. (Fig. 36 y 37.)*

DEMOSTRACION. La experiencia acredita la verdad de esta primera Regla. Una bala que cae perpendicularmente de V á M sobre un estanque de agua quieta se va al fondo por la misma direccion V M N. Una bala que da perpendicularmente en un cubo de cera, nieve ó barro húmedo qualquiera que sea su posicion, se abre paso en él por una línea perpendicular á la superficie en que ha empezado el contacto. Una bala que da en el globo N de cera ó nieve en la direccion M B que prolongada pasa por el centro, le atraviesa por la línea recta M N C.

Todas estas direcciones son perpendiculares á los nuevos Medios. Luego en el movimiento perpendicular á los nuevos Medios no hay mutacion alguna de direccion, no hay refraccion alguna.

La razon es porque en la direccion perpendicular á un nuevo Medio, todas las partes del obstáculo oponen por todos lados una resistencia igual al movimiento. Luego el *Movimiento del Móvil* no se debe inclinar á ningún lado. Luego debe continuar en su primera direccion hasta que la resistencia del obstáculo medio que pene-

tra, y á quien se comunica le haya absorvido enteramente. (L. Q. P. D.)

REGLA II.

406. Quando un Móvil pasa obliquamente de un Medio mas fácil á otro mas difícilmente penetrable, su Direccion tuerce al pasar apartándose de la Perpendicular tirada en el nuevo Medio. (Fig. 36.)

DEMOSTRACION. I.º Quando un Móvil A pasa del aire al agua con una velocidad qualquiera en la direccion A M en parte horizontal A V, y en parte central A B (354.), en lugar de seguir su primera direccion A M P, tomará otra A M D apartándose de la Perpendicular M N.

La razon es porque en el instante en que el Móvil toca á el agua en M con un movimiento en parte paralelo, y en parte perpendicular á la superficie del agua, el *Movimiento paralelo* M H no encuentra mas obstáculo que antes, porque el móvil está todavia todo en el aire, en vez de que el *Movimiento perpendicular* M N encuentra un obstáculo que le opondrá una resistencia ocho ó nuevecientas veces mayor que la que le oponia un volumen igual de aire: y asi el movimiento perpendicular M N debe disminuirse y debilitarse en el punto del contacto, al paso que el movimiento paralelo M H debe permanecer el mismo.

Permaneciendo el mismo el movimiento paralelo, y habiéndose debilitado el perpendicular en el punto del contacto, estas dos *Fuerzas conspirantes* adquieren una relacion nueva, y el Móvil al entrar en el agua obedeciendo á las dos fuerzas que le mueven, se debe inclinar mas al lado de la fuerza M H que se ha hecho predominante por la debilitacion de su rival.

Quando ha entrado ya todo en el agua le queda todavia al Móvil una parte de su movimiento perpendicular M N, y otra un poco mayor de su movimiento paralelo M H, y como entonces el agua opondrá una resistencia igual á

estas dos Fuerzas, el Móvil impelido por ellas corre en este nuevo Medio la diagonal MD de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Fuerzas que le quedan. (345.)

II.º Si el nuevo Medio $BTXK$ en vez de ser un volúmen de agua fuera una masa de barro húmedo, y el Móvil A una bala tirada en la direccion AM , se demostraría por la misma experiencia y teoría, que la bala al penetrar en este Medio se apartaría de la Perpendicular MN , tomando una nueva direccion MD mas ó menos apartada de la Perpendicular á proporcion de la mayor ó menor resistencia del Medio.

La misma demostracion se podrá hacer, sea que la superficie TMB sea paralela al horizonte, sea que sea perpendicular ó inclinada, con tal de que la direccion AB de la bala haga el mismo ángulo de incidencia AMB con la superficie del nuevo Medio.

III.º Si el nuevo Medio es un *Globo de cera ó barro húmedo* N , una bala tirada en la direccion obliqua MDH se aparta de la Perpendicular DN , y toma la direccion DE . (Fig. 37.)

La razon es porque la bala al dar en el globo en D es agitada por dos movimientos de los quales el uno DH la impele á meterse en el globo, y el otro BDG á apartarse del centro del globo; el primer movimiento experimenta la resistencia del globo en el instante del contacto al paso que el segundo no experimenta todavia mas resistencia que la del aire. Debe pues la bala inclinar su movimiento en la direccion de la fuerza DG que es la menos débil, y así tomará la direccion DE que la aparta de la Perpendicular DN .

Luego quando un Móvil pasa obliquamente de un Medio ménos resistente á otro mas resistente, qualquiera que sea la naturaleza y posicion del nuevo Medio, el Móvil debe siempre apartarse de la Perpendicular tirada en él. (L. Q. P. D.)

REGLA III.

407. Quando un Móvil pasa obliquamente de un Medio mas difícil á otro mas fácilmente penetrable, su direccion tuerce al pasar acercándose á la Perpendicular tirada en el nuevo Medio. (Fig. 36.)

DEMOSTRACION. Esta proposicion es la inverfa de la antecedente y está fundada en los mismos principios como es fácil hacer ver.

I.º Sea B T X K un paralelopípedo de barro húmedo colgado en el aire en una direccion paralela perpendicular ú obliqua al horizonte, y supongamos que un Móvil qualquiera, por exemplo una bala tirada en la direccion A M haya llegado á D desde donde va á pasar del barro al aire. Consta por la experiencia que este Móvil en vez de continuar su carrera en la direccion M D R toma la direccion D S, acercándose á la Perpendicular D C.

Para percibir la razon de esta inflexion M D S consideremos al Móvil en D en el instante en que está la mitad en el barro y la mitad en el aire. El Móvil llegado á D por la línea M D es agitado de un movimiento compuesto D X, D C. En virtud de este *Movimiento doble* andaria la línea D R, si estos dos movimientos permaneciesen en la misma proporcion.

Pero quando el Móvil está en D el barro resiste todavia á su movimiento D X, al paso que solo el aire se opone á su movimiento D C. Será pues destruida una parte mayor del primero que del segundo. Supongamos el movimiento D X disminuido en fuerza de la resistencia del barro la cantidad X F: el Móvil entregado á las dos fuerzas que le quedan D F y D C, debe describir la Diagonal D S en vez de la línea D R, y por lo mismo debe acercarse á la *Perpendicular* D C tirada desde el punto del transito D por el nuevo medio.

II.º Por la misma razon una Bala movida en un globo de barro en la direccion D E R toma la direccion E K

al

al pasar del barro al aire, y se acerca á la Perpendicular E F. La bala que está la mitad en el barro y la mitad en el aire, es detenida mas por el barro que por el aire. Se debe pues mover inclinándose mas al lado de la Fuerza que está menos debilitada, ó al lado en que experimenta menos resistencia. (Fig. 37.)

Luego quando un Móvil pasa obliquamente de un Medio mas resistente á otro menos resistente qualesquiera que sea su naturaleza y posicion, debe siempre torcer su movimiento acercándose á la Perpendicular tirada en el nuevo Medio. (L. Q. P. D.)

REFRACCION DE LA LUZ

408. OBSERVACION. La Luz está sujeta á las mismas Leyes generales de refracción que los demas cuerpos, pues estas Leyes no son mas que una consecuencia ó aplicacion de las Leyes generales del movimiento que hemos sentado y demostrado anteriormente. Hay con todo una diferencia muy notable entre la Luz y los demas Cuerpos, y es que ciertos Medios mas difícilmente penetrables á los demas cuerpos son mas fácilmente penetrables á la Luz. Por exemplo

El agua es un medio mas fácilmente penetrable á la Luz que el aire: el aire que está cercano á la superficie de la Tierra es un medio mas fácil y menos resistente para la luz, que el aire inmensamente mas rarefacto en que termina la Atmósfera lejos del globo terraqueo. De donde resulta que la Refraccion de la Luz debe hacerse al revés de la de los demas cuerpos. Por exemplo (Fig. 36.)

I.º Consta por la experiencia que si una Bala A pasa del aire al agua con la direccion obliqua A M, en vez de seguir la línea recta A M P tuerce en M su direccion siguiendo la línea A M D, y apartándose de la Perpendicular M N, porque el agua es para la bala puesta en M un medio mas resistente que el aire.

II.º Consta igualmente por la experiencia, que si un

Globo ó Rayo de luz A pasa del aire al agua con la dirección obliqua AM , en vez de seguir la línea recta AMP tuercel en M en su dirección siguiendo la línea AMO , y acercándose á la perpendicular MN ; porque el agua es para el globo de luz puesto en M un Medio más fácil y menos resistente que el aire sea la que quiera la causa de esta menor resistencia. Así la teoría del Movimiento refracto es la misma para todos los cuerpos; pero los resultados no son los mismos en la Luz que en los demás Cuerpos; porque ciertos Medios penetrables que resisten mas á los demás Cuerpos resisten menos á la Luz.

409. NOTA. Un Cazador que tira un escopetazo á un pez que está dentro del agua ohierra siempre el tiro sino echa cuenta con la Refracción; porque si el pez está quieto en P ; y el cazador apunta á P por la línea AMP , la bala debe forzosamente dar en D .

Los Principios que acabamos de sentar acerca de la Refracción del movimiento son la base y fundamento de la *Dióptrica* y Ciencia que tiene por objeto la dirección que debe seguir la Luz que padece refracción en el aire y el agua y los espejos. En nuestro Curso completo de Física hemos dado un Tratado particular de esta ciencia.

Después de haber considerado el *Movimiento en sí mismo* nos resta considerarle en las Máquinas que sirven para aumentarle ó disminuirle al infinito. Y este será el objeto del Tratado siguiente.

El objeto de este Tratado es el estudio de las Máquinas que sirven para aumentar ó disminuir el movimiento de los cuerpos. Por ejemplo.

1.º El estudio de las Máquinas que sirven para aumentar el movimiento de los cuerpos.

2.º El estudio de las Máquinas que sirven para disminuir el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para aumentar el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para disminuir el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para aumentar el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para disminuir el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para aumentar el movimiento de los cuerpos.

El estudio de las Máquinas que sirven para disminuir el movimiento de los cuerpos.

ELEMENTOS DE FÍSICA.

TRATADO QUINTO.

TEORÍA DEL MOVIMIENTO EN LAS MAQUINAS, Ó LA MECÁNICA.

410. DEFINICIÓN. *La Mecánica es una ciencia que enseña á aumentar ó disminuir al infinito las Fuerzas motrices por medio de ciertas Máquinas que aplica al movimiento.*

Su objeto es hacer que una fuerza por pequeña que sea pueda igualar ó exceder á la mayor resistencia; hacer por exemplo que un peso de una libra levante ó mantenga en equilibrio otro de tantas libras quantas se quiera.

Vamos á exáminar en este quinto Tratado quales son los Principios físico-matemáticos de la Mecánica; que cantidad de accion debe producir cada Máquina en particular; que cantidad de Resistencia puede y debe originarse de las Máquinas mismas.

SECCION PRIMERA.

PRINCIPIOS FÍSICO-MATEMÁTICOS DE LA MECÁNICA.

Como la *Gravitación de los Cuerpos* es una de las Fuerzas motrices que se emplean mas comunmente en la Mecánica no parecerá extraño á la teoría de esta ciencia exáminar esta fuerza y el centro común de su accion.

GRAVITACION DE LOS CUERPOS.

411. OBSERVACION. Todos los Cuerpos terrestres homogéneos ó heterogéneos gravitan ó tiran á caminar hácia el centro de la Tierra en direcciones siempre perpendiculares al horizonte (247), y su fuerza gravitante es proporcional á la cantidad de su materia.

Una libra de agua y otra de plomo no obstante la diferencia de su naturaleza y densidad, caminan hácia el centro de la tierra con una fuerza enteramente igual; porque la libra de agua baxo de su mayor volúmen contiene una cantidad de partes gravitantes igual á la que incluye una libra de plomo baxo del fuyo aunque menor.

I.º Aunque la gravedad ó pesantez de los Cuerpos se aumenta á medida de que se van acercando al centro de la tierra, no obstante como esta diferencia de gravedad no es sensible sino quando la diferencia de la distancia á dicho centro es muy considerable (364), se sigue que un Cuerpo debe tener sensiblemente la misma gravedad y el mismo peso en qualquiera de las alturas y profundidades en que podemos emplearlo en las Máquinas.

II.º En un Grave qualquiera cada partícula gravitante tiene su gravitacion aparte en virtud de la qual tira á precipitarse en línea recta con un movimiento acelerado hácia el centro de la tierra; por exemplo. (Fig. 38.)

Si se toma por centro de la Tierra el punto C, cada uno de los cuerpos A, B, D, F, G puestos en la superficie tirará á precipitarse en C por las líneas convergentes F C, B C, A C, D C, E C, G C. Pero como las distancias F C y G C del centro á la superficie de la tierra son inmensamente grandes respecto de la distancia F G que solo es de algunas toesas; se sigue que la convergencia de estas líneas F C y F C en las cortas distancias F m, n G en donde nosotros podemos medirlas y compararlas, no debe ser sensible, y que á esta distan-

cia, las líneas FC y GC se pueden tener por paralelas. De fuerte que si los dos cuerpos F y G cayendo en un profundo abismo se acercasen al centro de la tierra algunos centenares de pies, en virtud de su gravedad describirían las dos líneas Fm y Gn matemáticamente convergentes, pero sensiblemente paralelas; porque la cantidad infinitamente pequeña de la aproximación de estas dos líneas en una longitud de algunos centenares de pies sería totalmente imperceptible.

Si se supone que los centros de los dos cuerpos F y G estén distantes entre sí veinte y cinco toefas, y que sus líneas de gravitación se prolonguen hasta m y n á cien toefas de profundidad, se hallará por el cálculo comparando entre sí los dos triángulos semejantes FCG y mCn , que las líneas convergentes FC y GC no se han acercado una á otra en mn , cien toefas mas abajo de sus extremidades F G mas que un poco menos de la vigésima quarta parte de una pulgada; esto es, menos de media línea. ¿Pero que es media línea de convergencia en una longitud de seiscientos pies?

Así las líneas FC y GC aunque matemáticamente convergentes pueden y deben tenerse tanto en la teoría como en la práctica de la Mecánica por realmente paralelas entre sí.

III.º Aunque todas las partes gravitantes de un cuerpo tengan su tendencia aparte hácia el centro de la tierra, sin embargo como en los *cuerpos sólidos* todas ellas están adherentes unas á otras, su gravitación comun se reúne necesariamente en una misma línea de dirección en la línea AMN en donde se halla el centro comun de todas las partes gravitantes. (Fig. 40.)

Por exemplo cada molécula del *globo sólido* M tiene su gravitación aparte en virtud de la qual tira á precipitarse perpendicularmente sobre el plano horizontal HK acercándose al centro de la tierra; pero como todas estas moléculas están adherentes unas á otras, la molécula F no puede baxar sin que suba la molécula G ; y así sus fuerzas iguales y opuestas se destruyen (344) Y .

hacen su esfuerzo comun contra el plano y hácia el centro de la tierra del mismo modo que si toda su accion estuviese en la línea $A N$ que pasa por el centro de gravitacion.

De fuerte que si la línea $A M N$ está sostenida por el plano estando reciprocamente en equilibrio todas las partículas adherentes del globo, debe éste quedar en quietud.

IV.º Esta teoría y efecto se verificará igualmente si el globo M está hueco y lleno de algun liquido; porque todas las moléculas opuestas F y G , B y D del liquido tienen una gravitacion igual y opuesta que se destruye reciprocamente, y se convierte en una fuerza comun que obrará en la línea $A M N$.

No sucederia lo mismo si el globo hueco se quebrase. En este caso cada molécula del liquido volveria á ejercer separadamente su gravitacion particular, y caminaria independientemente de las demas por la línea $F H$ ó $G H$ hácia el centro de la tierra.

CENTROS DE GRAVEDAD DE LOS CUERPOS.

412. DEFINICION I. Llámase *Centro de gravedad* en un cuerpo, un punto por el que si un plano le dividiese en qualquiera direccion siempre saldrían dos partes que serian iguales en peso. Por exemplo (*Fig. 40*)

I.º El centro de gravedad en un *Globo homogéneo* es el centro mismo del Globo, ó aquel punto que dista igualmente de todas las partes de la superficie.

En un *Cubo homogéneo* el centro de gravedad es el mismo centro del cubo, ó el punto que dista igualmente de sus seis superficies.

II.º Un *Globo heterogéneo* cuyos dos emisferios fuesen el uno $A F N$ de madera, y el otro $A G N$ de plomo el centro de gravedad no seria el centro mismo del Globo sino el punto C apartado del centro hácia el lado del emisferio mas pesado.

Lo mismo se debe entender de un cubo y de qualquiera otra figura regular compuesta de materias de diferente densidad.

III.º En un Cuerpo homogéneo qualquiera el centro de gravedad es un punto por donde si este cuerpo fuese dividido por un plano, resultarían dos partes perfectamente iguales en sus tres dimensiones. (Fig. 35.)

Por exemplo si el cañon E M es dividido en dos partes iguales por un plano D O M D, por otro E N M E, y por otro r s r, el punto a en donde se cruzan estos tres planos perpendiculares entre sí será el centro de gravedad del cañon E M.

413. DEFINICION II. Llámase *Línea de gravitacion* una línea recta tirada del centro de gravedad al de la tierra, al que naturalmente tiran á acercarse todos los Graves. (Fig. 41.)

Por exemplo las líneas A H y B K son las líneas de gravitacion de los cuerpos H y K, y así son matemáticamente convergentes (411), aunque sensible y físicamente paralelas entre sí.

Igualmente las líneas A R y C P son las líneas de gravitacion de los Cuerpos R y P, cuyo centro de gravedad está en R y en P. (Fig. 55, 56, 57.)

414. AXIOMA I. Un Cuerpo se mantiene en reposo quando su centro de gravedad es sostenido ó suspendido. Porque estando todas las demas partes de este Cuerpo en equilibrio en todas direcciones al rededor de este punto inmóvil M, sus fuerzas iguales y opuestas deben necesariamente destruirse. (Fig. 40.)

415. AXIOMA II. Un Cuerpo cae ó baxa quando nada impide á su centro de gravedad que se acerque al centro de la Tierra. Porque la gravedad que reside en este centro es una potencia necesaria que produce su efecto siempre que su accion no es destruida por un obstáculo invencible.

416. APLICACION. I.º Un globo M puesto sobre un plano horizontal H K permanece inmóvil porque su gravedad que es la sola causa que podria moverle está toda reunida en el centro M, y este centro está sostenido por el radio que cae sobre el plano y se halla en la línea de gravitacion. (Fig. 40.)

II.º Un globo R puesto sobre un plano inclinado A B debe caer rodando sobre su centro R, porque su gravedad que está reunida en R le sollicita sin cesar á baxar con movimiento acelerado por la línea de gravitación R B que no es detenida, ni sostenida por el plano. (Fig. 51.)

III.º Un Cuerpo de superficie plana y perfectamente lisa puesto sobre un Plano inclinado tambien perfectamente liso, baxará resbalando por el tal plano; porque la gravedad que reside en M le sollicita sin cesar á acercarse al centro de la tierra, y esto puede hacérselo conseguir moviéndole de M á N. Pues el único obstáculo que se opone á este movimiento es el rozamiento, y éste no siempre es tan grande que destruya la acción de la gravedad. (Fig. 47.)

IV.º El Agua que corre por los Rios no debe su movimiento sino á la gravedad que reside en todos sus elementos desunidos y que les hace rodar ó deslizarse en la dirección en que pueden acercarse mas al centro de gravitación, ó al de la Tierra.

417. NOTA. En el Cuerpo humano el centro de gravedad se halla con corta diferencia en el medio de sus tres dimensiones, en una Línea perpendicular al horizonte y en un punto de esta línea algo mas cerca de la cabeza que de los pies. Esta línea perpendicular F H es su línea de gravitación. (Fig. 69.)

I.º Quando el Centro de gravedad A se halla en la recta F H que tirada al centro de la Tierra pasa por la base sobre la que el Cuerpo humano se sostiene, entonces se mantiene firme y no cae. Porque estando apoyado y detenido en H el centro de toda su gravedad, no queda gravedad alguna que le sollicite á caer hácia ningún lado. (414.)

En el Cuerpo humano la base que se opone á su gravedad es la planta de los pies quando está derecho; su silla quando está sentado, su cama quando está echado. En un Viejo encorvado que anda apoyado en un palo, la base opuesta á su gravedad es el espacio que media entre su pie derecho, su baston y su pie izquierdo.

En

En los Cuadrúpedos ésta base es el espacio que media entre sus quatro pies.

II.º Quando el Centro de gravedad se halla en una recta que tirada al centro de la Tierra pasa por fuera de la base sobre que se sostiene el Cuerpo humano, la caída es inevitable. Porque no siendo sostenido ni impedido el centro de gravedad, ésta gravedad que está reunida en él tira necesariamente hácia su término y lleva á él irresistiblemente el cuerpo en que reside.

III.º Quando se camina, el centro de gravedad se muda alternativamente de un pie al otro. ¿Un paso mal dado pone al Cuerpo á peligro inminente de caer? El alma por un instinto inexplicable se esfuerza á restablecer el equilibrio, llevando el centro de gravedad hácia el lado opuesto al de la caída, hácia el lado en donde el centro de gravedad podrá hallarse en la Línea de gravitación que pasa por las plantas de los pies.

IV.º Supuesta esta teoría es fácil explicar porque un hombre teniendo los talones arrimados á una pared no puede sin caerse, coger encorvándose una moneda puesta en el suelo á uno ó dos pies delante de él. La razon es porque éste hombre no puede encorvarse hácia delante sin que su Línea de gravitación pase por fuera de las plantas de los pies, y de consiguiente su centro de gravedad dexa de estar apoyado y sostenido, en cuyo caso la caída es inevitable.

Si sus pies no estuvieran arrimados á la pared, podría al encorvarse hácia delante echar el cuerpo parte hácia adelante y parte hacia atras y dexar su centro de gravedad en una línea de gravitación que pasase por entre las plantas de sus pies. Pero en la situacion en que le suponemos, la pared le impide hacer esta inflexion que produciría el equilibrio y no le permite encorbarse sin perderle, sin llevar el centro de gravedad fuera del punto de apoyo; en una palabra sin caer.

POTENCIA Y RESISTENCIA EN LA MECÁNICA.

418. DEFINICION I. Llámase *Potencia* en la Mecánica una Causa motriz sea la que quiera, animada ó inanimada, cuyo esfuerzo mueve ó tira á mover á un cuerpo (343.). La fuerza de una potencia mecánica se divide en absoluta y relativa.

I.º *Fuerza absoluta* de una Potencia es la actividad que tiene por sí misma sin ser ayudada de ninguna máquina.

II.º *Fuerza relativa* de una Potencia es la actividad que tiene por medio de una máquina con que obra.

La fuerza absoluta de un *Peso de una libra* es siempre una pesantez de una libra capaz de destruir otra pesantez opuesta de otra libra.

Pero este *Peso de una libra* puede por medio de una palanca hacer equilibrio con otro de ciento ó mil; y entonces sin aumentarse ni disminuirse su *Fuerza absoluta*, su *Fuerza relativa* se hace ciento ó mil veces mayor (265 y 272.). De esta distincion usaremos en la teoría de todas las Máquinas.

419. DEFINICION II. Llámase *Resistencia* en la Mecánica una Fuerza sea la que quiera, que se opone al movimiento que se quiere dar á un cuerpo sea para mudarle de lugar, sea para dividirle. La causa de esta resistencia que opone el Cuerpo que se quiere mover, es ó su fuerza de inercia, ó la adherencia de sus partes, ó su gravedad, ó la accion de una potencia opuesta, ó todos estos obstáculos juntos.

Como la Potencia y la Resistencia tienen así una como otra, una *Accion real y positiva*; quando se compara entre sí la accion de estas dos fuerzas, se da muy frecuentemente el nombre comun de *Potencias* á qualquiera de las dos, diciendo por exemplo: las dos Potencias son entre sí como sus distancias al punto de apoyo, ó en razon inverfa de sus distancias á dicho punto.

420. DEFINICION III. Una *Fuerza mecánica* es el producto de una masa por una velocidad efectuada ó actual,

ó que tira á efectuarse, ó inicial. Como la velocidad es siempre el quociente del espacio dividido por el tiempo: (262.)

I.º Si la Potencia y la Resistencia se mueven ambas á un tiempo, sus velocidades serán como los espacios andados. La velocidad de la potencia será á la de la resistencia como el espacio andado por aquella es al espacio andado por ésta.

II.º Si la Potencia y la Resistencia no se mueven realmente, sino que solamente tiran á moverse, se debe estimar su velocidad inicial, ó su tendencia á la velocidad por el espacio que correria cada una en un tiempo igual si se verificase su movimiento.

TEOREMA FUNDAMENTAL.

421. *Dos Cuerpos tienen igual fuerza motriz, y se mantienen en equilibrio siempre que siendo opuestos sus movimientos, el producto de la masa por la velocidad del uno es igual al mismo producto del otro.*

DEMOSTRACION. Un Cuerpo no obra sobre otro sino únicamente en virtud de su movimiento actual ó inicial (420). Luego quando los movimientos de dos cuerpos son iguales y opuestos, ninguno de los dos debe vencer ni ser vencido. Luego ambos á dos deben quedar en equilibrio; esto es en igualdad de acción opuesta y en reposo.

Es así que hay igualdad de movimiento en dos Cuerpos siempre que el producto de la masa por la velocidad actual ó inicial es igual en ambos, pues la cantidad de movimiento ó de fuerza motriz de los cuerpos es siempre el producto de su masa por su velocidad (269). Luego estos dos Cuerpos cuyos productos de masa por velocidad son iguales deben permanecer en equilibrio y reposo. (L. Q. P. D.)

SECCION SEGUNDA.

LAS VARIAS MAQUINAS.

422. DEFINICION. Se da el nombre general de *Máquina* á todo instrumento que sirve para aumentar ó disminuir el movimiento.

Seis son las *Máquinas simples*; la palanca, la polea, el torno, el plano inclinado, la rosca, y la cuña.

De estas seis *Máquinas simples* se forma una multitud de *Máquinas compuestas* que no son otra cosa que una combinacion de las máquinas simples entre sí, ó una compaginacion de muchas máquinas simples unidas y combinadas entre sí para hacer un exfuerzo comun contra una misma resistencia.

Las seis *Máquinas simples* que acabamos de nombrar no son en substancia mas que seis diferentes combinaciones de una sola y única máquina, á saber de la *Palanca*: y así baxo de este único aspecto hablaremos sucesivamente de cada una en particular en la Teoría que vamos á dar de ellas.

De este modo la Mecánica se vendrá á reducir á un solo y único principio; á la accion de la *Palanca* modificada y combinada de distintos modos. Importa pues muchísimo hacer conocer bien la accion de la *Palanca*.

ARTICULO PRIMERO.

TEORIA DE LA PALANCA.

423. DEFINICION. La *Palanca* que es la mas sencilla de todas las máquinas puede considerarse ó matemática ó físicamente. (Fig. 41.)

1.º La *Palanca* considerada matemáticamente es una línea recta y sin pesantez alguna A D B, destinada á re-

glar las distancias de la Potencia y de la Resistencia al punto de apoyo D.

II.º Considerada físicamente es una línea ó vara sólida é inflexible A D B, destinada á mover ó sostener los pesos A H y B K sobre un mismo punto de apoyo D. La pesantez propia que tiene esta línea sólida A D B, debe considerarse como parte de las dos fuerzas opuestas H y K. Asi la pesantez D A de la Palanca hace parte de la Potencia H, y la pesantez B D de la misma palanca hace parte de la Potencia ó Resistencia K.

424. DIVISION. Hay tres especies de Palanca segun las tres situaciones diversas en que puede estar con relacion al punto de apoyo la Potencia que obra por medio de esta máquina.

I.º Llámanse *Palancas de primera especie* aquellas en que el punto de apoyo A está entre la potencia P y la resistencia R. (Fig. 43.)

II.º De *segunda especie* aquellas en que la resistencia R está entre la potencia P y el punto de apoyo A. (Fig. 44.)

III.º Ultimamente de *tercera especie* aquellas en que la potencia P está entre la resistencia R y el punto de apoyo A. (Fig. 45.)

425. NOTA. Conviene hacer aqui con motivo de hablar de la Palanca dos observaciones preliminares, de las que en parte depende la Teoría que vamos á dar de esta Máquina.

I.º En la Palanca el *Punto de apoyo* es el centro del movimiento tanto de la Potencia como de la Resistencia. (Fig. 41.)

Si el punto A se moviera al rededor del punto de apoyo D, el punto A correria el arco A F en otro tanto tiempo quanto emplearia el punto B en correr el arco B C; y asi siendo estos arcos entre sí como sus radios ó como los brazos D A, D B, las velocidades de estos dos puntos están tambien en la misma relacion que los radios ó brazos.

Esta misma observacion tiene lugar en todas tres es-

pecies de Palanca. La Potencia y la Resistencia tienen siempre el Punto de apoyo por centro comun de sus movimientos iguales ó desiguales.

II.º La Palanca de primera especie tiene la propiedad de hacer *diametralmente opuesta* la acción de los dos Cuerpos que luchan uno contra otro en virtud de su pesantez. Por exemplo el cuerpo H tirando él á acercarse al centro de la tierra intenta levantar el cuerpo K hácia el Zenit; y así el uno tira á moverse hácia abajo; y el otro hácia arriba, las cuales direcciones son *diametralmente opuestas*.

Una Potencia puede obrar ó en *direccion perpendicular*, ó en *direccion obliqua* á la Palanca; exáminarémos cada una de por sí estas dos especies de acción.

PARRAFO PRIMERO.

ACCION PERPENDICULAR A LA PALANCA.

426. TEOREMA. *Hay equilibrio entre dos Potencias cuya acción es perpendicular á la Palanca, quando siendo opuesta su acción sus masas ó fuerzas absolutas están en razon inversa de su distancia al punto de apoyo. (Fig. 41.)*

DEMOSTRACION. Debe haber equilibrio y reposo quando las dos Fuerzas motrices son iguales y opuestas; y tal es el caso de las dos fuerzas de que se trata.

Porque por una parte la fuerza $H = 1$ tira á moverse por el radio ó palanca $DA = 3$; por otra la fuerza $K = 3$ tira á moverse por el radio $DB = 1$.

A causa de la disposicion de la palanca la fuerza $1 \times 3 = 3$ es opuesta á la fuerza $3 \times 1 = 3$. Luego estas dos fuerzas iguales y opuestas deben destruirse recíprocamente. Luego debe haber equilibrio entre las dos fuerzas ó potencias H y K.

La misma demostracion se podrá hacer en qualquiera otro caso en que las masas estén en razon inversa de las distancias. (L. Q. P. D.)

REGLA UNICA.

427. Quando una Potencia obra por medio de una Palanca en direccion perpendicular á ella, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta, como su distancia del punto de apoyo es á la distancia de la potencia opuesta respecto del mismo punto. (Fig. 41.)

DEMOSTRACION. Siendo la fuerza de una Potencia el producto de su masa por su velocidad, se sigue que permaneciendo la misma la masa ésta fuerza crece y decrece como su velocidad. Es asi que la velocidad actual ó inicial crece ó decrece como la distancia del punto de apoyo (425): luego la fuerza de una potencia crece y decrece como su distancia al punto de apoyo.

Luego un peso de una libra puesto en una palanca D A en el punto 1 tendrá una fuerza como 1, en el punto 2 una fuerza como 2; en el punto 3 una fuerza como 3, y asi progresivamente al infinito. (L. Q. P. D.)

428. NOTA I. Por esta teoría se echa ya de ver como se podria resolver el famoso Problema de Archimedes, imposible á la verdad en la práctica, pero que nada tiene de repugnante en la teórica. *Dadme un Punto fijo fuera de la Tierra,* decia este gran Mecánico, *y yo levantaré el Globo terrestre.* (Fig. 41.)

Si hubiera un punto fijo D fuera de la Tierra, y una palanca inmensa y sin pesantez B A, suspendiendo de un lado la Tierra K muy cerca del punto de apoyo, y del otro á una distancia inmensa una bala de cañon H, de modo que la distancia A D de la bala al punto de apoyo excediese mas á la distancia B D de la tierra respecto del mismo punto que la masa de la tierra á la masa de la bala, la tierra seria levantada por la bala; porque el producto de la masa por la velocidad en la bala seria mayor que el producto de la masa por la velocidad en la tierra.

429. NOTA II. Como la Fuerza natural y absoluta de una Potencia se aumenta ó disminuye en la Palanca,

conviene exâminar en que casos debe ésta fuerza aumentarse ó disminuirse. (Fig. 43.)

I.º En la *Palanca de primera especie* la fuerza natural y absoluta de una Potencia , por exemplo de un hombre, de un caballo , de un corriente de agua , de un peso de diez libras se aumenta y hace mayor quando la potencia está mas distante del punto de apoyo que la resistencia.

La fuerza natural y absoluta de la potencia se disminuye quando la potencia está mas cerca del punto de apoyo que la resistencia. La fuerza natural y absoluta no se disminuye ni se aumenta quando la Potencia y la Resistencia están á igual distancia qualquiera del mismo punto.

II.º En la *Palanca de segunda especie* la fuerza natural y absoluta de la Potencia siempre recibe aumento; porque la potencia está siempre mas distante del punto de apoyo que la resistencia. (Fig. 44.)

La mano P que sostendria un peso de cien libras por sola su fuerza absoluta , sostendrá un peso de doscientas por su fuerza relativa, siempre que su distancia del punto de apoyo sea doble de la de la resistencia ; y así á proporcion en los demas casos.

III.º En la *Palanca de tercera especie* la fuerza natural y absoluta de la Potencia siempre se disminuye; porque la Potencia está siempre mas cerca del punto de apoyo que la resistencia. (Fig. 45.)

La mano P que sostendria un peso de cien libras en P por sola su fuerza absoluta no sostendrá mas que un peso de cinquenta libras , quando el peso R esté á una distancia doble del punto de apoyo.

430. NOTA III. Quando dos Cuerpos están suspendidos perpendicularmente de los dos brazos de una palanca de primera especie: (Fig. 41.)

I.º Si *hay equilibrio* , el punto de apoyo sostiene toda la gravedad ó todo el peso de los dos cuerpos. Pues que ésta gravedad siempre subsiste y su exfuerzo obra necesariamente contra el obstáculo que la detiene.

Si el cuerpo K pesa tres libras, y el cuerpo H una,

el

el punto de apoyo D sostiene quatro libras, ademas del peso propio de la palanca.

Aunque el cuerpo H de una libra haga equilibrio con el cuerpo K de tres, no se sigue que el cuerpo H haga una presion de tres libras sobre el punto de apoyo D, porque el cuerpo H no hace equilibrio con el cuerpo K sino en virtud de su fuerza relativa, y las potencias no obran sobre el punto de apoyo centro inmóvil del movimiento sino en virtud de sus fuerzas relativas producidas por la diferencia de velocidades. Luego éste punto de apoyo no tiene que sufrir mas presion que la de las fuerzas absolutas.

II.º *Si no hay equilibrio,* el Punto de apoyo sostiene todo el peso del cuerpo que sube y del que baxa, solamente una parte igual al peso del que éste hace subir.

El exceso de la fuerza gravitante del cuerpo que baxa no empuja contra el punto de apoyo; porque su accion se emplea en hacer baxar este cuerpo, el qual baxa ó tira á baxar con una fuerza proporcional á este exceso de pesantez.

Asi quando dos cuerpos de desigual pesantez estan puestos sobre los dos platillos de una balanza, la mano que levanta el cuerpo mas pesado solo lucha contra su exceso de pesantez. Por exemplo si un cuerpo de éstos pesa 30 libras y el otro 40, levantando el platillo de las 40 libras la mano no levanta ni sostiene mas que un peso de 10 libras.

431. NOTA IV. Sea una Palanca A B, apoyada sobre dos Puntos inmóviles ó móviles A y B, y un cuerpo R que lucha perpendicularmente contra esta palanca: (*Fig. 46.*)

I.º Si el cuerpo ó el peso R, está igualmente distante de los dos puntos de apoyo, *este Peso hace fuerza ó carga igualmente sobre estos dos puntos A B.*

Y si estos dos puntos son dos Potencias activas, por exemplo, dos hombres ó dos caballos por quienes sea sostenido ó transportado el cuerpo R, estas dos potencias experimentan igual resistencia.

II.º Pero si la resistencia o el peso R está mas cerca del punto A que del punto B , *las Presiones en A y en B estan en razon inversa de sus distancias á la resistencia $C R$.*

Para comprender la razon de esto consideremos los puntos A y B , como que van á levantar ó arrastrar el cuerpo R . El punto B será una potencia que obrará por medio de la Palanca $B C$, al paso que el punto A será otra que obrará por medio de la palanca $A C$. Supongamos la distancia $B C$ dos veces mayor que $A C$. En este caso la potencia B ayudada de una *Palanca dos veces mayor* que la de la potencia A , tendrá una facilidad dos veces mayor, y una resistencia y presion dos veces menor que esta potencia.

Luego la presion ó resistencia en A será á la presion ó resistencia en B , como la distancia $C B$ es á la distancia $C A$; ó *en razon inversa* de las distancias á la resistencia $C R$.

III.º Esta teoría es prácticamente conocida hasta de las personas mas ignorantes. Dos Mozos de cordel no ignoran que si llevan un fardo atado á un palo que descansa sobre sus hombros, llevarán igual peso quando el fardo esté puesto á igual distancia de uno y otro, ni que si la distancia es desigual, uno de ellos irá tanto mas cargado quanto esté mas próximo al peso.

Del mismo modo un Carretero que tiene dos caballos ó mulas de desiguales fuerzas sabe mui bien que debe poner la mas floxa algo mas distante de la línea de tiro, á fin de que la resistencia del peso cargue mas sobre la mas fuerte.

EL PESO COMUN Ó LA BALANZA.

432. APLICACION I. La *Balanza* es una palanca de primera especie. El centro C de la alcoba $C D$ es el punto de apoyo. Las dos partes iguales $C A$ y $C B$ de la barra $A B$ son la palanca de la potencia y de la resistencia. Puede considerarse como potencia el peso co-

nocido, y como resistencia el cuerpo cuyo peso queremos conocer. (*Fig. 48.*)

Para que una balanza sea justa y exácta es necesario que los dos platillos tengan igual pesantez, que los dos brazos CA y CB sean igualmente largos é igualmente pesados en todas sus distancias iguales del punto de apoyo, y que la barra se pueda mover fácilmente en la alcoba, y al rededor del exe que la sirve de apoyo.

I.º Si uno de los brazos CA es mas largo una décima parte, y el otro CB es mas pesado otra décima parte habrá equilibrio quando la balanza esté vacía porque habrá de ambas partes igual producto de masa por velocidad (426).

Pero si se pone un peso de nueve libras en el platillo mas distante del punto de apoyo hará equilibrio con otro de diez puesto en el mas cercano; porque las fuerzas motrices serán de una y otra parte $9 \times 10 = 10 \times 9$.

Por esto se echa de ver como un fraudulento puede abusar de una balanza que tenga los brazos desiguales, poniendo el género que vende en el brazo mas largo dará nueve por diez; y por el contrario poniendo el que compra en el mas corto tomará diez por nueve. (*Fig. 47 y 48.*)

II.º Para asegurarse de que una Balanza no es falsa, no hay que hacer mas que poner en los dos platillos que siempre están en equilibrio quando estan vacíos, dos pesos qualesquiera que hagan equilibrio, y mudar luego los pesos de un platillo al otro.

Si hecho esto subsiste el equilibrio la balanza es exácta, pues no pueden los dos pesos conservar la misma fuerza motriz mudando de platillo sin tener uno y otro la misma velocidad ó la misma tendencia á ella que tenian antes.

ROMANA, TIXERAS, BARCAS, BAXELES.

433. APLICACION II. Es fácil echar de ver el mecanismo de la Palanca en infinitas Máquinas. Nos ceñi-

rémolos á hacerle observar en algunas de las que mas importa conocer. (Fig. 42.)

I.º La *Romana* es una palanca de primera especie. El punto de apoyo es C, la resistencia R y la potencia mas ó menos distante del punto de apoyo P.

Hay equilibrio en ésta Máquina quando la distancia CP está á la distancia CD como la resistencia R á la potencia P.

Pero es necesario atender á que los dos brazos de la barra CD y CF hacen parte, uno de la resistencia R y otro de la potencia P. Y como la parte CF es por lo comun mas pesada que la parte CD se omiten muchas divisiones entre C y P para compenfar el exceso de fuerza motriz que adquiere la potencia P por el mayor peso proporcional de su palanca CF. Por tanto es necesario empezar á contar desde dos, tres, quatro onzas, libras ó arrobas segun fuere mas pesado el brazo CP.

II.º Las *Fixeras* y tambien las *Tenazas* incluyen dos palancas de primera especie. El punto de apoyo es el exe al rededor del qual se hace el movimiento: la mano es la potencia, y el cuerpo que se quiere cortar ó agarrar es la resistencia.

Quanto mas excede la distancia de la potencia al punto de apoyo á la distancia de la resistencia respecto del mismo punto, tanto mayor es la fuerza relativa de la potencia, pues que la parte de la palanca en que hace fuerza la mano, y la otra parte de la misma palanca que oprime al cuerpo tiran á moverse por arcos semejantes que son entre sí como los rádios que terminan en la potencia y en la resistencia.

III.º Los *Barrós* ó *Barcas de remos* son palancas de segunda especie. El agua en la qual estriba una extremidad del remo hace el oficio de punto de apoyo; la barca que se quiere mover es la resistencia, y la mano que hace su empuje contra la otra extremidad del remo es la potencia.

Algunos Autores tienen á las *Barcas de remos* por *Palancas de primera especie*, y consideran como punto

de apoyo el punto en que el remo está puesto y se mueve sobre la barca; pero su teoría es mas complicada y menos natural que la que acabamos de insinuar.

IV.º Los *Baxeles* y *Barcos de velas* son palancas de primera especie. Los vientos que luchan contra las velas y mástiles son la potencia, el agua que es necesario hendir y furcar es la resistencia, y el punto en que los Mástiles estan pegados al baxel es el punto de apoyo.

Quanto mas anchas y elevadas son las Velas, mayor es la accion de la potencia, porque obra por medio de una palanca mayor. El Timon que hiende el agua en una direccion ya paralela, ya obliqua á la impulsión del viento hace tomar al baxel una direccion paralela ú obliqua á este impulso segun le acomoda al que le gobierna.

PARRAFO SEGUNDO.

ACCION OBLIQUA A LA PALANCA.

Despues de haber considerado la accion de una Potencia en su direccion perpendicular á la palanca réstanos exáminar la accion de esta potencia en su direccion obliqua á la misma palanca.

Como nosotros consideramos todas las Máquinas como otras tantas palancas, ésta teoría de la *Fuerza obliqua* viene á ser comun á todas ellas.

TEOREMA I.º

434. *Una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca tiene su mayor fuerza quando obra en direccion perpendicular á la palanca, y si obra en direccion obliqua su fuerza se hace tanto menor quanto su direccion se hace mas obliqua. (Fig. 49.)*

DEMOSTRACION. La experiencia y la teoría comprueban de acuerdo la verdad de este teorema: la experiencia acredita el hecho, y la teoría da la razon.

EXPERIENCIA. Sean dos Potencias iguales A y B cuyas direcciones D A y E B sean perpendiculares á los dos brazos iguales de la palanca D E; supongamos que la direccion de la potencia A permanezca siempre perpendicular D A al paso que la direccion de la potencia B se haga ya perpendicular A B, ya obliqua E F baxo de un ángulo agudo C E F, ya obliqua E G baxo de un ángulo obtuso C E G. Los puntos F y G son dos pequeñas poleas fixas sobre las cuales la potencia B se mueve con libertad.

I.º La potencia B en su direccion perpendicular E B hace equilibrio con la potencia opuesta A de igual peso.

II.º Pero esta misma potencia B en su direccion obliqua E G ó E F puede menos que la potencia opuesta A; de suerte que si la potencia B es un peso de diez ó doce libras será necesario añadir algunas mas para restablecer el equilibrio; y tantas mas habrá que añadir quanto mas obliqua se haya hecho su direccion.

Luego una potencia qualquiera, por exemplo B suspendida por una misma cuerda de un mismo punto de la palanca tiene su *mayor fuerza* quando obra en una direccion perpendicular ó la palanca; pues que en esta direccion su fuerza es igual á la de la potencia opuesta A, y en ninguna direccion obliqua su fuerza es igual á la de la potencia A, cuya direccion permanece siempre la misma.

Luego la fuerza de la potencia B es otro *tanto menor* quanto mayor obliquidad adquiere en su direccion; pues que para igualar la fuerza de la potencia B con la fuerza constante de la potencia A es necesario aumentar otro tanto peso á la potencia B como su direccion adquiere de obliquidad.

EXPLICACION. Es muy fácil dar razon de esta disminucion de fuerza en la Potencia cuya accion se hace obliqua á la palanca.

I.º Quando la Potencia B obra en una direccion perpendicular á la palanca, *toda su Accion* se emplea en levantar la potencia opuesta A en una direccion contraria á la suya.

II.º Pero quando ésta misma Potencia B obra en una misma direccion E G obliquia á la palanca, su Accion total se divide ó descompone en dos *Acciones particulares* E H, E K que la harian describir la diagonal E G.

Con la primera accion E H lucha contra el punto de apoyo C, tirando de él hácia adelante en la direccion E H; esta parte de su accion no contribuye á levantar el cuerpo A.

Con la segunda E K lucha contra el cuerpo A. Esta sola parte de su accion se emplea en levantar el cuerpo A en una direccion opuesta á la suya E B.

Se debilita pues la Potencia B en la *direccion obliquia* E G relativamente á la Potencia opuesta A, pues que la accion total que oponia á dicha potencia A se divide en dos porciones, una de las cuales no lucha ya contra ella.

III.º Igualmente quando la potencia B obra en la direccion obliquia E F, su accion total se divide en dos *Acciones particulares* E N y E K.

Con la primera E N lucha contra el punto de apoyo C, al que quiere hacer volver atras el espacio E N. Esta parte de su accion no contribuye á levantar la potencia opuesta.

Con la segunda E K lucha contra el cuerpo A. Esta sola parte de su accion dividida se ocupa en levantar la potencia opuesta.

Se debilita pues la Potencia B en su *Accion obliquia* E F relativamente á la potencia A, pues en este caso como en el precedente la accion total que oponia á la potencia A quando obraba en una direccion perpendicular á la palanca se divide en dos porciones, una de las cuales no lucha ya contra ella.

RESULTADO. Una *Potencia cuya accion se hace obliquia á la palanca* divide su accion total en dos porciones, una de las cuales obra con todo su exfuerzo contra el punto de apoyo y no lucha contra la potencia opuesta, y al paso que su obliquidad es mayor es tambien mayor la porcion de la fuerza total que se consume en luchar inútilmente contra el punto de apoyo.

Luego una Potencia cuya accion sea obliqua á la de la palanca no opone toda su fuerza á la potencia opuesta. Luego quanto mas obliqua es á la palanca la accion de una potencia, tanto menor es la parte de su fuerza que opone á la potencia contra quien lucha. (L. Q. P. D.)

435. NOTA. Es fácil hallar la *debilitacion de una Potencia* cuya accion perpendicular se hace obliqua.

Porque como la Fuerza total expresada por la diagonal E G resulta equivalentemente de dos fuerzas conspirantes E H y E K se descompondrá ésta Fuerza total en dos Fuerzas parciales por esta simple regla de tres. La fuerza total E G es á la porcion de esta fuerza que lucha contra la potencia opuesta A, como el lado E K al lado E H. (351 y 354.)

TEOREMA II.

436. Quando una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente en varias direcciones desde la perpendicular hasta la mas obliqua, su fuerza ó accion se disminuye como las perpendiculares tiradas del punto de apoyo á sus diferentes direcciones. (Fig. 55.)

DEMOSTRACION. Sean dos Potencias iguales R y P cada una de una libra, é igualmente distantes del punto de apoyo B en su direccion perpendicular á la palanca. Supongamos que la direccion A R de la potencia R permanece siempre perpendicular á su palanca B A, al paso que la potencia P toma diferentes grados de obliquidad respecto de su palanca B C que supondremos dividida en tres partes iguales 1, 2, 3. En esta hipótesis la experiencia demuestra los siguientes hechos de los que resulta la demostracion de este segundo teorema.

I.º Quando la Potencia P obra en la direccion C P perpendicular á la palanca, las dos Potencias opuestas estan en equilibrio. Su accion en este caso está de una y otra parte en su mayor fuerza, y ésta accion es como las perpendiculares B A y B C tiradas del punto de apoyo á la direccion de cada potencia.

II.º Supongamos que la Palanca de la Potencia P tome

la inflexión A B N. La dirección N *n* de esta potencia se acercará al punto de apoyo una tercera parte de su palanca, y será necesario aumentar su peso *p* una tercera parte para que haga equilibrio con la potencia opuesta.

Si un peso de una libra en la dirección C P, perpendicular á la palanca hacia equilibrio con el peso opuesto en la dirección N *n* obliquia á la palanca, será necesario un peso de libra y media para restablecer el equilibrio. La acción pues de esta potencia baxo del ángulo agudo B N *n* se ha disminuido una tercera parte, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

III.º Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexión A B M. La dirección M *m* de esta potencia se acercará al punto de apoyo dos terceras partes de la longitud de su palanca, y será necesario aumentar su peso dos terceras partes ó dos libras para que haga equilibrio con la potencia opuesta.

La acción de esta palanca baxo del ángulo mas agudo B M *m* se ha disminuido dos terceras partes, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

IV.º Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexión A B O. La dirección de esta potencia pasará por el punto de apoyo, y su acción empleada toda en oprimir hácia abaxo este punto será absolutamente nula respecto de la potencia opuesta.

V.º Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexión A B V, de modo que su dirección prolongada pase por V á igual distancia de B y C, será necesario doblar la masa P para producir el equilibrio.

La acción pues de esta Potencia baxo del ángulo obtuso B V D se ha disminuido la mitad, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

Luego quando una misma potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente desde la dirección perpendicular hasta la mas obliqua, su fuerza se disminuye como las perpendiculares tiradas del punto de apoyo á sus diferentes direcciones. (L. Q. P. D.)

437. COROLARIO I. Pues que el esfuerzo de una Po-

tencia es el mayor que puede ser quando obra en direccion perpendicular á la palanca, se sigue *que en todo caso se puede estimar la accion de una Potencia por una perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion.* Por exemplo: (Fig. 56.)

I.º La Potencia P tiene su *mayor accion* en la direccion C P. Su accion en esta postura será como B C, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion C P.

II.º Si esta Potencia obra en la direccion obliqua C F, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B n, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion prolongada F C f.

III.º Si esta Potencia P obra en la direccion obliqua C H, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B m, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion prolongada H C h.

IV.º Si esta Potencia P obra en fin en la direccion obliqua C V, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B x que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion C V. (Math. 407.)

438. COROLARIO II. *Se puede estimar indiferentemente la accion de una Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca.*

I.º O por las perpendiculares B m, B n, B x, B C tiradas del punto de apoyo á las diferentes direcciones de esta potencia. (Fig. 56.)

II.º O por las perpendiculares M b = B m, N b = B n, V b = B u tiradas de la extremidad de su palanca á la línea O B X que pasa por el punto de apoyo paralelamente á la direccion perpendicular de la Potencia. (Fig. 55.)

439. NOTA. El Teorema precedente se puede enunciar en estos términos: *quando una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente desde la direccion perpendicular hasta la mas obliqua, su accion ó su esfuerzo discrece como los Senos de los ángulos que forman con la palanca sus diferentes direcciones.* (Fig. 57.)

EXPLICACION. La Potencia P está en su mayor fuerza

quando obra en la direccion $C P$ perpendicular á la palanca. Supongamos que esta fuerza es igual á $C G$ que es el Seno del ángulo recto $B C G$. (*Math.* 634.)

I.º En la direccion obliqua $C F$ baxo del ángulo obtuso $B C F$, la Fuerza total de la potencia se descompone en dos *Fuerzas parciales*, una de las cuales á saber $C N$ es nula contra la Potencia opuesta (434), y la otra $C M$ obra sola contra ella.

La línea $F N$ que es el Seno del ángulo $B C F$, y que es igual á la línea $C M$, será pues la expresion de la Potencia P en la direccion $C F$, y la Potencia que obra en P será á la Potencia que obra en F como el Seno $G C$ es al Seno $F N$.

II.º En la direccion obliqua $C K$ baxo del ángulo agudo $B C K$ la Fuerza total de la Potencia se descompone igualmente en dos *Fuerzas parciales*, de las cuales la una $C T$ es nula contra la Potencia opuesta, y la otra $C D = K T$ obra sola contra ella.

La línea $K T$ que es el Seno del ángulo $B C K$, será pues la expresion de la Potencia en la direccion $C K$, y la Potencia que obra en P será á la Potencia que obra en K , como el Seno $G C$ al Seno $K T$.

44º. COROLARIO. De aqui resulta que *por solo el cálculo se puede hallar la debilitacion de una Potencia ó de una Fuerza en todos sus diferentes grados de obliquidad.*

Pues para hallar esta cantidad de debilitacion bastará suponer la *Fuerza perpendicular* igual al Seno total, y comparar este Seno total con los Senos de los diversos ángulos agudos ú obtusos que forma la direccion de la Potencia haciéndose obliqua á su palanca. Todos estos Senos se hallarán si se quiere al fin de nuestro Curso completo de Matemáticas elementares.

Por exemplo: Supongamos que la Fuerza de una Potencia en la direccion perpendicular á su palanca es 10 de masa por 6 de velocidad, ó de radio ó de palanca. Su *exfuerzo total* ó su accion perpendicular será $10 \times 6 = 60$. Esta fuerza $= 60$ será como el Seno del ángulo recto ó como el Seno total 100000.

¿ Qual será el *exfuerzo debilitado* de esta misma Potencia aplicada al mismo punto de la Palanca en direccion obliqua baxo de un ángulo agudo de 40 grados?

Se le hallará fácilmente por esta regla de tres: la fuerza perpendicular como 60 es á la fuerza incógnita x , como el Seno del ángulo recto es al del ángulo de 40 grados ó 60. $x :: 100000. 64279.$

BALANCEO DE LOS CUERPOS EN EQUILIBRIO.

441. EXPERIENCIA I. Si á las dos extremidades de una Palanca torcida A B C, móvil sobre un punto de apoyo D se clavan *dos globos* A y C, de modo que estén en equilibrio en la postura A B C de qualquiera manera que se incline esta palanca, volverá á tomar su postura primera A B C despues de algunos balances alternativos. (Fig. 39.)

EXPLICACION. El *centro de gravedad* en estos dos cuerpos en equilibrio reside en el centro de los dos globos (412). De aqui es que las dos Potencias opuestas luchan una contra otra por las líneas A V y C V que miden sus distancias respectivas á la línea B F en que está el punto de apoyo. (438).

I.º Si se inclina la palanca B A de tal fuerte que el centro de gravedad A pase á m , y el centro de gravedad C á n .

La Potencia C cuya palanca n D se ha hecho mayor, se halla aumentada al paso que la Potencia A cuya palanca m t se ha hecho menor se halla debilitada.

Por tanto la Potencia C subida á n baxa con un movimiento acelerado por el arco $n r$, y obliga á la Potencia opuesta que se halla en m , á volver á subir á s .

II.º La Potencia A subida á s adquiere una palanca s D mayor que la palanca $r t$ de la Potencia opuesta. Siendo por esto mas fuerte, baxa á su vez por el arco $s m$ con un movimiento acelerado, y obliga á la Potencia opuesta á volver á subir hácia n .

De aqui nace un balanceo que dura hasta que el ro-

zamiento del punto de apoyo, y la resiliencia del aire hayan absolutamente destruido el movimiento que ha producido la inclinacion desde A á m .

III.º Con esta teoría se puede dar razon de una infinidad de pequeños fenómenos en punto de equilibrio, en que el Arte dispone de tal modo los balancines que no puede un cuerpo inclinarse hácia ningun lado sin que los centros de gravedad que tiran siempre hácia el centro de la tierra, le obliguen á recobrar su situacion vertical.

Por exemplo : Si $B D$ es un pequeño cuerpo sólido terminado en punta y apoyado en una superficie unida y un poco cóncava de qualquier modo ó hácia qualquier lado que se incline este cuerpo $B D$, volverá á tomar su direccion $B D F$. Porque no se le puede inclinar hácia un lado sin que los balancines $A B$ y $B C$ se alexen de su linea de gravitacion natural á la qual siempre vuelven otra vez. Para que esto suceda es necesario como se ve que los centros de gravedad A y C estén mas baxos que el punto de apoyo D .

442. NOTA. Si los dos globos de que acabamos de hablar en vez de estar clavados en la palanca estuvieran colgados de ella por medio de cuerdas como los dos globos H y K ; (*Fig. 41.*)

Qualquiera que fuese la inclinacion $m n$ que se hiciese tomar á la palanca $A B D$, los centros de gravedad se acercarian proporcionalmente á la línea $C F$, y conservarian siempre su misma relacion de distancia al punto de apoyo.

Asi los balanceos de la barra de una balanza exácta no tienen siempre la misma causa que los balanceos de que se acaba de tratar.

443. EXPERIENCIA II. Sea $A B$ la barra de una balanza en equilibrio y reposo en su direccion horizontal. (*Fig. 48.*)

Si se inclina esta barra $A B$ haciéndola tomar la postura $a b$ pierde el equilibrio. El punto a baxa á c con un movimiento pequeño acelerado, vuelve á subir desde el punto c hácia a para volver á baxar del mismo modo há-

cia c , hasta que siendo enteramente aniquilada por el rozamiento del eje y resistencia del aire, la fuerza que ocasiona este balanceo llegue en fin la barra á quedar quieta en la direccion horizontal $A B$.

En ninguna Obra hemos hallado una explicacion general de este pequeño fenómeno. Exâminense con cuidado las explicaciones que han dado de él algunos Autores que veneramos, y se hallará que todas son falsas á lo menos en su generalidad, y que si parece que dan razon de este fenómeno en una hipótesis ó en una determinada construccion de la Balanza son evidentemente falsas en otra hipótesis ó en otra construccion opuesta de ella, en las que éste mismo fenómeno se verifica igualmente.

He aqui nuestra Idea sobre este objeto con la que nos parece que se da razon de este fenómeno en todos los casos posibles. (*Fig. 50.*)

EXPLICACION. Para simplificar esta teoría y la figura en que la vamos á exâminar quitemos los dos platillos de la balanza, y supongamos su pesantez en dos pequeños globos fixos en las extremidades $A B$ de la barra. Supongamos tambien estos dos pequeños globos A y B iguales y homogéneos, y sus palancas $C A$ y $C B$ rectas, iguales y perfectamente semejantes. (*Fig. 50.*)

De qualquier modo que se incline la Barra $A B$ forma siempre de ambas partes ángulos iguales con la línea de gravitacion $G H$, y las dos Potencias A y B fixadas en las dos extremidades de la barra se acercan ó se alejan siempre igualmente del punto de apoyo. Por exemplo en la inclinacion $a b$ el ángulo $a C G$ es igual al ángulo $b C H$ opuesto al vértice. La línea $a s$ y la línea igual $b u$ denotan la longitud de la palanca de las dos Potencias obliquas.

¿Siendo iguales las masas y velocidades de estas dos Fuerzas a y b en que consiste pues que no permanezcan en equilibrio y reposo en los puntos a y b como en los otros A y B ? He aqui la razon.

I.º Quando la barra ó palanca $A B$ tiene la direccion horizontal, las fuerzas motrices A y B están en equi-

librio, porque su masa es igual y su tendencia al movimiento es igual y opuesta.

Porque si la Potencia A en un tiempo infinitamente pequeño tira á moverse por el arco A *m*, tambien la Potencia opuesta B en un tiempo infinitamente pequeño tira á moverse por un arco igual B *b*.

Y tirando las dos Potencias opuestas A y B á correr estos dos arcos A *m* y B *b* tiran tambien á acercarse igualmente á la línea G H en todos los puntos sucesivos de su movimiento.

II.º Pero quando la barra ó palanca tenga una inclinacion qualquiera *a b* respecto de la línea horizontal, no están ya en equilibrio las dos potencias opuestas: la potencia puesta en *a* tendrá mas fuerza que la otra puesta en *b*. Para percibir la razon de esta diferencia consideremos separadamente la accion de cada potencia en esta positura *a b*.

En primer lugar la Potencia *a* en un tiempo infinitamente pequeño tira á acercarse al centro de la tierra por el arco *a A* que haia su palanca *siempre creciente* desde *a s* hasta A C, al paso que la Potencia opuesta *b* en un tiempo infinitamente pequeño tira tambien á acercarse al centro de la tierra por un arco igual *b r* que haia su palanca *siempre decreciente* desde *b u* hasta R r.

En segundo lugar la potencia *a* tira á moverse por el arco *a A* en el que su direccion se haria continuamente *menos obliqua* á la palanca, al paso que la potencia *b* tira á moverse por un arco igual *b r* en que su direccion se haria continuamente *mas obliqua á la palanca*.

Ahora pues si dos *Velocidades iniciales* son por otra parte iguales, la que tira á efectuarse por una palanca creciente y en una direccion menos obliqua á ella debe vencer á la que tira á efectuarse por una palanca decreciente y en una direccion mas obliqua á su palanca.

Luego una Potencia puesta en *a* debe vencer á otra igual puesta en *b*; luego una Potencia puesta en *a* de-

be baxar con un movimiento acelerado hasta A, y obligar á la otra igual puesta en b á subir con un movimiento acelerado hasta B.

III.º La Potencia que baxa de a á A se pararia en A si sus palancas que crecen desde a hasta A en donde dexan de crecer, no hubieran acelerado su movimiento.

Pero en fuerza de la velocidad que ha adquirido pasando del punto a al punto A, baxará aun mas abaxo de A por un arco $A m$ casi igual al arco $A a$.

Durante este movimiento $a m$ la Potencia opuesta sube á n en donde tiene la misma ventaja sobre la potencia A que ésta tenia sobre ella quando estaba en a .

Luego la Potencia B elevada á n tirará á baxar por palancas crecientes y en una direccion menos obliqua de n á B en donde su velocidad adquirida continuará en llevarla hácia b .

IV.º Mientras que la Potencia B baxa de n á b la potencia opuesta vuelve á subir hácia a y á tomar su primera disposicion á obrar por palancas crecientes, y en una direccion menos obliqua.

La misma alternativa de movimiento de a hácia m y de m hácia a continuará hasta que las dos Potencias opuestas hayan perdido por el rozamiento del exe y resistencia del aire, todo el movimiento que las ha impuesto la inclinacion $a b$, y entonces no llevando ventaja alguna la una á la otra en su primitiva direccion perpendicular á la palanca horizontal A B en la que se vendrán á colocar, volverán á estar en equilibrio y reposo.

V.º Lo mismo y por la misma razon sucederia si las dos masas A y B fueran desiguales y en razon inversa de sus distancias al punto de apoyo, pues en este caso estarian en equilibrio en la postura horizontal de la palanca A B.

Pero le perderian en la direccion $a b$ ó $m n$ porque entonces una de las Fuerzas opuestas tiraria á moverse por palancas crecientes y en direccion menos obliqua á estas palancas, al paso que la otra tiraria á mover-

verse por palancas descrecientes y en una direccion mas obliquia á ellas.

444. NOTA. Habiendo ya explicado por qué la Potencia puesta en *a* baxa hácia *m*, nos resta hacer ver que la causa que nosotros asignamos á este fenómeno es la única que puede ocasionarle.

I.º La Potencia vencedora que obra en *a* contra su rival en *b* se halla algun tanto *mas distante del centro de la tierra* que la Potencia opuesta.

Lexos de aumentarse su fuerza por esta postura se debilita una cantidad infinitamente pequeña que debe contarse por nada (364).

II.º La Potencia vencedora que obra en *a* lexos de alargar su palanca por esta postura, la acorta una cantidad infinitamente pequeña, pues que en esta postura el *punto de apoyo* se halla realmente algo mas cerca del punto *a* que del punto *b*.

Luego no debe su ventaja á un aumento de la longitud de su palanca.

III.º La palanca A B puede construirse de tal modo que su *centro de gravedad* esté encima del exe ó del punto de apoyo; y entonces el centro de gravedad favorecerá á la Potencia residente en *a*, la que baxará con un movimiento aun mas acelerado en razon de las dos causas que le producen.

Pero esta palanca A B puede tambien construirse de tal modo que su centro de gravedad esté colocado en medio del agujero del exe, y entonces el balanceo que tambien se verificará no puede tener otra causa que aquella cuya influencia acabamos de mostrar y explicar.

ARTICULO SEGUNDO.

TEORÍA DE LA POLEA.

445. DESCRIPCION. La *Polea* es un cuerpo circular, móvil sobre su centro, cuya circunferencia tiene abierta

una especie de *garganta*, carril ó muesca continua en que puede recibir una cuerda ó cadena á la qual por una parte se aplica la Potencia y por otra la Resistencia. La Polea se mueve ordinariamente dentro de una *alcoba* ó *armas* G E sobre un *Exe* G fixado ó en la alcoba ó en la Polea. La Polea es móvil ó inmóvil.

I.º Llámase *Polea inmóvil* la que no tiene mas movimiento que al rededor de su centro y sobre su exe. Tal es la Polea B D C fixada inmóvilmente en los puntos E G. (*Fig. 58.*)

II.º *Polea móvil* es la que se mueve y muda de lugar con el cuerpo que sostiene. Tal es la Polea S E C que sube ó baxa con el cuerpo R rodando al rededor de su centro G. (*Fig. 59.*)

Sea móvil ó inmóvil la Polea, siempre hace opuesta la accion de la potencia P y la de la Resistencia R del mismo modo que la palanca de primera especie. La Potencia P no puede baxar sin que la Resistencia R suba, y recíprocamente.

REGLA UNICA.

446. *La Polea inmóvil no aumenta la accion de la potencia ni de la resistencia. La móvil dobla la accion de la potencia.*

DEMOSTRACION. Para simplificar esta teoría de la Polea supondremos que las direcciones de la potencia y de la resistencia son paralelas entre sí como lo son comunmente. Si una de estas dos potencias opuestas se debilita por la obliquidad de su accion la Polea inmóvil no mudará la fuerza qualquiera de esta potencia, y la Polea móvil la doblará. (*Fig. 58 y 59.*)

I.º Sea la *Polea inmóvil* B D C fixada por su alcoba en el punto E; ésta Polea es como una *palanca de primera especie* en que la potencia P y la resistencia R estan igualmente distantes del punto de apoyo G ó del punto de la Polea en que se halla reconcentrada y es detenida toda la pesantez ó toda la accion de las potencias opuestas P y R.

Haga ó no equilibrio la palanca de la Potencia P es siempre el rádio B G, y la palanca de la Resistencia R el otro rádio C G. Luego la potencia P y la resistencia R son abandonadas á sus fuerzas absolutas sin aumento ni disminucion, pues que sus palancas son iguales.

Por otra parte si el movimiento se efectuase mientras que la potencia P se moviera por el arco B D, la resistencia R se moveria por el arco igual C D, y asi recíprocamente. Luego las velocidades efectivas ó que tiran á efectuarse son necesariamente iguales tanto en la potencia como en la resistencia. Luego la potencia y la resistencia no adquieren ningun aumento de fuerza en sus revoluciones al rededor de esta máquina.

II.º Sea la Polea móvil S E C que sostenga por su chapa el peso R cuya gravedad ó resistencia reside en el centro G de la polea. Esta polea es como una Palanca de segunda especie. El punto de apoyo está en S, la palanca de la resistencia es el rádio G S, la de la potencia el diámetro C S. Luego la palanca de la potencia es doble mayor que la de la resistencia. Luego la fuerza de la potencia es tambien al doble mayor.

Si se considera el punto de apoyo en otro punto qualquiera M, la palanca de la resistencia será X M, y la de la potencia N M doble de la primera.

Por otra parte quando la potencia P baxa un pie la resistencia R no sube mas que medio, y quando la resistencia R baxa medio pie la potencia P sube necesariamente uno.

Luego la Potencia tiene siempre una doble velocidad efectiva ó que tira á efectuarse. Luego la Fuerza relativa de la potencia es siempre doble de la fuerza absoluta. (L. Q. P. D.)

LAS POLEAS TRÓCULAS.

447. DEFINICION. Llámase Poleas tróculas ó simplemente Tróculas un conjunto ó sistema de Poleas de las quales unas son móviles y otras inmóviles. (Fig. 63.)

Las Poleas A y B son inmóviles, y las Poleas M N móviles. Estas quatro Poleas combinadas entre sí forman una Trócula.

448. COROLARIO. *Quando una Potencia obra por medio de la Trócula, su fuerza relativa crece como el duplo de Poleas móviles que incluye la Trócula.* (Fig. 63.)

EXPLICACION. La razon es porque la palanca de la Potencia se dobla en longitud por medio de la primer Polea móvil, del mismo modo por medio de la segunda, tercera &c. y por otra parte la Potencia quando el movimiento se efectúa, corre el *duplo del camino* mas que la Resistencia, tantas veces como Poleas móviles tiene la Trócula.

En la Trócula A B N M hay dos Poleas móviles M y N, y quando se efectúa el movimiento entre la potencia P y la resistencia R la *velocidad de la potencia* es quatro veces mayor que la de la resistencia. No se sigue de aquí que por medio de las Tróculas se pueda aumentar al infinito la Fuerza de la potencia; porque quando las Poleas son muchas, el rozamiento que ocasionan impide á la potencia mas de lo que la ayudan las nuevas Poleas.

La *construccion de las Tróculas* puede ser muy diferente de la que representa la Figura que hemos citado. Pero el efecto es siempre el mismo porque ésta máquina está siempre compuesta en parte de Poleas móviles, cada una de las cuales dobla la fuerza de la potencia.

ARTICULO TERCERO.

TEORÍA DEL TORNO.

449. DESCRIPCION. El *Torno* es una máquina compuesta de un cilindro sólido M N á quien se hace dar vueltas sobre su exe por medio de ciertas palancas en forma de cruz *a b* que son como rádios prolongados del cilindro. (Fig. 61.)

I.º Quando el árbol ó Cilindro M N al rededor del qual se enrosca la cuerda S R se halla puesto horizontalmente, ésta máquina se llama *Torno*.

II.º Quando éste mismo árbol ó Cilindro A B es vertical y perpendicular al horizonte, ésta máquina se llama *Cabrestante*. (*Fig. 62.*)

III.º En lugar de las palancas en forma de cruz *a b* se pone á veces al rededor y unido con el cilindro un gran tambor ó rueda C D, en cuya circunferencia se atraviesan varias clavijas algun tanto distantes entre sí á modo de los pasos de una escalera. Este tambor sirve de facilitar la accion de la potencia que aplicandose sucesivamente á estas clavijas hace dar al cilindro D otras tantas vueltas como da el tambor C D. (*Fig. 60.*)

Si se usa de este tambor, la potencia es frecüentemente el simple peso de un hombre que caminando por lo interior del tambor de clavija en clavija hace dar vueltas al tambor, y de consiguiente al cilindro.

REGLA UNICA.

450. Quando una Potencia obra por medio del Torno ó del Cabrestante su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como el rádio del tambor ó el rádio prolongado del cilindro á su rádio simple.

DEMOSTRACION I. La fuerza relativa de una Potencia es á su fuerza absoluta como la velocidad de ésta Potencia á la velocidad de la Resistencia.

Es asi que quando la potencia hace dar una vuelta entera al tambor ó á los radios prolongados del cilindro, la cuerda que sostiene la resistencia R no da mas que una vuelta al rededor del cilindro. Luego las velocidades de la potencia y resistencia son entre sí como estas circunferencias que son entre sí como sus radios. (*Math. 473.*)

Luego la fuerza relativa de la potencia, que es como su velocidad comparada con la de la resistencia, excede á su fuerza absoluta otro tanto, como el radio por

el que obra excede al radio del cilindro hácia el qual ó al rededor del qual se mueve la resistencia. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Esta Regla es solamente una simple aplicacion de la teoría de la Palanca á una Máquina que no es mas que una palanca de primera ó segunda especie segun que la Potencia obra del lado de la Resistencia ó del opuesto. No hay que hacer pues mas que observar el mecanismo de la palanca en esta máquina para convencernos de la verdad de la regla propuesta. (Fig. 61.)

Se puede considerar el Cilindro M N como una polea inmóvil de mucho grueso ó diámetro cuya chapa es M N. El centro de gravedad y el punto de apoyo está por todas partes en el exe del cilindro, la palanca de la resistencia es el radio del cilindro, la palanca de la potencia es el radio prolongado $r a$ del cilindro ó el mismo radio del tambor que rodea é incluye este cilindro.

Luego suponiendo iguales las fuerzas absolutas de la potencia y de la resistencia, la fuerza relativa de la potencia será á su fuerza absoluta como su palanca á la palanca de la resistencia.

Luego la fuerza relativa de la potencia será á su fuerza absoluta como el radio del tambor, ó como el radio prolongado del cilindro es á su radio simple. (L. Q. P. D.)

451. COROLARIO. Quanto mayor es el radio del Tambor ó de las Palancas cruzadas, y menor el radio del Cilindro, mayor es la fuerza ó la accion de la Potencia que obra por medio de esta Máquina.

De suerte que si el radio del Tambor ó de la palanca es veinte ó treinta veces mayor que el radio del cilindro, la fuerza relativa de la potencia será veinte ó treinta veces mayor que su fuerza absoluta.

I.º Se supone que la Potencia exerce siempre su accion en una direccion perpendicular á su palanca, ó en una direccion que seria la tangente del Tambor ó del radio prolongado que sirve de palanca á la potencia.

Porque si la Potencia obra en una direccion obliqua al radio que le sirve de palanca, su Fuerza relativa des-

crece como los Senos de los ángulos que forman con su palanca sus diferentes direcciones. (440.)

Asi suponiendo que la fuerza relativa de la Potencia perpendicular á la palanca necesita ser treinta veces mayor que su fuerza absoluta, si obra por la misma palanca baxo de un ángulo cuyo seno sea la mitad del seno total su fuerza relativa será solo quince veces mayor.

II.º En toda esta teoría se prescinde del Rozamiento el qual lucha contra la potencia y constituye parte de la resistencia. Hablarémos de él al fin de este Tratado.

MOLINOS DE VARIAS ESPECIES.

452. APLICACION I. El mecanismo de los Molinos de café, de agua y de viento, y el de los Afadores de torno se reduce al del Torno.

I.º En el *Molino de Café* y de pimienta, el radio de la manija es la palanca de la potencia, y el radio de la pera ó nuez cubierta de dientes es la palanca de la resistencia. La resistencia es la suma de todos los granos contra los que obra la nuez, y el punto de apoyo el exe de la nuez.

II.º En los *Molinos de Agua* el impulso de ésta que corre con un movimiento acelerado es la potencia, el árbol horizontal es el cilindro cuyo exe incluye asi el punto de apoyo como el centro del movimiento que se debe imprimir á la resistencia. Las muelas que se han de mover, y los granos que se quiere moler son la resistencia.

Las grandes ruedas que unidas al cilindro se hacen á cada instante *perpendiculares al impulso del agua*, presentan sin cesar largas palancas á la potencia: los dientes del cilindro que mueven las ruedas por las que son movidas las muelas presentan palancas menores á la resistencia. Mediante el mismo mecanismo en fuerza del que se mueven las *Muelas de los Molinos* se mueven tambien los machos de las ferrerías, los mazos con que se muele el trapo para hacer papel, los de los batanes, las

ruedas que mueven los molinos de seda, y otros varios.

III.º En los *Molinos de viento* el impulso de éste hace el oficio de Potencia: lo restante del mecanismo general de ésta especie de molinos es poco mas ó menos lo mismo que el de los de agua.

IV.º Los *Asadores de torno* son tambien Tornos que se mueven, ó por medio de un resorte que se despliega, ó por medio de un peso que gravita á la extremidad del radio horizontal de una rueda ó un tambor, y que á veces es el de un perro metido en el tambor, ó por el impulso del *vapor del fuego* que hace contra una rueda compuesta de chapas obliquas al horizonte el mismo esfuerzo que el viento contra las aspas de un molino.

MECANISMO DE LA GRUA.

453. APLICACION II. La *Grua* es una máquina que sirve para levantar grandes pesos á grandes alturas. Consiste en un Torno construido de tal modo que toda la parte C D H P N K está apoyada y puede dar vueltas en un quicio K, de fuerte que quedando en la misma postura la parte inferior S de esta máquina, la parte superior P N se la vuelve ó dirige como se quiere al Oriente, ó al Poniente, al Norte ó Medio dia. (Fig. 60.)

La Cuerda que sostiene el peso R pasa por las poleas inmóviles N y P segun se va enroscando espiralmente al rededor del cilindro D H. Quando el tambor movido por la potencia da una vuelta entera, la cuerda describe tambien una espira al rededor del cilindro y la resistencia R se levanta ó baxa una cantidad igual á esta espira.

Asi en la Grua la velocidad de la potencia es á la de la resistencia como la circunferencia del tambor á la del cilindro, ó como el radio del tambor al del cilindro. Y de consiguiente la Fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta como el radio del tambor al del cilindro.

RUEDAS DENTADAS.

454. APLICACION III. El mecanismo de las Ruedas dentadas se reduce tambien al del Torno; sirven estas para transmitir el movimiento creciente ó decreciente de un cuerpo á otro; para aumentar ó disminuir al infinito la fuerza relativa de la Potencia ó de la Resistencia. Por exemplo: (Fig. 65j)

Sea la Potencia P que tira á levantar la resistencia R por medio de las ruedas F E D . Estas tres Ruedas se mueven sobre su eje inmóvil, como una polea inmóvil se mueve en su alcoba.

I.º Mientras que la rueda F puesta en movimiento por la potencia P da una vuelta entera sobre su eje; su Piñon dentado O no hará dar mas que una pequeña parte de vuelta á la rueda dentada. El que engarganta en el Piñon O .

II.º Mientras que la rueda dentada E dé una vuelta entera, su Piñon N no hace dar mas que una pequeña parte de vuelta á la rueda dentada D que engarganta en el Piñon N .

III.º Mientras que la rueda dentada D dé una vuelta entera, la cuerda que sostiene la resistencia R no rodeará mas que una vez la circunferencia del pequeño piñon saliente M ; y el cuerpo R no se moverá mas que una cantidad igual á esta pequeña circunferencia M .

Mediante este mecanismo la Potencia P tendrá una fuerza mucho mayor que la resistencia R , y su fuerza relativa será á su fuerza absoluta como su velocidad á la de la resistencia.

Por exemplo: Supongamos en el piñon saliente O diez veces menos dientes que en la rueda E ; en el piñon N diez veces menos que en la rueda D ; en el piñon M una circunferencia diez veces menor que la de la rueda D . La velocidad de la Rueda F será diez veces mayor que la de la rueda E ; cien veces mayor que la de la rueda D , y mil veces mayor que la del piñon M que levanta la resistencia R .

Por el contrario si la resistencia R baxase, la Potencia F subiria con una velocidad mil veces mayor.

IV.º Si al piñon M se sustituye una rueda dentada X que engargantase en un cilindro ó un paralelepípedo ó barra dentada $Y Z$ se tendria una Máquina con la que se levantarían pesos inmensos. Esta es la que llaman *Cric* ó *Gato*.

Para dar movimiento á esta máquina se usa de una manija que viene á ser una palanca cómoda y ventajosa á la potencia cuya accion aumenta. Tambien se puede usar de una *Rosca sin fin*, y entonces será necesario que la primera rueda F sea tambien dentada.

LA ESPIRA Ó CARACOL DE LAS MUESTRAS Y PÉNDULOS.

455. APLICACION IV. En las Muestras y Péndulos de muelle se nos presenta un fenómeno digno de atención: á saber una *Fuerza siempre retardada que produce un efecto siempre uniforme*. (Fig. 164.)

I.º La Potencia que pone en movimiento todo el artificio interior de una Muestra ó Péndulo es el *Muelle*. Este Muelle $A M B$ es una chapita de acero elástico arrollada ó enroscada en sí misma, metida dentro de un *Cubo*, *Barrilete* ó *Tambor* al que hace dar vueltas extendiéndose en fuerza de su elasticidad (232); y al rededor del qual se enrosca espiralmente la cadena que mueve todas las ruedas. Este muelle está en su mayor fuerza quando está en su mayor compresion, y á medida de que se estiende se disminuye su fuerza. Deberia pues imprimir á todas las Ruedas de la muestra ó del péndulo un movimiento cada vez mas débil y mas lento, y hacer las horas que señala por medio de las manecillas cada vez mas largas desde su mayor compresion hasta su total estension. Y así efectivamente sucederia si la Espira no remediasse este inconveniente.

II.º La *Espira* N es una especie de *Tornobien* forma de cono truncado móvil sobre su eje $C D$. Al rededor de este cono estan abiertas varias espiras sobre las

quales se enrosca la cadena B. La resistencia de todas las ruedas que se han de mover se reconcentra y reside en el eje C D de este cono.

El Muelle que tira de la cadena y que desplegándose mueve la espira, tiene sucesivamente por palancas los diferentes radios $d n$, D N que van creciendo desde C hasta D. Quando el muelle está en su mayor fuerza tira de la cadena y mueve las ruedas por medio de radios ó palancas menores $d n$; y quando su fuerza es menor tira de la cadena y mueve las ruedas por medio de radios ó palancas mayores D N.

III.º La habilidad del Reloxero consiste en construir de tal modo la Espira que sus radios se aumenten en la misma proporcion que la fuerza del muelle se disminuye.

Si los radios de la Espira creciesen en mayor proporcion que en la que la fuerza del Muelle se disminuye, el movimiento de las ruedas seria mayor á medida de que la fuerza del muelle fuera mas débil. Las revoluciones horarias de las manecillas serian en este caso cada vez mas rápidas y cortas, y una Fuerza siempre decreciente produciria un efecto siempre creciente.

Si los radios de la Espira creciesen en una proporcion menor que en la que la fuerza del Muelle se disminuye, el movimiento de las ruedas iria retardándose cada vez mas, y las revoluciones horarias de las manecillas serian sin cesar mas lentas y mas largas de lo que es necesario para dividir exactamente el tiempo.

Para hallar la proporcion exacta de la fuerza decreciente en el Muelle con la de los radios crecientes en la Espira, no hay medios suficientes de prueba porque no siendo nunca los Muelles regladamente flexibles y elásticos en toda su extension, la teoría no puede dar ninguna regla fixa sobre este objeto.

ARTICULO CUARTO.

TEORIA DEL PLANO INCLINADO.

456. DESCRIPCION. El *Plano inclinado* es un plano que forma un ángulo mas ó menos agudo con el horizonte: Si la línea BC representa el horizonte, y la línea AB una tabla ó camino: AB será un plano inclinado, y el ángulo agudo ABC será el ángulo de su inclinacion. (*Fig. 51.*)

I.º Si permaneciendo fixo el punto B , el plano AB se moviese de A á C , la inclinacion del plano se disminuirá hasta C en donde no seria ya plano inclinado sino horizontal.

II.º Si permaneciendo fixo el punto B , el plano AB se moviera de A á M , la inclinacion del plano se aumentaria hasta M , en donde no seria ya plano inclinado sino vertical.

III.º Llámase *Longitud del plano inclinado* la línea ó superficie AB que corta obliquamente el horizonte. Llámase *Altura del plano inclinado* la línea ó superficie AC que corta el horizonte perpendicularmente.

457. EXPERIENCIA. Sea un *Globo* R puesto sobre un plano inclinado ABC , sostenido por una cuerda HD la qual pasa por una polea D .

I.º Un cuerpo de menor pesantez que el cuerpo A hace equilibrio en P con el cuerpo R .

Luego el *Plano inclinado sostiene ó destruye una parte de la pesantez del cuerpo apoyado sobre él.*

II.º Quanto mas agudo sea el ángulo de inclinacion ABC , menos necesita pesar el cuerpo suspendido en P para hacer equilibrio con el cuerpo R .

Quanto mas éste ángulo de inclinacion ABC se acerca al ángulo recto MBC , mas pesantez necesita tener el cuerpo suspendido en P para hacer equilibrio con el cuerpo R .

Luego el *Plano inclinado sostiene ó destruye una quan-*

tividad de la pesantez del cuerpo que está sobre él, tanto mayor quanto el ángulo de inclinacion $A B C$ es menor, y reciprocamente.

III.º Si el cuerpo suspendido en P hace equilibrio con el cuerpo R obrando en la dirección $H D$ paralela al plano $A B$, este cuerpo dexa de hacer equilibrio con el opuesto R por quien es arrastrado desde que la dirección de la línea $H D$ dexa de ser paralela al plano.

Luego la Potencia P está en su mayor fuerza quando la dirección $H D$ en la qual tira del cuerpo opuesto, es paralela al Plano inclinado.

IV.º Si el Móvil R es sostenido sobre un Plano inclinado por una cuerda $D H$, éste móvil se moverá á la derecha ó á la izquierda sobre el plano, sea rodando, sea deslizándose hasta que el Radio de apoyo $R E$ y el de tiro $R H D$ se hallen en un mismo plano tirado del centro de gravedad al de la tierra perpendicularmente al horizonte.

La razon es porque la gravedad residente en R tira necesariamente á acercarse sin cesar al centro de la tierra al que puede irse acercando, hasta que el radio $R E$ y el radio $R H$ esten en un mismo plano perpendicular al horizonte.

458. COROLARIO I. El movimiento de un Cuerpo que baxa á lo largo de un Plano inclinado es menor que si este cuerpo baxase libremente en una dirección perpendicular al horizonte. Porque la parte de gravedad que es sostenida ó destruida por el Plano inclinado, no se emplea en precipitar este cuerpo hácia el centro de la tierra. (Fig. 51.)

Supongamos que el plano $A B$ sostiene ó destruye una tercera parte de la gravedad del Cuerpo R . Este Cuerpo que cayendo libremente en una dirección perpendicular al horizonte se acercaria quince pies al centro de la tierra en el primer Segundo de su caída, no se acercará mas que diez pies moviéndose en la dirección del Plano inclinado, respecto de que el efecto es siempre proporcional á la causa y que la causa se supone una tercera parte menor.

459. COROLARIO II. *Un Cuerpo que baxa por un Plano inclinado en virtud de su gravedad, acelera su movimiento segun la progresion de los números impares.*

La razon es porque las partes semejantes son entre sí como los Todos; y la parte de gravedad que no es destruida por el Plano exercere y acumulara toda su gravedad si toda obrase contra él.

REGLA UNICA.

460. *Quando una Potencia lucha contra un cuerpo apoyado sobre un Plano inclinado, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como la longitud del plano es á su altura. (Fig. 51.)*

DEMOSTRACION. La gravedad que lucha contra la Potencia P reside y hace su exfuerzo en R . El punto de apoyo está en E . La palanca de la Potencia P es el radio RE que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á la direccion RD de la potencia (437): la palanca de la Resistencia R es la línea EF que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á la direccion RB de la resistencia.

Esto supuesto raciono asi: La *Fuerza relativa* de la potencia es á su fuerza absoluta como su palanca RE á la palanca EF de la resistencia (427). Es asi que la palanca RE de la potencia es á la palanca FE de la resistencia como la longitud AB del Plano inclinado á su altura AC ; y lo demuestro.

I.° Los Triángulos REF y ABC son semejantes: luego asi como la hipotenusa RE del primero representa la palanca y la fuerza relativa de la potencia P , la hipotenusa AB del segundo representa la palanca y la fuerza relativa de la misma potencia. Demuestro el antecedente. Los Triángulos REF y ABC son semejantes entre sí; si son semejantes cada uno á un tercer triángulo RBE : luego los dos primeros son semejantes cada uno á este último RBE , y lo demuestro.

En primer lugar el triángulo REF es semejante al

triángulo R B E pues tienen cada uno un ángulo recto y el ángulo B R E les es común á uno y á otro. (*Math.* 401.)

En segundo lugar el triángulo A B C es también semejante al triángulo R B E porque estos dos triángulos tienen cada uno un ángulo recto, y el ángulo B A C del primero es igual al ángulo R B E del segundo; pues estos dos ángulos son alternativos-internos entre dos paralelas R B y A C que son dos perpendiculares, tiradas la una del centro de gravedad R hácia el centro de la tierra, y la otra de la extremidad superior del plano A B á el horizonte. (*Math.* 359.)

II.º Luego supuesto que la Fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta, como la línea R E que es la palanca de la potencia es á la línea E F que es la palanca de la resistencia; la fuerza relativa de la potencia será igualmente á su fuerza absoluta, como la línea A B que es la longitud del plano á la línea A C que es su altura. Pues siendo semejantes los triángulos R E F y A B C hay esta proporcion R E: E F :: A B: A C. (*Math.* 403.)

En esta proporcion la primera razon expresa la relacion de la potencia á la resistencia; ó la relacion de la fuerza relativa de la potencia á su fuerza absoluta. Luego la segunda razon que es igual á la primera expresa también la misma relacion. (*Math.* 168.)

Luego por medio del Plano inclinado la fuerza relativa de una potencia qualquiera es á su fuerza absoluta como la longitud del Plano es á su altura. (L. Q. P. D.)

461. COROLARIO. Quando un Cuerpo camina por un plano inclinado, su gravedad restante es á su gravedad total como la altura del plano á su longitud.

Porque su gravedad ó pesantez relativa descrece necesariamente tanto como crece la fuerza relativa de la potencia que le sostiene.

Asi si un cuerpo que pesa 100 libras descansa sobre un plano inclinado cuya altura sea = 5, y la longitud = 10, este cuerpo no lucha contra la potencia opuesta mas que como si tuviese solamente la mitad de su peso; y un peso de 50 libras en P hará equilibrio con el peso R de 100 libras.

Suponemos aqui que el peso puesto en P que hace veces de potencia obra en la direccion mas ventajosa, esto es en la direccion H D paralela al plano inclinado. Porque si la potencia P obra en una *direccion obliqua al Plano*, su fuerza se disminuye como el seno del ángulo que forma su direccion con el Plano (439).

462. OBJECCION. La fuerza de la Potencia no puede hacerse relativamente mayor sino á proporcion de que su velocidad es mayor que la de la Resistencia: es así que sobre un plano inclinado la potencia y la resistencia tienen necesariamente una misma velocidad, pues mientras que la resistencia anda subiendo la línea H D la potencia anda una línea precisamente igual: Luego la fuerza de la potencia no debe crecer por medio del plano inclinado. (Fig. 51.)

RESPUESTA. Quando un Cuerpo sube ó baxa por un Plano inclinado tiene un Movimiento en parte horizontal y en parte vertical.

El *Movimiento horizontal* no resiste en nada á la potencia prescindiendo de los rozamientos. Solo pues el *Movimiento vertical* es el que se debe considerar aqui relativamente á la potencia que lucha toda entera contra él.

Comparemos la velocidad vertical del móvil R con la velocidad total de la potencia P, y hallaremos que la primera es á la segunda como la altura del Plano á su longitud. Porque mientras que el móvil R anda juntamente con la potencia el espacio B A, no sube hácia el Zenit mas que la cantidad C A.

RUEDAS DE LOS CARRUAGES Y CARRETONES.

463. OBSERVACION. En los coches, carros y demas carruages el camino sirve de punto de apoyo á la pesantez, así como el plano inclinado A B C sirve de punto de apoyo al globo R.

I.º Así como en el *Globo R* la pesantez reside y obra en el centro de gravedad R, así en los carruages la pesantez reside y obra en el centro de las ruedas.

El *Radio vertical* $R A$ sostiene todo el peso de la carga quando las ruedas reposan en un plano horizontal $M N$. (*Fig. 67.*)

II.º En las Ruedas de carruage se llama *Exe* la pieza transversal de madera ó hierro que terminada en cilindro pasa por su centro; *Cubo* la abertura circular en que entra este cilindro; *Línea de tiro* la direccion en la que obra la potencia que hace mover las ruedas, la qual denota la viga en el carro, la lanaz en el coche &c.

Claro está que el exe puede ser llevado hácia adelante, y que llévado hácia adelante forzará á la rueda á rodar sobre sí misma, en cuyo caso cada rayo estará sucesivamente cargado con todo el peso.

III.º Sea la Rueda $A B C D$ apoyada sobre un plano horizontal $M N$; la línea $A P$ represente y exprese la línea del tiro. En este caso toda la pesantez de la carga reside en R y camina sobre el rayo $R A$ del punto de apoyo A . Supongamos en A un guijarro sobre el qual camina el rayo $R a$.

A medida de que la potencia P tira de la rueda, éste guijarro a se va haciendo el punto de apoyo: $R a$ es la palanca de la potencia, $a H$ la de la resistencia. La pesantez R de la carga no puede pasar de la direccion $R A$ á la nueva direccion $R a$ sin elevarse el espacio $A H$.

IV.º De esta teoría resulta evidentemente *que por medio de la Rueda prescindiendo de los rozamientos la fuerza relativa de la Potencia P es á su fuerza absoluta como la palanca $a R$ de la potencia es á la palanca $a H$ de la resistencia.*

464. NOTA I. Como la accion de una Potencia que obra por medio de una ó muchas ruedas es susceptible de muchas modificaciones diferentes, conviene observar aqui las principales, con cuya sucinta explicacion se podrán facilmente entender todas las demas. (*Fig. 67.*)

I.º Si la Rueda fuera perfectamente circular, si estuviera puesta sobre un Plano horizontal perfectamente unido y sólido, sino hubiera ningun rozamiento del exe con los cubos, la fuerza relativa de la Potencia creceria como

al infinito por medio de esta máquina; pues que la palanca de la potencia estaría á la de la resistencia como el radio $R A$ al solo punto A .

Pero como las ruedas herradas con gruesos clavos de trecho en trecho no son bien redondas, como los caminos desiguales por sí se hacen aun mas por el peso del carruage que se mete por ellos, como finalmente es muy grande el rozamiento del exe con los cubos, este aumento de fuerza relativa en la potencia debe disminuirse muy considerablemente.

Por exemplo quando la Rueda en vez de tocar el camino en un solo punto A le toca en la longitud de un pie $n a$, si la palanca $R a$ de la potencia es de quatro pies, la palanca $a H$ de la resistencia será de medio pie.

Y asi la fuerza relativa de la potencia solo será ocho veces mayor que su fuerza absoluta, de lo qual será necesario todavia quitar lo que pierde la potencia en vencer la resistencia de los rozamientos.

II.º Para que la Potencia esté en su *mayor fuerza*, es necesario que su impulso $R P$ sea perpendicular al radio $R A$ ó $R a$ que termina en el punto de apoyo, lo que no siempre sucede.

Si la Potencia obra en la direccion $R p$, su impulso se hace obliquo al rayo ó palanca $R A$, y en este caso su fuerza descrece como los senos de los ángulos que forma con su palanca. (439.)

Quando la potencia obra en la direccion $R p$ sobre la palanca ó rayo $R A$, su accion se divide en dos partes $R D$ y $R r$, de las que una $R r$ se emplea en oprimir la rueda contra el camino en levantarla hácia el zenit, esta parte de la accion de la potencia no sirve para mover la Rueda en la direccion de la misma potencia.

Por esto se ve que las ruedas mas ventajosas á la Potencia son aquellas cuyo rayo iguala en altura á la de la línea de tiro $R P$.

III.º Quando se quieren conducir grandes pesos, las *Ruedas grandes* son preferibles á las pequeñas y tambien á la combinacion de pequeñas y grandes, con tal de que

el rayo de las grandes no suba por encima de la línea de tiro.

La razón es ; porque en primer lugar las ruedas grandes se meten en la tierra proporcionalmente menos que las pequeñas y dan proporcionalmente menor palanca á la resistencia : en segundo la línea de tiro es perpendicular al rayo de las ruedas grandes al paso que es obliqua , y por consiguiente en una dirección desventajosa al rayo de las ruedas pequeñas. En los Coches las ruedas pequeñas son necesarias para facilitar las evoluciones.

IV.º Quando una rueda se mueve por un *Terreno inclinado* resiste mas á la potencia que sube , y menos á la que baxa. Es muy fácil comprehender la razón de este pequeño fenómeno. (*Fig. 51.*)

Quando la rueda sube en la dirección $R D$, la gravedad reconcentrada en R tiene su punto de apoyo en E . La palanca de la potencia es $R E$ y la de la resistencia $E F$, la qual es tanto mas grande quanto mayor es la inclinacion.

Quando la rueda baxa en la dirección $R V$, la potencia V y la resistencia R dexan de ser opuestas. Obran entonces en una misma dirección , la una por la palanca $R E$, y la otra por la palanca $F E$. En este caso la potencia V lejos de tirar de la Rueda es obligada á resistir á ella , pues ésta por sola la gravedad de la carga que sostiene tira á caminar hácia adelante desde E á B .

Quando la inclinacion es grande y el camino muy sólido hay necesidad de atar la rueda para impedir que se mueva de otro modo que resbalando sobre un mismo punto E , lo que ocasiona un rozamiento continuo que impide á la carga precipitarse con un movimiento acelerado sobre las bestias que tiran del carruage.

465. NOTA II. El Carreton es una palanca de segunda especie , (424) cuyo punto de apoyo se ha hecho móvil por medio de la rueda. (*Fig. 67.*)

Esté el peso que se quiere llevar en D ; la palanca de la potencia que estará en P será $P R$, y la de la resistencia $D R$.

Luego la fuerza relativa de la potencia será á su fuerza absoluta como $P R$ á $D R$. Y así en esta Máquina quanto mas cerca esté del punto de apoyo $R A$ el peso que se quiere llevar, mas se aumentará la fuerza relativa de la potencia P .

ARTICULO QUINTO.

TEORIA DE LA ROSCA.

466. DESCRIPCION. El Husillo es un cilindro sólido $K H$ en el qual se ha abierto una rosca que da vueltas en línea espiral. (Fig. 52.)

La parte saliente $a o d$ colocada entre las diferentes vueltas de esta rosca se llama el *Filete* del husillo, y la distancia $a d$ que hay de un filo á otro se llama el *Paso* del husillo.

Se hace tambien este filete y esta rosca en una Cavidad cilíndrica para hacer un husillo interior: y quando estas dos especies de Husillo estan de tal modo proporcionadas que el filete de la una puede moverse en la rosca de la otra, y así recíprocamente; la que está hueca se llama *Tuerca*; la parte convexa y la parte cóncava de esta máquina ó el Husillo y la Tuerca se llaman comunmente *Rosca*. (a)

I.º Unas veces el Husillo solo se mueve en la Tuerca inmóvil: tales son los *Tornillos* de los Cerrageros en que el Husillo movido por medio del palillo que sirve de palanca á la potencia, cierra una quijada contra otra con una fuerza inmensa; tales son tambien los *Tornillos* que unen las diferentes piezas de la llave de un fusil, que se aprietan tambien por medio de palancas. Tal es comunmente el Husillo de que se usa en las Prensas de imprimir.

(a) Acaso se llamaria con mas razon á toda esta máquina *Prensa*.

II.º Otras veces la Tuerca sola se mueve en el husillo inmóvil; tales son algunas prensas de que usan los Encuadernadores de libros.

III.º A veces tambien el husillo y la tuerca se mueven á un tiempo uno contra otro por la accion de dos potencias, de las cuales una mueve el husillo y otra á la tuerca.

IV.º Las Bocas de los Barrenos y Taladros deben tambien considerarse como *Husillos* cuyas espiras descrecientes cortan la madera tanto mas fácilmente quanto son mas agudas y cortantes. En estos instrumentos el mango sirve de palanca á la potencia.

REGLA ÚNICA.

467. *En esta máquina si se prescinde del rozamiento que es muy considerable, la fuerza relativa de la Potencia es á su fuerza absoluta como la suma de todas las circunferencias espirales del husillo á su altura. (Fig. 52.)*

DEMOSTRACION. Sea el husillo H K vertical, horizontal, ú obliquo al horizonte, aplicado á levantar, baxar ú oprimir un cuerpo que será la resistencia.

Es evidente que la resistencia R no puede subir de H á K, ó baxar de K á H sin que la potencia aplicada en K ó R haga tantas revoluciones como filetes ó roscas espirales hay entre H y K. Luego la potencia tendrá una velocidad que será á la de la resistencia como la suma de todas las circunferencias espirales del husillo á su altura K H.

Es asi que la *Fuerza relativa* de la potencia es á su fuerza absoluta como su velocidad á la de la resistencia: Luego la fuerza relativa de la potencia en esta máquina es á su fuerza absoluta como la suma de todas las circunferencias espirales del husillo interior ó exterior á quien mueve á la altura del mismo husillo. (L. Q. P. D.)

468. COROLARIO I. Se puede decir tambien que en esta Máquina la *fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta como un filete ó una espira del husillo es á un paso*

del mismo, pues que un filete es á un paso del husillo como la suma de todos los filetes á la suma de todos los pasos. (*Math.* 222.)

469. COROLARIO II. En la Rosca *quanto mayores sean los filetes y menores los pasos mas se aumentará la fuerza relativa de la potencia.* Porque la velocidad de la Potencia se hace tanto mayor, y la velocidad de la Resistencia tanto menor quanto las espiras son mas largas y sus distancias mas cortas.

470. COROLARIO III. El palo grueso y largo *K M* viene á ser una palanca que aumenta tambien la fuerza relativa de la potencia, pues ínterin que la potencia da una vuelta entera al rededor del radio *K M*, la resistencia opuesta no sube ni baxa mas que la cantidad de un paso *a d*.

Así en la Rosca *quando la potencia obra por medio de una palanca, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como una circunferencia descrita por el radio ó palanca K M es á un paso del husillo; esto es en nuestro caso al paso a d.*

471. OBJECCION. Quando el Cuerpo *R* sube de *H* á *K* deberia siempre baxar en fuerza de su gravedad en el instante mismo en que la potencia dexa de obrar; lo que con todo no siempre sucede.

RESPUESTA. Quando el cuerpo *R* sube de *H* á *K*, su pesantez es sostenida por otros tantos planos inclinados como filetes del husillo estan introducidos en sus roscas.

Estos pequeños planos inclinados sostienen ó destruyen una gran parte de la pesantez de este cuerpo. (457.) La parte restante de ésta pesantez tira á hacer baxar este cuerpo; pero su accion se destruye por la resisencia que le opone el rozamiento.

LA ROSCA SIN FIN.

472. DESCRIPCION. La Rosca *sin fin* se reduce á un cilindro espiral *A B* cuyos filetes engargantan sin fin en

una Rueda dentada D. Esta Rueda dentada puede tener si se quiere, un pequeño cilindro saliente D, al rededor del qual se enrosque sucesivamente la cuerda que levanta el peso R. (*Fig. 53.*)

Mientras que la cigüeña *m n* da una vuelta, el husillo A B da tan solamente un paso, y la rueda dentada D anda solo el espacio que media de un diente á otro.

Mientras que la rueda dentada da una vuelta entera, la cuerda que sostiene la resistencia R da tan solamente una pequeña vuelta al rededor del cilindro ó piñon saliente D.

Se ve claramente que esta máquina puede ser de mucha utilidad sea, por la comodidad con que se obra con ella, sea por el aumento de fuerza que da á la potencia.

LA ROSCA DE ARCHIMEDES.

473. DESCRIPCIÓN. No se necesitaba nada menos que el poderoso y fecundo ingenio de Archímedes para imaginar una Máquina en que la Gravedad misma que hace baxar los Cuerpos sirviese para hacerlos subir. Esta Máquina se compone de un *Cilindro* H B inclinado al horizonte móvil sobre dos puntos de apoyo A y E, y de un *canal* B C D M r que rodea el cilindro en líneas espirales. (*Fig. 54.*)

I.º Para comprehender la teoría de esta máquina es necesario atender á que interés la potencia por medio de una palanca ó cigüeña hace dar vueltas al cilindro sobre sus dos quicios ó puntos de apoyo A y E en la dirección D n G, cada punto D del *Canal espiral* se halla ya al zenit ya al nadir, ya en el horizonte relativamente al exe A E del cilindro.

II.º Sea pues una bala puesta en el canal espiral en B C. Quando ésta extremidad del canal está á la altura del exe del cilindro, la bala por su gravitación se precipitará baxo del exe del cilindro en B.

Como el Cilindro da vueltas sin cesar en la direc-

cion $D \neq C$, el punto B del canal pasa del nadir al zenit del cilindro, y la bala en vez de subir con el punto B mas arriba del cilindro se precipita por su gravedad en la parte del canal que está baxo del exe del cilindro en D.

Mientras que el punto D sube del nadir al zenit del cilindro, la bala continúa en precipitarse por su gravedad baxo del exe del cilindro, y quando este punto D ha acabado de dar su vuelta, la bala se halla baxo del exe de dicho cilindro en el punto M, y asi progresivamente hasta el punto r en que está la extremidad superior del canal espiral.

Quando este punto r ó este horificio del canal espiral sube del nadir al zenit del cilindro, la bala en lugar de subir con él se escapa baxo del exe del cilindro; pero ya no la retiene el canal espiral que se ha acabado. Asi la bala sube del punto B á r en virtud de su pesantez que la impele sin cesar á precipitarse baxo del exe del cilindro.

III.º Fácilmente se comprende que si la extremidad BC del canal espiral está metida en un rio ó en un pozo, el agua por su pesantez se precipitará continuamente del mismo modo que la bala debaxo del exe del cilindro en B, en D, en M y en r , de donde correrá sin cesar formando un caño mayor ó menor segun la capacidad del canal durante todo el tiempo que el Cilindro diere vueltas sobre su exe.

ARTICULO SEXTO.

TEORÍA DE LA CUÑA.

474. DESCRIPCION. La *Cuña* es un Cuerpo duro compuesto de cinco Planos, de los que los tres son paralelogramos y los dos triangulos. (Fig. 68.)

I.º Los dos paralelogramos $CD A a$, y $BFA a$

rcu-

reuniéndose en A a forman un ángulo FAD que se llama la *Punta* ó *Corte* de la Cuña. (Fig. 68.)

El plano opuesto al Corte á saber $DBFC$ se llama la *Base* ó *Cabeza* de la Cuña.

La distancia AH de la punta á la cabeza de la Cuña es la *Altura*, y la distancia FD su *anchura*.

II.º La Cuña sirve para rajar ó dividir cuerpos duros. Se introduce por medio de una pequeña hendidura en el cuerpo que se quiere dividir, y entonces se da un fuerte golpe en la cabeza de la Cuña en la direccion del exe para obligar á la Cuña á meterse por entre las partes que se quiere separar.

El *Exe de la Cuña* es una línea recta tirada del medio de su corte Aa al medio de su base $BCDF$.

475. NOTA I. El Macho ó Mazo con que se da en la cabeza de la Cuña siendo por otra parte todas las cosas iguales tiene una fuerza motriz tanto mayor quanto mayor es el arco por el que se mueve, ó la vuelta que se toma para venirle á descargar sobre la cabeza de la Cuña.

La razon es porque la Potencia le imprime el movimiento por medio de exfuerzos sucesivamente reiterados, cuya suma se hace tanto mayor quanto el arco que se ha de correr da mas tiempo á la Potencia de exercer y repetir sus exfuerzos.

Y así el macho ó mazo descarga sobre la Cuña con una suma de movimiento acelerado que es el efecto y resultado de todos los exfuerzos sucesivos de la Potencia que le ha movido.

476. NOTA II. La Cuña es una máquina muy sencilla en sí, pero cuyo mecanismo es mas difícil de entender que el de ninguna otra.

Porque las otras Máquinas presentan á la vista y al entendimiento *Puntos de apoyo* fixos y determinados á los que se refieren fácilmente las palancas conocidas de la potencia y de la resistencia: pero en la Cuña es muy difícil tanto el fixar los puntos de apoyo que se confunden en la resistencia, como el determinar las palan-

cas de la potencia y de la resistencia. Para aclarar este objeto he aquí algunas observaciones. (*Fig. 66.*)

1.º La resistencia que un Cuerpo que se quiere dividir, por exemplo el trozo de madera M F N opone á la division ó separacion de sus partes, nace de la adherencia misma de las partes que hay que dividir. Qualquiera que sea la causa y modo de esta adherencia se pueden considerar las partes adherentes M F y N F como un haz de fibras longitudinales naturalmente ligadas entre sí por una serie transversal de hilitos $v s$ y $t v$ inflexibles ó flexibles.

Si estos hilitos son inflexibles no pueden extenderse sin romperse, y el exfuerzo que rompe al primero rompe tambien al segundo.

Si estos hilitos son flexibles, el exfuerzo que lucha contra el primero le da una tension que resiste á la potencia, y que reúne su resistencia á la de los hilitos siguientes. Estos hilitos asi como todas las cuerdas tanto mas resisten quanta mas tension tienen sin romperse, y esta es la razon porque algunas maderas nudosas son tan difíciles de hendirse.

II.º Quando la Cuña se introduce en el leño M F N la cuña impelida por el mazo es la potencia; la espesa multitud de hilitos transversales r, s, t, v es ó produce la resistencia; el punto de apoyo está á la extremidad B de la hendidura en donde empiezan los hilos resistentes.

En esta Máquina la resistencia no tiene palancas; su fuerza es fixa y constante, á saber la adherencia mayor ó menor de las partes que hay que dividir. Pero esta *Resistencia constante* es atacada por una potencia que obra de un modo tanto mas favorable quanto mas altura tiene A B y menos anchura C D.

Para comprender la razon consideremos una seccion qualquiera N F como inmóvil. En esta suposicion la seccion opuesta M F tiene todo el movimiento que debe producir la Potencia ó Cuña; la potencia lucha contra la resistencia por medio de la palanca A B, y quando la Cuña se introduce en el leño, toda la cantidad

A B no separa sus partes mas que la cantidad C D. Luego la velocidad de la potencia está á la de la resistencia como A B á C D.

III.° Quando el ángulo de separacion M F N termina mas allá de la punta de la Cuña A B (como sucede quando el leño en fuerza de alguna ó algunas mazadas se raja hasta algo ó mucho mas abaxo de adonde llega la punta de la cuña) la fuerza de la potencia se hace mayor, porque su palanca A F se hace mayor que la precedente A B.

Dé aqui la facilidad con que se dividen ciertos cuerpos quando la hendidura llega hasta mucho mas allá de la punta de la Cuña.

REGLA ÚNICA.

477. Quando una Potencia obra por medio de la cuña, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como el eje ó altura de la cuña á la anchura de su base. (Fig. 66.)

DEMOSTRACION. La Fuerza relativa de una potencia es á su fuerza absoluta como el espacio que ella anda al espacio que anda la resistencia.

Es así que quando la Cuña que representa el movimiento de la potencia se introduce todo lo que es de alta A B, la resistencia no se separa mas que la anchura C D; y quando la cuña se introduce una parte qualquiera a B de su altura la resistencia no se separa mas que una parte proporcional *cd* de su anchura. Luego en la accion de la Cuña la fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta como la altura de la cuña á su anchura. (L. Q. P. D.)

478. COROLARIO. Quanto mas aguda es la Cuña, mayor es la fuerza relativa de la potencia; porque la velocidad de la potencia ó de la Cuña tanto mas excede á la velocidad de la resistencia ó de las partes que se separan quanta mas altura A B y menos anchura C D tiene la Cuña. (Fig. 66.)

479. APLICACION. El uso de la Cuña no está limita-

do únicamente á hendir maderas ó piedras. El podon y la bacha del Leñador, la espada y fabre del Militar, la lanceta y el visturí del Cirujano, la sierra y el barreno del Carpintero, el cuchillo y la navaja que andan en manos de todos son otras tantas diferentes especies de Cuñas cuyo grandor, figura y dureza son proporcionadas á la qualidad de las materias sobre que deben obrar, y á la accion del Motor que debe reglar sus esfuerzos.

Entre los instrumentos que hacen el *oficio de cuñas* los hay á quienes se les hace obrar oprimiéndoles simplemente contra su punta como las agujas, las espadas y los clavos.

Hay otros que se les hace dar vueltas sobre sí mismos como las bocas de los barrenos y de los taladros que obran á un mismo tiempo como roscas y como cuñas.

Les hay en fin á quienes se hace obrar mas favorablemente tirando de ellos á un lado y á otro sobre su largura como las sierras y navajas, dos instrumentos que no se diferencian mas que en lo mas ó menos afilado é igual de su corte; porque las navajas mejor afiladas vistas con el microscopio presentan su corte baxo de la apariencia de una sierra llena de desigualdades.

SECCION TERCERA.

RESISTENCIA DE LAS MAQUINAS.

480. OBSERVACION. Las Máquinas en su estado físico no producirán todo el efecto que las atribuimos considerando en un estado metafísico en que nada se oponia á toda la extension de su accion. Al paso que por una parte las Máquinas favorecen á la potencia segun las diferentes proporciones que hemos determinado; por otra las mismas Máquinas oponen á la potencia un obstáculo que les es intrínseco é inseparable: á saber *el Rozamiento de los cuerpos* de que se componen, y *la Rigidez ó tie-*

sura de las cuerdas con que se atan los cuerpos que se quiere mover.

Estos dos obstáculos luchan contra la Potencia; deben pues necesariamente consumir una parte de la *fuerza relativa* que la dan las Máquinas.

ROZAMIENTO DE LOS CUERPOS.

481. DEFINICION. Llámase *Rozamiento* la resistencia ocasionada por las desigualdades de dos cuerpos gravitantes, de los cuales uno se mueve sobre el otro.

I.º En todas las Máquinas hay inevitablemente un *Rozamiento ocasionado por la resistencia del cuerpo que se há de mover.*

La Polea padece este Rozamiento sobre el éxe de su alcoba; el Torno sobre los puntos de apoyo en que rueda su cilindro; el Plano inclinado sobre la parte de su superficie en que está apoyado el cuerpo que se mueve por él; una Palanca tal como la balanza sobre el éxe de su barra; la Rosca y la Cuña en toda su longitud.

II.º Se puede hacer á un cuerpo correr la superficie de otro de dos modos; primero aplicando sucesivamente *unas mismas partes* del uno á diferentes partes del otro; como quando se hace resbalar un Libro sobre una mesa; segundo haciendo tocar sucesivamente *diferentes partes* de una superficie á diferentes partes de otra, como quando se hace rodar una Bola sobre una mesa de villar.

En el primer caso las desigualdades de las dos superficies se meten unas entre otras y no se separan por lo comun sino quebrándose, como se puede notar por el polvo que resulta de este rozamiento.

En el segundo estas mismas partes desiguales de las dos superficies engargantadas unas en otras se apartan mutuamente, al modo que los dientes de dos ruedas de una muestra que se defengargantan rodando libremente uno sobre otro.

El primer rozamiento se padece en la mayor parte de las Máquinas; el segundo incomparablemente menos

eficaz se verifica en las cuerdas que pasan sobre poleas ó cilindros.

III.º El primer Rozamiento que es el que mas importa conocer bien, y el único de que aquí trataremos está fometido á Leyes fixas que vamos á observar y determinar por lo que nos enseña la experiencia.

482. REGLA I. La resistencia ocasionada por el Rozamiento es proporcional no á la superficie sino al peso del Cuerpo que carga sobre el otro. (Fig. 47.)

DEMOSTRACION. Consta por muchas experiencias hechas con la mas escrupulosa atencion por el Sabio Desaguliers que si se pone sobre un Plano paralelo ú obliquo al horizonte un mismo Cuerpo R que tenga superficies desiguales, este Cuerpo será arrastrado en la direccion del plano por una misma potencia por un mismo peso preciso P, ya sea que este cuerpo R resbale sobre el plano por su superficie mayor m, ya sea que resbale por su superficie menor n.

Consta tambien que la potencia P que le hace resbalar y le arrastra debe ser tanto mayor quanto este cuerpo tiene mayor pesantez.

Luego la resistencia nacida del rozamiento de este cuerpo es proporcional no á su superficie sino á su pesantez.

La razon es, porque quanta mas pesantez tiene un Cuerpo mas desigualdades fuyas se introducen en las del otro que le sostiene, siendo de consiguiente necesaria para sacarle de estos pequeños hoyos una fuerza tanto mayor quanto mayor pesantez tiene, ó una fuerza proporcional á la pesantez que se necesita vencer para lograr este efecto. (L. Q. P. D.)

483. REGLA II. La Resistencia ocasionada por el rozamiento equivale con corta diferencia á una tercera parte de la pesantez del cuerpo que le produce. (Fig. 47.)

DEMOSTRACION I. Consta por la experiencia que si se pone sobre un plano horizontal A C perfectamente liso un Cubo ó un Paralelopípedo R que pese treinta libras será necesario un peso P como de diez libras para arras-

trarle en la *direccion* R C del plano horizontal.

I.º Este Cuerpo R no resiste á su movimiento R C por su pesantez, respecto de que ésta pesantez es soportada y destruida por el plano, y la es indiferente descansar sobre el punto A ó C, ó sobre el punto R del plano que por todas partes dista igualmente del centro de la Tierra.

II.º Este Cuerpo R no resiste á su movimiento R C por su simple fuerza de inercia, pues si este cuerpo R fuera un globo de 30 libras, un peso de mucho menos que de diez libras en P bastaria para hacerle mover en la *direccion* R C rodando sobre su circunferencia.

III.º El Cuerpo R de 30 libras no puede ser arrastrado de R á C sino por una fuerza ó peso como de 10 libras, y la resistencia que opone este cuerpo R á su movimiento horizontal R C no se puede atribuir á otra causa que á su rozamiento. Luego la resistencia ocasionada por el rozamiento de un cuerpo es igual á una tercera parte de la pesantez de este cuerpo, ó es á este cuerpo como 1 á 3.

DEMOSTRACION II. Consta asimismo por la experiencia que si se inclina poco á poco el Plano horizontal sobre que está puesto un cubo ó paralelepípedo M, éste *Cuerpo* M no se moverá resbalando de M á N mientras que el ángulo de inclinacion B A C sea de menos que de 19 grados y 18 minutos. Consta tambien que quando este ángulo B A C sea de 19 grados y 18 minutos, el Cuerpo M estará sobre el punto inmediato al de su movimiento ó de su caída M N, de fuerte que este ángulo de inclinacion B A C no podrá hacerse mayor sin que el Cubo ó Paralelepípedo M baxe en virtud de su gravedad. (*Fig. 47.*)

I.º Supuesta esta observacion experimental, ratiocino asi. El *Rozamiento* que es la única causa que impide al Cubo ó Paralelepípedo M baxar, equivale á una potencia que hiciera equilibrio con este Cuerpo sobre un Plano inclinado en que no hubiese frotacion alguna.

Ahora pues, la potencia que hace equilibrio con un

tal cuerpo apoyado sobre un plano inclinado, y exémpto de todo rozamiento (por exemplo con un globo que puede rodar libremente sobre su circunferencia) es á este cuerpo como la *altura* B C del plano á su *longitud* B A. (461.)

II.º Se debe advertir aquí que la altura B C del plano es el *Seno del ángulo de inclinacion* B A C, y que la longitud B A del plano es igual á S A que es el *Seno del ángulo recto* S A C ó el *Seno total*. Luego la resistencia que proviene del rozamiento es al cuerpo que le ocasiona como el Seno del ángulo de inclinacion es al Seno total.

Es así que el Seno de un ángulo de 19 grados y 18 minutos es al Seno total como 1 á 3, lo que puede verse en la Tabla (a) de los Senos. Luego la resistencia que proviene de la frotacion es á la pesantez del cuerpo que la ocasiona como 1 á 3 con corta diferencia. (L.Q.P.D.)

484. COROLARIO. Supuestos estos principios se puede fácilmente valuar la *cantidad de fuerza* que debe tener la potencia para poder vencer tanto la resistencia del peso como la del rozamiento.

I.º Si sola la resistencia padece rozamiento, la fuerza de la potencia debe ser superior una tercera parte al peso de la resistencia: por exemplo si la resistencia es = 9, es necesario que la potencia sea $9 + 3 = 12$.

Dos Caballos que llevan un carro deben estar en estado de vencer además del peso del carro y de toda la carga una resistencia igual á una tercera parte del peso que gravita sobre su eje.

Así si el eje sostiene un peso de 1500 libras se le debe considerar como que sostiene 2000 sin rozamiento, porque el eje padece un rozamiento que ocasiona una resistencia igual á un peso de 500 libras.

II.º Si la Resistencia y la Potencia padecen á un mismo tiempo rozamiento, la fuerza de la potencia debe ser superior al doble al peso de la resistencia: por exemplo si el peso

(a) Esta Tabla se hallará al fin de los Elementos de Matemáticas.

peso de la potencia es $= 9$, y el de la resistencia $= 9$, los dos pesos padecen un rozamiento $= 6$.

Asi la cantidad que era necesario añadir á la potencia seria 6: luego la potencia será ya $9 + 6 = 15$.

Pero añadiendo á la potencia un peso $= 6$, se la añade un nuevo rozamiento que equivale á 2, y asi será necesario añadir dos á la potencia que será ahora $9 + 6 + 2 = 17$.

Pero añadiendo 2 á la potencia se ocasiona un nuevo rozamiento que equivale á una tercera parte de este peso. Luego es necesario continuar añadiendo á la potencia la tercera parte de la cantidad precedente hasta que se llegue á un peso bastante pequeño para que se le pueda despreciar sin temor alguno de errar en la cuenta.

Por consiguiente en la hipótesis presente $6 + 2 + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{2}{27} + \frac{2}{81}$ es la cantidad que será necesario añadir á la potencia 9 para ponerla en estado de vencer asi la resistencia del peso opuesto, como la ocasionada por la doble causa de rozamiento.

485. APLICACION. Para que se pueda percibir mejor esta Teoría del rozamiento, conviene aplicarla por menor á algunos exemplos conocidos. (Fig. 61.)

I.º Supongamos que el peso R pesa 300 libras, ocasionará un rozamiento que resistirá tanto como 100 libras mas. La potencia que obra por medio de las palancas *a b* tendria pues equivalentemente que vencer una resistencia R de 400 libras.

II.º Supongamos que el cilindro M N pesa 150 libras. Aunque la potencia no debe soportar este peso que descansa sobre los puntos de apoyo M N, soportará sin embargo el rozamiento quando se ponga la máquina en movimiento. Este rozamiento del cilindro es pues tambien equivalente á un peso de 50 libras mas para la cuenta de la fuerza que necesita la potencia que tendrá que luchar contra una resistencia igual á 460 libras.

III.º Supongamos que esta máquina debe ser puesta en movimiento por el brazo de un hombre capaz de emplear un esfuerzo sostenido y constante igual al peso de 60 libras.

Si los radios prolongados a b no son mas que seis veces mayores que los del cilindro, la fuerza relativa de este hombre hecha seis veces mayor que su fuerza absoluta no será mas que como 360. No será pues suficiente para vencer la resistencia que es como 450. Luego es necesario aumentar todavia mas la fuerza de este hombre.

Para esto hagamos sus palancas a b ocho veces mayores que los radios del cilindro. La fuerza relativa de este hombre por medio de su palanca siempre ocho veces mayor que la de la resistencia vendrá á ser ocho veces mayor que su fuerza absoluta, y será $60 \times 8 = 480$, superior por lo mismo á la resistencia que no es mas que 450. Luego este hombre podrá vencer por el exfuerzo de su brazo así la resistencia del peso, como la del rozamiento.

IV.º Supongamos que este hombre en vez de mover la máquina por el exfuerzo de su brazo debe moverla por el peso de su cuerpo caminando en un tambor, y que pesa 150 libras. Ocasionará un rozamiento que será la tercera parte de su presión, ó 50 libras mas.

Será pues necesario que tenga palancas tales, que mediante su peso de 150 libras pueda vencer el peso $R = 300$ libras, el rozamiento de este peso $= 100$, el del cilindro y del tambor $= 50$, y el añadido por su propio peso $= 50$.

486. NOTA. I.º La regla general que hemos dado y demostrado acerca del rozamiento, debe necesariamente padecer algunas variaciones por razon de la diversidad que se halla en los cuerpos cuya adherencia, tiefura, compresibilidad y elasticidad varían al infinito.

Y así esta regla ó ley general en el estado físico de las cosas, no puede ni debe servir mas que para valuaciones por aproximacion, que basten en la práctica, donde no hay absoluta necesidad de la precisión matemática.

II.º Debemos advertir tambien que segun las Experiencias de los Señores Muschbroek y Nollet un mismo cuerpo de superficies desiguales padece algunas veces

un poco mas resiltencia ó rozamiento moviéndose sobre su superficie mayor, que moviéndose sobre la menor; lo que no concuerda con las Experiencias de Desaguillero que hemos adoptado.

Pero estos Autores confiesan tambien que el rozamiento relativo al grandor de las superficies es incomparablemente menor que el relativo al grandor de las masas, y asi se puede absolutamente despreciar el cortísimo aumento de rozamiento ocasionado por la diferencia de superficies si es que este aumento es real lo que contradicen otras Experiencias.

PESO Y RIGIDEZ Ó TIESURA DE LAS CUERDAS.

487. OBSERVACION. Las cuerdas que sirven para sostener y levantar los cuerpos resisten á la potencia opuesta asi por su peso como por su rigidez ó tiesura.

Su *Peso* se debe considerar como que constituye parte de la potencia, ó de la resistencia y segun que favorece á esta ó á aquella.

Su *Rigidez* ó *Tiesura* es la resistencia que oponen á doblarse, la qual es tanto mayor quanto la cuerda es mas gruesa y padece mayor inflexion.

488. REGLA I. *Los Pesos de las cuerdas de una misma materia y longitud son entre sí como los quadrados de sus diámetros.*

DEMOSTRACION. Siendo las cuerdas especies de cilindros dos *Cuerdas de una misma longitud* son entre sí como dos cilindros de una misma altura.

Dos *Cilindros de una misma altura* son entre sí como sus bases que son dos círculos. (*Math.* 619.)

Dos *Círculos* son entre sí como los quadrados de sus diámetros. (*Math.* 500.)

Luego dos *Cuerdas de una misma longitud* son entre sí como los quadrados de sus diámetros. (*L. Q. P. D.*)

489. REGLA II. Quando las *Cuerdas* que levantan un peso se doblan sobre *Cilindros* en líneas circulares ó espirales, consta por las experiencias del sabio Mecánico

Amontons, que la *Resistencia ocasionada por su Inflexion es en razon directa de los pesos que las estiran en razon directa de sus propios diámetros y en razon inversa de los diámetros de los cilindros en que se enroscan.*

EXPLICACION. I.º Esta Inflexion es en razon directa de los pesos que las estiran: de suerte que si dos cuerdas de igual grueso son estiradas la una por un peso de 30 libras, y la otra por un peso de 10, la resistencia á doblarse de la primera será tres veces mayor que la de la última.

II.º Esta Inflexion es en razon directa de sus propios diámetros: de suerte que si dos cuerdas estiradas por un mismo peso se doblan sobre un mismo cilindro, y el diámetro de la primera es quádruplo del de la segunda, la resistencia de la primera será quatro veces mayor que la de la segunda.

III.º Esta Inflexion es en razon inversa de los diámetros de los cilindros en que se enroscan: de suerte que si dos cuerdas iguales estiradas por pesos iguales se doblan al rededor de dos cilindros, de los quales el primero tenga un diámetro doble del segundo, la cuerda que se enrosque en el primero opondrá á su inflexion una resistencia como 1, y la que se enrosque en el segundo una resistencia como 2.

490. NOTA. Esta última teoría necesita aun de las tres pequeñas aclaraciones que vamos aqui á darla.

I.º El mismo Mecánico M. Amontons, da un *Método general* para valuar la resistencia ocasionada por la Tiesura de las cuerdas: he aqui en sustancia este método.

Despues de haber observado que una *Cuerda de una línea de diámetro* estirada por un *Peso de una libra* doblándose al rededor de un *Cilindro de un dedo de diámetro* oponia por su tiesura una resistencia igual á media onza que es la trigésima-segunda parte de una libra.

Generalizó esta relacion para aplicarla á todos los cilindros, á todas las cuerdas, y á todos los casos posibles por esta proporcion: el *diámetro del cilindro*, ó el número de dedos que incluye es al *diámetro de la cuerda*, ó al

número de líneas que tiene su diámetro, como el *peso suspendido de la cuerda*, ó como el número de libras que pasa dividido por 32 á un *quarto termino* que expresará el peso que haria equilibrio con la resistencia que opone la cuerda por su tiesura.

Sea por exemplo el diámetro del cilindro al rededor del qual deba doblarse la cuerda = 12 dedos: el diámetro de la cuerda = 3 líneas: y el peso que estiró la cuerda = 128 libras: se tendrá $12 \cdot 3 : \frac{128}{32} = 4 \cdot x$.

Multiplicando los dos medios 3 y 4 uno por otro se tendrá por producto 12, que divididos por el primer término 12 darán 1 por quociente. Asi 1 expresa una libra que corresponde á la resistencia nacida de la *Tiesura de la cuerda que es necesario doblar* y que determina por sí misma la cantidad que se debe añadir á la potencia para ponerla en estado de vencer este obstáculo.

II.º Todo el mundo sabe que *las Cuerdas que no son metálicas se acortan humedeciéndose, y se alargan secándose.*

Quando se humedecen, la interposicion del líquido separa los filamentos que aumentan su diámetro, perdiendo á proporcion de su longitud. Quando se secan, la evaporacion del líquido vuelve los filamentos á su primer estado, y su longitud se aumenta á proporcion de que pierden de su diámetro.

Consta por las experiencias del célebre Reaumur que diez hilos por exemplo, que tendrian cada uno precisamente una fuerza suficiente para sostener un peso de una libra torcidos juntos y hechos una cuerda no tendrán fuerza suficiente para sostener un *Peso de diez libras.*

Luego la *Torcedura* que une los hilos en una misma cuerda lexos de hacerles mas fuertes los hace mas débiles.

491. CONCLUSION. La *Materia* y el *Movimiento* son los dos únicos principios, los dos únicos constitutivos de que resulta la universalidad de los Seres sensibles é inanimados.

Habiendo ya considerado en su generalidad estos dos principios fecundos, réstanos observarlos en particular,

y seguirlos por menor en los diferentes teatros de la Naturaleza, en el elemento de la Tierra, en el del Agua, en el del Ayre, en el del Fuego y de la Luz, y en los Globos y Espacios celestes.

El Globo que habitamos, el *Globo terrestre* no es mas que un punto en la inmensidad de las cosas. Pero este punto merece nuestra primera y principal atencion por la infinita multitud de objetos interesantes que nos presenta; porque las cosas nos interesan, no en razon de su grandeza absoluta, sino en razon de su proximidad, utilidad y relacion con nosotros.

FIN DEL PRIMER TOMO.

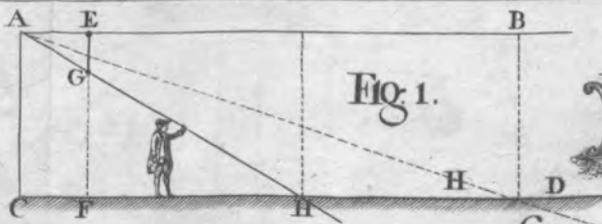
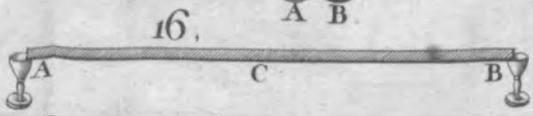
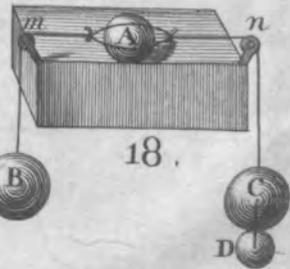
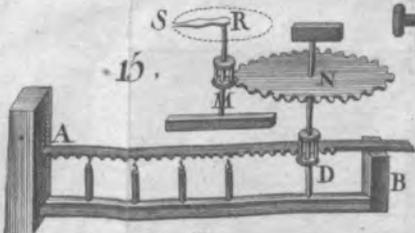
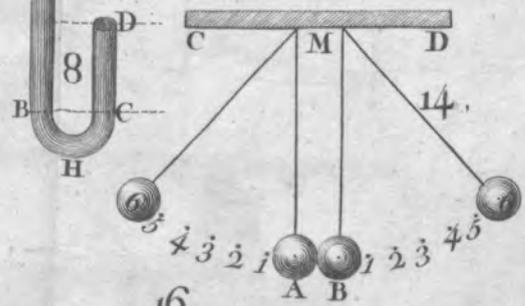
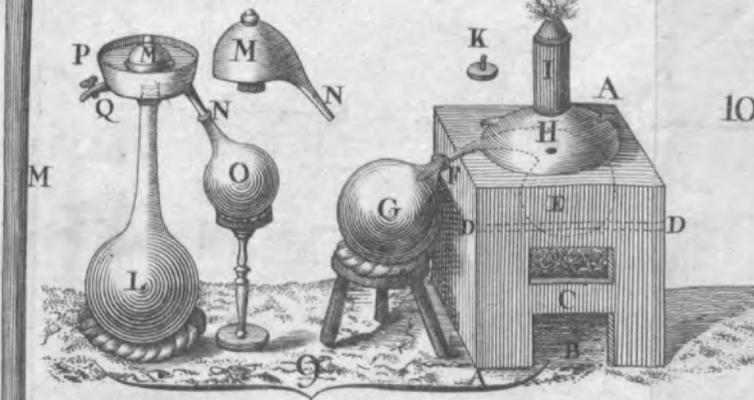
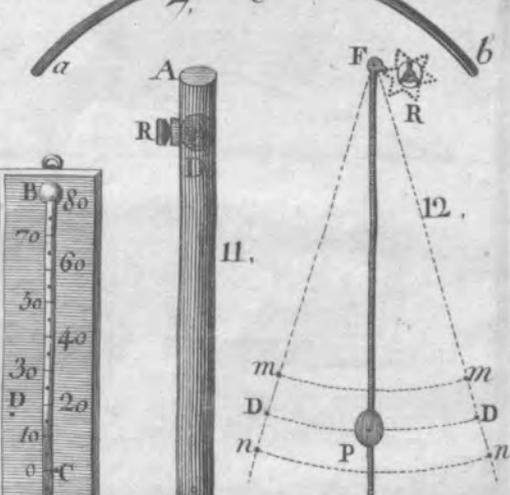
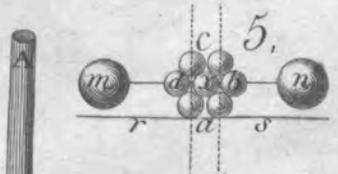
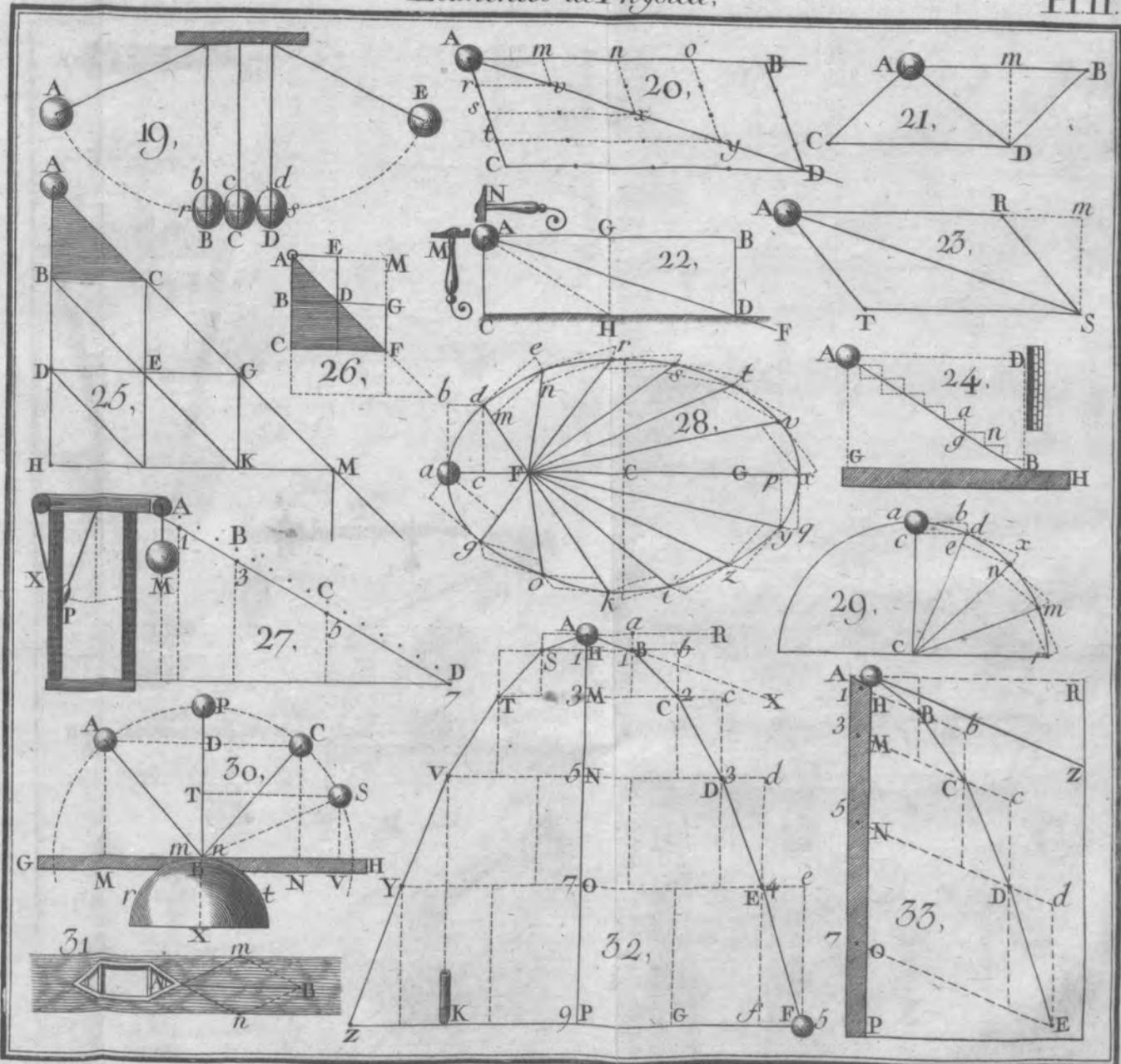


Fig. 1.





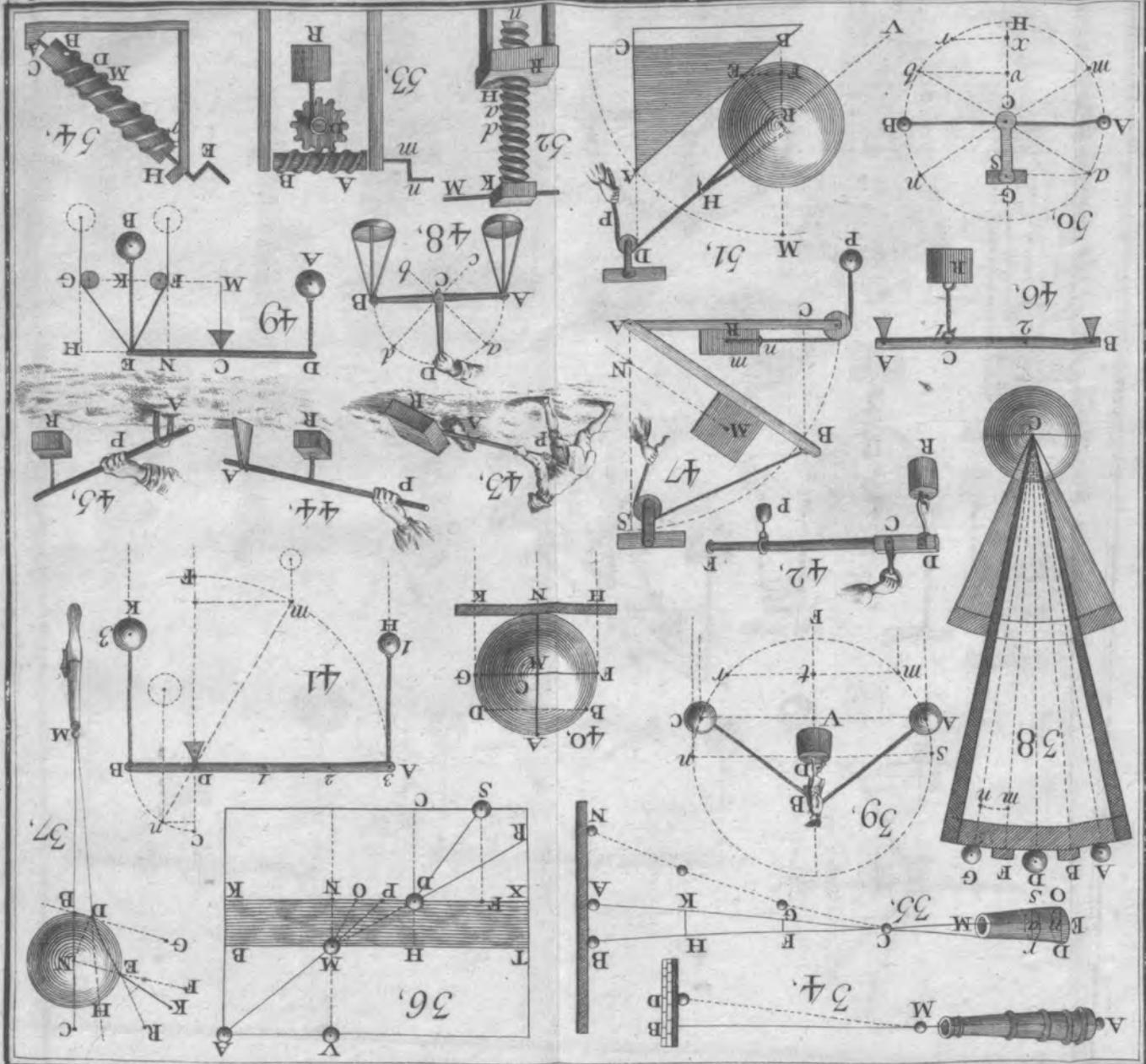
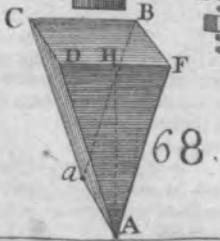
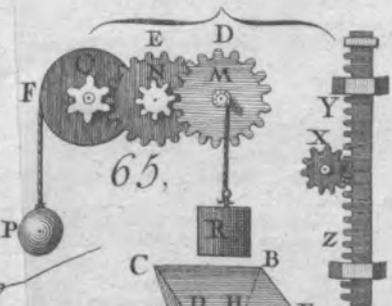
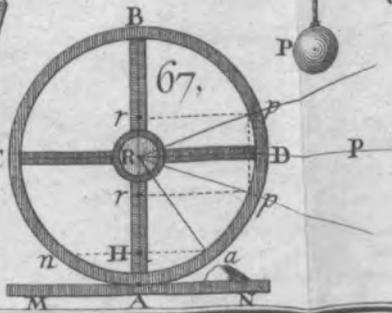
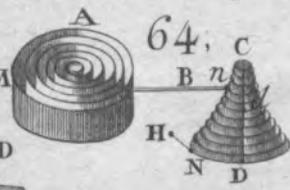
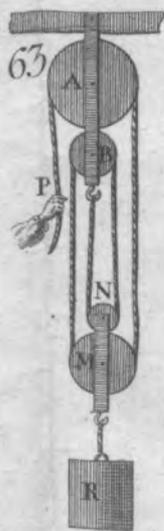
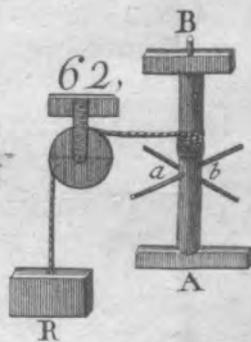
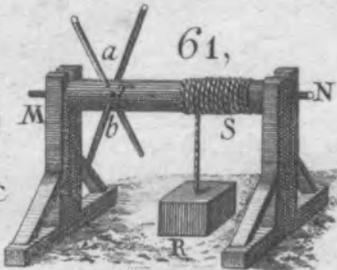
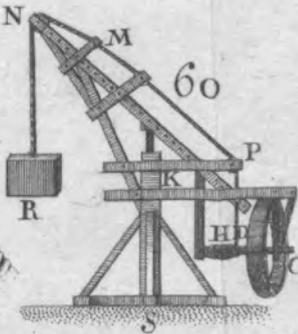
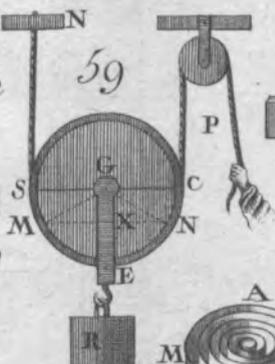
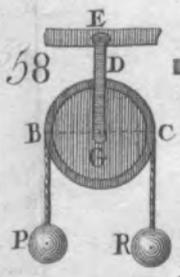
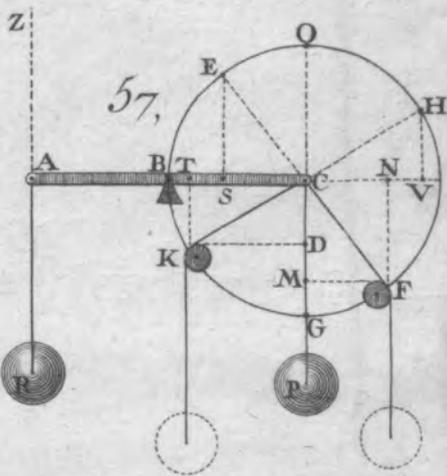
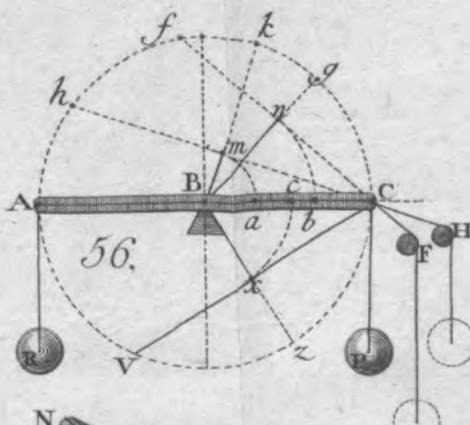
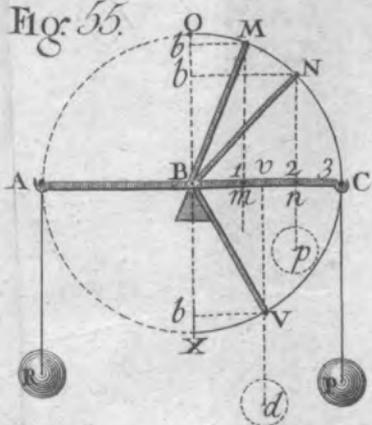


Fig. 55.



PLA

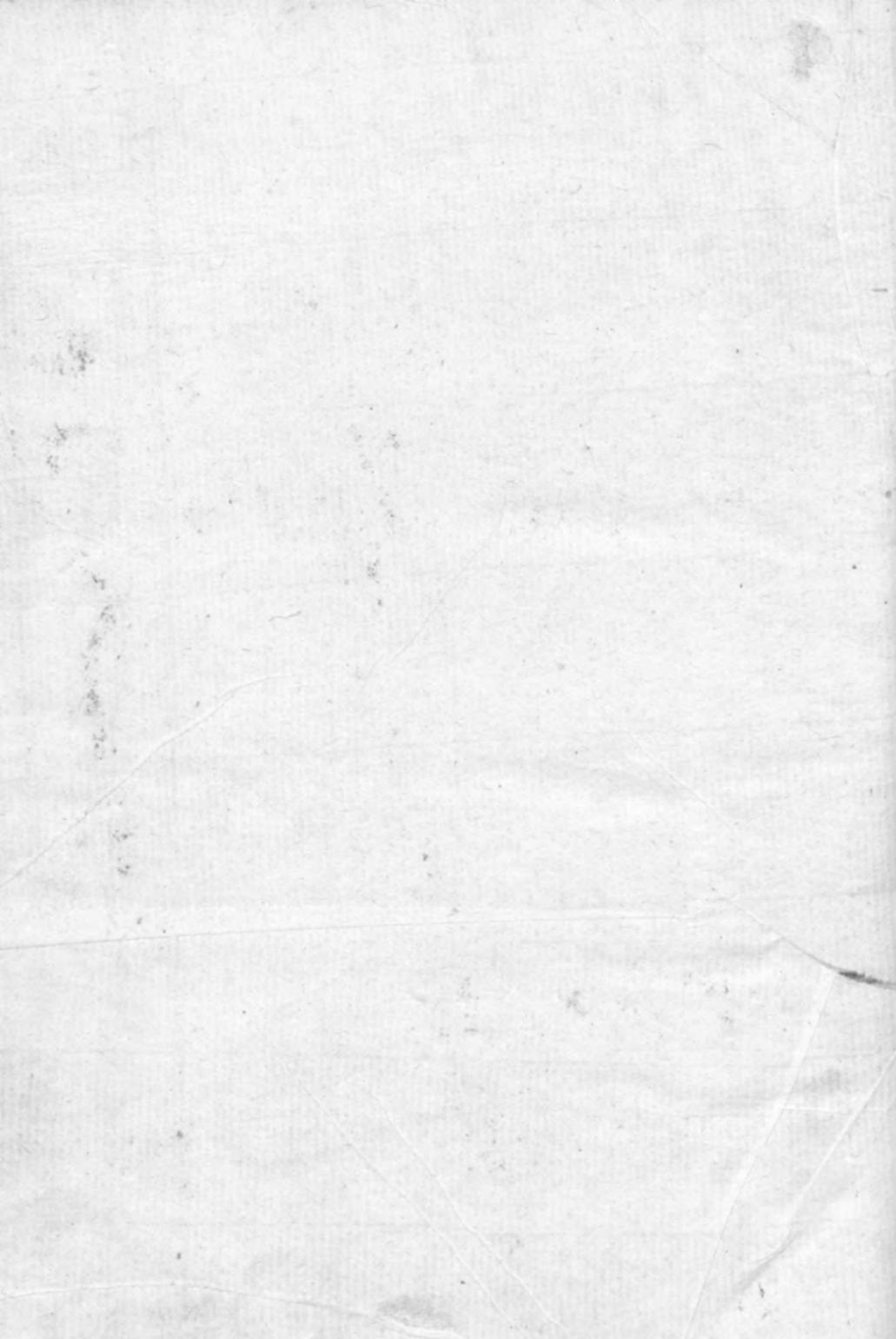


B

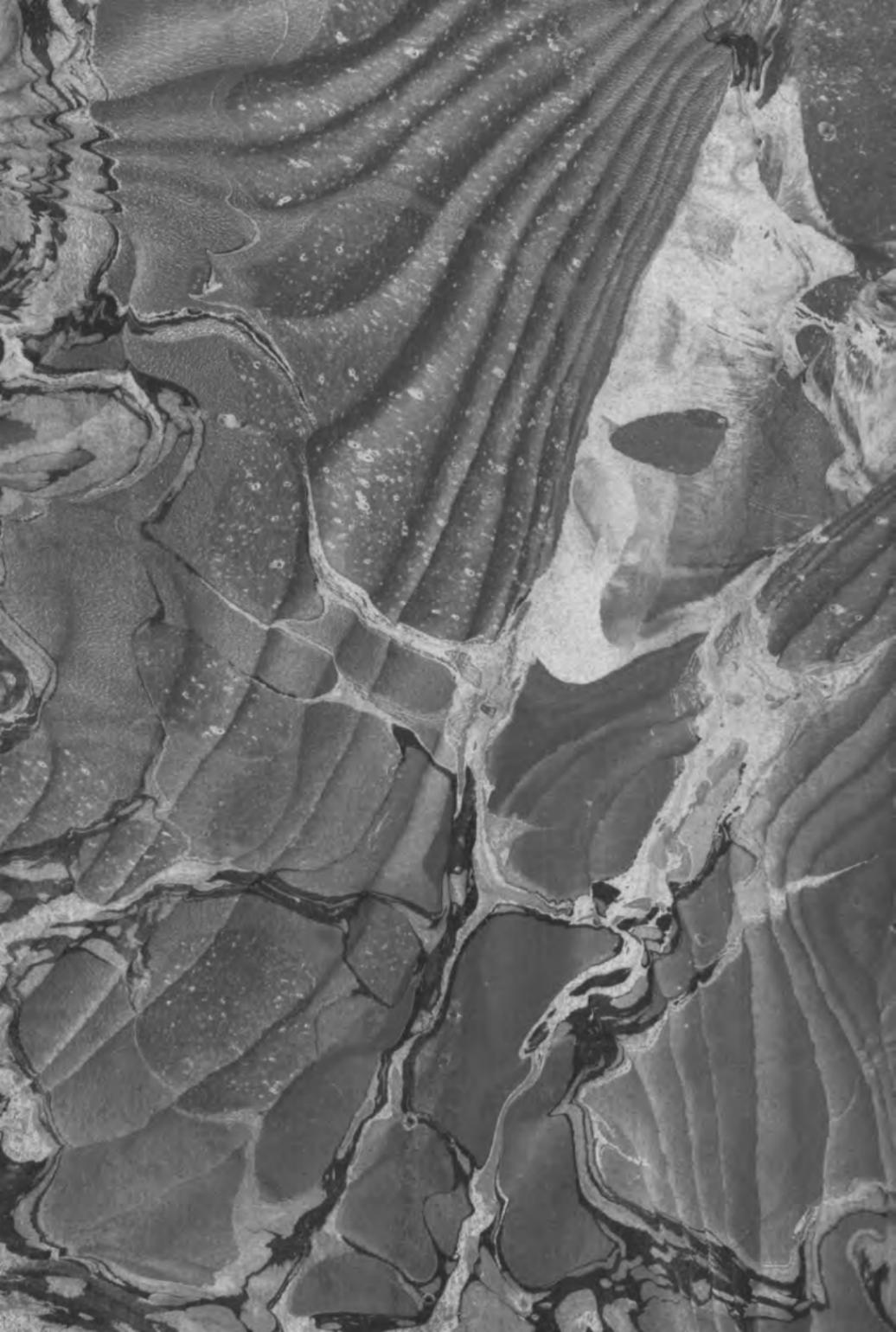
C

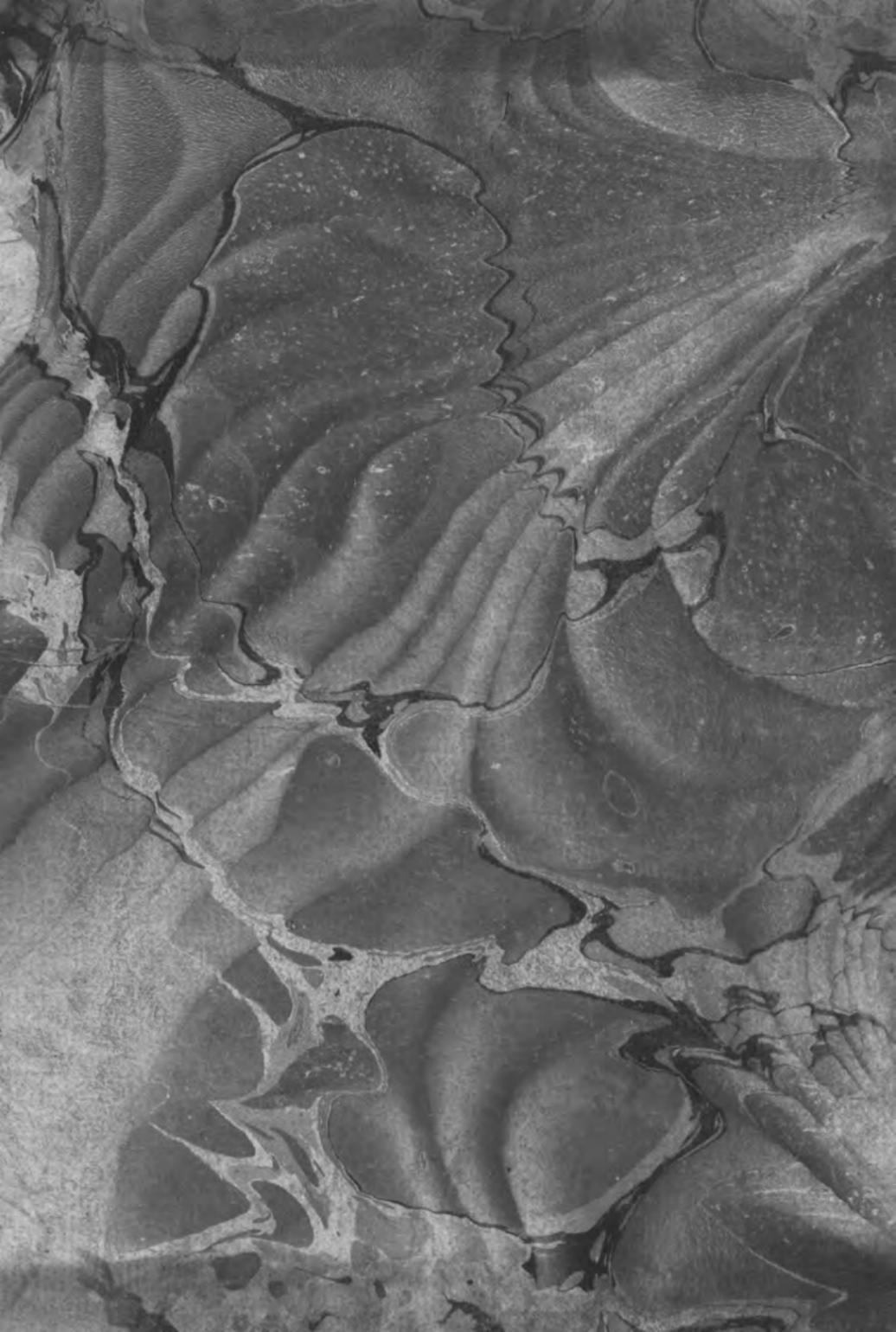
D

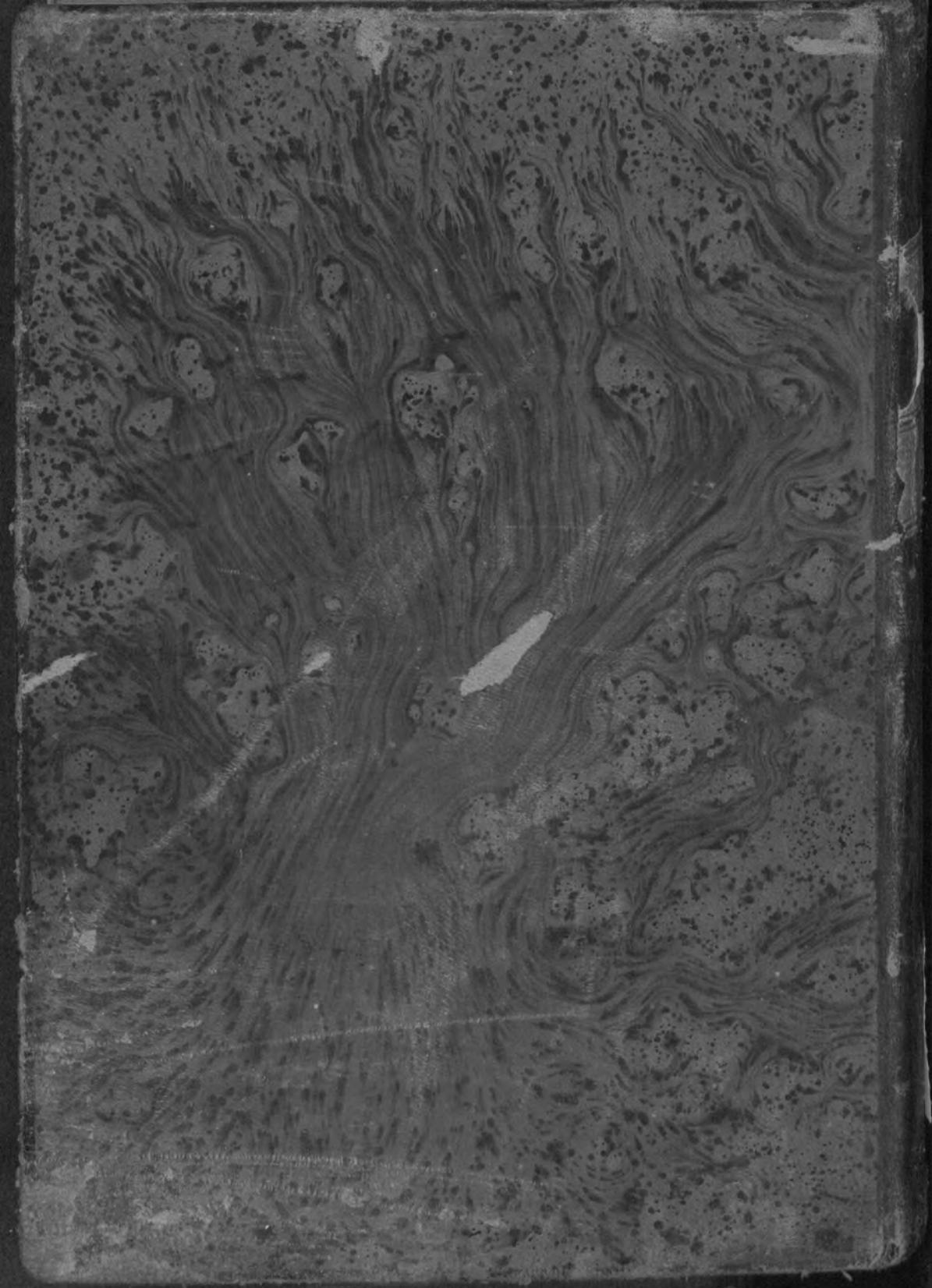












LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF TORONTO
PRINTED IN CANADA

G-E 210