





PERMANENT
MUSEUM

Herbert

Signt.^a Top.^a

Est. 1

Tab. 9

Núm. 18

RECREACION
FILOSÓFICA.



SEXTO.
Herrero
B6

944
A. 1. 1
60

RECITACION
FILOSOFICA

Verano
1800

RECREACION
FILOSÓFICA,
ó
DIÁLOGO

SOBRE LA FILOSOFÍA NATURAL
PARA INSTRUCCION

DE PERSONAS CURIOSAS
QUE NO FREQUENTÁRON LAS AULAS,

*POR EL P. TEODORO DE ALMEIDA,
de la Congregacion del Oratorio de S. Fe-
lipe Neri y de la Academia de las Ciencias
de Lisboa, Socio de la Real Sociedad
de Lóndres y de la de Vizcaya.*

TRADUCIDO DEL PORTUGUES

TOMO SEXTO.

TRATA DEL GLOBO CELESTE Y TERRÁQUEO.



MADRID MDCCLXXXVII.

En la Imprenta de la Viuda de IBARRA, Hijos y Compañía.

CON LAS LICENCIAS NECESARIAS.

RECREACION
FILOSOFICA

DIALOGO

SOBRE LA FILOSOFIA NATURAL

PARA INSTRUCCION

DE PERSONAS CURIOSAS

QUE NO FREQUENTAN LAS AULES

POR EL P. TEBRON DE ALMEIDA

de la Congregacion del Oratorio de S. Te-
bro y de la Academia de las Ciencias
de Lisboa, Doctor de la Real Universidad
de Coimbra y de la de Viena.

TRADUCIDO DEL PORTUGUES

TOMO SEXTO.

TRATADO DEL ESPERANZA Y TRISTEZA.



MADRID, MDCCLXXVII.

En la Imprenta de la Viuda de Ibarra, Calle de San Mateo.

CON LAS LICENCIAS NECESARIAS.

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS QUE SE TRATAN

EN ESTE TOMO VI.

TARDE XXIX.

De los Cielos y de los Astros en comun.

- | | | |
|---------|---|----|
| §. I. | <i>Del color y figura del Cielo. . .</i> | I |
| §. II. | <i>De la naturaleza de los Cielos. . .</i> | 15 |
| §. III. | <i>De los vórtices , remolinos ó turbillones de Descartes.</i> | 22 |
| §. IV. | <i>Del vacío Newtoniano en el espacio de los cielos.</i> | 27 |
| §. V. | <i>De la opacidad de los Planetas y sus Fases , en especial de las de la Luna.</i> | 41 |
| §. VI. | <i>De los Planetas primarios y secundarios , y de los Cometas y Estrellas en comun.</i> | 48 |
| §. VII. | <i>Del influxo de los Astros en los cuerpos terrestres.</i> | 59 |

TARDE XXX.

Del Sol y la Luna en particular.

- | | | |
|--------|---|----|
| §. I. | <i>Del Sol y de su naturaleza , figura , grandor , peso , densidad , manchas , y atmósfera.</i> | 73 |
| §. II. | <i>De los movimientos del Sol y de</i> | |

<i>su distancia de la Tierra.</i>	85
§. III. <i>De los Eclipses del Sol.</i>	90
§. IV. <i>De la Luna, su tamaño, peso, densidad, y de sus montes, atmósfera y habitantes.</i>	99
§. V. <i>De los movimientos de la Luna, y de su distancia.</i>	III
§. VI. <i>De los Eclipses de la Luna.</i>	117

TARDE XXXI.

De los demas Planetas en particular, y de los Cometas y Estrellas.

§. I. <i>De Mercurio y Vénus.</i>	130
§. II. <i>De la Tierra y de Márte.</i>	147
§. III. <i>De Júpiter, y sus Satélites ó Archeros.</i>	155
§. IV. <i>De Saturno, su Anillo y sus Satélites.</i>	165
§. V. <i>De los Cometas y sus órbitas.</i>	172
§. VI. <i>De la figura de los Cometas, y efectos que pueden causar.</i>	185
§. VII. <i>De las Estrellas fixas.</i>	196

TARDE XXXII.

De los movimientos de los Astros comparados entre sí.

§. I. <i>De los círculos de la Esfera.</i>	213
§. II. <i>Del sistema de Ptolomeo, y del Ticomico.</i>	219
§. III. <i>Del sistema Copernicano.</i>	224

§. IV. <i>Pésanse los argumentos de la Escritura contra el sistema Copernicano.</i>	236
§. V. <i>De los argumentos físicos contra el sistema Copernicano.</i>	242
§. VI. <i>De las razones físicas que favorecen á los Copernicanos.</i>	253
§. VII. <i>De los Astros retrógrados y estacionarios.</i>	266

TARDE XXXIII.

De la causa física del movimiento de los Astros, y de las leyes que perennemente observan.

§. I. <i>Del sistema Newtoniano en comun.</i>	273
§. II. <i>Pruebas de la gravedad general y mutua de todos los cuerpos.</i>	281
§. III. <i>Del movimiento de los Astros en elipses.</i>	296
§. IV. <i>De las leyes que inviolablemente observan todos los Astros en sus movimientos.</i>	305
§. V. <i>Del método para conocer el peso de los Planetas.</i>	313

TARDE XXXIV.

De los efectos que nacen de la figura y situacion del Globo de la Tierra respecto de los Astros.

§. I. <i>De la figura y division del Globo de la Tierra, y de la longitud</i>	
---	--

<i>y latitud de las Ciudades, y tambien de las Estrellas.</i>	330
§. II. <i>De las Horas, Dia y Año, Verano é Invierno.</i>	347
§. III. <i>De algunas paradoxas admirables acerca de los dias y las horas.</i>	357
§. IV. <i>Explícate el Dia, el Año y sus Estaciones en el sistema Copernicano.</i>	363
§. V. <i>Del Año grande formado por el movimiento periódico de las estrellas en el sistema Copernicano.</i>	366
§. VI. <i>De la causa de las Mareas.</i>	372
§. VII. <i>De las circunstancias particulares que se observan en el flujo y refluxo del mar.</i>	386

TARDE XXXV.

Del Globo de la Tierra considerado en sí mismo, y de su Atmosféra.

§. I. <i>De la Tierra firme y sus montes, y de las conchas del mar que se encuentran en ellos.</i>	393
§. II. <i>Del origen de las Fuentes y de los Rios.</i>	411
§. III. <i>De los Terremotos, sus causas y efectos: donde se trata de la elasticidad de los vapores.</i>	428
§. IV. <i>De los Vapores y las Nubes.</i>	443
§. V. <i>De las Lluvias, Vientos, Relámpagos, Truenos y Rayos.</i>	448
§. VI. <i>Del Arco Iris y de la Aurora Boreal.</i>	461



RECREACION

FILOSÓFICA

REPARTIDA

EN VARIAS TARDES.

TARDE XXIX.

*De los Cielos y de los Astros
en comun.*

§. I.

Del color y figura del Cielo.

Silv. **A** Amigo Eugenio, aquí me teneis despues de bien pocos dias de detencion. El deseo de volver á veros, y de la amena conversacion con que nos divertimos, hizo que me desocupase mas presto.

Eug. Igualmente obligado os estoy por el gusto que vuestra compañía me causa, que

Tom. VI.

A

por el provecho que me resulta de ella en la continuacion de nuestra recreacion literaria.

Teod. No os esperaba tan presto ; pero á buen tiempo habeis llegado , porque mañana tenemos un eclipse de Luna , que Eugenio y yo teníamos dispuesto observar , y sentíamos que estuviéseis ausente.

Silv. ¿ Pues que , ya le habeis vuelto Astrónomo en estos pocos dias que pasáron desde que yo faltó ?

Teod. No : que aunque las hermosas y serenas noches que nos brindaban á dar largos paseos por la playa hasta muy tarde, nos daban muchas veces ocasion de hablar de los cielos y de sus astros ; con todo eso, aguardándoos á vos , nos hemos abstenido de tratar cosa alguna metódicamente. Lo mas que hacíamos era admirar la encantadora belleza del Palacio del Omnipotente, visto por la parte de afuera. Muchas veces veia yo á Eugenio casi absorto quando ya con espíritu filosófico , iba pensando y reflexionando sobre cada cosa separadamente.

Eug. A la verdad no hay cosa que así me arrebaté el alma y recree suavemente la vista como una noche alegre y serena. Causame una especie de encanto ver aquella dilatadísima bóveda azul tachonada por todas partes de hermosísimos diamantes , que sin orden , pero con una gracia inimitable, están sembrados , ya mas juntos , ya mas apartados ; y que unos mas pequeños , y como hundidos dexan brillar á los otros , que

siendo mayores y mas vivos , parece que centellean. En algunos es la luz clara y serena que quiere competir con la de la luna : en otros un temblor é inquietud continua excita mas nuestra atencion , quanto la vista mas se empeña en observar su belleza. Quando la luna llena va saliendo por el Horizonte con un grandor extraño , de color encendido como de fuego , que parece un sol ardiendo , no se puede negar que es hermosísima. Levántase , y como que entónces tenemos un dia nuevo y mas apacible , que no nos precisa á huir de su calor , como nos obliga el Sol. Lo que mas agrada á nuestros ojos , y mas recrea el entendimiento , es ver el reflexo de su luz en las aguas del Tajo. Parece el rio de líquida plata , que brilla y resplandece como la misma Luna ; y acá en la playa , donde no es tan grande el reflexo , algunas olas dan una luz dispersa , como estrellas perdidas que imitan con bastante propiedad á las que resplandecen en el cielo. Confiésoos , Silvio , que me estaba sentado á la ventana horas enteras en alta noche , unas veces mirando al mar , oyendo el ruido que las olas hacian en la mansa arena , y viendo andar saltando por la superficie del algua los plateados peces , que festejaban á su modo la presencia de la luna : otras veces levantaba la vista al cielo , y la detenia ya en esta , ya en la otra estrella , ocultándose una con el mar , y apareciendo á cada paso otras de nuevo por el horizonte opuesto ; las quales recompensa-

ban el disgusto que yo á veces sentia por las que veia desaparecer. Y frecuentemente concluia diciendo acá entre mí : Si la tierra, que es la casa que Dios hizo para los hombres , á veces está cubierta de hermosas flores , y aparecen los campos tan vistosos : ¡ que mucho que sea bella y admirable la casa , que Dios fabricó para sí!

Silv. Y si tan bella y magestuosa es vista por fuera , ¡ que será mirada por dentro !

Teod. Pues ; que diriais si á la hermosura que pueden percibir los ojos , se juntase la que solo puede alcanzar el entendimiento ? ; Si viéseis el cielo no solo con los ojos de qualquier hombre , sino con los de un Astrónomo ?

Eug. Cierto que seria mi admiracion mucho mayor ; pero eso queda reservado para despues de haberos oido hablar sobre esta materia , como lo habeis executado sobre otras.

Teod. Pues ya que para mañana tenemos observaciones , entretengámonos hoy en desterrar algunos juicios anticipados y preocupaciones erradas , que desde la niñez se introducen en nuestro entendimiento , de las quales he advertido que teneis algunas por lo que os he oido discurrir acerca de los cielos y de los astros. Lo primero , juzgais que el cielo es una hermosísima bóveda azul ; y no es así. ; Que decis á esto , Silvio ?

Silv. Yo le llamaria globo , y no bóveda ; que ya está desterrada la opinion vulgar de los pueblos antiguos , que imagina-

ban que la tierra era llana , y que sobre ella estaba sentada una bóveda redonda , que era el cielo ; y hubo Monges tan encaprichados de este error , que tomaron sus báculos, y se pusieron en camino , esperando dar fin á su peregrinacion allá donde el cielo estuviere tan baxo , que tocase en la tierra , y se juntase con ella.

Eug. Gobernábanse solamente por los ojos; y no advertian que ocultándose el sol todos los dias por el Horizonte , y apareciendo por la parte opuesta la mañana siguiente , era manifiesto indicio de que daba vuelta á la tierra; y así no podia el cielo ser una bóveda que estuviese sentada sobre la tierra, así como en los relojes de faltriquera está asegurado el vidrio sobre la muestra ó esfera. No digo yo que el cielo es bóveda en ese sentido , sino un globo azul que todos los dias se mueve al rededor del globo de la tierra.

Teod. Pues en eso mismo está el engaño, porque el cielo ni es globo , ni es azul. Parece que Silvio se admira ; pero vamos discurrendo por partes. Lo primero si el cielo fuera azul , toda la luz que viésemos al traves de él , nos pareceria de ese color ; y así como viendo al Sol por un vidrio encarnado nos parece encarnado , del mismo modo viéndole al traves del cielo de la Luna, que está mucho mas abaxo , si este cielo fuera azul , se nos representaria de color azul; y lo mismo seria de los demas astros , que están mas altos que el Sol. Si se me res-

pondiere que solo es azul el último cielo donde imaginan que están engastadas las estrellas fixas, quisiera que me dixesen ¿ como puede verse ese color tan vivo á tanta distancia, quando innumerables estrellas (las quales en realidad son como unos Soles) por estar tan distantes, absolutamente no se perciben sino con grandes telescopios? Si vos á la otra banda del rio no pudiéseis divisar una hoguera grande por estar ya muy distante, ¿ como podríais percibir distintamente una manta azul de suerte que no os quedase duda de que era de ese color? Las sierras de Cintra y Arrabida muchas veces están vestidas de verde; y con todo eso quando se ven desde muy léjos, no se percibe en ellas un color claro ni vivo, sino un color pardo y obscuro. Eugenio, sabed que este espacio de los cielos respecto de nuestra vista es inmenso, y no tiene con ella proporcion alguna; de suerte, que si no fuera por la luz del Sol y de los demas astros, que siempre le están iluminando, para nosotros seria enteramente negro, como lo es una casa á obscuras; pero como ese espacio siempre está alumbrado de la luz de los astros, que ó giran sobre nuestra cabeza, ó andan por debaxo del Horizonte; y por otra parte la luz de suyo es blanca, derramándose esta luz débil sobre un plano negro, sale un azul celeste; al modo que quando los pintores mezclan tinta blanca con negra sale un color ceniciento. De aquí proviene que de noche quando el espacio mas cercano á nues-

tros ojos está con una luz mas remisa , qual es la de las estrellas , el color del cielo parece azul obscuro que tirá á turquí ; pero á proporcion que por la mañana se va iluminando el ayre con mayor porcion de luz, se va volviendo de un azul mas claro.

Eug. ¿Y por que razon el azul del cielo en invierno quando los dias están claros , es mas vivo que en verano en los dias de calma ?

Teod. En invierno quando logramos un dia claro , tiene el cielo un color muy lindo y mas intenso que en los dias calmosos ; y la razon es porque la calma hace elevarse muchos vapores gruesos de la tierra , y empañando estos algo el ayre puro , tienen los rayos de la luz mas partículas de que poder resaltar á nuestros ojos , y con eso el cielo queda mas claro ; pero despues de lluvias copiosas tiene el ayre muy pocos vapores , porque de unos se formó la lluvia que cayó , y otros los traxo consigo al suelo la misma lluvia , encontrándolos en el camino. Porque una gota de agua al caer, lleva consigo los vapores que estaban en el espacio por donde pasa ; así como lleva consigo el polvo que encuentra quando corre por encima de una mesa que le tenia. Y de este modo como el ayre tiene pocos vapores , resalta ménos la luz , y se hace mas visible el plano negro de los inmensos espacios , que llamamos cielos.

Silv. ¿Pues que , dudais que hay cielo ? Eso es de fe.

Teod. Entendámonos, Silvio : nadie duda que hay cielo ; lo que yo digo es que ese espacio inmenso , que se extiende hácia todas las partes que miramos , es lo que llamamos cielos. Quizá me direis que el cielo es un cuerpo sólido y como de cristal ; eso luego lo ventilaremos : ahora quiero concluir lo que iba diciendo. Ya veis , Eugenio , como el cielo sin ser azul , puede parecer azul , porque la luz que da en las partículas del ayre y vapores , que quadran enfrente de nuestros ojos , en parte pasa adelante , y en parte vuelve hácia ellos ; y solo esta puede percibirse á causa de que se recibe en un fondo muy obscuro , del qual no viene luz alguna , porque la luz solo viene de los astros , y ninguna puede venir del espacio que media entre nosotros y las estrellas. Luego el cielo de suyo es invisible , y por consiguiente no tiene color alguno , ó á tenerle , habia de ser negro ; al modo que si en una pared blanca hay una tronera ó ventana abierta , visto de léjos el hueco parece negro , porque no se ve nada que corresponda á él.

Silv. Pues de eso mismo se deduce claramente que vuestro discurso es falso : conforme á él ese espacio de la ventana habia de representarse azul , y á todos nos parece que es negro : luego nosotros deberíamos ver negro el cielo , sin embargo de la luz que baña el ayre intermedio , si de suyo no tuviese color alguno.

Teod. Argüis muy bien ; pero la razon

por que no nos parece azul el hueco de la ventana, y se nos representa azul el cielo, viene á ser porque al rededor de la ventana hay cuerpos que rechazan la luz, y esta luz intensa que resalta de todas partes, dexa totalmente imperceptible el reflexo, que en las pocas partículas del ayre intermedio puede hacer la luz que se derrama por él; lo qual no sucede mirando al cielo, porque ademas de ser mucho mayor la distancia, de suerte que en el ayre intermedio puede reflectir luz que sea perceptible á los ojos, este espacio invisible no está cercado de luz fuerte; ántes en el medio de inmensos espacios invisibles aparecen esparcidas las estrellas que siempre le están iluminando con su luz débil y remisa.

Eug. Ya advierto la diferencia. Como la luz que convierte el negro en azul, es la luz que está derramada por el ayre, y que de él resalta á los ojos: quando es corta la distancia, no puede ser perceptible la reflexion hecha en las partículas del ayre; pero mirando al cielo, una gran parte de esa inmensidad de partículas de ayre que los rayos de luz encuentran, rechazarán los rayos hácia abaxo, y nos harán visible ese espacio; y como esa luz es clara y está derramada sobre un fondo negro, bien percibo cómo resulta el color azul.

Teod. Ahora añadid que si esa luz, que nos viene del ayre, fuese pura, como se mezcla con el fondo negro del cielo, que es invisible, hará un color azul; mas si por

qualquier refraccion tomare color , de ese mismo color aparecera teñido el cielo ; pero siempre será muy remiso y caido como regularmente decimos ; porque no es luz que resalte de un cuerpo continuado y opaco, sino que viene muy desparramada dexando muchos vacíos por el medio. Y aquí teneis la razon de una observacion que yo he hecho , y que algunas personas , á quienes la he comunicado , aseguran que no es ilusion de mis ojos. En los dias claros quando el cielo está despejado , observo en él despues de puesto el sol los siete colores principales por su órden. En el Horizonte un color encarnado , que luego degenera en color naranjado y amarillo , y estos dos son muy claros : despues se sigue un color de verde-mar , que á veces es muy vivo ; y preguntando en quanto á esto á varias personas, no solo instruidas, sino tambien ignorantes, y que como tales se fian mas de sus ojos, confiesan que es verde : este se percibe mejor quando algun cerro encubre los colores encarnado y amarillo que están mas cercanos al Horizonte , y son mas fuertes. Lo restante del cielo está azul , y hácia la parte del oriente á veces se ven muy claros un color purpúreo y un violado , muy agradables. Pero quanto mas baxos son los colores , tanto mas dificultosamente se puede percibir su reflexo en las partículas del ayre. Lleguémosnos á la ventana , que ahora es tiempo oportuno , y veré si divisais estos colores. Los pintores que saben quantos co-

lores simples entran en la composicion de los mixtos , y saben distinguir con los ojos en las pinturas los colores simples que entraron en ellas , y que el vulgo confunde , tambien echan de ver con mas facilidad que los otros estos colores en el cielo.

Silv. Yo sin ser pintor veo muy bien en el horizonte unas hermosas faxas de color encarnado y naranjado , y me parece que diviso otra verde mucho mas ancha.

Eug. El primer color que se ve en el cielo por la cima de aquel monte , es un verde baxo , y ahora reparo que corre horizontalmente ese mismo color , y que siempre va apareciendo mas remiso.

Teod. Veis aquí lo que yo digo. Vamos ahora al corredor , que está al oriente á ver si percibis el color violado.

Eug. Sí lo percibo , y bien se conoce que el color del cielo allí no es puramente azul , sino que tira á violado ; pero el purpúreo no le echo de ver.

Teod. Ni yo tampoco ; pero ese color como tiene mucha semejanza con el violado , así como el naranjado con el amarillo , se confunde con él ; y digo yo que le habrá , llevado de la conjetura , supuesto que se ven todos los otros seis colores primitivos.

Silv. ¿Y que razon dais de estos diversos colores ?

Teod. La tierra es un globo que está rodeado de ayre por todas partes hasta cierta altura ; por cuya razon tambien toda es-

ta masa de tierra y ayre al rededor forma cierta figura de globo; y como el ayre es un líquido transparente, produce en él la luz el mismo efecto que una bola de vidrio llena de agua, la qual, como ya os expliqué, quiebra la luz que entra en ella obliquamente. Por tanto, despues que el Sol se pone, los rayos que entran en la region del ayre, á la qual llaman *atmosphera*, comienzan á doblarse hácia abaxo, esto es, hácia el centro del globo. Quebrándose la luz, ya sabeis que se han de separar los colores que la componen; pues como os expliqué hablando de los colores ¹, el verde se dobla mas que el amarillo, y este mas que el encarnado. Sentado esto, para que me vengan del Horizonte de la parte del Poniente varios rayos de luz con color ó separada, es preciso que traiga muy poca refraccion, y venga casi derecho á los ojos aquel rayo encarnado de que se compone la luz que entra por cerca del horizonte; y que venga el rayo amarillo de la luz que entra por mas arriba; porque como se ha de doblar mas que el encarnado, puede venir de mas alto. El rayo verde es el que compone la luz, que viene todavia por mas arriba, compensándose esta mayor altura del rayo verde con su mayor refraccion. Voy á hacer os aquí un diseño con lápiz (*estam-*
fig. 1. *pa 1. figur. 1.*); pero para evitar confusion, no hablaré sino del encarnado y del ama-

Est. 1.
fig. 1.

rillo, y lo que dixere de estos dos, se debe entender de los otros por su orden. Supongamos que del lugar donde está la letra *S*, vienen dos rayos del Sol casi horizontales: el inferior *a a* apenas entra en el globo de la region del ayre (cuya porcion describo aquí con puntitos *i e a o*) como entra obliquamente, debe doblarse, y como el rayo encarnado que se encierra en ese rayo de la luz, se dobla ménos que el amarillo, viene á dar á *u*, y el amarillo á *m*: del mismo modo el rayo superior de luz *e e* luego que llega al ayre, se quiebra y se separan los rayos que le componen: el encarnado se dobla ménos, y va á *f*, y el amarillo se dobla mas, y viene á *u*. Ya veis que el hombre que recibe el rayo amarillo de encima, verá esa parte del cielo como amarilla; y recibiendo el rayo de luz encarnada, que viene por debaxo, se le representará esa parte del cielo como encarnada; y por la misma razon juzgará que es verde la otra que está mas arriba, y así de lo demas. No obstante, advierto que esta refraccion es muy torcida (permitid que me explique así), porque el ayre es mas denso al paso que se acerca mas á la tierra, y así siempre los rayos se vienen doblando, y hacen unas lineas muy curvas, especialmente los que son mas refrangibles, y por esta razon los rayos violados se dexan ver acá á la parte opuesta al Poniente; y aquí hay siempre su reflexo en las partículas del ayre.

Silv. Supuesto lo que nos habeis dicho en

otro tiempo , todo eso que se observa es una consecuencia necesaria de la doctrina dada entónces.

Teod. Ahora resta dar á Eugenio la razon por que el cielo parece redondo y como una bóveda , siendo en realidad un espacio invisible. Quando nosotros , moviendo los ojos al rededor , vemos un cuerpo igualmente distante por todas partes , debemos figurarnos que forma una como bóveda , ó por mejor decir una media esfera cóncava , y que nosotros estamos en el centro de ella.

Silv. Sin duda alguna.

Teod. Ahora , pues , como el cielo siendo realmente invisible se reviste de este color que se forma en el ayre , el qual tambien es igual por todas partes al rededor , no nos podemos representar el cielo mas distante por un lado que por otro ; y así debe figurársenos como una media esfera cóncava , y que nosotros quadramos en su centro. Ni os cause dificultad el que algunas veces está el cielo mas claro por una parte que por otra , porque una larga experiencia nos tiene enseñado que eso es accidental , ocasionado de la cercanía del Sol , y que pocas horas ántes ó despues queda todo de un color igual ; y entónces es quando nos aseguramos de que es redondo , como la observacion vulgar nos lo persuade.

Silv. No es esa observacion del vulgo solo. Muchos buenos Astrónomos dicen que el cielo son unas esferas sólidas y cristalinas , unas menores y metidas dentro de otras ma-

yores. Siempre me lo enseñaron así mis maestros ; y citaban Astrónomos de la primera clase.

§. II.

De la naturaleza de los Cielos.

Teod. Ahora exâminarémos ese punto. Yo os confieso que muchos Astrónomos fuéron de esa opinion ; pero ya en el dia nadie dice tal cosa ; porque siempre cede á la razon y experiencia toda la humana autoridad. Los cielos , Eugenio , no son sólidos y cristalinos , como lo decian antiguamente muchos Astrónomos. La razon que les hizo abandonar esta opinion , es haber observado que los astros se movian por el cielo , y que si hoy estaban en un lugar , mañana se veian en otro. Hablo de los planetas ; para lo qual habeis de saber que los Astrónomos hacen dos clases de los cuerpos celestes : una es de las estrellas fixas , otra de las errantes ó planetas. Las estrellas fixas se llaman así , porque no mudan sensiblemente el lugar del cielo en que aparecen : las errantes ó planetas sí que le mudan. Mirad al cielo : ¿ veis aquella estrella brillante que está elevada sobre el Horizonte hácia la parte de Poniente ?

Eug. Bien la veo , y es hermosísima : creo que ya me habeis dicho que se llamaba Vénus , y que era fiel compañera del Sol : los labradores la llaman el Lucero de la tarde.

Teod. Esa misma es , y ahí teneis un pla-

neta : las demas que ahora se descubren de aquí por la ventana en esa parte del cielo, todas son fixas.

Eug. Pero yo veo que de aquí á poco ya habrán desaparecido muchas de ellas, y que todas van corriendo hácia el Horizonte como Vénus.

Teod. Es así ; pero observareis que qualquiera de ellas al ponerse , siempre se oculta por una misma parte del Horizonte. Aquella que va por junto á la Torre de Belen á buscar el mar, siempre la vereis esconderse en el Horizonte por aquella parte misma; pero Vénus no es así : si hoy se mete en el Horizonte por allí , mañana se esconderá por mas acá , y al dia siguiente todavía mas ; y es tanto lo que varía en quanto al sitio, que unas veces va detras del Sol , como ahora veis ; pero otras va delante de él para salir tambien ántes que él por la mañana , porque esta misma es la que llaman Luce-ro del alba. Esta es cosa que nunca la observareis en las estrellas que llaman fixas.

Eug. Ya percibo la diferencia : pasad adelante.

Teod. Si los cielos fueran sólidos , y los astros estuvieran engastados en ellos , como los diamantes en las joyas , no podrian mudar de lugar , ni aun moverse. Y nosotros sabemos de cierto que todos los planetas y las estrellas se mueven por el cielo ; esto es, que ademas del movimiento comun á todos los astros de Oriente á Poniente , cada uno de ellos tiene un movimiento particu-

lar con que muda de sitio , de manera que da una vuelta entera dentro de determinado tiempo.

Silv. Como quando Dios formó los astros y los cielos , ya les tenia arreglado ese movimiento , ¿ que dificultad hay en decir que los cielos están abiertos como canales y caminos , por los quales los astros se van moviendo ; y que como son cristalinos , dexan ver los planetas , que se mueven por dentro de ellos ?

Teod. Muchos se quisieron evadir de esta dificultad por ese medio ; pero no puede ser , porque el movimiento de los planetas es muy irregular , bien que siempre guarda determinadas leyes ; mas como se varían las circunstancias , tambien para obedecer á ciertas leyes inviolables , varían el movimiento : unas veces baxan mas , otras suben. Márte , que es uno de los planetas , á veces está mas cerca de nosotros que el sol , y á veces mucho mas alto ; así que , si el sol tiene su propio cielo sólido y su canal por donde se mueve , Márte no lo podrá atravesar y pasar hácia abaxo , ni de allí volver arriba.

Silv. Puede ser que en el cielo del Sol haya paso para Márte , ademas del que hay propio para el mismo Sol.

Teod. Eso no puede ser , porque quando Márte atraviesa el cielo del Sol , no siempre lo executa por una misma parte ; ántes acaso desde que el mundo es mundo no la atravesó segunda vez por donde pasó la

primera : solo si este cielo estuviese todo agujereado , podria darle paso pronto ; y siempre habria el riesgo de encontrar alguna vez con las partes sólidas , que seria un gracioso chasco. Fuera de que los cometas (que son otro género de planetas , como os diré en su lugar) , bien que tienen su movimiento regular y periódico , este respecto de los demas astros es muy irregular. Muchos vienen de una altura incomparablemente mayor que la del planeta mas alto , y atravesando todos los cielos , vienen á ponerse mas baxos que el Sol. ¿Y como podrian venir y volverse á ir , y despues dexarse ver á tiempos determinados , si los cielos fueran sólidos , por mas agujereados que estuviesen? Ademas de que la luz de los planetas superiores al pasar al traves de esos cielos agujereados , padeceria mil refracciones , y haria ver sus colores , lo qual es falso.

Eug. No es correspondiente á la Sabiduría de Dios una obra tan rota , como me parece que serian esos cielos con tantos agujeros.

Silv. Esta opinion que yo defiendo , está fundada en la Escritura , que llama *Firmamento* al cielo , y el mismo nombre de *Firmamento* denota una naturaleza firme y consistente ; ademas de que esta es la opinion de los Santos Padres ; y así es preciso que sea para que el Firmamento separe las aguas que están allá arriba de las que hay acá abajo , segun lo que dice la misma Escritura.

Teod. No niego que la palabra *Firmamento* parece que denota una cosa firme ; pero no solo la razon , sino tambien la autoridad nos persuaden que no usa de ella la Sagrada Escritura en ese sentido. El docto Natal Alexandro ¹ repara bien que la palabra hebrea que en la Vulgata se traduce *Firmamento* , en la opinion de muchos Sabios significa *extension* ; lo qual se dice con propiedad de los cielos fluidos. Fuera de que el célebre Petavio quiere que conforme al sentido de la divina Escritura , lo mismo que se llama *Cielo y Firmamento* , sea toda esta region del ayre y las superiores ; porque solo así se puede dar verdadero sentido á algunas frases del sagrado Texto , como quando dice *las aves del cielo* , siendo certísimo que los páxaros no pasan de esta region del ayre : tambien dice que Dios *cubre el cielo con las nubes* , y tampoco estas pasan de la region del ayre : que *el cielo está triste ó rubicundo* , y esto no se puede decir sino de la atmósfera de la tierra ó de la region del ayre. Así Moyses escribiendo la historia de la creacion del mundo , llama cielo á todo este espacio , usando de las palabras en el sentido comun y vulgar ². S. Gerónimo favorece á esta opinion ³, y S. Agustin ⁴ refiere otra , que dice que esta region

B 2

¹ *Histor. Eccl.* tom. 1. disert. 1. art. 3. ad prop. 1.

² Lib. 1. de *Opif. sex dier.* cap. 1. n. 7.

³ Epist. 83.

⁴ Lib. 2. super *Genes.* n. 7. aliàs cap. 4.

del ayre que media entre las aguas formadas en nubes , y las aguas del mar y de las fuentes que están en la superficie de la tierra , es el cielo ó *Firmamento* , que la Escritura dice que separa aguas de aguas ; y despues de referirla , resuelve que es muy digna de alabanza , que no tiene nada contra la Fe , y que se puede seguir. Esta es la opinion que yo sigo , y que se conforma con la buena Filosofía. Si allá arriba hubiese aguas en estado de gravedad semejante á las del mar , seria preciso un cielo sólido para sostenerlas ; pero las aguas superiores que Dios separó de estas inferiores , aunque son de la misma naturaleza , están en otro estado , y vienen á ser las nubes que nadan en esta region del ayre , la qual se llama cielo , segun el sentido de las frases de la Escritura Sagrada. No niego que muchos Santos Padres siguiéron la opinion de los cielos sólidos ; pero otros siguiéron la sentencia de los cielos fluidos , como S. Basilio , S. Gregorio Niseno , S. Anselmo , el Venerable Beda , Ruperto , Procopio , &c. cuyas palabras expresas hallareis en Fortunato de Brixia ¹.

Silo. No puedo conformarme con eso ; porque leo en el libro de Job , sino me engaño (pues yo no venia prevenido para esto) , que los cielos son solidísimos , como si fueran fundidos de bronce ². Ved si puede haber expresion mas fuerte.

¹ Tom. III. n. 32. 48.

² *Qui solidissimi quasi aëre fusi sunt.* Job. 37. 18.

Teod. ¿Y quien dixo eso? ¿A quien se atribuyen esas palabras en la historia de Job?

Silv. No me acuerdo; pero son palabras santas todas inspiradas por el Espíritu Santo.

Teod. ¿Y son tambien inspiradas por el Espíritu Santo aquellas palabras del Salmo: *Non est Deus: No hay Dios?*

Silv. Esas no; porque se ponen en boca de los impios, y dice el Salmo que el impio habia dicho en su corazon: *No hay Dios.*

Teod. Pues asimismo quien dixo que los cielos eran solidísimos, como fundidos de bronce, fué Eliú, uno de los amigos de Job, que no consta que fuese ni grande Astrónomo, ni inspirado por Dios; ni salió de esa conferencia de Job con gran recomendacion, habiendo Dios preguntado á Job quién era aquel que estaba diciendo necedades¹. Por tanto, Eugenio, hoy la opinion comunísima entre todos los Astrónomos es que los cielos son fluidos. La dificultad solo consiste en si están totalmente llenos de materia, que no dexé hueco alguno, ó totalmente vacíos. Pero ántes de pasar adelante, decidme si estais persuadido de que son fluidos.

¹ *Quis est iste involvens sententias sermonibus imperitis? Job. 38. 2.*

§. III.

De los vórtices, remolinos ó turbillones de Descartes.

Eug. Ya os he dicho que tengo comprendidas estas razones, y que me convencen. Proseguid.

Teod. Descartes, aquel grande hombre que no tuvo igual en su siglo, y que con la belleza de sus ideas se llevó tras sí casi medio mundo literario; porque los tiempos no le ayudáron, ni tuvo la abundancia de instrumentos y multiplicidad de observaciones que despues acá se han hecho, no pudo darles la firmeza y estabilidad precisa para que se conservasen en la misma estimacion. Su sistema ha decaido considerablemente; y como nosotros no guardamos respeto á nadie, sino á la verdad, donde quiera que se descubre, si la llegamos á conocer, la abrazamos, volviendo las espaldas á todo lo demas. Este gran Filósofo juzgaba que los espacios del cielo estaban llenos de una materia sutilísima, la qual se movia desde la creacion del mundo en un perpetuo *vórtice, remolino ó turbillon* (que todo esto quiere decir una misma cosa). Suponia que el Sol era el centro de nuestro vórtice, y que al rededor de él andaban los planetas, entre los quales contaba tambien á nuestra tierra como un planeta semejante á los otros. La causa del movimiento de los planetas era

el mismo vórtice que los arrebatava consigo; y como quanto mas distaba del Sol la materia, era mayor su giro, forzosamente habia de gastar mas tiempo en dar una vuelta; y esta era la razon por que los planetas quanto mas distaban del Sol, tanto mas tiempo consumian en dar una vuelta al rededor de él. Mercurio que es el primero, gasta casi tres meses: Vénus que es el segundo, ocho: la Tierra que en su sistema es el tercer planeta, ocupa doce meses ó un año en dar un giro al rededor del Sol: Márte que es el quarto planeta, gasta cerca de dos años: Júpiter que es el quinto, gasta cerca de doce años; y Saturno que es el último, no acaba su vuelta sino en casi treinta años. Este sistema está hoy abandonado de los mejores Astrónomos; y ved el fundamento. Siéntase ya como cosa cierta que los cometas son unos planetas como los otros, criados desde el principio del mundo, y que ya aparecen, ya desaparecen, porque unas veces quadran mas cerca de nosotros, y podemos verlos, otras están tan léjos, que se escapan de nuestra vista; y esta es la diferencia que tienen de los demas planetas, los quales nunca se apartan tanto de nosotros, que se escondan á nuestros ojos. Esto supuesto, si en el espacio de los cielos todo está lleno (conforme al sistema de Descartes), tambien los cometas en qualquier parte de su carrera han de nadar en algun fluido; y esta corriente que los arrebatava y trae consigo, debe tener la misma

direccion que traen los cometas. Siendo esto así, quando los cometas atravesaren las órbitas de los planetas (órbita, Eugenio, quiere decir la línea que el planeta forma quando hace un giro entero): quando los cometas, repito, atravesaren las órbitas de los planetas, ha de suceder en los cielos algun gran desórden, porque los cometas vienen algunas veces casi derechos al Sol allá de una altura mucho mayor que la de Saturno; y siendo cada uno de estos torrentes de materia en sí densísima, si se encontrase un torrente con otro se perturbarian, ó á lo ménos el torrente ó vórtice que trae al cometa, encontrando al planeta, le haria mudar de camino; ó al contrario, se veria precisado el cometa á mudar de rumbo quando entrase en el vórtice de Júpiter, como en el de otro qualquier planeta. Pongamos un exemplo: nosotros vemos que un barco quando le lleva la corriente, si sucede que pasa de costado por el desembocadero de algun rio, padece mudanza en su direccion. Lo mismo digo de los astros llevados por los torrentes de materia fluida que Descartes admite.

Eug. No puede ménos; porque por la misma razon que el vórtice de Júpiter, por exemplo, arrebatá á Júpiter, se llevará consigo á qualquier cometa que allí se hallare, si es que son, como decis, de la misma naturaleza.

Teod. Por esta razon este sistema, bien que ingenioso, está abandonado. Lo que aca-

bo de decir pertenece á nuestro vórtice ó turbillon ; cuyo centro es el Sol ; pero qualquiera de las estrellas en el sistema de Descartes se puede reputar por otro Sol , que sea centro de su diferente vórtice , y al rededor de ellas andarán tambien algunos planetas ; como andan acá en nuestro vórtice al rededor del Sol.

Eug. ¿Y por que no habian de verse esos planetas en caso que los hubiese , y anduviesen al rededor de las estrellas ?

Teod. Para que no se viesen bastaba la distancia. ¿No comprehendéis la diferencia que en el tamaño y en la luz hay de nuestro Sol á nuestros planetas ?

Eug. ¿Como puedo dexar de percibirla, siendo tan notable ?

Teod. Y no os admirais de que se perciba acá desde la tierra el Sol de un modo muy diverso que sus planetas que le rodean ; pues lo mismo debe suceder á los otros Soles con sus planetas. La distancia á que están de nosotros es tan grande , que siendo unos cuerpos luminosos é inmensos , tal vez mayores que nuestro Sol , de aquí parecen tan pequeñitos ; ¿y como quereis alcanzar á ver los planetas que rodean esas estrellas , debiendo ser tanto mas pequeños que ellas , quanto nuestros planetas son menores que el Sol ?

Eug. Á lo ménos con unos telescopios grandes ; no podrian descubrirse ?

Teod. Los mayores telescopios con que se ven muy bien los anillos y manchas de Jú-

pter , las sombras de Saturno , &c. quando se vuelven hácia las estrellas , nada aumentan su tamaño aparente , y solo las representan como unos puntitos de luz muy brillantes. En su lugar os daré la razon de esto.

Eug. ¿Y que me decis acerca de sus planetas? ¿Hemos de decir que los hay ó no?

Teod. No hay mas razon para concederlos que para negarlos : como los telescopios no alcanzan allá , todo quanto se dixere será adivinar. Dexando , pues , este punto , y considerando (como en realidad así es) que cada estrella es como un Sol , las quales por la inmensa distancia nos parecen tan pequeñas , siendo tantas las estrellas conocidas , y tantas mas las que no llegamos á ver sin telescopios , y siendo la distancia entre unas y otras tan grande , que se echa bastante de ver desde acá tan léjos , quando apenas se dexa percibir cada una de las estrellas , ved ¡quan grande es ese espacio de los cielos! ¡que grande el poder de Dios , y que inmensa esa maravillosa máquina que estamos admirando con los ojos! Cada vez ireis formando mayor concepto de la Grandeza de Dios y de su Poder , quanto mas fuereis conociendo las maravillas , que en esos cielos que vemos , están manifestas al entendimiento , bien que en parte escondidas á nuestros ojos. Vamos ahora á la opinion de Newton , que es diametralmente opuesta á la de Renato ; porque Descartes quiere que todo esté lleno , y Newton asegura que todo está

vacío ; y el caso es que este tiene mucha mas razon.

§. IV.

Del vacío Newtoniano en el espacio de los cielos.

Silv. ¿Pues que , tenemos un vacío inmenso desde nosotros hasta las estrellas? Eso es un imposible tan grande como el mismo espacio que llamais vacío , el qual no puede ser mayor. Pero yo ¿por que me altero? Discurrid como mas os agradare.

Teod. Vos , Silvio , como criado en la escuela Peripatética , teneis tal horror á esta palabra *vacío* , que os asustais en oyéndola. No seais tan asustadizo : yo no digo que todo este espacio que hay desde nosotros hasta las estrellas está vacío , sino que le falta poco para eso. No puedo decir que está totalmente vacío , porque lo veo lleno de luz , y sé que la luz es cuerpo , conforme á lo que ya os dixé quando traté de ella y sus efectos. Ya sea la materia sutil de Descartes , ya puro fuego , como dice Newton ; siempre es cuerpo , y tiene las propiedades de cuerpo , reverberando de los demas , segun todas las leyes del movimiento. Pero esta materia es sutilísima y rarísima ; de suerte , que es increíblemente mayor el espacio que queda totalmente vacío , que el que ella ocupa. Yo por ahora no hago cuenta del ayre , porque naturalmente

no se extiende sino á algunas pocas leguas de altura al rededor de la superficie de la tierra; y comparando ese espacio con el inmenso que hay hasta las estrellas, es como si no fuera nada; pero si se me dixese que el ayre se extiende á mucha mayor altura, como sabemos quanto pesa una columna de ayre entera, se infiere que ese ayre precisamente ha de ser tan raro en comparacion del que respiramos, que pueda decirse de él lo mismo que decimos de esotra materia de la luz.

Silv. ¿Y que fundamentos hay para decir eso?

Teod. Tan fuertes que si yo pudiera, habia de decir que todo el espacio que se extiende desde la region del ayre hasta las estrellas, estaba enteramente vacío. El gran Descartes era de dictámen totalmente opuesto, porque decia que estaba enteramente lleno; y en su doctrina espacio vacío era una cosa absolutamente imposible, como el ser y no ser á un tiempo.

Silv. Decia muy bien. Y á ser yo Moderno, solo seria Cartesiano; ¿y por que no le seguís vos en eso siendo el Moderno, y un hombre tan grande como todos dicen?

Teod. Porque yo no sigo al hombre por grande que sea; sigo la razon del hombre. Oid, pues, los fundamentos, por los quales los Filósofos de mejor nota todos abandonaron á Descartes. Suponiendo nosotros un espacio enteramente lleno de materia sin que haya vacío alguno por mínimo que sea, pa-

rece absolutamente imposible que por él se pueda mover libremente ningun cuerpo , por mas sutil y fluida que se considere la materia de que se supone lleno ese espacio. Cada partícula de esas debe tener su figura determinada ; y como se supone mínima , esto es , que no consta de otras partes , debe creerse que no puede mudar de figura , pues la mudanza de figura parece que supone diversa situacion y movimiento de las partes que componen un todo. Esto no digo yo que sea evidente ; pero me parece que se conforma con la razon.

Silv. Sí , hasta ahí no dudo yo conceder.

Teod. Luego siendo esas partículas mínimas duras é inflexibles , pues teniendo figura determinada como concedéis , no las pueden mudar , no podrian consentir que cuerpo alguno se moviese libremente por entre ellas á una ni á otra parte , sin que ellas para hacerle lugar , dexasen á veces entre sí algunos pequeños huecos ; y como espacio hueco es imposible en la opinion de Descartes , viene tambien á ser imposible el movimiento de qualquier cuerpo por ese fluido.

Silv. Tan lisas podrian ser las partes mínimas , y tener tal figura que pudiesen ir deslizándose unas por entre otras impelidas por el cuerpo que se movia , y venir detras de él inmediatamente otras tantas partículas á ocupar el espacio que habia de dexar á sus espaldas : del mismo modo que sucede quando una bola se mueve por el agua.

Teod. Eso quando mucho daria lugar al movimiento recto ó perfectamente circular; pero si el cuerpo en medio de la línea quisiese declinar hácia qualquiera parte, ya le teníamos embarazado. Yo os pondré esto bien perceptible, Eugenio. Esas partículas, por pequeñas que sean, siempre han de tener alguna proporcion con el cuerpo que se mueve, v. g. supongamos que son ochocientos mil millones de millones de veces mas pequeñas, ó suponed allá el número que quisiéreis. Si nosotros, conservando su figura é inflexibilidad, suponemos aumentadas á proporcion tanto las partículas como el cuerpo, de suerte que cada partícula tenga un palmo de largo, y el cuerpo movable un grandor correspondiente: en este caso, decidme, ¿podrá el cuerpo moverse libremente por entre ellas á una ó á otra parte, y por qualquier línea, sin que haya algun vacío pequeño?

Eug. Ciertamente que no.

Teod. Quiero que responda Silvio.

Silv. Lo mismo me parece á mí; pero eso es mera suposicion.

Teod. Poco á poco: si ese cuerpo grande no podria moverse por entre esas partículas que fingimos, sin que ellas moviéndose para darle paso franco, dexasen algun hueco de tres ó quatro dedos por exemplo; tambien considerando que esas partículas y el cuerpo se disminuian á proporcion hasta quedar en la mitad del tamaño que ántes tenían si conservasen la misma figura y dureza,

no podrían dar paso al cuerpo sin dexar entre sí algun vacío de dedo y medio ó dos dedos. ¿ No es así ?

Silv. Así parece.

Teod. Pues vamos poco á poco disminuyendo el tamaño de esas partículas y del cuerpo hasta llegar al verdadero grandor que ahora tienen. Como la figura es la misma y tambien la inflexibilidad ; tampoco podrán dar paso libre al cuerpo sin que quede aquí un vacío , acullá otro , bien que mucho mas pequeños á proporcion del tamaño de las partículas.

Silv. Tan pequeñas serán que absolutamente no podrá hacerse idea de ellas , ni deberán llevarse atencion.

Teod. Esperad : quando hablamos de si una cosa absolutamente es imposible , importa bien poco que sea pequeña. Si me concedis que una chîmera de un dedo es posible , yo os haré posible otra del tamaño del mismo Sol. Fuera de que si vos juzgais digna de atencion qualquier pequeníssima partícula para decir que todo el espacio está absolutamente lleno , ¿ por que no habeis de hacer cuenta del pequeníssimo vacío que dexa esa misma partícula , para decir que realmente el espacio no está del todo lleno ?

Silv. Pues diré que cada partícula , aun de las que se contemplan minimas , es flexible , y puede mudar de figura.

Teod. Yo quiero prescindir ahora de eso , y no me empeño en averiguar si puede ser ó no. Mas supongamos que puede ser : no

podeis negar que quanto mas pequeño es un cuerpo , tanto mas duro es á proporcion y ménos flexible : esa bengala que llevais en la mano si quereis romperla por medio en la rodilla , fácilmente podreis ; pero si despues quisiéreis quebrar del mismo modo cada una de las mitades , os ha de costar mucho mas trabajo ; y en fin si la parte que quedare no tuviere mas que un palmo de largo , ciertamente que no la podreis romper en la rodilla.

Silv. Todo eso es así.

Teod. Luego si el cuerpo para pasar por ese fluido necesita hacer mudar de figura á esas partículas mínimas , á fin de que no quede ningun vacío por pequeño que sea ; siendo innumerables las partículas que se mueven , y que se han de mezclar unas con otras : y por otra parte siendo la rigidez é inflexibilidad de cada una de ellas á proporcion de su pequenez , irremediablemente se sigue que para que el cuerpo movable diese qualquier paso , habia de padecer innumerables y grandísimas resistencias , pues obligaba á mudar de figura á las innumerables partículas mínimas del espacio por donde pasaba. ¿Y como puede ser esto verdad sino se conforma con la experiencia ni en la tierra ni en los cielos ? Nosotros vemos que un péndulo continúa su movimiento por tiempo muy largo , y que los astros perseveran desde el principio del mundo , moviéndose sin que se extinga ni se retarde sensiblemente su movimiento , y esto aun atravesando

unos el camino de los otros, como lo hacen los cometas. Luego es absolutamente imposible ese *lleno* de Descartes; y se debe perder el horror al *vacío* de Newton. Dexadme usar para Eugenio de una comparación sensible (que estos son los mejores cálculos para quien no tiene la instrucción matemática que requiere un estudio fundamental sobre esta materia).

Silv. Hasta en eso sirven las comparaciones para dar una admirable luz á qualquier asunto.

Teod. Bien fácil es de dividir la arena fina de que usamos en la salvadera. Ahora, pues, llenad un caxon de esta arena, y apretadla bien, de suerte que si pudiere ser no quede ningun vacío por muy pequeño que sea, y clavad despues la tapa muy bien ajustada para que la arena no quede fofa. Decidme ¿podrá moverse allá por dentro del caxon con libertad algun cuerpo perceptible, como por exemplo una nuez?

Silv. Juzgo que no.

Teod. Pues ese es el caso en que estamos: si todo este Universo está absolutamente lleno de materia, es como un gran caxon lleno de arena finísima, y tan apretada, que las partículas de la materia absolutamente no admiten entre sí ningun vacío, ni aun el mas pequeño.

Silv. Pero esa materia es fluida.

Teod. El que sea fluida, prueba que se puede dividir mas fácilmente que la arena; así como la arena por ser fluida respecto de

otros cuerpos gruesos se puede separar mas fácilmente que si fuera un monton de guixaros. Mas estando lleno todo el espacio, es imposible que no hubiese una suma dificultad. La razon es porque quando un cuerpo sólido se mueve dentro de algun fluido, halla resistencia por varios principios : el primero es por haber de separar unas partes de otras , rompiendo aquel tal qual lazo que todas las partes del fluido tienen entre sí ; pero yo supongo que en el caso de que hablamos , las partes de ese fluido no tengan union alguna ; sí bien , ya sigamos á Newton , ya á Descartes , las partículas de esta materia precisamente habian de tener muy fuerte union entre sí ; porque Newton pone y prueba atraccion entre todas las partes de materia , y mayor quando se tocan, y mucho mayor quanto ménos vacíos tienen entre sí que las separen ; y así esta materia que no admitia vacío alguno , sería sumamente difícil de dividir : y Descartes afirma que los cuerpos no se unen entre sí sino por tocarse mutuamente ; y como las partes mínimas de la materia no tienen en medio ningun vacío , habian de tocarse mutua y perfectísimamente , y unirse con una adhesion muy fuerte. Pero dexemos este principio de resistencia al dividir el fluido de que hablamos. El otro principio de resistencia indispensable es el de mover las partes que el móvil echa fuera de su lugar y las otras , á las quales estas han de desalojar, y las terceras que han de ser expelidas por

las segundas , &c. El último origen de resistencia tambien inevitable es el rozamiento de unas partículas con otras al tiempo de moverse ; porque como tienen su tal qual figura , moviéndose una partícula por junto á otra , forzosamente la esquina de una ó ha de entrar en la concavidad que dexan dos entre sí , ó atravesar por medio de una , ó rozarse con la esquina de otra: quanto mayores son las partículas , tanto mayores esquinas ó tamaño tienen , y por consiguiente mayores obstáculos presentan unas á otras quando pasan por junto á ellas , especialmente si vienen tan apretadas , que no puedan dexar entre sí el mas pequeño vacío. Por este principio , quanto mas fina fuere la arena , tanto mas fácilmente se dividirá , porque las partículas de menor tamaño tienen menores esquinas ; y tambien quanto mas fofa está la arena , tanto mas fácilmente la cortamos ; porque pudiendo las partículas ó granos dexar algunos vacíos entre sí , pueden desembarazarse unos de otros ; y ved aquí por que los fluidos se dividen con tanta facilidad aun respecto de la arena ; y es , que sus partículas son incomparablemente menores que las de aquella , y asimismo tienen innumerables poros entre sí. Supongamos , pues , un fluido , cuyas partículas sean incomparablemente mas pequeñas que las del agua ; pero figurémonos que están tan ajustadas unas con otras , que es no solo dificultosísimo , sino absolutamente imposible que haya entre ellas el mas pe-

queño vacío : para que un cuerpo se moviese por ese fluido , forzosamente habia de emplear alguna fuerza en mover las partes del fluido que expelle de su lugar , y en obligar á las otras á que le cediesen el suyo. Y aunque á la parte posterior dexaba el móvil campo libre , sin embargo , para que este fluido inmediato al móvil le rodease , era preciso que se rozase con todas las partículas de la superficie del cuerpo , y con todas las demas partes del fluido mas distantes. Rozándose con ellas , ó las habia de mover , y esas á las otras , &c. ó las habia de dexar quietas : como era imposible , pues , el que hubiese hueco entre partícula y partícula , al pasar unas , y quedar quietas las otras , necesariamente las esquinas pegando unas en otras , se habian de romper , y en esto se consume fuerza ; ó se habian de amontonar hácia dentro , y tambien en esto se debe consumir. Luego es imposible que en este *lleno* se mueva cuerpo alguno sin un increíble dispendio de fuerzas.

Silv. No tendrán las partículas esquinas.

Teod. Eso solo puede ser siendo esféricas ó redondas ; y entónces por mas que se aprieten , siempre han de dexar vacíos entre sí ; y metiéndose un globo entre dos , siempre tendria el mismo embarazo , rozándose con ellos , que si tuviera esquinas.

Eug. Si apretamos en una mano muchos rosarios , y queremos sacar uno por una punta , no lo podremos conseguir sin afloxar la mano , porque tropezarán unas cuentas en

otras, como habeis dicho de esos pequeños globos.

Teod. Decis bien; y quando las partículas pudiesen deslizarse hácia una parte, en volviéndose el cuerpo á un lado, ya tomaba una direccion contra su figura, y todo estaba perdido; ó las partículas para dar vuelta habian de volver la esquina hácia delante, y tendríamos hueco ó vacío, bien que pequeño, el qual se supone que es imposible.

Silv. Veo que teneis razon; pero serán unos vacíos muy pequeños.

Teod. Ya que hemos tocado este punto, que es uno de los substanciales del sistema de Descartes, quiero mostraros como es indispensable no qualquier vacío pequeño, sino, como he dicho, un medio casi vacío del todo, para dar paso libre á los planetas: digo que es indispensable, á no ser que se admita que los planetas se mueven arrebatados de los torrentes de fluidos en que nadan, ó de los turbillones de Cartesio, lo qual ya probé que era imposible. Pero sentando (como se debe sentar) que los astros se mueven sin ser arrebatados de fluido que los lleve, debe establecerse que el medio por donde se mueven está casi vacío para no retardar el movimiento de los planetas. Voy á formar el argumento.

Silv. ¡Que difícil sois de contentar! Vamos á ese argumento.

Teod. Estando totalmente lleno el medio por donde los planetas se mueven, y sien-

do el planeta una bola tambien enteramente llena sin poros algunos por donde pudiese pasar ese fluido (supongamos esto), no podria el planeta moverse sin que quando hubiese andado diámetro y medio, tuviese ya perdida la mitad de su velocidad. Esto se demuestra por cálculo infalible ¹, que vosotros no habeis de entender por falta de principios; pero creo que no lo pondreis en duda.

Eug. ¿Como lo podemos dudar, diciendo vos que se demuestra matemáticamente?

Teod. Ahora consideremos que sin hacer mudanza alguna en el fluido, formábamos del planeta otra bola mucho mayor, pero llena de grandes agujeros para que el fluido pudiese pasar libremente. En este caso solo aquellas partes sólidas del planeta, que encontraban con el fluido, eran las que podian hallar resistencia, siendo cierto que por los vacíos pasaba él con libertad; pero como las partes sólidas, computándolas juntas, valen tanto como el mismo planeta en su figura antigua, síguese que por lo que mira á la cantidad de materia, que ha de ceder su lugar al planeta, viene á haber la misma resistencia que en el primer caso; y así en habiendo andado diámetro y medio, habrá perdido la mitad de su velocidad. Ahora añadid que en ese segundo caso el fluido que entraba por los agujeros ó

¹ s' Gravesand. *Phys. Elem. Math.* n. 1974. et 4126.

poros del planeta , habia de hacer su impresion en las partes sólidas laterales , y siempre la habia de retardar con el rozamiento , y por consiguiente tendrá ahora mucho mayor resistencia que en el primer caso. Esto supuesto , vamos á lo que sucede en realidad. Este fluido de que quieren suponer lleno el espacio de los cielos , ó pasa por los poros del planeta , ó no : si no pasa , tenemos por el cálculo que dixe , que el planeta ántes de correr un espacio igual á diámetro y medio de su volúmen , pierde la mitad de la velocidad : si el fluido lo atraviesa , con mas razon se ha de retardar el movimiento que si toda esa materia se juntase en un volúmen sólido , y por eso menor ; y de qualquier modo á los dos pasos tendriamos al planeta casi parado.

Eug. Ese argumento no tiene respuesta.

Teod. Luego si vemos que los planetas haciendo sus giros de seis á siete mil años á esta parte , no se han retardado sensiblemente ; es cierto que el fluido que hay en esos inmensos espacios por donde se mueven , es tan raro , que casi se pueden reputar vacíos. El cálculo se forma de este modo. La resistencia que los planetas experimentan , es conforme á la densidad del medio ; la resistencia es ninguna ó casi ninguna , porque ningun Astrónomo la percibió hasta ahora , comparando las observaciones antiquísimas con las modernas : luego la densidad del medio ó es ninguna ó casi ninguna ; ó por otros términos , esos espacios están totalmente va-

cíos ó casi vacíos. Y con esto se desvanecé todo el horror al vacío con que los Filósofos antiguos nos criáron. Á mí lo que me estorba persuadirme á que los cielos están totalmente vacíos, es lo que ya os he dicho. Vemos todo el espacio de los cielos lleno de luz, y esta es substancia aun en la opinion de Newton, el qual dice que es una llama tenuísima: luego no están totalmente vacíos. Pero para que acabeis de conocer la incomparable raridad de este fluido, haced este cálculo. El ayre, segun lo que tiempos pasados os demostré ¹, es tan raro que si Dios juntase las partículas que en su estado natural ocupan diez y ocho mil palmos, todas cabrian en un palmo de espacio; y no obstante esa raridad, soltando un péndulo para que haga sus oscilaciones ó movimientos en el ayre libre, dentro de pocas horas se ve este movimiento tan lento y disminuido, que viene á cesar del todo. Al contrario, el movimiento de los planetas ha seis mil años que dura, y no tiene la menor disminucion sensible: ¿qual será, pues, la raridad de ese fluido que ocupa los espacios de los cielos?

Eug. Decis bien; que si ese fluido no es nada, es casi nada.

Teod. Exâminado el inmenso espacio de los cielos, vamos ahora á considerar los cuerpos celestes que por él se mueven, para que forméis justa idea de esta portentosa máquina.

§. V.

De la opacidad de los Planetas y sus Fases , en especial de las de la Luna.

Silv. Yo me admiro de la bella docilidad de Eugenio , y le tengo envidia , porque luego se aviene : él todo lo cree , para él todo es claro , y ninguna fatiga ni trabajo tiene su entendimiento. Vamos , pues , á navegar por ese vacío inmenso , Teodosio ; y hagamos una visita á los planetas.

Teod. Vos como teneis que romper un fluido densísimo , que no tiene poros algunos ; no he acertado á explicarme ; como teneis que atravesar unas masas sólidas como de bronce fundido , llegareis muy tarde á los planetas ; pero nosotros no ocuparemos tanto tiempo por tener el camino desembarazado. Mas no perdamos tiempo en esto. Los planetas , Eugenio , son unos cuerpos sólidos , de figura sensiblemente esférica ; pero todos de suyo son oscuros ; mas como tambien son opacos , reflecten la luz del Sol que los ilumina , y este es el modo como brillan y resplandecen , porque de suyo no tienen mas luz que una piedra ó pared , la qual dándole el Sol , reflecte la luz , y á veces en tanta abundancia , que molesta los ojos ó deslumbra.

Eug. Si no estuviera yo acostumbrado á conocer los errores que desde la niñez he

venerado , creyendo con una total firmeza lo que despues hallé que era un yerro craso : me habia de costar mucha dificultad el creer que la Luna y Vénus , y otros planetas no tenian luz propia.

Teod. La Luna que era la que mas os hacia creer que los planetas eran luminosos por su naturaleza , es la que os ha de desengañar para los demas. Nosotros vemos á la Luna en parte oscura , y en parte iluminada , que esto es lo que los Filósofos llaman *Fases* de la Luna : unas veces está llena , otras menguante , otras casi no la vemos. Voy á explicaros en qué consiste eso. Como la Luna de suyo es un cuerpo obscuro y opaco , solo puede estar clara por donde el Sol le dé : ahora , pues , bien veis que el Sol quando da en una bola opaca , no puede alumbrar sino la mitad , quedando la otra á oscuras ; y la diferencia que nosotros advertimos en la Luna , solo procede del diverso modo con que la miramos. Aquí os puedo hacer una experiencia clara. Suponed que aquella vela encendida *A* (*est. 1. figur. 2.*) es el Sol , y esta bola sea la Luna : voy á colgarla enfrente de la llama. Decidme : ¿ esta bola no tiene siempre la mitad iluminada y la mitad oscura , por mas que yo la mueva al rededor de vuestra cabeza ?

Est. 1.
fig. 2.

Eug. Quien lo duda.

Teod. Pero nunca podreis ver sino la mitad de la bola : en esta postura en que está *L* , quadra la parte iluminada vuelta hácia la luz ; y como vos estais á la parte

opuesta , solo podeis ver la haz obscura : ahora voy á dar un giro con la bola al rededor vuestro ; y así ireis viendo parte del lado iluminado.

Eug. Es así : cada vez voy viendo mayor porcion de él : parad ahí : ahora veo yo la mitad de la haz obscura , y la mitad de la iluminada.

Teod. Pues así sucede en la Luna quando es cuarto creciente. Quando estaba entre nosotros y el Sol , tenia vuelta la parte obscura hácia nosotros , pues la que mira al Sol , siempre ha de estar iluminada : despues segun va dando vuelta al rededor de la tierra , ya va tambien dando lugar á que se vea parte de la cara iluminada ; y quando se ve la mitad de la una y la mitad de la otra , entónces decimos que es cuarto creciente. Ahora tened cuidado , porque voy á continuar el giro al rededor de vuestra cabeza.

Eug. Ahora ya veo mucha mayor porcion de la haz clara , que de la obscura.

Teod. Quando yo llegare á tal sitio , que vuestra cabeza quadre derechamente entre la bola y la luz , entónces así como la haz clara estará vuelta enteramente hácia la luz , tambien quadrará enteramente vuelta hácia vos : mirad si es así.

Eug. Es imposible que no lo sea. Eso supongo yo ahora que es la Luna llena.

Teod. No os engañais. En la Luna llena quadramos nosotros entre el Sol y la Luna : por eso la Luna quando está llena , siempre

sale al anochecer , porque á esa hora se puso el Sol , y deben quedar encontrados los dos astros , para que la misma haz resplandeciente , que la Luna tiene vuelta hácia el Sol , se nos dé á ver enteramente. Prosigo con el giro : ahora ya vereis parte de la haz obscura.

Eug. Es así..... ya en ese sitio veo otra vez la mitad de la haz obscura y la mitad de la otra iluminada.

Teod. Ahí teneis lo que en la Luna llaman *quarto menguante*. Últimamente ha de ir siendo cada vez menor la parte iluminada, y mayor la obscura hasta que se vea la Luna nueva. Aquí teneis lo que llaman *Luna nueva* representada en esta bola ; y sucede quando la bola quadra entre vos y la luz: así como la Luna se llama *nueva* quando se halla entre nosotros y el Sol , que quadrando hácia él toda la cara iluminada , está vuelta hácia nosotros toda la obscura. Esto solo sucede en todo rigor quando la Luna pasa por la misma línea , que va de nuestros ojos al Sol : lo que acontece en los eclipses de Sol ; mas no en todas las Lunas nuevas tenemos eclipses , porque la Luna pasa ó por mas arriba ó por mas abaxo de esa línea ; y así siempre dexa ver alguna orilla de la cara iluminada , la qual va creciendo á proporcion que la Luna se va alejando del Sol. Y aquí teneis lo que son *Fases de la Luna*. Creo que lo habreis comprehendido.

Eug. Ninguna cosa he entendido mas perfectamente. ¿ Que me decis , Silvio ?

Silv. ¿ Que he de decir ? Eso es una cosa evidente ; ni mi escuela dudó jamas de ello. Pero ahora , Teodosio , lo que yo no sé distinguir en el cielo , es quando es *quarto creciente* , ó quando es *menguante* , sin que me sea preciso acordarme de si en los dias precedentes fué *Luna llena* ó *nueva*.

Teod. Fácilmente lo conoceréis , observando hácia que parte tiene la Luna vuelta la espalda ó parte convexâ , porque de esa parte la mira el Sol ; y en eso se conoce si en los dias antecedentes fué nueva ó llena : si tiene vuelta la espalda hácia el Oriente , es *quarto menguante* , porque va para Luna nueva : si la espalda iluminada está vuelta hácia el Poniente , es *quarto creciente* , porque va para Luna llena.

Eug. Tambien me alegro de saber eso para mis sementeras , sin que me sea preciso mirar el Kalendario.

Teod. Para eso ni aun es menester saber los quartos de la Luna : á su tiempo lo tocarémos , aunque de paso ; dexadme ahora concluir lo que iba diciendo de los planetas. Todos ellos son como la Luna , de suyo totalmente oscuros , y solo claros y resplandecientes por aquella cara donde les da Sol ; y por eso no hay ningun planeta que no tenga la mitad á obscuras , porque son opacos , y no los puede traspasar la luz. La diferencia que hay entre ellos es que por las diversas alturas y situaciones en que están , unos dexan ver mas que otros esa haz. Vé- nus la dexa ver muy claramente ; pero es

preciso que le mirémos con telescopio , pues sino el resplandor de la parte iluminada con los rayos que despide , perturba su figura, y á una grandísima distancia no advierten nuestros ojos diferencia en ella , como la echan de ver en la Luna , porque nos quadra mucho mas cercana incomparablemente. Mañana os le mostraré por el telescopio , y os pasmareis de ver su figura.

Eug. ¿Y los demas planetas tienen tambien crecientes y menguantes , como la Luna y Vénus , segun lo que acabais de decir ?

Teod. Como todos son opacos , solo tienen una cara iluminada del Sol , y asimismo todos padecen alguna mudanza en la figura aparente ; pero esta variacion solo es sensible en Mercurio , Vénus y la Luna. Los dos planetas *inferiores* , que son Vénus y Mercurio (llámanles inferiores porque á veces pasan por debaxo del Sol : á Márte , Júpiter y Saturno los llaman superiores porque nunca pasan por entre el Sol y nosotros) : los dos planetas inferiores, vuelvo á decir, como en sus giros pueden pasar por entre nosotros y el Sol , así como la Luna , tambien pueden como ella volver hácia nosotros la haz obscura , pues la iluminada siempre quadra hácia el Sol ; y esto mismo manifiesta que pueden tener menguantes y crecientes como la Luna. Pero los planetas superiores Márte , Júpiter y Saturno , como por el lugar en que giran y movimiento que tienen , nunca pasan por entre nosotros y

el Sol, tampoco pueden volver del todo hácia nosotros la haz obscura. Haced reflexión sobre lo que digo: si ponemos aquí una vela encendida y anda un criado con una bola al rededor de la luz á la distancia de diez palmos por exemplo, siempre la haz iluminada de la bola ha de estar vuelta hácia la vela, pues la luz es quien la ilumina. Hasta aquí no hay dificultad: pasemos adelante. Nosotros ó hemos de estar dentro de este círculo que la bola hace al rededor de la luz, ó hemos de quadrar fuera: si estuviéremos fuera del círculo, unas veces hemos de ver la haz obscura de la bola, y otras la iluminada.

Eug. Es evidente que así debe ser.

Teod. Pero si nos metiéremos dentro del círculo, siempre hemos de ver la haz alumbrada; porque como esta siempre está vuelta hácia el centro del giro que es la luz, tambien está siempre vuelta hácia nosotros, que estamos dentro del círculo. Solo habrá alguna diferencia, que consistirá en ver de lleno toda la haz iluminada, quando la luz, nosotros y la bola estuviéremos en línea recta, ó en ver tambien algun borde de la parte obscura, como quando nosotros, la luz y la bola no nos halláremos en línea recta; porque entónces teniendo la bola ó el planeta vuelta derechamente hácia la luz la haz iluminada, nosotros acá de la otra banda alguna parte de la haz obscura hemos de descubrir; mas eso es poco perceptible. Lo que acabo, pues, de decir de la bola mo-

vida al rededor de la luz, digo de los planetas que giran al rededor del Sol. Si hablamos de Mercurio y Vénus, queda la Tierra fuera del giro que ellos hacen al rededor del Sol, y veremos á veces su haz obscura. Si hablamos de Márte, Júpiter, &c. siempre quadramos dentro del circulo que forman al rededor del Sol, y siempre veremos su haz iluminada. Pero ya es tiempo de daros noticia del número de los planetas, y de la diferencia que hay entre ellos. Perdonad, Silvio, si os desagrada el que en esta instruccion no se guarde el órden con que estas materias se tratan en los libros; porque yo hablo con quien no tiene mas principios para la inteligencia de estas materias, que los que ahora voy dando, y me es preciso buscar el órden mas acomodado á la inteligencia de los oyentes.

Silv. Ese será siempre el mejor método.

§. VI.

*De los Planetas primarios y secundarios,
y de los Cometas y Estrellas
en comun.*

Teod. **L**os planetas constantemente visibles que tenemos en los cielos, son en todo diez y seis: ademas de esos hay otros que son visibles en un tiempo é invisibles en otro, á los quales llaman cometas, y de estos trataremos separadamente. Pero de los diez y seis planetas, unos se llaman *pri-*

marios, otros *secundarios*, como si dixéramos de primera y de segunda clase. Los planetas de la primera son seis; y sus nombres son: *Mercurio*, *Vénus*, *Tierra*, *Marte*, *Júpiter*, *Saturno*: algunos cuentan al *Sol* en lugar de la *Tierra*; pero no parándonos en nombres, este modo de contar de que yo uso, es mas conforme á la nocion ó idea que damos del planeta, siendo la de un cuerpo opaco, que recibe luz de otro, y es una pieza principal en este sistema ó fábrica del Universo. El *Sol* siendo cuerpo de suyo luminoso, mas debe pertenecer á la clase de las estrellas fixas. Pero cuenten como quisieren, no formemos sobre eso *qüestion*: yo sigo á los Astrónomos de mejor nota. Antes de tratar del movimiento de los planetas, es preciso advertiros que yo no hablo del movimiento que llaman comun y que todos ven, con el qual toda esta máquina de los cielos se revuelve en 24 horas del Oriente al Poniente. Este movimiento lo explicaré á su tiempo; por ahora solo hablo de los movimientos propios y particulares que cada planeta tiene de por sí: v. g. la Luna hoy veis que está junto á aquella estrella; pues mañana ha de estar mucho mas acá hácia el Oriente, y notablemente desviada de la misma estrella, y al dia siguiente estará mucho mas apartada, hasta que dé una vuelta á todo el cielo, y vuelva á juntarse con la tal estrella. Ahora bien, lo mismo hacen los demas planetas: si hoy aparecen cerca de una estrella, mañana se

ven léjos de ella , retirándose siempre hácia el Oriente ; de estos movimientos propios hablo ahora : tened cuidado , que del movimiento comun á todos los astros trataré á su tiempo. Sentado esto , Mercurio es el mas cercano al Sol , y anda al rededor de él : síguese Vénus que en mayor distancia hace tambien su giro al rededor del Sol. La Tierra dista mas ; y aquí se dividen los Astrónomos en dos clases : unos con Tico-Brahe dicen que está fixa , y el Sol es el que se mueve al rededor de ella , como nuestros ojos nos persuaden : otros con Copérnico, Descartes , Newton , &c. afirman que estando el Sol efectivamente quieto en el medio del Universo , se mueve la Tierra al rededor de él como qualquier otro planeta ; pero de este punto hablarémos quando esteis mas adelantado para poder entenderlo. Síguese Márte , que tambien anda al rededor del Sol , y despues Júpiter , y todavía á mayor distancia Saturno ; siendo este luminoso astro como el centro sensible de los movimientos de todos ellos ; de suerte , que aun suponiendo que la Tierra está quieta , y que el Sol gira al rededor de ella , no tiene la menor duda que los giros que los planetas hacen con sus movimientos propios tienen por centro no á la Tierra , sino al Sol. Sosegaos, Silvio , no os altereis como quando fué lo de los Accidentes , que yo soy católico romano como vos , y al cabo hemos de convenir en el dictámen.

Silv. Yo no digo nada : el mostrar admi-

racion y extrañeza al oír algunas cosas que os oigo , son movimientos naturales , y á veces indeliberados : proseguid.

Teod. Estos planetas fácilmente se pueden distinguir en el cielo de las estrellas fixas, si reparais en su luz. Suele ser clara , pero quieta y como muerta , y no tiemblan ni centellean como las estrellas , excepto quando están cerca del Horizonte , porque entonces el vapor de la Tierra agitado hace que sus rayos se interrumpen , y tiemblan centelleando.

Eug. Mostradme ahora en el cielo algunos planetas.

Teod. Á Vénus ya le conoceis , y allí le teneis casi ocultándose por el Horizonte, porque ahora sigue al Sol y anda tras él: ese bien conocido es. Volved ahora los ojos al Oriente , y vereis á Júpiter ya bastante elevado sobre el Horizonte : acullá le teneis.

Silv. La luz que despide de sí , es harto distinta de la de las demas estrellas.

Teod. Distinta por su viveza, y por no temblar ni centellear.

Eug. Es así : á estos dos ya los conozco: dadme á conocer á Mercurio.

Teod. Ahora ya no puede ser : ¿ no veis que Vénus se está ocultando por el Horizonte ? pues Mercurio como anda aun mas cerca del Sol , forzosamente se ha de haber puesto gran rato ha. Fuera de eso , no es fácil verle sin antejo ; porque como anda muy cerca del Sol y es pequeño , la luz del

Sol le confunde. Pero á la vista teneis á Marte : ahí está sobre vuestra cabeza : su luz tira á encarnada.

Eug. Así es , pero mucho ménos viva que la de Júpiter.

Teod. Tambien su cuerpo es mucho mas pequeño. Ahora dexadme ver si descubro á Saturno..... Allí le teneis muy por encima de la Torre de Belen.

Eug. Ya le veo : ¡que débil y pálida es su luz!

Teod. Así es siempre , y hay mucha razon para que así sea , por la gran distancia á que está , porque es el mas distante de todos los planetas , y como no tiene luz propia , forzosamente le hemos de ver amortiguado , pues es preciso que los rayos del Sol anden un espacio inmenso hasta él , y de allí reverberen hácia nosotros , caminando otro espacio aun mayor ; y vemos que la luz quanto mas espacio anda , tanto mas se debilita porque los rayos siempre van haciéndose mas divergentes. Quando supiereis la distancia á que está Saturno , habeis de admiraros de que llegue á verse aun de ese modo que le vemos.

Eug. Reparo que no habeis contado á la Luna en el número de los planetas : ¿ olvidóseos por ventura?

Teod. Aunque la Luna es planeta , no es de la clase de los *primarios* ó del primer orden ; es de los *secundarios* ó satélites , que quiere decir lo mismo que guardia de otro. Algunos de los planetas primarios tie-

nen su guardia al rededor de sí como de archeros que nunca los dexan solos. Saturno tiene cinco satélites que le acompañan, á los quales podemos llamar cinco Lunas: Júpiter tiene quatro; y la Tierra uno, que es el que estamos viendo. Así que, Eugenio, no fué olvido el no haber metido á la Luna entre los planetas principales, porque ella es de los del segundo orden, sin embargo de que á nuestros ojos sea tan visible y tan grande como el mismo Sol.

Eug. Mostradme las lunas ó satélites de Júpiter.

Teod. Mañana os los mostraré con el telescopio, porque sin él no se pueden ver á causa de su gran distancia, y porque son mucho mas pequeños que el mismo Júpiter, bien que yo no dudo que sean mayores que nuestra Luna, y tal vez que la Tierra. Lo mismo digo de los satélites de Saturno, de los quales por mucho tiempo solo se conocieron quatro; pero por ahora es preciso que sepais que todos ellos son de la misma naturaleza de los planetas primarios, esto es, opacos y oscuros de suyo, y por esta razon á veces repentinamente desaparecen de nuestros ojos, otras de repente aparecen.

Eug. ¿Y por que sucede eso?

Teod. Como Júpiter es opaco, dándole el Sol por una cara, forzosamente ha de haber sombra en la otra; y como los satélites andan al rededor de Júpiter, á veces se meten en su sombra, y quedan á obscuras, porque no pueden recibir la luz del

Sol , que el cuerpo de Júpiter les impide: y quedando á obscuras ; como se han de ver? De aquí se prueba que ellos son planetas , y no estrellas pequeñas ; porque las estrellas como tienen luz propia , siempre brillan y se dexan ver ; pero los satélites , no teniendo mas luz que la del Sol , quando pasan por detras de Júpiter , es preciso que queden á obscuras é invisibles ; y quando salieren de la sombra , de repente los bañará la luz del Sol , y entónces los percibirá la vista.

Eug. ¿Y tambien su luz es clara y quieta como la de los otros planetas , ó centellean como las estrellas?

Teod. En todo siguen la regla de los planetas primarios ; y quien los mira con telescopio , no puede confundirlos con las estrellas , porque la diferencia es manifiesta.

Silv. ¿Tendrán tambien sus fases y sus eclipses , como vemos en los otros de la primera clase?

Teod. En los satélites de Júpiter son frequentísimos los eclipses , porque los giros que dan al rededor de él , son muy repetidos ; pero sus *fases* ó diversas apariencias de la haz iluminada , son totalmente imperceptibles ; porque si en Júpiter no hay sensible mudanza en la apariencia por la gran distancia á que está del Sol , de suerte que comprehende á la Tierra en sus giros ; como ha de ser perceptible en los satélites , que tienen la misma altura ? Mas en el satélite de la Tierra , que es nuestra Luna , son bien

perceptibles las fases , como todos saben , y los eclipses son ménos freqüentes ; porque miéntras la Luna hace un giro al rededor de la Tierra , los satélites de Júpiter hacen muchos ; pues el primero da una vuelta en ménos de 43 horas , y los otros á proporcion. Ademas de esto , los satélites de Júpiter , como andan muy cerca de él , no pueden escapar de su sombra quando voltean por la parte de atras ; y la Luna muchas veces dexa de caer en la sombra de la Tierra , que por eso no siempre hay eclipse de Luna en los plenilunios ó lunas llenas , aunque ella de su naturaleza , como todos los demas planetas , no tenga luz alguna.

Silv. No puedo aquietar mi entendimiento quando os oigo negar toda luz propia á la Luna.

Teod. Quando mañana la viereis obscura por entrar en la sombra de la Tierra , entónces os desengañareis de que no luce por sí , y que toda la luz con que resplandece , es prestada. De otra suerte , si ella tuviese de suyo alguna luz , como por exemplo una vela encendida , quando estuviese metida detras de la Tierra sin que le diese el Sol , siempre habia de brillar , y entónces mas : al modo que una vela encendida no brilla nada si está á vista del Sol , y puesta á la sombra resplandece.

Eug. Aquella razon no tiene réplica.

Silv. Mañana me desengañaré.

Teod. En conclusion tenemos que son diez

los satélites ó planetas secundarios , cinco en Saturno , quatro en Júpiter , y uno en la Tierra. En Márte y Mercurio no se han advertido hasta ahora : en Vénus ya se ha visto uno por quatro veces ; pero aun no se dan por ciertas y exáctas las observaciones. Y juntos los diez secundarios con los seis primarios hacen , como yo os decia , diez y seis planetas , y con el Sol diez y siete astros , que pertenecen á este sistema solar. Ademas de estos hay otros planetas irregulares , que tambien corresponden á esta máquina , y son los cometas : llámanles planetas irregulares , no porque realmente lo sean , sino porque su movimiento no es tan conocido como el de los diez y seis de que tratamos. De ellos os hablaré mas largamente en su lugar ; pero para que no quede trunca esta idea que os doy de la fábrica del Universo , tambien os daré una noticia general de los cometas. En el dia , después del famosísimo cometa del año de 59 , nadie duda que los cometas son unos astros criados al principio del mundo juntamente con los otros planetas : la mayor diferencia que los separa en clase diversa , está en que los planetas andan al rededor del Sol en círculos perfectos ó elipses que se acercan mucho á círculos. No sé si ya os expliqué qué cosa era *elipse*. Dase este nombre á lo que llamamos figura oval : y para que esto quede desde luego establecido , porque nos ha de servir en adelante , el modo fácil de describir esta figura , no es usando del compas,

sino de dos clavos , uno aquí en *a* (*estampa* 1. *fig.* 3.) , otro allí en *b* : atemos un cordel muy floxo de un clavo á otro y con un puntero ó palillo en la mano pongo tirante la cuerda , y voy corriendo al rededor de una parte y de otra , y la raya que queda señalada con el puntero es una *elipse* : y los dos clavos son sus focos. Quando quiero , pues , hacer una *elipse* muy larga , no tengo mas que poner dos clavos muy distantes ; y quando la quiero formar casi circular , pongo los dos clavos casi arrimados el uno al otro.

Est. 1.
fig. 3.

Eug. Estoy enterado : ya sé lo que es *elipse*.

Teod. Los cometas se mueven al rededor del Sol , describiendo *elipses* , mas de suerte que el Sol quadra en uno de sus focos. Estas *elipses* son muy largas , y por eso los cometas no se ven de continuo , sino de tiempo en tiempo ; porque miéntras andan por aquella porcion de *elipse* , que está arrimada al Sol , podemos alcanzarlos con la vista ; pero quando van corriendo por la *elipse* adelante , se ponen á tan gran distancia , que no se pueden ver ni con los mejores telescopios , hasta que pasados los años determinados para su periodo ó revolucion , vuelven á acercarse al Sol , y se dexan ver de los hombres. Los planetas tambien se mueven en *elipses* , pero son muy cortas y casi como círculos : por eso nunca se substraen á nuestra vista. En lo restante hemos de juzgar que así los cometas , como los

planetas son unos cuerpos esféricos y opacos, invisibles por su naturaleza, y solo visibles por la luz que reflecten del Sol. Lo demas que hay que decir acerca de sus colas, movimientos y periodos, queda para su lugar, como tambien el responder á varias dudas, que Silvio ha de tener, por quanto creo seguirá la opinion de los que dicen que son vapores levantados de la Tierra.

Silv. En lo qual no tengo la menor duda, y está expreso en Aristóteles, sino me engaño.

Teod. De todo eso ya hablarémos despacio quando el buen orden nos conduxere á tratar de estos astros en particular; que hoy os quiero dar una idea de los astros en comun.

Eug. Ahí temo ya armada la pendencia, mayormente porque Silvio irá á prevenirse á casa para ella.

Teod. Últimamente, Eugenio, ademas de estos cuerpos opacos que rodean al Sol, tenemos otros muchos luminosos, que son las estrellas, las quales á nuestro modo de hablar no tienen que ver con el Sol, ni andan al rededor de él. Llámanlas estrellas fixas: estas asientan todos que tienen luz propia, porque están á una distancia tal, que seria imposible que la luz del Sol llegase allá con fuerza capaz de reverberar para nosotros; pues la distancia de las estrellas es incomparablemente mayor que la de Saturno. Estas estrellas no están fixas y engastadas en algun cuerpo sólido, como el vul-

go imagina ; porque unas están á distancia mucho mayor que las otras : cada una de ellas es como un Sol , y parecen tan pequeñas á causa de la inmensa distancia á que nos hallamos respecto de ellas. La *via láctea* que estais viendo , ó como el vulgo la llama el *camino de Santiago* , no es otra cosa que una incomprehensible multitud de estrellas menudas y juntas , que no se distinguen entre sí con los ojos ; pero los telescopios nos dan á conocer que esa luz continuada , que parece una nubecilla blanca y rala , no es sino una coleccion de muchas estrellas , que casi desaparecen de nuestros ojos por su inmensa distancia.

Silv. Prosigamos la conversacion ; pero si no os incomoda , entrémonos adentro , que aquí ya la Luna nos causa daño.

Teod. Entremos ; pero no tengais rezelo de que la Luna os perjudique á la salud.

Silv. Es cosa constante que así como es útil á muchas plantas , es nociva á los hombres.

Eug. Yo siempre lo tuve entendido así.

§. VII.

Del influxo de los Astros en los cuerpos terrestres.

Teod. **T**ambien yo estuve muchos años en esa persuasion ; mas por último he venido á conocer , despues que adquirí alguna mas instruccion por medio de la lectura y ex-

perencia , que en ese particular habia grandes errores y preocupaciones de la niñez.

Silv. Es principio para mí certísimo , que todos los astros influyen en los cuerpos *sub-lunares* , y que unos tienen influxo benigno , otros maligno. Y siendo el influxo del Sol bueno ¿por que no será malo el de la Luna ?

Teod. En el influxo del Sol no tengo duda ; porque es innegable el calor que causa en los cuerpos terrestres , y este calor es el que da vigor á las plantas , y como alma y vida á todo el mundo , especialmente si se cree que este calor no consiste en mero movimiento de la materia que se calienta , sino en partículas de fuego que se introducen en los cuerpos , y tienen su origen del Sol , como en otra ocasion diximos. Del influxo de la Luna en parte dudo , y en parte no : tengo por cierto que las mareas proceden de ella , y asimismo muchos vientos y otras muchas mutaciones en esta próxima region del ayre : si concedemos á la Luna la fuerza de atraccion , que está casi evidentemente probada entre todos los cuerpos celestes , con ella puede mover las aguas del Océano , la tenue masa del ayre , y con esto causar notables alteraciones en la economía de la naturaleza. En quanto á estos puntos no tengo duda , y hablaremos de ellos á su tiempo: ahora por lo que toca al influxo sobre las sementeras y mariscos , y sobre nuestros cuerpos , me ocurren bastantes dificultades , y muy fundadas : últimamente acerca del

daño que podemos padecer estando expuestos á la Luna , estoy cierto de que es miedo vano , y sin el menor fundamento. Vamos discurrendo por partes. Si la Luna hiciera daño á los humores de un hombre , que con la cabeza descubierta se pone á ella , tambien lo causaria al otro que con la cabeza abrigada debaxo de las mantas está durmiendo en un aposento bien cerrado. La Luna solo puede obrar por virtud de esta atraccion, que he dicho ; y si con ella puede perturbar los humores del cuerpo humano , lo executará igualmente en qualquier lugar ; pues yo veo que del mismo modo revuelve el agua de la superficie del Tajo , que la que está en el fondo del mar , y que llega á hacer efecto en la porcion de agua que corresponde á los antípodas , atravesando su virtud todo el grueso de la Tierra sin que eso le estorbe , ni disminuya su fuerza de obrar, como lo veremos al hablar de las mareas ; no porque haya espíritus , efluvios ó algunos cuerpos sutiles , que para ese efecto atravesasen la Tierra de parte á parte , sino porque la ley de la gravedad ó atraccion obra de otro modo , como ya os dixere al tratar de la gravedad de los cuerpos terrestres. Esto supuesto , el que dixere que la Luna por la fuerza de su atraccion mueve los humores de quien está puesto á su luz , no debe decir que esa atraccion sea tan débil , que un pañuelo ó sombrero puesto en la cabeza la frustre , ni aun el tejado de nuestras casas ; porque si el grosor de toda la Tierra no desien-

de de la atraccion de la Luna el agua de nuestros antípodas , que quadra á la otra parte del globo terráqueo ; que podrá hacer la pared mas gruesa ? Esto en quanto á ser la Luna nociva ó no. Ahora vamos á las sementeras.

Silv. Esperad : ¿pues que , solo por virtud de la atraccion puede obrar la Luna?

Teod. Sí.

Silv. ¿Y el Sol no obra por otros medios sin que sea el de la atraccion ?

Teod. El Sol sí , porque obra con el calor y con las partículas de fuego , que siendo de su misma naturaleza , sabemos que se introducen en los cuerpos terrestres ; y este calor puede causar grandes mutaciones y efectos en los cuerpos : al contrario , la luz de la Luna por mas experiencias que se han hecho con ella , ninguna alteracion sensible induce en los cuerpos. Los mayores y mas activos espejos ustorios que puestos al Sol derriten prontamente los metales , y petrifican muchas materias , no serán capaces de hacer subir medio grado al termómetro mas fácil en obrar , que se les ponga en el foco , aunque estén expuestos por mucho tiempo á los rayos de la Luna. Hanse hecho exâctas diligencias para ver si se notaba alguna diferencia en el termómetro con la luz de la Luna , pero siempre en vano ; de que resulta que por medio del calor no puede la Luna hacer mal ni bien á los cuerpos terrestres.

Silv. ¿Y que me direis de la constante ex-

perencia de los enfermos, los quales uniformemente se quejan en las lunaciones, aun sin saber que son dias de eso?

Teod. Ese ya es otro punto, en que yo no tengo toda la certeza necesaria; pero en todo caso quiero deciros mi pensamiento, y contaros una historia. Tuve en mi casa algunos años un huésped, hombre de pocas letras, y muy tenaz en el dictámen que una vez formaba: este habia tomado tal aversion á los viérnes, que queria persuadirnos que en ese dia todo sucedia mal, y que era dia terrible, y formaba un largo catálogo de desgracias suyas y ajenas sucedidas todas en viérnes. Intenté disuadirselo, atribuyendo á casualidad lo que él juzgaba ser influxo del dia; mas no pude: mostrábele como las voluntades libres de las personas, de las quales pendian gran parte de aquellas desgracias, no podian ser movidas por algun oculto influxo del dia de la semana, y que este no es cosa capaz de influir; pues el Sol que le forma, forma todos los demas, &c. mas nada bastó, porque se defendia con su experiencia. Tomé el partido de callar, y por una temporada fuí anotando todo quanto sucedia con expresion de los dias. Al cabo de dos meses volví á mover la cuestión; y despues que él refirió, segun costumbre, la serie de sucesos infaustos acaecidos en aquel dia, salí yo con otra mucho mayor de acontecimientos felicísimos, tanto pertenecientes á él, como á otros, sucedidos en viérnes, y despues referí otra serie

de sucesos desgraciados , que habian acontecido en diferentes dias de la semana , señaladamente en el miércoles , que él llamaba dia feliz. Y solo con este argumento logré convencerle. Lo mismo digo en el presente caso : en estando nosotros preocupados de una cosa , todo quanto sirve para confirmar esa idea , se deposita en la memoria con particular cuidado , porque todos se alegran de acertar , y tambien hacen aprecio de aquellas cosas que nos persuaden que acertamos: al contrario , todo lo que no favorece ó desmiente nuestra idea , como no se estima , no se deposita en la memoria , y así se olvida. Vos mismo habeis de tener una experiencia propia que confirme este discurso mio. Del mismo modo que todos los buenos Médicos curais á muchos enfermos , pero tambien otros muchos se os mueren en las manos ; y oireis en las juntas , que los Médicos forman un largo catálogo de los que tuvieron buen suceso con aquel remedio , y conservan en la memoria los nombres , calles , oficios , &c. pero de los que murieron , no forman relacion , ni aun conservan memoria sino de algunos mas notables.

Silv. ¿Y para que se ha de conservar una memoria triste ?

Teod. Pues lo mismo sucede en innumerables casos. Vos solo haceis mencion de los enfermos que se quejan en dias de luna ; pero no haceis cuenta de los que se quejan en otros dias. Si hiciérais igual reflexion sobre unos y otros , tal vez ha-

Haríais que la Luna tenia poco influxo sobre los enfermos. Esto para mí es muy probable en las Lunas llenas y nuevas, pero todavía lo es mas en los quartos, porque en esos dias no hay razon alguna ni aun aparente. En las Lunas nuevas y llenas, como la atraccion de la Luna y del Sol obran por una misma línea, causan efecto sensible en las mareas; y podrá alguno fundarse en esa atraccion, para afirmar que la Luna altera los humores; pero en los quartos, aunque la Luna tuviera influxo y despidiera efluvios hácia acá, no habia apariencia de razon para que en ese dia fuesen mas que en qualquier otro entre la Luna nueva y la llena. En estos dos dias, dicen algunos, que la luz del Sol pasando por la Luna, ó dando en ella y reverberando totalmente hácia la Tierra, trae consigo grande abundancia de efluvios malignos, &c. pero en los quartos no sé qué apariencia de razon pueda haber para creerlo. ¿Que conexión tienen los humores del cuerpo humano con que nosotros veamos solo un quarto de la Luna claro, y el otro se quede obscuro?

Silv. Teodosio, dexaos de impugnar eso; que es una heregía médica lo que decis. ¿No puede la Luna influir en los vientos, en las lluvias, &c.? Luego tambien podrá influir en los cuerpos enfermos: quede esto sentado, y pasemos á otra cosa.

Teod. En los vientos ó lluvias, y en toda la atmosféra ó region del ayre y vapores que nos rodean, puede la Luna influir,

así como en los mares , por virtud de la atraccion , como diré á su tiempo ; y esta sola atraccion basta para motivar esas mutaciones de tiempo , las cuales por la misma razon mas se gobiernan por las Lunas nuevas y llenas que por los quartos. Pero no sé cómo la fuerza de la atraccion de la Luna obra en los enfermos ; y esa es la razon por que digo que en este punto tengo muchas dudas , y no lo doy por cierto. Solo sí confieso que puede la Luna manifiestamente causar novedades en los enfermos *indirectamente* como dicen , en quanto induce alteracion en los vapores y vientos ; y estos tienen gran dominio sobre los dolientes.

Silv. Sea del modo que quisiéreis , con tal que sea como la experiencia nos enseña.

Teod. Vamos ahora á las sementeras , que esto pertenece á Eugenio , segun lo que poco ha le he oido. Eugenio , no os canseis en andar observando la Luna , ni mirando el almanak para hacer los inxertos ó sementeras que quisiéreis. Daréos para desengaño de esa general preocupacion dos testigos los mas abonados que se podrán hallar en esta materia. Aquí los he de tener registrados en un libro desde que los encontré . Aquí están : el primero es Mr. Normand , Director de los Frutales y Huertas del Rey de Francia , el qual traducido del frances , dice así : *Entre un grandísimo número de*
Espect. de la Natur. tom. II. pág. 145.

experiencias hechas con la mayor exáctitud en diferentes años , sobre cada una de las operaciones de la agricultura , no he hallado ninguna que favorezca á la servil sujecion de nuestros antiguos á los diversos aspectos de la Luna. El otro testigo es Mr. de la Quintinie su predecesor , el qual dice que no hay cosa mas frívola que cansarse en observar el dia de la Luna quando se quiere plantar ó cortar , &c. : que es preciso hacer cada cosa en su sazón , escogiendo el tiempo propio ; y atribuir el suceso al Sol , al temple del ayre , &c. Esta preocupacion general está tanto mas arraigada , quanto es mas antigua , y quanto la gente del campo es mas asida á los dictámenes de sus padres , dando mucho ménos al discurso que á su autoridad. Los antiguos ya fuéron culpables en esto , y creo yo que fué esta la causa. Como la gente del campo no tenia almanakes , se gobernaban por las Lunas para distinguir las diversas partes del año : los meses eran lunares ; y corria entre ellos como cosa cierta que tal grano debia sembrarse en quarto mes de la Luna , quando estuviese á la mitad , y esto venia á ser Luna llena : que la otra planta era conveniente disponerla en el séptimo mes por exemplo , ya casi al acabar ; y esto venia á ser quarto menguante : la otra en el octavo mes al principio , lo qual venia á ser Luna nueva. Cada revolucion de la Luna era su mes , y la quarta parte de esta revolucion era una semana : miraban á la Luna para saber en

que altura estaba el mes , ó que semana del mes era , y tambien para saber si era el tiempo propio de sembrar ó plantar ; y como los hijos criados con sus padres veian desde pequeños mirar á la Luna , y que sus padres se guiaban por ella , no preguntaban el por qué , ántes ciegamente iban creyendo que la Luna en aquel quarto influia en las simientes , y las hacia salir bien , &c. Así que , Eugenio mio , el Sol , las lluvias, los vientos y la estacion del año es á lo que se debe atender ; porque solo esto puede conducir al buen ó mal éxito de las sembreras. Y baste de conferencia ; que para el primer dia ha sido bastante larga.

Eug. Resta que digais algo sobre el influxo de los demas astros ; porque siempre he oido decir nació debaxo de buena estrella , y en los Reportorios ordinarios leo muchas veces que en este mes predomina Marte , en aquel otro Saturno , &c. y atribuyen á esto el que los que nacen baxo el dominio del astro sean melancólicos ó coléricos , ó de estatura grande ó de nariz larga por exemplo , y tambien de costumbres disolutas. Decidme lo que entendeis sobre esto.

Teod. Lo que yo entiendo es que los Magistrados debieran prohibir todos estos papeles , que no sirven sino de desacreditar á la nacion portuguesa , y llenar de errores la cabeza del vulgo , que los lee casi con tanta fe como si fuera el mismo Evangelio. Nacer debaxo de buena ó mala estrella es una

cosa que no se puede entender. Las estrellas del cielo á causa de su inmensa distancia ningun influxo pueden tener en la Tierra.

Eug. Acuérdomé de que hablando de la luz ¹, dixísteis que gastaba muchos años en venir desde las estrellas hasta nosotros.

Teod. Pues ahí vereis quanto gastaria en venir ese influxo para hacer mal ó bien á la criatura que nacia. Pero supongamos que vengan esos influxos como quisieren: todas las estrellas del cielo están á una inmensa distancia de la Tierra, la qual es como un puntito nadando en medio de un espacio vastísimo é inmenso. Si una estrella influye ¿por que razon no han de influir todas las que están en el cielo? Y si influyen hoy ¿por que no han de influir todos los dias, siendo en ellas siempre una misma la distancia, y pasando todas por encima de nosotros dentro de 24 horas? Mas: si influyen en un pais ¿por que no han de influir en todos, siendo el globo terráqueo un punto en comparacion de las estrellas? Lo mismo digo de los planetas: quisiera que me explicaran esto: si para nacer debaxo del dominio de Márte basta que él esté entónces sobre el Horizonte, siendo así que en 24 horas da una vuelta entera al rededor de la Tierra, la mitad de los niños que naciesen, le alcanzarian sobre el Horizonte, y la mitad debaxo: lo mismo digo de los demas. ¿Que

E 3

clase, pues, de observacion se puede hacer en una cosa necesariamente general á la mitad de los hombres?

Silv. Tal vez querrán decir que el tal planeta estaba á plomo sobre la Tierra al tiempo del nacimiento.

Teod. Eso no puede ser sino en la Zona Tórrida, y siete grados y medio fuera de ella; porque nunca puede ningun planeta salir fuera del Zodíaco, ni pasar á plomo acá por encima de nosotros. Además de que si Júpiter v. g. pasara bien á plomo por sobre nuestras cabezas al tiempo del nacimiento del niño; tan encañonados habian de venir esos influxos, que saliendo de todo el cuerpo de Júpiter, que es mucho mayor que la Tierra, solo llegasen acá al puntito de la casa en que nació la criatura, y no se esparciesen por todo el globo de la Tierra; ó á lo ménos por todo el Reyno en contorno? Y si á todos llega ese influxo, ya respecto de ellos no pasó á plomo; y si esto no es preciso, todos los demas planetas que siempre están mirando á la Tierra ya á plomo, ya obliquamente, estarán influyendo sobre ella, y nada se podrá atribuir mas á este planeta que á los otros.

Silv. Yo no entiendo de astronomías; pero siempre oí decir que la diversa conjuncion de los astros tenia algun dominio sobre los cuerpos terrestres. Ahí teneis una cosa constantemente observada por los Médicos, que quando el Sol entra en la canícula, no es conveniente ponerse en cura ni

tomar remedio mayor : esto no lo habeis de negar.

Teod. No puedo concederlo. Sé que esa es la costumbre de los señores Médicos ; mas no todos discurren de un mismo modo : algunos por canícula entienden calmas excesivas , y entónçes fácilmente me conformo con que no conviene entrar en cura , porque las calmas grandes perturban la economía de los humores ; pero otros entienden por canícula una cierta constelacion del cielo , y religiosamente observan los dias que el almanak señala por caniculares , temiéndolos como infaustos , que haga gran calma , qué pequeña , y con estos tales no puedo conformarme. ¿ Que tiene que ver el Sol con las estrellas , que están mas de setenta mil millones de leguas distantes de él ? Y ¿ que tienen que ver ellas acá con nosotros para perturbarnos los remedios ? Entrar el Sol en la canícula , quiere decir que en estos dias el Sol mirado desde la Tierra corresponde en el cielo á estas estrellas : al modo que mirando nosotros á la Torre del Bugio en la barra , nos corresponde á aquella estrella brillante que va á ocultarse ; pero si se mira al Sol en esos dias de otra parte fuera del globo terráqueo , quadrará la constelacion muy distante : así como al que ahora mirase desde Cascaes á la Torre del Bugio , habia de quadrarle enfrente de alguna estrella del Oriente. Luego en esos dias caniculares tanta conexiõn tiene el Sol con la canícula , como con qualquier otra constela-

cion. Es verdad que decimos que está en ella ; pero eso no es porque realmente lo esté , sino porque mirándolo de acá , corresponde á ese lugar del cielo ; y sin embargo está tan léjos de esa constelacion como de todas las otras. Por lo qual para saber quando empiezan los caniculares no habeis de consultar el almanak , sino observar las calmas y otras disposiciones del tiempo , á fin de hacer juicio de si conviene ó no entrar en cura. Esto es lo que yo entiendo : vos seguid lo que mejor os pareciere , y alla os gobernad , pues sois Médico de profesion.

Silv. Como me crié Médico Peripatético, pienso morir con todos esos abusos ; y en la canícula solo en caso de grave necesidad haré remedio mayor.

Eug. Esa es una constancia loable.

Teod. Los hombres no han de ser fáciles en variar. Insensiblemente hemos alargado la conversacion mucho mas de lo que yo quisiera , atendiendo á que Silvio aun no descansó de su viage.

Silv. Fué corto , y hecho con comodidad, pero ahora es preciso retirarme á casa : mañana vendré á ver el eclipse. Quiera Dios que de la Luna de esta noche no me resulte algun daño.

Teod. Id sin susto , que la Luna no es ningun basilisco , ni da mal de ojo : venid temprano , para que quando empiece el eclipse, tengamos acabada la conferencia.

Silv. Obedeceré como debo.

TARDE XXX.

Del Sol y la Luna en particular.

§. I.

Del Sol y de su naturaleza, figura, grandor, peso, densidad, manchas, y atmósfera.

Silv. **C**ontra la experiencia no sirven argumentos.

Teod. ¿Pues que, que es eso, Silvio? ¿que os ha sucedido?

Silv. Ahora vengo de casa de nuestro amigo el Comendador, el qual queda muy malo con una apoplexía que le dió esta mañana: es dia de Luna llena, y ademas de eclipse, que dicen será muy grande: ¿y todavía direis que los eclipses y las Lunas no influyen en los cuerpos?

Teod. Mal estamos nosotros, Eugenio, que hemos de aguantar por entero toda la maligna influencia de la Luna miéntras dure el eclipse: ¡desdichados de los Astrónomos, que hoy caerán apopléticos mas de tres mil en todo el mundo! Decidme, Silvio, ¿y habeis tenido cuidado de preguntar qué cenó anoche ese enfermo? ¿que modo de vida tenia? ¿y en que disposicion se hallaba algunos dias ántes del insulto?

Silv. Ya andaba amenazado algunos días habia con unos vahidos muy pesados ; y es de notar que el primero le dió dos dias despues de la Luna nueva. ¿Veis como á la Luna se le debe imputar todo el daño? Y ayer tuvo una grande indigestion ocasionada de desórden en el comer.

Teod. Ahí teneis el verdadero eclipse que le hizo mal.

Eug. Siempre el eclipse es mas activo que la Luna nueva ; porque esta solo le causó un vahido , y para eso tardó dos dias : y el eclipse muchas horas ántes de llegar le causó repentinamente una apoplexía.

Silv. No reparéis en eso , Eugenio , porque es cosa sabida que las Lunas obran aunque sean tres dias ántes ó tres despues : con que bien podemos sin escrúpulo atribuir á la Luna nueva el primer vahido.

Teod. Pues por esa regla todos los demas vahidos , y quantas puñaladas se dan , quantos hurtos se hacen , y quantos males suceden , los podeis atribuir á la Luna ; porque como hay Luna cada siete dias , en acabándose los tres despues de la Luna nueva , en que ella tiene jurisdiccion , entran los tres dias ántes del quarto creciente , en los quales ya ella vuelve á dominar , y tenemos todos los dias ocupados con la jurisdiccion de la Luna. ¡Terrible astro!

Silv. Dexémonos de eso , y veamos qué hay que discurrir esta tarde para la inteligencia del eclipse.

Teod. Ayer hablamos de los cielos y as-

tros en comun : algunos ya los conoceis por sus nombres y figuras : sabeis que todos los planetas son de suyo oscuros y opacos : que el Sol es el que les comunica la luz con que resplandecen , pero todavía esto no basta ; mucho mas es menester : vamos hoy considerando en particular esos mismos astros para que conozcais la causa de los efectos que de ellos vemos. El primer lugar le tiene el Sol. Este es un cuerpo luminoso y brillante por sí mismo : su naturaleza ó es fuego puro , ó muy semejante á nuestro fuego , porque vemos que produce los mismos efectos. El fuego quema , calienta y da luz , y todo eso lo hace el Sol ; y si juntamos sus rayos con el espejo ustorio , hallamos enteramente los mismos efectos que en el fuego terrestre , en tanto grado , que algunos cuerpos calcinados á fuerza de los rayos del Sol salen con mayor peso , del mismo modo que calcinados por el fuego terrestre , segun ya os dixen en otra ocasion ¹ ; lo que persuade bastante que son de una misma ó muy semejante naturaleza las partículas que causan el calor del Sol , y las que producen el calor del fuego ; por quanto así como unas mismas partículas de la lumbre esparciéndose y metiéndose por los cuerpos que encuentran , los hacen calentarse , de la propia suerte unas mismas partículas del Sol derramadas por el espacio que sus rayos ocupan , son las que causan calor en los

¹ Tom. III.

cuerpos que calientan introduciéndose en ellos ; como largamente lo dixe en otra ocasion ¹. Algunos afirman que esta es la *Region del Fuego* ; pues allá donde algunos la ponian , que era al rededor de la region del ayre , ya diximos que era imposible que estuviese ². Pero dexemos eso , y vamos á cosas de mayor importancia.

Silv. Sí , dexemos ese punto , que aun no he meditado sobre él.

Teod. El Sol tiene un volúmen muy grande , aunque se le compare con todos los planetas juntos ; de suerte , que exceptuando los satélites (de cuyo grandor no se sabe nada á punto fixo) , si juntamos todos los planetas , entrando tambien la Tierra y la Luna , resultará un volúmen 760 veces mas pequeño que el Sol. Pero comparando el Sol con la Tierra , de cuyo tamaño podemos tener mas clara idea , hallamos que el diámetro del Sol es casi 92 veces mayor que el de la Tierra ³. Y porque gustareis de que yo reduzca estas medidas á leguas portuguesas , dando nosotros 2062 leguas al diámetro de la Tierra ⁴ , viene á tener el del

¹ Tom. III.

² Ibid.

³ Gravesand. *Phys. Elem. Matem.* n. 4164. dice , que estos diámetros son como 10000 á 109 ; que viene á ser lo mismo que 1 á $91\frac{8}{109}$; lo qual dista muy poco de 1 á 92. El Kalendario de la Academia de París les da la proporcion de 1 á 100 , y otros Autores forman otras proporciones.

⁴ Cada grado de círculo máximo de la Tierra ,

Sol (189.704) ciento ochenta y nueve mil setecientas y quatro leguas portuguesas. Esto por lo que mira al diámetro. Vamos ahora á la superficie. Comparándola con la de la Tierra, resulta por este cálculo 8417 veces mayor; y reduciéndolas á leguas cuadradas, son (113.093.936.640) ciento y trece mil noventa y tres millones novecientas treinta y seis mil seiscientas y quarenta. Advierto que quando hablo de leguas, entiendo las portuguesas, porque son muy diversas en longitud de las de otras naciones. Ahora solo resta determinar el volúmen del Sol en comparacion al de la Tierra. Sabed, pues, que es (772.183½) setecientas setenta y dos mil ciento ochenta y tres veces y media mayor. Tambien advierto por una vez, que en las distancias y medidas de los planetas sigo los mismos cálculos de Gravesande, y si no me engaño del comun de los Ingleses y Holandeses, no solo por la estimacion que merece este autor, y por ser este cálculo conforme á las observaciones modernas, sino principalmente porque se conforma con la admirable teórica de los movimientos de los astros, que puede corregir por el cálculo hasta los mas pequeños defectos de las observaciones de los puros Astrónomos. Pero no por eso desprecio á los demas autores, solo quiero ir consiguiente.

segun nuestro Geógrafo mayor, y otros buenos autores comprehende 18 leguas portuguesas: de las españolas contiene 17½, y por eso tiene el diámetro 2062.

Eug. No me admiro de esa variedad ; lo que sí me causa admiracion es que se pueda saber tanto.

Teod. En el discurso de estas conferencias tal vez llegareis á hacer concepto del modo con que se saben estas cosas. Conocido el tamaño del Sol , vamos á determinar su peso y densidad.

Eug. Eso nunca esperé yo que los hombres tuviesen la felicidad de haberlo conseguido.

Silv. Ni yo que tuviesen el atrevimiento de intentarlo. Decidme , pues , Teodosio , ¿ y de que balanza se sirviéron los hombres para pesar el Sol ?

Teod. De la de la razon , que á quien la sabe manejar , le sirve de mucho. En uno de estos días que vienen , os diré el modo cómo se puede averiguar el peso de los astros. Ahora no os lo digo , por no pervertir el órden que pienso seguir en esta explicacion : acordádmelo , Eugenio. Continuando , pues , lo que decia del peso absoluto ó de cantidad de materia que hay en el Sol , se le da por las observaciones y cálculo ¹ un peso ó cantidad de materia (195.312½) ciento noventa y cinco mil trescientas doce veces y media mayor que el de toda la Tierra ; porque aunque su volú-

¹ Gravesand. *Phys. Elem. Mathem.* n. 4163. dice que las masas de materia del Sol y de la Tierra comparadas entre sí , son como 10000 á 0,0512 , que viene á ser lo mismo que 100.000.000 á 512 ; y así resulta el Sol 195.312½ veces mas pesado.

men es setecientas setenta y dos mil y tantas veces mayor que el de la Tierra, no es tan macizo como ella, y es cerca de quatro veces específicamente mas ligero ¹. Yo os explicaré á su tiempo el modo de exâminar el peso y la densidad de los planetas ².

Eug. No me olvidaré de traerlos á la memoria el que nos hagais una explicacion mas extensa de ese modo de exâminar y hacer anatomía (digámoslo así) de los astros del cielo.

Teod. Por lo que pertenece á la figura es esférica ó redonda, aunque á la vista parece un cuerpo chato ó llano; y el fundamento porque se cree que tiene figura de globo ó esfera, viene á ser este. Si el Sol fuera de qualquier otra figura diversa de la globosa, quando fuese dando vuelta, como la da sobre su exe, no siempre nos habia de presentar una haz circular, qual testifican que siempre se representa á nuestros ojos.

Silv. ¿Y por donde nos consta á nosotros que el Sol da vuelta al rededor de sí mismo?

Teod. Porque se descubren en él algunas manchas obscuras, las quales siempre van pasando de una parte á otra, y al cabo de algunos dias vuelven á pasar. Este movimiento manifiesta que el Sol se revuelve sobre su exe á manera de cigüeña. Y todas las circuns-

¹ Gravesand. n. 4168 dice que la densidad de la Tierra es á la del Sol como 39.539 á 10000.

² Tard. XXXIII. §. IV. al fin.

tancias de este movimiento concuerdan con el de una esfera sobre sí, porque no siempre estas manchas aparecen en la haz del Sol, guardando entre sí una misma distancia: quando están en el medio, siempre tienen mayor distancia aparente que quando están hácia el borde ú orilla del Sol (reparad en estos nombres porque son términos propios de la materia). Siendo, pues, el Sol una bola que tuviese varias manchas siempre á igual distancia, las que nosotros viésemos de frente, las habíamos de ver con mayor separacion, y mas grandes que las que viésemos de lado; porque habian de parecer mas estrechas y mas arrimadas unas á otras, como es manifesto. Pues asi sucede en el Sol; y por la misma razon las manchas que pasan por el medio, corren con mas velocidad que las que pasan por mas arriba ó por mas abaxo del medio; porque como han de dar mayor vuelta á causa de la mayor circunferencia, y siempre ha de ser esto al mismo tiempo en que todas voltean, forzosamente deben andar mas apriesa.

Eug. Todo debe ser así, supuesto que el Sol sea esférico, y que se mueva al rededor de sí mismo.

Silv. ¿Y no podrán esas manchas ser engaño de la vista, ó provenir de algun polo de los telescopios?

Teod. Venid á cercioraros por vuestros ojos ántes que el Sol se ponga, porque esta mañana he visto yo en él siete manchas

bien distintas, y creo que aun se verán.

Eug. Tantas? ¿y son siempre unas mismas?

Teod. Á veces aparecen muchas, otras ménos, otras ninguna. Este año el dia 20 de Abril le conté yo cincuenta y una, y algunas eran bastante grandes: nunca hasta entónces lo había visto tan manchado. Venid á desengaños, Silvio.

Silv. Siempre me queda el escrúpulo de si serán manchas del vidrio, y que parezca que están en el Sol; y me confirmo mas en este rezelo con lo que decis de que no siempre son unas mismas.

Teod. Aquí teneis el telescopio encarado y defendido con un vidrio verde, que es el mejor modo que hay para observar el Sol.... Veislo?

Silv. Sí lo veo clarísimamente, y percibo en él como unas tres manchas.

Teod. Reparad bien, que esa de mas arriba son dos juntas, y la de mas abaxo de todo son quatro pequeñitas, que se confunden en una.... Ahora las vereis mejor, porque os puse el telescopio en el punto que vuestra vista requiere.

Silv. Ya percibo que son dos montecillos de manchas mas pequeñas; pero no distingo quantas son: ¿y quien me asegura que esto no es del antejo?

Teod. Si son del antejo, en moviéndole, tambien ellas se han de mover: movedle, pues, ligeramente para no perder de vista al Sol.

Silv. Ellas no se menean : ya veo que no son del antejo. Mirad , Eugenio.

Teod. Amigo , quando estas cosas se dan por ciertas , no es sobre conjeturas. ¿Las veis, Eugenio?

Eug. Muy bien las veo.

Teod. Basta : entrémonos acá dentro. Sobre estas manchas del Sol hay varias opiniones entre los Astrónomos , así en quanto al lugar , como en quanto á su naturaleza : á algunos les ocurrió si serian satélites que anduviesen al rededor de él ; pero esto no es verisímil , porque á veces de repente aparecen en el medio del Sol algunas manchas , otras desaparecen repentinamente. Lo que hoy se cree comunmente es que son unas nubes gruesas y espesas , que se levantan de la superficie del Sol , como nuestras nubes de la superficie de la Tierra , por eso á veces de repente se disipan : otras veces que son muy menudas é imperceptibles , se juntarán en el medio de su haz , y se hará de repente visible la mancha ; pero como miéntras no se deshacen , siempre siguen el movimiento comun de una parte á otra , prueban siempre la constante *rotacion* ó *vértigo* del Sol. Otra duda hay sobre el lugar que ocupan. Algunos quieren que estén como pegadas á la superficie del Sol , porque no tienen *paralaxe* (voy á explicaros esta palabra) : quiero decir , que viéndose la mancha de diversos lugares , v. g. de aquí y de París , siempre corresponde á un mismo punto del Sol ; y si ella estuviera muy dis-

tante de él, mirada de una parte corresponderia al borde ú orilla del Sol, y vista al mismo tiempo de otro lugar, corresponderia á otra parte no tan arrimada al borde ú orilla : así como porque Silvio está distante de la pared de enfrente, su cabeza vista desde aquí me corresponde al ángulo de aquel mapa, y á vos, Eugenio, os ha de corresponder al medio de él.

Eug. Así es ; ¿ y es esto lo que llaman *paralaxe* ?

Teod. Sí ; y observad que quanto mas apartado de la pared estuviere Silvio, mayor ha de ser la distancia de los lugares á que su cabeza corresponda, viéndola nosotros de estos sitios en que estamos sentados: si ella no distara de la pared mas que tres palmos, poca seria la diferencia. Perdonad, Silvio, y sentaos allí casi arrimado á la pared ; y vos, Eugenio, estaos quieto.

Silv. Con mucho gusto os obedezco.

Eug. En quanto á mí corresponde vuestra cabeza á la moldura del mapa, media quarta distante de la esquina.

Teod. Y en quanto á mí un palmo : poca es la diferencia ; por eso es pequeña la *paralaxe* y la distancia real de Silvio á la pared. Ved aquí por que muchos juzgan que las manchas del Sol están pegadas á él. Pero Wolfio se persuade y con fundamento, á que eso no puede ser así, porque entónces quando las manchas diesen vuelta con el Sol al rededor de su centro, tanto tiempo serian visibles al andar en la haz vuelta

hácia nosotros, como invisibles andando en la haz contraria; y esto no sucede así porque tardan en aparecer cerca de tres dias ¹.

Silv. No percibo cómo de ahí se infiera que las manchas están separadas del Sol.

Est. 1.
fig. 4.

Teod. De este modo: voy á hacerlos aquí con lápiz una figura (*estamp. 1. figur. 4.*): sea este globo *S* el Sol, y anden las manchas en este círculo de puntitos *e o a*. Esto supuesto, es verdad que tanto tiempo han de gastar en la media vuelta de acá como en la media de allá; pero como andan algun tanto apartadas del cuerpo del Sol, y no se pueden ver sino correspondiendo á nuestra vista sobre el Sol mismo, en el punto que se substraigan de ella, quedarán invisibles; y así mientras la mancha anduvo desde *e* hasta *a*, iba aquella mota negra encubriendo al Sol, y se veia; pero luego que se desvió de *a*, ninguno la vió hasta que volvió á aparecer en *e*. De este modo queda bien claro que mucho mas tiempo ha de estar la mancha invisible que visible; lo qual no seria así si estuviera pegada á la superficie del Sol; pero nunca esta distancia será mucha, porque entónces habria la paralaxe que ya os expliqué.

Silv. Ya lo he entendido.

Teod. De lo que llevo dicho se infiere que el Sol tiene al rededor de sí cierta atmósfera, que corresponde á nuestro ayre; por-

¹ *Elem. Astron. §. 413.*

que de otra suerte ¿donde se habian de sostener esos vapores, nubes ó humos que le encubren? Nosotros sabemos que los vapores de la Tierra se levantan por el peso del ayre, y en él se sostienen sin embargo de pesar hácia la Tierra, como se ve quando se juntan y llueve; de la misma manera todo lo que hubiese en las cercanías del Sol, debe pesar hácia él, y por buena razon debe haber algun fluido en que floten esas nubes. Ahora se sigue el tratar de los movimientos del Sol, y de la distancia que tiene de la Tierra.

§. II.

De los movimientos del Sol y de su distancia de la Tierra.

Eug. **D**el movimiento del Sol pueden dar testimonio todos los que tienen ojos, porque bien notorio es que en 24 horas se mueve de Oriente á Poniente.

Teod. Ese es el primer movimiento, que los Astrónomos consideran en el Sol, y es comun á todos los astros, los quales con los cielos sensiblemente dan una vuelta en el espacio de un dia. Pero este movimiento dicen los Copernicanos que solo es en la apariencia, y que en realidad el Sol está quieto, y la Tierra es la que se mueve al redor de su exe. Y así como quando vamos embarcados, nos parece que los peñascos van retirándose hácia atras, siendo cierto

que ellos están inmóviles, y somos nosotros los que vamos andando hácia adelante: esto mismo dicen los Copernicanos que sucede entre la Tierra y el Sol. La tierra dicen que es como un grande y universal navío, que se mueve de Poniente á Levante en 24 horas; y los hombres juzgan que los cielos y astros todos se mueven de Levante á Poniente. Pero de este punto hablaremos otro dia largamente ¹. Además de ese movimiento comun, que se llama *diurno*, porque se completa en un dia, tiene el Sol otro movimiento propio que es de Poniente á Oriente, corriendo los doce *signos*, que son doce constelaciones del cielo á que él sucesivamente va correspondiendo. De suerte, que si hoy el Sol al salir corresponde en el cielo á una estrella determinada, por exemplo de la constelacion de *Géminis*, mañana ya nacerá despues que haya salido esa estrella del Horizonte; porque entretanto anduvo el Sol hácia Oriente casi un grado: de aquí á 30 dias ya ha de corresponder á otra constelacion, que se llama *Cáncer*; y así por los doce meses va correspondiendo á las doce constelaciones, que llaman *signos*. Estas doce constelaciones juntas forman una faja ó cinta que rodea todo el cielo, y se llama *Zodiaco*; y de este modo en 365 dias, 6 horas, 9 minutos y 14 segundos ha corrido el Sol con su movimiento propio todo el cielo en redondo. Si ahora no me en-

tendeis perfectamente , en el discurso de estas conferencias me entenderéis mejor , pues aun hemos de volver á hablar de esto. Este movimiento tambien es aparente en la opinion de los Copernicanos , porque dicen que el Sol está fixo y que la Tierra (ademas de revolverse como una cigüeña sobre su exe en 24 horas), tambien da un paseo bastante despacio al rededor del Sol en el discurso de un año entero. Como esto pueda ser, os lo explicaré de intento quando hablare de este sistema , exponiéndoos el admirable juego de los astros entre sí. Ahora solo es mi ánimo tratar de cada uno en particular.

Eug. Como sabeis lo que me habeis de decir , dais el mejor orden á las doctrinas , reservándolas para el lugar mas oportuno.

Teod. Ademas de estos dos movimientos tiene el Sol el tercero , que se llama de vértigo ó rotacion ; y en quanto á este convienen todos en que es verdadero , y que en realidad el Sol se mueve al rededor de su propio centro. Este movimiento que , como poco ha he dicho , se conoce por las manchas que van siempre pasando de una parte á otra, gasta 25 dias y medio. Advierto no obstante , que el exe del Sol (esto es la línea que se considera pasar por su centro y terminar en los dos polos sobre que se revuelve) no quadra á plomo respecto del plano de la *eclíptica* : yo me explicaré. Si en el medio de esta mesa redonda ponemos la Tierra , y consideramos por su orilla los

doce signos , por los quales el Sol se mueve en el espacio de un año ; para representar bien su movimiento , hemos de traspasar con un alambre una naranja ó qualquier bola , y al paso que fuéremos llevándola por el borde de la mesa , hemos de ir revolviendo el alambre entre los dedos para que la naranja dé vuelta sobre su propio eje. Digo , pues , que este alambre no debe andar á plomo sobre la mesa , sino un poco inclinado , de suerte que haga con ella (lo qual corresponde al que los Astrónomos llaman *plano de la eclíptica*) un ángulo de 88 grados y medio. Esto es lo que al presente podeis saber sobre el movimiento del Sol : ahora pasemos á su distancia.

Eug. Creo que ha de ser enormemente grande.

Teod. Acerca de la distancia de los planetas no puede haber tanta certeza , como sobre sus movimientos ; pero os diré la opinion que tengo por mas segura , y que , como he dicho , es la que sigue Gravesande. Es verdad que Gravesande no se atreve á determinar estas distancias por número de semidiámetros ¹ , sino que dividiendo la distancia del Sol á la Tierra en mil partes , se vale de ellas como de medida comun para señalar la proporcion que hay entre las diversas distancias de todos los planetas al Sol. Pero de lo que el mismo Gravesande dice acerca de la distancia de la Lu-

na ¹ se saca el método de reducir esas partes milésimas á semidiámetros de la Tierra ². Digo, pues, siguiendo este cálculo, que el Sol dista de la Tierra (19.646) diez y nueve mil seiscientos quarenta y seis semidiámetros de la Tierra y un poco mas ³; y reduciendo esto á leguas portuguesas de 18 al grado, vienen á salir en la distancia del Sol á la Tierra (20.255.376) veinte millones doscientas cincuenta y cinco mil trescientas setenta y seis leguas. Esta es la distancia media.

Eug. Bien decia yo que habia de ser enormemente grande.

Teod. Pero advertid que esta distancia no siempre es la misma; porque la Tierra no

¹ Númer. 4161.

² La distancia media de la Luna bien se sabe que corresponde á 60 semidiámetros de la Tierra, y conforme á Gravesande reducida esta distancia á las partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra, de que se sirve como de medida comun, para determinar las distancias de diversos planetas, vale 3.054, esto es tres partes, y dividiendo cada una de estas milésimas en mil, 54 de estos quebrados: es decir, que la Luna dista de la Tierra tres partes de las mil en que se divide la distancia de la Tierra al Sol, y 54 milésimas partes de una milésima. Esto supuesto, queda claro que se pueden reducir á semidiámetros de la Tierra todas las distancias que se expresan por el número de estas partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol.

³ Rigurosamente hablando, importa 19646 $\frac{1}{3} \frac{1}{5} \frac{1}{4}$ semidiámetros.

quadra en el centro de la elipse por donde el Sol se mueve, ni el Sol en el centro de la elipse por donde se mueve la Tierra (hablando segun el sistema de los Copernicanos). Dista del medio de esta elipse el valor de cerca de 334 semidiámetros ¹, que reducidos á leguas, valen casi al pie de (344.354) trescientas quarenta y quatro mil trescientas cincuenta y quatro. Esta distancia ó del Sol ó de la Tierra al verdadero centro de la órbita del planeta que gira conforme á los diversos sistemas, se llama *excentricidad*; y eso vale lo que se aumenta la distancia del Sol á la Tierra quando es máxîma; y lo que se disminuye de la media quando es mínima. Pero si quereis comparar la distancia mínima con la máxîma, la diferencia importará dos excentricidades; y así vendrá á valer 668 semidiámetros, ó (688.708) seiscientas ochenta y ocho mil setecientas y ocho leguas. Y basta de medidas. Vamos á los eclipses del Sol.

Silv. Si lo pudiéreis medir á palmos, no andaríais con mas menudencias.

§. III.

De los Eclipses del Sol.

Teod. **E**l eclipse que llaman del Sol,

¹ La excentricidad del Sol, segun Gravesande, vale 17 partes milésimas, que reducidas á semidiámetros de la Tierra, hacen $333 \frac{3018}{3054}$

verdaderamente es eclipse de la Tierra , porque si eclipse es obscuracion , la Tierra es en realidad la que la padece , pues cae en ella la sombra que le hace la Luna quando se mete entre el Sol y nosotros. Ya sabeis qué cosa es Luna nueva , y que sucede quando la Luna está entre nosotros y el Sol , teniendo vuelta hácia él su haz iluminada , y hácia nosotros la obscura.

Eug. Bien me acuerdo de que ayer nos lo dixisteis , y de la experiencia de la bola colgada que hicisteis andar al rededor de mi cabeza enfrente de la vela encendida , que representaba el Sol.

Teod. Suponed ahora que estando nosotros mirando al Sol , pasase la Luna por entre nosotros y él : ya se ve que nos habia de quitar la vista del Sol ; pues esto es el eclipse. Si nos impidiera la vista de todo el Sol , á este eclipse le llamaríamos total : si permaneciese algun tiempo el Sol todo obscurecido , el eclipse seria total con demora ó detencion ; pero si apénas llegase la Luna á encubrir la última orilla del Sol , se descubriese la primera á la otra parte , seria total sin demora ; si la Luna no pasase bien por el medio , si no que encubriendo una parte del Sol , dexase siempre descubierta la otra , llamaríamos á ese eclipse parcial. Todo esto es fácil de entender.

Eug. Y muy fácil.

Teod. Vamos ahora explicando esto por menor. En primer lugar no puede haber eclipse de Sol sino en Luna nueva , porque so-

lo en la Luna nueva es quando ella tiene vuelta hácia nosotros la haz obscura , y solo entónces puede suceder el que la Luna pase por entre el Sol y nosotros. Ved aquí de lo que San Dionisio Areopagita (segun se dice) siendo aun gentil infirió la muerte del Criador ; pues sin tener noticia alguna de lo que pasaba en Jerusalem quando Christo nuestro Señor padecia , exclamó diciendo : *Ó todo el mundo se deshace , ó el Autor del Universo padece* ; porque vió un eclipse total del Sol en dia de Luna llena, lo qual no podia ser sin que se hubiese desconcertado el Universo , ó por efecto milagroso en demostracion de que padecia el Autor de la naturaleza.

Eug. Discurria bien , porque él esperaba á la Luna de una parte , y al Sol de la otra, como suele suceder en todas las Lunas llenas , que quando se pone el Sol , entónces sale la Luna ; y hallando á la Luna obscureciendo al Sol , tenia razon para admirarse. Pero de este modo creo yo que todas las Lunas nuevas habrá eclipse de Sol.

Teod. No sucede eso así , porque la Luna se desvia unas veces por una parte y otras por otra ; y solo quando pasa perfectamente por entre nosotros y el Sol , es quando nos le encubre , y tenemos eclipse. Luego os daré mas luz sobre este punto. Vamos á las demas circunstancias. La otra que debeis observar en los eclipses del Sol , es que no son iguales en todas las regiones , ni á un mismo tiempo , ni tampoco generales.

À veces tenemos eclipse de Sol en España, mas no en Africa : otras veces es total en Galicia y parcial en Lisboa ; y quando lo vemos aquí , aun no empezó en otras partes.

Eug. Quisiera saber la razon de todas esas circunstancias.

Teod. La Luna es un cuerpo opaco , y hace sombra : al paso que ella va andando, va pasando la sombra ; y quando esta da en la Tierra , va corriendo sucesivamente por las Ciudades que encuentra en el camino que sigue ; y primero ha de pasar por una , despues por otra , &c. La Ciudad donde diere la sombra que la Luna hace , no puede ver al Sol entretanto , y para ella estará eclipsado todo ese tiempo ; pero todavía se verá desde otra Ciudad mas adelante adonde aun no llegó la sombra de la Luna ; por eso oireis decir que el eclipse de Sol empezó á las ocho en esta Ciudad , y á las ocho y media en la otra.

Eug. Eso es evidente.

Teod. Tambien de aquí se infiere que el eclipse total del Sol solo por milagro puede ser general en toda la Tierra ; porque así la Tierra como el Sol son mucho mayores que la Luna. Esto supuesto , póngase la Luna donde quisiere , nunca ha de impedir que pasen rayos del Sol á la Tierra : si no dieren en una parte , han de dar en otra ; porque siendo un cuerpo muy pequeño metido entre dos mucho mayores que él , no puede estorbar el que se vean ; y en pu-

diéndose ver el Sol desde la Tierra, ya está iluminada aquella parte. Tampoco puede jamas ser general en toda la Tierra el eclipse parcial del Sol á causa de la pequeñez de la Luna respecto de la Tierra, y estar muy cerca de ella. Por la misma razon los eclipses del Sol no son iguales en todas las partes donde los hay; porque supongamos que la Luna está puesta de tal suerte entre nosotros y el Sol que lo encubre todo, y causa un eclipse total: los que estuvieren treinta leguas de aquí hácia el Norte, ya podrán ver alguna parte del Sol por aquel lado; y los que estuvieren á la distancia de quarenta leguas hácia el Norte, descubrirán mucha mayor porcion de él; y tanto podrán distar de nosotros, que desde sus tierras descubran todo el cuerpo del Sol. Y veis aquí como el eclipse del Sol no es igual en todos los lugares donde lo hay.

Eug. Ahora me ocurre una comparacion, que tal vez no será impropia. Quando andan por el ayre algunas nubes sueltas, acontece estar el Sol encubierto para nosotros, y verse al mismo tiempo bañados de su luz los montes que quadran á la otra parte.

Silv. Á veces observamos eso aun en menor distancia. Freqüentemente veo yo el campo cercano á mi Quinta con un Sol muy claro, y mi casa á la sombra de la nube, la qual brevemente pasa, y me dexa volver á ver el Sol.

Teod. Ahí teneis un eclipse tan verdadero como el de la Luna, pero irregular, y

sin periodo determinado: la diferencia solo está en ser la Luna ó ser una nube la que encubre el Sol; y esa misma comparacion manifiesta que el eclipse no sucede á un mismo tiempo en todas partes de la Tierra, porque la sombra de la Luna va corriendo del modo que va corriendo la sombra de la nube. Pero advertid, que así como donde da la sombra de la nube no se ve nada del Sol encubriéndose todo, tambien donde da la sombra de la Luna, todo el Sol se eclipsa.

Eug. ¿Y como sucede el eclipse parcial?

Teod. Fórmase por la *penumbra* del Sol. ¿No sabeis que cosa es *penumbra*? Pues yo os lo explicaré; pero dexad que primero os dibuxe aquí una figura para que me entendais mejor. Aquí teneis esta (*figur. 5. Est. 1. estamp. 1.*): en lo alto está el Sol *S*, en el medio la Luna *H*; y como el Sol es mucho mayor que la Luna, la sombra que esta causa hacia acá abaxo, ha de ser piramidal; y tanto será mas estrecha, quanto mas distare de la Luna. Suponed que la línea *f p R q* es un campo por donde un hombre va pasando: miéntras caminare de *f* hasta *p*, ha de ver todo el Sol; porque ve desde el borde *g* hasta la orilla *b*; y solo quando el hombre pase de *p* adelante, es quando la Luna le ha de encubrir parte del Sol, y tanto mayor, quanto se acercare mas á *R*: en llegando á ese punto, ya no ve nada del Sol, y tenemos eclipse total; pero en pasando de *R* adelante, ya descubrirá la orilla *b*, y cada vez ha de ir viendo

Est. 1.
fig. 5.

mayor porcion del Sol , hasta que llegando á q , descubrirá el borde g . ¿Está claro esto?

Eug. Como la misma luz del Sol.

Teod. Aquí teneis , pues , con que poder entender todo lo que os tengo dicho. La sombra de la Luna va desde H hasta R : todo lo que entrare en ese espacio , quedará en un eclipse total : si la tierra quadrare en la línea $a i u e$, ha de haber eclipse total con detencion ; porque como ahí tiene la sombra su anchura , algun tiempo se ha de gastar miéntras ella pasare por el hombre que estuviere quieto ; y todo ese tiempo permanecerá el Sol en eclipse total. Pero si la Tierra estuviere mas léjos de la Luna (porque habeis de saber que la Luna unas veces anda mas cerca de nosotros y otras mas distante) : si la Tierra , repito , estuviere mas léjos de la Luna , y correspondiese á la línea $f p q$; como la pirámide de la sombra toca con su punta R en esa línea , hará en la Tierra una mancha de sombra muy pequeña ; y como va pasando , apenas el hombre que observa al Sol entrare en la sombra por una parte , saldrá de ella por la otra , y tenemos eclipse sin detencion ; pero en todo el espacio que hay desde p hasta q , ha de haber eclipse parcial del Sol , porque todo él está ocupado de la *penumbra*. Por tanto , *sombra del Sol es falta de toda la luz del Sol* ; y solo da en todos aquellos lugares donde no se ve nada de él. *Penumbra del Sol es falta solamente*

de alguna luz que sale de algunas partes del Sol, mas no de la luz toda; y da en aquellos parages, de los quales se ve parte del Sol, mas no todo su cuerpo, como por exemplo desde *p* hasta *R* ó desde *R* hasta *q*; porque de ninguno de estos sitios se ve todo el Sol, y así no puede estar tan claro ese terreno, como aquel adonde fueren á parar los rayos que salen de qualquier punto del Sol.

Eug. En vista de eso, hablando propiamente, quando hay eclipse parcial de Sol no estamos en la sombra de la Luna, sino en su penumbra.

Teod. Decis bien, aunque muchas veces los Astrónomos no hablan en todo rigor, y llaman *sombra* á la misma *penumbra* que la Luna causa. Falta explicar el eclipse de Sol, que se llama *anular*, esto es quando el Sol queda como un anillo de luz negro por en medio.

Eug. Nunca ví ninguno de esos.

Teod. Con efecto son muy raros; y suceden quando la Luna quadra perfectamente en la línea que va de nosotros al Sol, y no lo encubre todo, sino solamente lo del medio, dexando las orillas todo al rededor descubiertas, como en esta figura que aquí hago (*estamp. 1. figur. 6.*).

Est. 1.
fig. 6.

Eug. Admirome de que estando la Luna en correspondencia perfecta al centro del Sol, no encubra todo su cuerpo, así como quando hay eclipse total.

Teod. Con razon os admiraris. Pero re-

parad: un cuerpo que se os pone delante de la vista, os encubre los objetos, que quadran derechamente en la misma línea que está enfrente de vuestros ojos; v. g. este sombrero puesto entre mi cara y la vuestra hace que no me veais el rostro: si lo llegais mas á vos, quanto mas le fuéreis acercando, mayor ha de ser el espacio de pared que oculte á vuestra vista, y tanto lo podreis acercar á los ojos, que no os dexa ver nada de esta pared á que yo estoy arimado.

Eug. Todo eso es así.

Teod. Pues lo mismo sucede con la Luna: quando está entre nosotros y el Sol, siempre nos encubre alguna parte de él: si está muy cerca de nosotros, nos lo oculta todo, y ademas gran parte del cielo al rededor, tanto que es necesario que pase algun tiempo para volver á verle: si está mas apartada, tambien encubre todo el Sol, pero casi sin que sobre nada; y así á poco que ella se mueva ó el Sol, nos dexará ver alguna orilla; pero si está muy léjos de nosotros, parece muy pequeña, y no puede ocultar todo el Sol; solo encubre su centro, y dexa ver las orillas. En esta misma (*figur. 5. estamp. 1.*) que os he mostrado, os quiero señalar el sitio en que ha de haber eclipse anular. Estando la Tierra muy distante de la Luna, por exemplo en esta línea *n m o*, el que estuviere en *m*, ha de ver el Sol como un anillo; porque descubrirá el borde *b*, y al mismo tiempo la orilla *g* del Sol, y

Est. 1.
fig. 5.

no el centro ; pero estos casos solo suceden quando la Luna va tan alta , que su sombra no llega á la Tierra , como en este caso , en que veis que para en *R* ; y de paso advertid una cosa , que la sombra de la Luna quanto mas dista de ella , tanto mas estrecha es ; pero su penumbra entónces se ensancha mas , como lo veis evidentemente. Esto puede servir para desvanecer alguna equivocacion.

Eug. Habeis hecho bien en advertirlo , y conozco que así es.

Teod. Lo que por ahora falta que decir sobre los eclipses , es el modo de averiguar quantos dígitos del cuerpo solar se han de obscurecer en este ó en aquel eclipse determinado. *Dígito* del Sol es la duodécima parte de su diámetro. Acostumbran los Astrónomos dividir , tanto el diámetro del Sol , como el de la Luna en doce partes iguales ; y á cada una de ellas llaman *dígito*. Por tanto , para saber quantos dígitos del Sol se han de obscurecer , es preciso dar primero algunas noticias , las quales se reservarán para su tiempo. Ahora vamos á tratar de la Luna.

§. IV.

De la Luna , su tamaño , peso , densidad , y de sus montes , atmósfera y habitantes.

Eug. **L**a Luna , por lo que teneis dicho , ya sé que es un globo opaco , y mucho me-

nor que la Tierra: siendo así que á juzgar por los ojos, qualquiera creeria que era del tamaño del Sol, el qual ya habeis dicho que era 778 mil veces mayor que nuestra Tierra.

Teod. La gran diversidad de la distancia á que están esos astros, es la causa de que parezcan de un mismo tamaño, siendo en sí tan desiguales.

Eug. Así debe ser precisamento.

Teod. Sin embargo, el grandor de la Luna es muy inferior al del Sol, y aun al de la Tierra. Comparando los diámetros de la Tierra y de la Luna, se halla que son entre sí como 73 con 20; de suerte, que viene á tener la Luna en su diámetro, que es poco mas de la quarta parte del de la Tierra, 565 leguas de las nuestras: por consiguiente comparando las dos superficies de la Tierra y de la Luna, tiene la Tierra una superficie trece y cerca de catorce veces mayor que la de la Luna ¹. Y en esta parte creo yo que fué yerro de Imprenta el que traen las Tablas del Padre Veiga. Ultimamente, si comparamos entre sí las masas ó tamaños, tiene el de la Tierra cerca de quarenta y nueve veces mas que el de la Luna ². Mas no por eso es su peso quarenta

¹ Siendo los diámetros de la Tierra y de la Luna como 73 á 20, resultan sus superficies como 5329 con 400, que es lo mismo que exceder la superficie de la Tierra á la de la Luna $13\frac{1}{4}\frac{2}{5}$ veces.

² Siendo los diámetros como 73 á 20, son los ta-

y nueve veces mayor , porque la Luna es mas maciza que la Tierra. Comparando, pues , el peso de la Luna con el de la Tierra , excede el de esta treinta y nueve veces y algo mas al de aquella ¹; y por consiguiente , comparando la gravedad específica ó densidad de la Luna con la de la Tierra, tiene la misma proporcion sensiblemente que 48 con 39 ; esto es , que tomando dos masas iguales de substancia de la Luna y de substancia de la Tierra , si el pedazo de Tierra pesare 39 onzas ó arrobas , el pedazo de Luna ha de pesar 48 onzas ó arrobas con poca diferencia ². Yo os diré á su tiempo como se hacen estas cuentas , y vereis que no son arbitrarias , sino hechas por un cálculo admirable : así vos tuviérais la instruccion necesaria para entenderme en los términos propios. Hablemos ahora de la substancia de la Luna. Ya os he dicho que era opaca y obscura , no obstante haber opinado algunos Filósofos antiguos , que era de la naturaleza del fuego ; pues estos ó no reparaban en los eclipses , ó no discurrían bien.

G 3

maños como 389.017 á 8000 , que están en la proporcion de $48\frac{5}{8}\frac{0}{0}\frac{17}{0}$ á 1.

¹ Gravesande n. 4163 dice que los pesos de la Tierra y de la Luna comparados entre sí , son como 512 á 13 , que están en razon de $39\frac{5}{13}$ á 1.

² Gravesande n. 4168 y 4508 dice que la densidad de la Tierra con la de la Luna es como 39539 con 48911 , que despreciando los quebrados , están sensiblemente en la proporcion de 39 á 48.

Verdad es que algun fundamento tenían para darle una luz amortiguada y muy funesta; pues quando la Luna entra totalmente en el eclipse ó sombra de la Tierra, todavía se percibe bastante bien, y á la vista parece á veces que tira un poco á encarnada, y en los dias próximos al de Luna nueva se ve, á lo ménos con el telescopio, que su haz obscura está bañada de una luz obscura y débil.

Silv. Bien decia yo que ella alguna luz tenia de suyo; y ahí se ve manifestamente.

Teod. Aguardad, Silvio: esa luz obscura que se ve en la Luna eclipsada, no proviene de que ella tenga luz propia, nace de otros principios. Por lo que mira á la Luna, aquella luz pálida que se ve en su haz obscura quando está próxima al dia de Luna nueva, proviene del reflexo de los rayos del Sol, que dan en nuestra Tierra. Suponed que el Sol está aquí sobre nosotros; la Luna si está próxima al dia en que se llama nueva, no puede distar mucho del Sol hácia los lados: esta Tierra tambien es opaca, y todo cuerpo opaco rechaza la luz ya mas ya ménos segun su naturaleza: dando, pues el Sol de plano en la Tierra, han de reverberar los rayos en gran parte hácia arriba; y como en esa línea encuentran á la Luna, precisamente la han de bañar de alguna luz remisa; así como en la Luna llena los rayos del Sol que dan de plano en la Luna reverberan para nosotros. Ved la

Est. 1.
fig. 5. misma (*fig. 5. estamp. 1.*) que sirvió para

explicaros el eclipse del Sol, el qual siempre sucede en Luna nueva. Si la Tierra estuviere en la línea *n m o*, los rayos del Sol *S*, que vienen de arriba, dan en la Tierra, y reverberan á lo alto; y como encuentran la haz de la Luna totalmente á oscuras, porque el Sol le quadra por la otra, le dan una luz perceptible; de suerte, que entónçes quien estuviere en la Luna, y mirase acá para la Tierra, sin duda la veria *llena* y bañada de luz.

Eug. Por ese discurso vengo yo á inferir que tambien la Tierra vista desde la Luna, ha de tener sus fases y quartos crecientes y menguantes por la misma razon.

Teod. Es así; y nos aseguramos de que esta luz remisa, que entónçes se descubre en la Luna, proviene del reflexo de los rayos del Sol en la Tierra, porque en los quartos de Luna ya la parte oscura no se ve con esta luz, y es que la Tierra le quadra de costado, y no puede la Luna recibir tanta luz reflexa de ella. Ahora resta decir de donde proviene la luz de que se ve bañada la Luna en su eclipse total. Eso procede de que la Luna aun en el eclipse total nunca entra realmente en la sombra de la Tierra, sino en la sombra de la atmósfera de la Tierra segun Gravesande ¹. Luego os explicaré yo esto. Tratemos primero de la figura de la Luna; y para eso quiero que la veais con vuestros ojos ántes que

G 4

1 Númer. 3854.

yo os diga nada de ella. Vamos á verla con el telescopio.

Silv. Bien es que la veamos ántes que se eclipse, para que despues viéndola obscurecida, advirtamos mejor la diferencia.

Teod. Ahí teneis el telescopio encarado: miradla bien, y reparad en su figura.

Eug. ¡Que cosa tan nueva! Yo veo una grandísima bola que parece de plata, pero toda llena de manchas. No tiene semejanza alguna de ojos, narices, ni boca, como se representa á la simple vista. Mirad, Silvio,

Est. 1.
fig. 7.

(*estamp. 1. fig. 7.*).
Silv. Manchas tiene y muchas: no se puede negar. Está hermosísima: su luz es tan fuerte, que me ofende la vista.

Teod. Aguardad: aquí teneis este vidrio de que esta noche me he de valer para observar el eclipse, siguiendo el descubrimiento de nuestro gran Barrós, que así como felizmente halló que el vidrio verde junto con otro sin color, era el mas á propósito para observar el Sol, del mismo modo quiere que el azul sea el mejor para observar la Luna. Usándose de esta cautela, no molesta á los ojos.

Silv. Así es...., ya la he visto.

Teod. Aun no habeis visto bien sus montes y profundidades, ni tampoco los podreis ver claramente sino de aquí á algunos dias quando su haz iluminada se vaya volviendo de lado; porque así como en la Tierra vemos distintamente los montes de costado, pero si volásemos como un páxaro, y nos

pusiésemos en el ayre sobre un monte , no los percibiríamos bien por mirarlos desde arriba y desde gran distancia ; de la misma manera sucede en la Luna.

Eug. Silvio no puede contener la risa quando oye hablar de montes en la Luna.

Teod. No importa : el tiempo desengaña mucho. Atendedme : la superficie de la Tierra ya sabemos que no es lisa , sino que tiene montes altísimos ; pero estos montes quanto mas á lo léjos los vemos , tanto menores parecen. Supongamos que los viésemos desde la Luna , nos parecerian como unos pequeños granitos de los que nacen en la cara sembrados en la dilatada bola de la Tierra ; porque si viendo nosotros la Luna desde acá abaxo nos parece tan pequeña sin embargo de tener 365 leguas de diámetro con corta diferencia , ¿ quan pequeños no nos parecerian los montes de la Tierra vistos de allá arriba ?

Eug. Decis bien , que parecerian granos ó berrugas.

Teod. Ahora refiramos el caso á la Luna: vos la habeis visto poco ha casi llena: quando ella estuviere en ménos de *quarto* , entónces os convido para que la volvais á ver, y os quedareis pasmado , porque habeis de observar muchas cosas que no esperábais; y yo quiero ir las diciendo , porque pertenecen á este lugar. Lo primero la línea que divide la haz obscura de la iluminada , y es corva á modo de hoz , no es lisa , sino muy tortuosa , y tiene semejanza con los

dientes de una sierra ú hoz , bien que sin regularidad : ademas de eso en la haz obscura aparecen algunas manchas muy brillantes como islas de nieve en mar de tinta , y en la parte iluminada se echan de ver algunas manchas negras ; todo lo qual proviene de los montes y valles de la Luna. Habeis de suponer que la division en la Luna entre la haz clara y la obscura es como en la Tierra quando el Sol sale ó se va á poner ; que entónces veis una parte iluminada y la otra obscura ; pero como la superficie de la Tierra no es lisa , tampoco es regular la línea que divide el hemisferio de la sombra , de aquel donde da el Sol. Allí aparece la cima de un monte ya dorada por el Sol , quando junto al monte está un valle todavía sombrío y obscuro. Ved aquí lo que son aquellas manchas blancas que aparecen junto á los bordes de la haz obscura de la Luna : son montes muy altos , que con sus cimas aun alcanzan los rayos del Sol , los quales no dan en los valles que están en medio. Y se ve que esto es así , porque al dia siguiente si la Luna va creciendo , como cada vez se va aumentando mas la haz iluminada , la mancha cada vez es mayor y la obscuridad que está en medio menor ; así como acá en la Tierra la luz del Sol quando sale va baxando por el monte abaxo hasta que poco á poco llega á iluminar todo el valle. Del mismo modo algunas manchas obscuras que se veian en la orilla de la haz iluminada de la Luna , se van disminuyendo

hasta desaparecer del todo ; y eran la sombra que hacian en los valles los altos montes que entónçes recibian la luz de costado ; así como la hacen en los campos los montes que quadran al Oriente quando el Sol sale ; los quales á proporcion que el Sol va subiendo , van haciendo mas corta esta sombra que se extendia por los campos á la parte opuesta , hasta que llegando á las diez de la mañana ya no hay sombra considerable. ; No me habeis dicho ya que el que observase nuestra Tierra desde la Luna , habia de ver crecientes y menguantes , &c. pues estando la Tierra llena de montes , habia de ver aparecer de repente la cima de uno de ellos bañada de la luz del Sol y los valles á obscuras ; despues poco á poco veria ir iluminándose los valles hasta quedar todo lleno de luz ; esto es quando creciese ; y quando menguase primero habia de ver una sombra en los valles , y quedarian separadas del resto las cimas de los montes iluminadas , é irian poco á poco perdiendo la luz , hasta quedar enteramente á obscuras ? Pues eso que sucederia á quien observase la Tierra desde la Luna , nos sucede á nosotros observando la Luna desde acá abaxo ; y por eso ningun Astrónomo duda de los montes de la Luna.

Silv. Yo dudaba de ellos , no porque hubiese estudiado lo contrario , sino porque me parecia una cosa dicha sin fundamento , y que eso se dirigia á decir que la Luna estaba habitada de vivientes , que para

eso tenia mares , lagunas y montes , &c.

Teod. Ese es punto muy diverso ; pero para concluir lo que toca á los montes de la Luna , Galileo y Keplero , insignes Astrónomos , quieren que sean mas altos que los mas altos montes de la Tierra , no solo á proporcion de su tamaño , sino absolutamente , pues les dan quatro millas de Italia de altura perpendicular. Pasando adelante , de esto mismo se infiere que Vénus y los demas planetas tendrán sus montes.

Silv. Teniéndolos la Luna , y siendo Vénus un planeta opaco como ella ; que dificultad puede haber en que tenga montes altísimos?

Teod. En quanto á los mares hay diversidad de opiniones entre los Astrónomos. Muchos con Wolfio ¹ (y esta opinion he llevado yo mucho tiempo) dicen que aquellas manchas mas oscuras que ayer visteis , son mares ó lagunas ; porque el mar visto de lejos es mas obscuro que la Tierra ; pues teniendo la superficie mas lisa , reflecte como un espejo la luz mas ordenada hácia una parte solamente , y queda mas obscuro mirado de otros parages ; y esto es lo que sucede en la Luna. Pero Keil ² testifica que con los mejores telescopios se descubren profundidades y grandes irregularidades en esas mismas manchas oscuras , lo qual no seria así si fueran mares. Quede , pues , este pun-

¹ *Elem. Astron.* §. 479.

² *Introduct. ad veram Philosoph.* sect. 9.

to en esta duda. Otro hay aquí tambien dudoso sobre la atmósfera de la Luna. Unos dicen que ella tiene al rededor de sí una cosa que se parece á nuestro ayre , que es lo que llamamos atmósfera de la Tierra , y la rodea por todas partes. Wolfio ¹ pretende que la Luna tiene atmósfera , y que hay en ella lluvias , rocío y relámpagos ; á favor de cuya opinion están muchos Astrónomos antiguos , como son Keplero , Longomontano , Galileo y otros ; pero de los Modernos creo que casi todos siguen la opinion contraria , y con grave fundamento ; porque si la Luna tuviera atmósfera , seria esta diáfana , como lo es la de la Tierra , y habia de tener diversa densidad que el resto del espacio de los cielos ; lo qual supuesto , habian de quebrarse los rayos del Sol , quando la penetrasen de lado ; y quando la Luna nos encubriese con su cuerpo alguna estrella , habia de obscurecerla ántes algun tanto con su atmósfera ; y ofuscarla la estrella , no dexando venir su luz á nuestros ojos , sino despues de atravesar la atmósfera. Ahora bien , esta luz de la estrella al atravesar un diáfano esférico de diversa densidad , habia de temblar ó quebrarse , ó tomar color ó padecer alguna mutacion notable , segun lo que ya os dixé de la luz y de los colores , y nada de esto se observa. Aun quando Vénus se oculta detras de la Luna (como señaladamente se observó en

* *Elem. Astron.* §. 486.

31 de Diciembre de 1720), no se nota mudanza alguna en su luz ántes de entrar ni despues de salir del eclipse ú ocultacion ; y no es creible que la atmosféra de la Luna, si la hubiera , dexase de causar en la luz de Vénus alguna mudanza. Por lo qual me parece que no tenemos allá nubes , ni rocío ni tronadas.

Silv. ¿Y para que eran precisas esas cosas, no habiendo allá habitantes ?

Teod. Wolfio quiere que los haya , y tiene á su favor buenos votos. Huygens , grande Astrónomo , lo dixo ántes de Wolfio además de algunos antiguos , y á la misma opinion se inclinan Keplero y el Cardenal de Cusa ¹. Esta misma razon de la analogía y semejanza de la Tierra con los planetas en órden á tener habitantes , tambien se extiende á Júpiter , Saturno , Márte , &c. y las razones que ellos dan , no son para despreciadas , ni tampoco para seguidas en una materia tan grave y tan difícil de averiguar , porque por grandes Astrónomos que ellos sean , como á los habitantes de los astros ni los vieron con los telescopios , ni los deducen de alguna demostracion fundada sobre lo que vieron ellos , no pasa su opinion de mera conjetura ; y á mi entender solo prueban que puede ser así ; pero este punto es de la clase de aquellos que en vano pretenden averiguarse ; porque es imposible (á no ser que Dios lo diga) el que haya fundamen-

¹ L. 2. de *Docta Ignorantia* , cap. 12.

to convincente por una parte ni por otra. Una cosa hay cierta, y es, que si hubiese habitantes en los planetas, no habian de ser hijos de Adan, ni redimidos con la Sangre de Jesuchristo. Lo que yo digo en esta materia es que los fines con que Dios formó toda la fábrica del Universo, son tales, que no caben en la limitadísima comprehension de los hombres, y es temeridad juzgar que para estos fines (que no sabemos quales fueron) es preciso que estén habitados todos los planetas. Digo mas: que el querer persuadir que estas criaturas habitadoras de los planetas han de ser hombres, es querer hacer á la Omnipotencia é infinita Sabiduría de Dios hija de nuestra idea, ó á lo ménos encerrarlas en sus cortísimos límites. Dios puede producir mayor diversidad de criaturas de lo que todos los hombres pueden comprehender. Pasemos á otro punto, y no queramos apurar lo que por ningun medio prudentemente se puede saber.

§. V.

De los movimientos de la Luna, y de su distancia.

Silv. **T**an loable es en los hombres la curiosidad y deseo de saber lo que se puede saber naturalmente, como digno de vituperio el temerario apetito de querer adivinar aquellas cosas que Dios quiso poner

totalmente fuera de la esfera de nuestra comprensión.

Teod. Vamos á los movimientos de la Luna. Ya sabeis que se mueve al rededor de la Tierra , como los satélites de Júpiter al rededor de él : en este movimiento ó periodo gasta 27 dias 7 horas y 43 minutos.

Silv. Yo estaba en la inteligencia de que eran 29 dias y medio , y creo que os equivocais.

Teod. No me equivoco ; pero yo me explicaré , porque ya sé en qué consiste vuestra duda. El mes de la Luna es de dos maneras , y tiene dos nombres : uno se llama *sinódico* , otro *periódico*. El mes periódico es el intervalo de tiempo que gasta en dar una vuelta perfecta al rededor de la Tierra, de suerte que vuelva á corresponder al mismo lugar del cielo á que correspondia al principio de esa revolucion , y en esto consume la Luna los 27 dias 7 horas y 43 minutos : esto es lo que se llama *mes periódico* ; pero el *mes sinódico* es el intervalo que hay de una Luna nueva á otra Luna nueva , ó de la Luna llena á la Luna llena siguiente ; y este espacio es de 29 dias y medio , como vos deciais.

Eug. ¿Y qual es la razon de ese aumento y diferencia de tiempo ?

Teod. Voy á dároslo. Suponed que hoy es Luna nueva , y que está la Luna á plogo sobre nosotros y debaxo del Sol. En ese momento en que la Luna es verdadera-

mente nueva, corresponde á un determinado lugar del cielo : de aquí á 27 dias y tantas horas vuelve á pasar por el mismo lugar, y concluyó su periodo ó mes periódico; pero como ya no encuentra allí al Sol, porque este fué andando entretanto, es preciso que la Luna gaste dos dias mas en alcanzarle para que quadre otra vez á plomo debaxo de él, y que vuelva á ser Luna nueva. Ved aquí por que la Luna gasta en una revolucion 27 dias, y de Luna nueva á Luna nueva 29 y medio.

Silv. Quedo satisfecho, yo no sabia esa diferencia; solo sí me acordaba de haber visto este número en el almanak.

Teod. Ademas de este movimiento periódico tiene la Luna su movimiento de rotacion ó vértigo al rededor de su centro; y tambien emplea en él 27 dias, 7 horas y 43 minutos, y por eso siempre tiene vuelta hacia nosotros una misma cara. Este es el motivo por que algunos se engañan y creen que la Luna no tiene este movimiento, porque siempre le ven una misma haz; pero no advierten que como anda al rededor de nosotros, para volver siempre hácia acá una misma cara, es preciso que dé una vuelta al rededor de su exe. Si yo cuelgo de un hilo una manzana empezada á podrir, y ando con ella al rededor de vuestra cabeza, es preciso que le veais lo podrido en alguna parte de esta vuelta; y si yo os lo quiero ocultar, debo ir torciendo el hilo á medida que vaya continuando el giro, á fin

de que la parte sana siempre esté vuelta hácia vos, y al remate de la vuelta ó periodo habré tambien hecho dar á la manzana una vuelta al rededor de su exe. Pues aquí teneis un exemplo del movimiento de la Luna. Pero debo advertir que este movimiento de rotacion es *equable*; esto es, siempre igual á sí mismo; de manera, que nunca se acelera ni se retarda; y de aquí nace otro movimiento de la Luna, que se llama de *libracion*; y es decir, que la Luna aunque siempre tiene vuelta hácia nosotros una misma haz, con todo eso unas veces la dexa ver un poco mas del lado derecho, y otras del izquierdo.

Eug. ¿Y de que procede eso?

Teod. Procede de que la Luna en su movimiento al rededor de la Tierra no anda siempre con movimiento igual: ya se acelera, ya se retarda, porque unas veces anda mas cerca de la Tierra y otras mas léjos; y es regla general, que quando un cuerpo se mueve al rededor de otro, entónces se mueve con mas velocidad quando es menor la distancia; y cómo por otra parte el movimiento de rotacion siempre es igual, se sigue que la Luna no va escondiendo su haz oculta á proporcion que se mueve al rededor de nosotros; y así como no guarda exáctísimamente esta proporcion, unas veces descubrimos un poco de su parte izquierda y otras de la derecha.

Eug. Admirome de ver la prolixidad con que se exáminan los movimientos de los astros.

Teod. La Luna como nos quadra muy cerca, da lugar á observaciones mas exâctas.

Eug. ¿Y á que distancia de nosotros está la Luna?

Teod. Dista 60 semidiámetros de la Tierra, esto es (61860) sesenta y un mil ochocientas y sesenta leguas portuguesas. Pero no siempre es una misma la distancia entre nosotros y la Luna : ya se aumenta, ya se disminuye, porque la línea por donde se mueve, es una elipse, y la Tierra no quadra perfectamente en el centro, sino desviada de él algun tanto.

Eug. ¿Y quanto se desvia la Tierra del medio de esa elipse?

Teod. El valor de tres semidiámetros y un tercio de la Tierra, que valen 3443 leguas portuguesas; y esto es lo que se aumenta la distancia de la Luna quando es máxîma, llegando á 63 semidiámetros y un tercio; y esto mismo es lo que se disminuye quando es la mas corta, porque entónçes no pasa de 56 semidiámetros y dos tercios. Pero quando absolutamente se habla de la distancia de la Luna, se entiende la media, esto es, la que quadra entre la mayor y la menor de todas, y esta vale 60 semidiámetros de la Tierra.

Eug. ¿Que mas resta saber de la Luna?

Teod. Su órbita ó camino no coincide con el del Sol, que llaman *eclíptica*, sino que hace con ella un ángulo de 5 grados; pero esto luego lo explicaré mejor. Solo resta decir que el exe de la Luna, sobre el qual

ella se revuelve en 27 dias y medio, no quadra á plomo y perpendicularmente sobre el plano de su órbita, sino que tiene alguna inclinacion. Quiero decir, que si la Tierra estuviese en medio de esta mesa en que tomamos el chá *, y yo atravesara una naranja por exemplo con un alambre para representar la Luna, quando quisiese traerla por el borde de la mesa para imitar su movimiento al rededor de la Tierra, no habia de poner el alambre á plomo sobre la mesa, sino con un ángulo de 82 grados y medio.

Silv. ¿Y para que sirve tanta impertinencia en esas cuentas?

Teod. Para saber la razon de lo que observamos en la Luna. Nosotros unas veces descubrimos mas del polo superior y ménos del inferior: otras es al contrario, y procede esta diferencia de la inclinacion del exe de la Luna ó del alambre de la naranja: quando el exe se inclinare hácia nosotros, hemos de ver el polo de encima mas que el de abaxo; y quando el exe se inclinare hácia allá, hemos de ver mas el polo de abaxo que el de arriba. Ahora no falta mas que explicar los eclipses de la Luna.

* Especie de té usado en el Japon. Véase el *Diccionario del P. Terreros*.

§. VI.

De los Eclipses de la Luna.

Silo. **V**amos á saber lo que son esos eclipses ántes que en realidad llegue el que esperamos.

Teod. El eclipse de la Luna nunca puede suceder sino en Luna llena ; porque solo se eclipsa quando se mete en la sombra de la Tierra, quadrando nosotros entre ella y el Sol ; v. g. la Luna en el Oriente y el Sol en el Poniente, ó la Luna en el medio del cielo á la parte de arriba, y el Sol en el otro medio á la de abaxo. Solo en estos casos puede la Luna sumergirse en la sombra de la Tierra, la qual le estorba la vista del Sol ; pero ántes y despues de llegar la Luna á la sombra de la Tierra, bien veis que tiene vuelta hácia nosotros la misma haz que está iluminada por el Sol ; y esto es estar la Luna llena como ahora lo está, y sucede el eclipse en la perfecta plenitud de la Luna.

Eug. ¿Y por que no tenemos eclipse de Luna en todas las Lunas llenas ?

Teod. Porque no siempre la Luna pasa perfectamente por detras de la Tierra enfrente del Sol : unas veces pasa mas por un lado, otras por otro ; pero otras entra derechamente por la sombra adentro, de modo que corresponde un centro con otro, y entónces es quando hay eclipse total, porque

Est. 2.
fig. 1.

toda la Luna se oculta al Sol ; pero en otras ocasiones toca la sombra por un lado , y segun la parte de la Luna que entra por la sombra adentro , así es el eclipse , ya mayor , ya menor. Tambien es preciso saber que la Tierra , á causa de ser mucho mas pequeña que el Sol , hace una sombra piramidal. Mirad esta (*figur. 1. estamp. 2.*) que hago aquí con la pluma. Aquí tenemos el Sol *S* y la Tierra *T* como ahora está ; esto es , iluminada por la parte ó hemisferio inferior donde es de dia , y obscura por la parte superior en que habitamos , donde ahora es de noche. La Luna *L* en su círculo *mn* se mueve al rededor de la Tierra , teniendo vuelta hácia nosotros la haz iluminada , y la obscura hácia arriba , porque es Luna llena : luego que llegare á la sombra *n*, ha de eclipsarse : si entrare por la sombra donde esta es mas ancha , metiéndose por el centro , tendrá detencion en el eclipse ; porque siendo la sombra mas ancha que la Luna , gastará algun tiempo en salir de ella ; pero si la Luna anduviese mas alta y atravesare la sombra por donde esta es mas angosta , durará ménos tiempo el eclipse , porque la Luna saldrá mas apriesa de la sombra.

Eug. Lo que reparo aquí en esta figura, es que la sombra se acaba á determinada altura ; y yo entendia que la sombra de la Tierra quando el Sol andaba allá por debajo , se extendia por todo este espacio hasta el cielo.

Teod. Ya os dixé hablando de los eclipses del Sol, que la sombra de la Luna era piramidal, porque el Sol es mucho mayor que la Luna. El Sol, pues, tambien es mucho mayor que la Tierra, y por eso tambien es piramidal la sombra que la Tierra hace, y cada vez ha de ser mas estrecha. Pongamos un exemplo: si recibis en un papel junto á la ventana la sombra que hace la zelosía al entrar el Sol por ella, vereis que la de cada vareta es casi tan ancha como la misma vareta; mas si os apartais algunos pasos hácia dentro, hallareis que la sombra de las varetas va siendo mas estrecha, y tanto os podreis apartar, que no llegueis á percibir con bastante distincion la sombra de cada una, y solo vereis una luz confusa.

Eug. Eso lo tengo yo observado muchas veces en el mismo pavimento de mi casa. Quando el Sol anda baxo y entra muy adentro, la sombra de los marcos ó bastidores de las vidrieras va siendo mas estrecha quanto mas dista de la vidriera.

Teod. Así debe ser, porque el Sol es mayor que los marcos. Pero la luz de la vela no hace sombra de ese modo, sino al reves: v. g. la sombra que haceis ahora que estais frente á la vela, será mayor quanto mas distante de vos estuviere. Mirad que alto sois en la pared donde va á dar la sombra que haceis; y la mia que luego da en la pared que quadra cerca de mí, no es tan grande. Pero todo debe ser así: la luz de la vela es mucho menor que vuestro

cuerpo; y quando el cuerpo opaco es mayor que el luminoso, la sombra cada vez es mas abultada; porque los rayos que la terminan, saliendo del cuerpo luminoso, y rozándose con el opaco por ámbos lados, forzosamente se vuelven divergentes, y cada vez se apartan mas; al contrario, quando el cuerpo luminoso es mayor que el opaco, la sombra es piramidal; porque los rayos que vienen de las orillas del luminoso, y pasan por los lados del opaco, que es mas pequeño, por el mismo caso vienen á ser convergentes, y cada vez se estrechan mas hasta llegar á juntarse. Para ahora sirve lo que os dixé hablando de la Óptica.

Eug. Sirve tanto, que ahora ya percibo esto mejor. Pero el que estuviese en el cielo, bien enfrente de la sombra de la Tierra, y tan léjos que ella no llegase allá, ¿veria el Sol, ó no?

Teod. Veríalo con eclipse anular, así como nosotros lo vemos quando la Luna se atraviesa entre nosotros y él; mas vá tan alta, que no llega acá su sombra. Volved á ver la figura del eclipse del Sol, pues aun ha de estar aquí el papel en que estaba dibujada. Aquí está (*figur. 5. estamp. 1.*): el que estuviere en *m*, no verá el centro del Sol, sino todas las orillas al rededor: lo mismo sucederia á uno que estuviese acá en estotra (*figur. 1. estamp. 2.*) en *h* tan léjos de la Tierra, que no llegase allá la sombra que ella hace.

Silv. En vista de eso, si la Luna aho-

Est. 1.
fig. 5.

Est. 2.
fig. 1.

ra pasare tan alta que se escape de la sombra de la Tierra, no padecerá eclipse alguno.

Teod. Nunca puede ir tan alta como decís; y á no ser que se substraiga de la sombra de la Tierra por los lados, por encima no se puede librar del eclipse. Esto es hablando de la sombra de la Tierra en el sentido común de los Astrónomos, tomando por Tierra para este efecto este globo en que estamos juntamente con su atmósfera; porque si tomamos por Tierra solo este globo sólido, entónces siempre se liberta la Luna de su sombra, porque la sombra de la Tierra nunca llega allá ¹.

Hagamos una figura para que me entendais bien. Aquí teneis (Est. 2. *camp. 2. figur. 2.*) el globo de la Tierra *T* rodeado de su atmósfera *s o c*; el Sol la ilumina por el hemisferio inferior; y si la Tierra no tuviera atmósfera, no llegaria su sombra piramidal sino á *r*. Tambien es cierto que si la atmósfera fuera totalmente opaca, haria una sombra oscura que llegaria en forma piramidal hasta *A*; pero como es transparente, bien que mas densa que lo restante del espacio de los cielos, y ademas tiene forma de esfera, los rayos *g t* que vienen del Sol paralelos, apénas entran en la atmósfera *s*, empiezan á doblarse hácia dentro, y han de apartarse uno de otro, porque el rayo *g* que pasa por el remate de la atmósfera donde esta está muy rara,

Est. 2.
fig. 2.

* Gravesand. núm. 3854.

debe doblarse muy poco ó nada al parecer, y así va hasta A ; pero como el ayre quanto mas cerca está de la Tierra tanto es mas denso, tambien los rayos del Sol que atraviesan la atmósfera, quanto mas cerca van de la Tierra, tanto mas se han de doblar, y deben irse separando por todo el espacio que hay desde A hasta n , quedando ese espacio iluminado con la luz del Sol que se quebró en la atmósfera. Esta luz es muy inferior en claridad á la que pasa libremente por fuera de la atmósfera. Por la misma razon el rayo f de la otra parte pasa sensiblemente derecho hasta A ; pero el rayo u como atraviesa la atmósfera ya muy espesa, debe doblarse mucho hácia adentro, y va á dar á m , quedando con los rayos intermedios, que se van quebrando á proporcion, cada vez ménos iluminado con esa luz remisa todo el espacio que hay desde m hasta A . Por consiguiente la sombra de la Tierra, de suyo capaz de llegar hasta r , porque la cortan de una y otra parte, solo llega hasta i , quedando mucho mas corta de lo que debia ser. Ved aquí por que la Luna en el eclipse total no queda invisible y aparece de color de fuego, porque queda bañada de la luz del Sol que se quebró en la atmósfera, la qual bien sabeis que tira á encarnada, y por eso la Luna en el Horizonte nos parece como encendida; porque los vapores de la atmósfera quiebran y dan color á los rayos de luz conforme á la doctrina que quedó establecida tratando de los colores.

Silv. Supuesta esa doctrina , me admiro de que la Luna en el eclipse total quede tan obscura , y que la atmósfera haga una sombra tan perceptible.

Teod. Es tan perceptible , porque la atmósfera se atraviesa de parte á parte , y la luz se compara con la que la Luna suele recibir fuera del eclipse , la qual es muy viva , porque recibe los rayos del Sol puros y de lleno : todo lo qual causa una gran diferencia. No obstante advierto que esta que verdaderamente es sombra de la atmósfera , y mas comunmente se llama sombra de la Tierra , está rodeada de otra medio-sombra , á la qual llaman *penumbra*. Esta penumbra se extiende al rededor de la sombra por todo aquel espacio adonde llegan algunos rayos del Sol , aunque no todos ; y la sombra solo la hay adonde no llegan ningunos rayos del Sol. Por eso ántes que la Luna entre en la sombra verdadera , empieza á obscurecerse un poco con la penumbra de la Tierra , la qual es tanto mas obscura , quanto mas cercana está á la sombra verdadera. Aquí viene bien lo que diximos de la sombra y penumbra de la Luna en los eclipses del Sol ¹. Ahora falta enseñaros , Eugenio , de qué modo se conoce si el eclipse de la Luna ha de ser total ó parcial , y lo mismo se puede aplicar á los del Sol.

Eug. Quiera Dios que yo lo entienda.

Teod. Sí lo entenderéis, y con facilidad. El Sol hace un giro al rededor de nosotros dentro de un año corriendo los signos, como os expliqué en su lugar. La Luna tambien forma un giro al rededor de nosotros dentro de un mes; pero estos dos círculos no son paralelos ni coinciden, sino que se cruzan en dos puntos. Justamente sucede lo mismo que si tomando dos aros de pipa, y metiendo el uno dentro del otro, los abriésemos un poco de manera que no coincidiesen. En este caso es claro que los dos aros ó círculos se habian de cruzar en dos puntos.

Eug. No tiene duda.

Teod. Pues así habeis de suponer que se cruzan los círculos, que el Sol y la Luna describen al rededor de la Tierra, y esós dos puntos en que se cruzan, se llaman *Nodos*.

Eug. ¿No habeis dicho que el Sol andaba siempre mucho mas alto que la Luna? ¿Como, pues, han de cruzarse esós caminos uno con otro?

Teod. Crúzanse respecto de nuestra vista, al modo que esta bengala puesta en el ayre así horizontalmente os parecerá que coincide con el marco de aquel quadro; pero si yo la pongo así inclinada, ya respecto de vuestros ojos se ha de cruzar con el marco, y por una punta quadrará mas alta, y por otra mas baxa que él.

Eug. Ya lo entiendo.

Teod. La comparacion de los aros de pipa

resultará muy propia si sentando en el suelo un aro grande que represente el círculo del Sol, colocamos en el medio otro mas pequeño que represente el círculo de la Luna, y ponemos en el centro de ámbos una naranja que figure la Tierra. Mas para hacer que un círculo no coincida con el otro, atravesad un alambre por los dos aros de una parte á otra (*estamp. 2. figur. 3.*), y tambien por la naranja; y despues levantadlos del suelo, y abridlos un poco de suerte que hagan un ángulo de cinco grados, y entónces tendreis representada bien perceptiblemente la *órbita* de la Luna cruzada con la del Sol. *Órbita*, Eugenio, quiere decir la senda que forma el planeta al hacer el giro. En este caso el que desde la naranja mirase á los círculos en la parte que están agujereados por el alambre, los veria juntos y sobrepuesto el uno al otro, aunque en realidad distarian bastante entre sí; pero fuera de esos dos nodos ó encruzamientos los veria abiertos y separados uno de otro.

Est. 2.
fig. 3.

Eug. Percíbolo bellamente.

Teod. Ahora hagamos una (*figur. 4. estamp. 2.*). Estas dos líneas que se cruzan en *N*, representan los dos caminos por donde van el Sol y la Luna cerca de los *nodos*. Supongamos que *PQ* es el camino del Sol *S*, y *MR* el de la Luna *L*: como la Luna anda mucho mas apriesa que el Sol, pues da doce ó trece vueltas miéntras el Sol da una, repetidas veces empareja con él y pasa adelante; pero es menester saber en qué lugar

Est. 2.
fig. 4.

de su órbita pasa en correspondencia con el Sol ; porque si pasare por enfrente de él en *N* , forzosamente ha de pasar toda por delante del Sol , y habrá eclipse total de Sol ó anular ; pero si la Luna pasare por el Sol á mayor distancia del *nodo* , como por exemplo aquí en *a e* , ya el eclipse ha de ser parcial , porque la Luna *a* solo puede ocultar una orilla del Sol *e* . Esto supuesto , para saber yo si ha de haber eclipse de Sol en una Luna nueva determinada , y si será grande ó pequeño , es preciso averiguar al punto de la Luna nueva en qué sitio de su órbita se halla la Luna , correspondiente al Sol en la suya ; despues se debe exâminar cuánto dista en apariencia ese punto de la órbita de la Luna del punto de la del Sol , y supongamos que son cinco pulgadas . Tambien se debe saber cuánto es el diámetro aparente de la Luna en ese dia ; porque como unas veces anda mas cerca de nosotros que otras , su diámetro aparente unas veces es mayor y otras menor ; é igual exâmen se debe hacer en quanto al diámetro del Sol en el mismo dia . Exâminadas estas tres cosas , si viéremos que el diámetro aparente del Sol son por exemplo 8 pulgadas , y el de la Luna 6 , indispensablemente habrá un eclipse equivalente á dos pulgadas . Mirad á la figura : suponemos que del centro del Sol *e* al de la Luna *a* solo hay 5 pulgadas de distancia : como la Luna tiene 6 de diámetro , tres quadran de la línea *MR* hácia fuera y otras tres hácia dentro : y ya están

ocupadas con el cuerpo de la Luna tres pulgadas del espacio que hay entre ella y el Sol. Por otra parte el Sol en ese dia tiene un diámetro aparente de 8 pulgadas, de las cuales deben tambien aparecer 4 de la línea *P Q* para adentro; porque el centro del Sol no se desvia de su línea; y como no quedáron libres sino dos dedos de ese espacio, los otros dos quedan encubiertos con la Luna. Aquí teneis en suma cómo se conoce el grandor del eclipse. Debo juntar medio diámetro del Sol y otro medio de la Luna; y si la suma fuere mayor que la distancia que hay entre los dos puntos de la órbita en que estos astros se encuentran, todo el exceso de la suma de los semidiámetros sobre la distancia viene á ser el grandor del eclipse; pero si la distancia fuere igual ó mayor que la suma de los dos semidiámetros, ya no hay eclipse alguno; pasa la Luna por el Sol sin encubrirlo. ¿Me habeis entendido?

Eug. Y con mucha facilidad.

Teod. Veis aquí por que solo junto á los nodos puede haber eclipse, porque solo ahí como están las dos órbitas mas juntas y el camino es estrecho, es donde puede un cuerpo encubrir al otro, quando pasa por delante de él.

Eug. Ya entiendo los eclipses del Sol; pero los de la Luna; como he de saber cuándo sucederán y de qué tamaño han de ser?

Teod. Del mismo modo. Quando el Sol

Est. 2.
fig. 4.

va por su órbita al rededor de la Tierra por una parte , la sombra de la Tierra va andando por la opuesta , pero por la misma órbita , quadrando siempre en línea recta estas tres cosas Sol , Tierra y sombra de la Tierra. Esta sombra si se recibe en qualquier plano , hace una mancha redonda , la qual es mayor quando se recibe en un cuerpo que está mas cercano á la Tierra , y mas pequeña quando se recibe en cuerpo que está mas léjos. Suponed ahora que junto al nodo *N* de la figura que habeis visto (*figur. 4. estamp. 2.*) se encuentran la Luna *L* y la sombra de la Tierra *S* : si cupiesen holgadamente , y pudiese la una pasar por la otra sin que la Luna entre por la mancha de la sombra , no habrá eclipse ; pero si no cupieren por ser la distancia de los dos puntos en que emparejan ménos de lo que importa la mitad de la Luna y la mitad de la sombra de la Tierra , entónces entrando la Luna por la sombra , forzosamente ha de haber eclipse ; y el exceso que va del semidiámetro aparente de la Luna junto con el semidiámetro de la sombra , sobre la distancia de las órbitas en esos puntos , es la cantidad de la parte eclipsada.

Eug. Bien lo percibo : lo que se dice del diámetro aparente del Sol en sus eclipses, se debe decir del diámetro de la sombra de la Tierra en la distancia á que está la Luna quando se habla de los suyos.

Silv. Si todo lo demas fuese tan cierto como esto me parece , y tan fácil de enten-

der, pocas disputas tendré con Teodosio en estas materias.

Teod. Las disputas á veces son útiles para la mayor inteligencia de los asuntos. Vamos á ver con los ojos lo que hasta aquí os he explicado, porque ya no tardará en empezar el eclipse; y como durante su observacion no se puede llevar derecho el hilo del discurso, continuaremos mañana con los astros que nos restan.

Silv. Dadme acá un anteojo, que esta noche quiero salir Astrónomo.

Teod. Ahí teneis ese, que es el mayor, estotro es para Eugenio, y yo me serviré de este.



TARDE XXXI.

*De los demas Planetas en particular,
y de los Cometas y Estrellas.*

§. I.

De Mercurio y Vénus.

Silv. Me alegro de que el trabajo de la observacion no os haya causado perjuicio, que esto era lo que únicamente os podia hacer daño, siendo como sois Moderno; pero yo que soy Antíguo, y Antíguo pienso morir, aun estoy sujeto á todos los daños que los eclipses pueden causar en los cuerpos sublunares; y en confirmacion de esta doctrina (que vos llamais fabulosa) traigo un dolor de cabeza, que me molesta bastante.

Teod. Siento vuestra desazon; pero me admiro de que siendo tan gran Médico, y viendo que es buen remedio para librarnos de los daños del eclipse y de la jurisdiccion de la Luna el ser *Moderno*, no querais aplicaros esa medicina. Yo solo por eso lo seria aun quando la razon no me hubiese obligado mucho ántes á serlo.

Silv. No me acomodo á eso: en la cabeza mas quiero tener dolores que errores. Vamos á los planetas que ayer dexamos, pues

Eugenio no gusta de que se gaste este tiempo sino en cosas útiles.

Eug. La verdad es que continuamente estoy suspirando porque llegue esta hora; y es que Teodosio en vuestra ausencia no acostumbra hablarme de estas materias.

Teod. Vamos norabuena. Mercurio es el primer planeta empezando desde el Sol, porque está mas cercano á él. Este planeta es un globo opaco como todos los demas, y solo resplandece con la luz del Sol; pero como anda muy cerca de él, la misma luz del Sol le confunde de suerte, que cuesta dificultad divisarle. Yo ya lo ví bien quando pasó por debaxo del disco del Sol; esto es, entre el Sol y nosotros; y visto con el telescopio, parecia como una avellana obscura. Muévase, pues, al rededor del Sol en el espacio de 87 dias, 23 horas, 15 minutos y 38 segundos. Su verdadero tamaño, conforme al cálculo que sigo¹, es este. Tie-

12

¹ En quanto al tamaño de los planetas hay gran variedad entre los Astrónomos, como tambien en lo que toca á las distancias. Lo uno depende de lo otro; porque del diámetro aparente, supuesta la distancia, se calcula el grandor verdadero. Yo en las distancias sigo el mismo cálculo que Gravesande; pero él se abstiene de determinar los diámetros de Mercurio, Vénus y Márte, porque no le era preciso para exáminar sus densidades, y solo los apunta en Saturno, Júpiter, el Sol, la Tierra y la Luna, porque le era necesario para averiguar sus densidades, supuesto haber método por donde hallar su peso. Para dar, pues, una

ne de diámetro algo ménos de la tercia parte del de la Tierra ; y reducido á leguas portuguesas , solo tiene 637. Su superficie es diez veces y media mas pequeña que la de la Tierra ; y reducida á leguas quadradas , importa (1.275.274) un millon doscientas setenta y cinco mil doscientas setenta y quatro. Últimamente su volúmen comparado con el de la Tierra es casi 34 veces menor que ella. De su peso y densidad no se sabe nada , ni me parece que se podrá saber ; y yo os diré á su tiempo el motivo.

Eug. Sin embargo , me admiro de que sea mayor que la Luna , siendo ella tan grande , porque me acuerdo de que dixísteis que la Luna es 48 veces mas pequeña que la Tierra.

Teod. Así es ; pero la Luna debe parecer idea uniforme y completa de todos los planetas , me vi obligado á exâminar todos los cálculos que me fué posible encontrar , á fin de no caer en inconsequencia ; y el que hallé mas conforme , bien que no del todo , es el de un Mapa astronómico inglés , exâctísimo , fundado sobre las observaciones mas modernas y opinion mas seguida de los Astrónomos Ingleses ; el qual en las distancias de algunos planetas solo difiere de Gravesande en unos quebrados muy pequeños , los quales sin yerro de consideracion se pueden despreciar para facilitar el cálculo. Á este , pues , sigo en los tamaños de Mercurio , Vénus y Márte ; en los demas sigo el cálculo sobre que Gravesande funda la teoria de los pesos y densidades , reduciendo las diversas medidas de uno y otro con la mayor exâctitud que me fué posible á leguas portuguesas y á la comparacion con la Tierra.

mucho mayor , porque nos quadra mucho mas cerca que Mercurio.

Eug. ¿Y quanto dista Mercurio del Sol?

Teod. Dista (7.603) siete mil seiscientos y tres semidiámetros de la Tierra y un poco mas. Esta es la medida de que acostumbran usar los Astrónomos ; porque reduciendo estas distancias á leguas , resulta una suma demasiado larga ; y ademas de eso , como las leguas de diversos Reynos son desiguales , habria confusion. Pero reducida esa distancia por daros gusto á nuestras leguas portuguesas , serán (7.838.837) siete millones ochocientas treinta y ocho mil ochocientas treinta y siete. De aquí se infiere que Mercurio nunca se puede ver apartado del Sol mas que 28 grados del círculo celeste. Olvidábaseme advertiros que Mercurio no siempre guarda una misma distancia del Sol , sino que unas veces está mas léjos de él que otras , porque no se mueve en círculo cuyo centro sea el Sol , sino en elipse , quadrando el Sol en uno de sus focos. Pero las elipses de los planetas no son tan largas y estrechas como las de los cometas , sensiblemente parecen círculos. Mas para evitar confusion con la diversidad de distancias de un mismo planeta , echo la cuenta á la mayor y á la menor , y formo entre las dos un número medio , que es lo que se llama distancia media. Quando el planeta está en la mayor distancia , dicen que se halla en el *Apogéo* ó *Aphelio* : tomad de memoria estos términos para que me entendais en el

discurso de estas conferencias , porque son términos facultativos.

Eug. Haré porque no se me olviden. Y quando el planeta estuviere en la menor distancia , ¿entónces como se dice que está?

Teod. Que está en el *Perigéo* ó *Perihelio* ; y esta es regla general para todos los cometas y planetas ; porque todos tienen diversidad en sus respectivas distancias del Sol. Si tratando de la órbita ó línea que describe un planeta , me oyéreis decir que es inclinada y excéntrica , no me habeis de entender , y así quiero precaver vuestro embarazo. *Excentricidad* de la órbita quiere decir que el Sol no quadra en el centro de ella , y tanto se dice que la órbita tiene de excentricidad , quanto el Sol está desviado del verdadero centro de la misma órbita. Pongamos un exemplo : si el Sol estuviera perfectamente en el centro de la órbita de Mercurio , tanto distaria Mercurio del Sol estando en una parte de la elipse como en la opuesta ; pero como el Sol está desviado del centro hácia una parte , ya Mercurio allí quadra mas cerca del Sol , y en la parte opuesta mas léjos.

Eug. Ya lo entiendo. ¿Y quanta es la excentricidad del Sol respecto de Mercurio?

Teod. Son (1.571) mil quinientos setenta y un semidiámetros de la Tierra ¹ ; este nú-

¹ Gravesande n. 3727 dice que la excentricidad importa 80 partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol , que valen $1571\frac{2}{3}\frac{6}{5}\frac{6}{4}$ semidiáme-

mero falta en la distancia media quando Mercurio está en el *Perigéo* ó *Perihelio* ó parte mas llegada al Sol, y debe añadirse á la distancia media quando está en el *Apo-géo* ó *Aphelio* ó parte mas remota; de suerte, que por buena cuenta la distancia máxima de Mercurio viene á exceder á la mínima en 3.142 semidiámetros, que es la excentricidad doblada.

Eug. Eso ya lo he entendido, vamos á lo demas.

Teod. Falta explicar la inclinacion de la órbita. Acaso os pareceré impertinente en estas menudencias; pero creedme que no son sin motivo justo; porque en sabiéndose esto para Mercurio, queda explicado para todos los demas planetas, y os servirá despues mucho el entender estas particularidades. Ya os mostré como la órbita de la Luna cortaba á la del Sol, que se llama *eclíptica* (tened cuidado con este nombre, porque usaré de él á cada paso). Para eso me valí de la comparacion de dos aros de pipa (*estamp. 2. fig. 3.*), que estando atra-

Est. 2.
fig. 3.

vesados por un alambre, podian representar las dos órbitas del Sol y de la Luna al rededor de la Tierra figurada en la bola *T.*

Eug. Bien me acuerdo, y aquí está otra (*figur. 4.ª estamp. 2.*) que representa la inclinacion del camino de la Luna al del Sol.

Est. 2.
fig. 4.

Teod. Pues lo mismo digo del encruza-

I 4

tros; y reducidas á leguas portuguesas, són 1.619.701.

miento de la órbita de Mercurio con la eclíptica : tambien hace sus *nodos* ; pero su inclinacion ó abertura es de 6 grados y 52 minutos. *Minuto* llamamos aquí la sexâgésima parte de un grado , y *segundo* la sexâgésima parte de un minuto.

Eug. Bien lo entiendo. Ya sé la distancia de Mercurio , y tambien su camino ; ahora quiero saber su movimiento.

Teod. Ya os hareis cargo de que ahora no tratamos del movimiento diurno con que en 24 horas se revuelven los cielos con los planetas y estrellas de Oriente á Poniente : ese movimiento comun á todos los astros no pertenece á este lugar. Solo hablamos del movimiento particular que los planetas tienen al rededor del Sol ; porque en todos los sistemas lós movimientos propios de todos los planetas son al rededor del Sol , y no de la Tierra. Esto supuesto , el movimiento peculiar de Mercurio es de Poniente á Levante , contrario al movimiento comun de los cielos de Levante á Poniente ; y así es el movimiento propio de cada uno de los otros planetas y cometas , como lo ireis sabiendo poco á poco. En este movimiento gasta Mercurio casi 88 dias para formar un giro *. Algunos pretenden que ademas de este movimiento tiene otro que llaman de vértigo , ó como un peon al rededor de su exe , porque debe concordar en

* Son 87 dias , 23 horas , 15 minutos y 38 segundos.

esto con los demas planetas que se mueven de este modo : no dexan de tener razon para sospecharlo ; pero todavía no se sabe de cierto. Ahora bien , supuesto que Mercurio se mueve al rededor del Sol , ya se ve que unas veces ha de estar muy léjos de él quando estuviere en la vuelta por la parte de allá ; pero quando girare por la de acá , quadrará muy cerca de nosotros. Creo que tendreis gusto en saber sus diversas distancias de la Tierra.

Eug. Para mi curiosidad importan mas que su distancia respecto del Sol.

Teod. No haciendo caso de la corta diferencia que pueden causar las inclinaciones de las órbitas respecto de la eclíptica , se pueden saber las distancias de los planetas á la Tierra , ya sumándola , ya restándola de la distancia de la Tierra al Sol , y así Mercurio en la conjunción superior con el Sol dista de la Tierra (28.094.213) veinte y ocho millones noventa y quatro mil doscientas y trece leguas ; y en la inferior quando quadra entre el Sol y nosotros , dista de la Tierra (12.416.539) doce millones quatrocientas diez y seis mil quinientas treinta y nueve. Bien veis la diferencia.

Eug. Es muy grande ; pero teniendo él por centro sensible de su movimiento al Sol , no podia ménos de ser así.

Teod. Decis bien. Vamos á Vénus. Ya sabéis que es un cuerpo opaco semejante á los demas planetas : tiene sus menguantes y crecientes como la Luna.

Eug. Nunca tal cosa observé : siempre que miré á ese planeta ya por la mañana quando sale ántes que el Sol , ya por la tarde quando se pone despues de él , me pareció sin menguante.

Teod. Pues ahora puntualmente anda bastante menguado , al modo que la Luna está dos ó tres dias despues de ser nueva.

Eug. ¿Y como puede ser eso si ayer le vimos hermosísimo y lleno de una luz muy intensa ?

Teod. Quando él os pareciere mayor y mas brillante , entónces está como la Luna nueva : no me creais sobre mi palabra , vamos á verle , que ya se puso el Sol , y el telescopio nos mostrará su figura.

Silv. Para mí es ese un misterio que no entiendo.

Teod. Y tambien para mí lo fué miétras no me desengañáron los ojos , y despues la razon que os daré luego. Aquí teneis el telescopio ; voy á encararlo , que estoy mas diestro..... Mirad.

Est. 2.
fig. 5. *Eug.* Lo que yo veo es la Luna (*estam- pa 2. figur. 5.*).

Teod. La Luna todavía no salió. Mirad que os engañais , que no es la Luna , sino el planeta Vénus.

Eug. En el tamaño , figura y claridad parece la Luna pocos dias despues de nueva. Yo estoy pasmado : mirad vos , Silvio.

Silv. La Luna parece en realidad. ¡ Que menguado está ! Nunca tal pensé ver.

Teod. Luego os daré la razon por que

ahora visto con los ojos parece mas resplandeciente que nunca: dexadme sacar de aquí una conseqüencia; y viene á ser, que si Vénus tiene quartos y menguantes como la Luna, es opaco como ella. Advertid que en sí es un globo, bien que la parte obscura á causa de la distancia no se ve, como sucede en la Luna.

Eug. ¿ Quien lo puede dudar?

Teod. La razon por que Vénus aparece con estos quartos y menguantes, es porque anda al rededor del Sol, y quando está de él hácia acá, tiene vuelta á nosotros la cara obscura, y al Sol la iluminada; y quando está del Sol hácia allá, la misma haz alumbrada que tiene vuelta al Sol, quadra tambien frente á nosotros: entónçes parece como la Luna llena; y ahora que está del Sol para acá, se asemeja á la Luna nueva. Pero como no se mete perfectamente entre nosotros y el Sol, siempre le vemos de lado alguna parte de la haz clara, bien así como sucede á la Luna despues que es nueva; y á proporcion que Vénus va volteando al rededor del Sol, cada vez va dexando ver mas su cara iluminada, hasta que en la *oposicion* ó *conjuncion* superior la dexa ver toda.

Eug. ¿ Que quiere decir *oposicion* y *conjuncion*? Ya habeis usado de ese término quando hablásteis de Mercurio; y no sé si significa lo que yo entiendo.

Teod. *Conjuncion* quiere decir que el planeta está respecto de nosotros junto con el

Sol ; esto es , lo mas llegado en apariencia que le permite estar la inclinacion ó abertura de su órbita. Vénus , pues , y Mercurio se juntan dos veces con el Sol : una quando pasan por detras de él , y otra quando pasan por delante. Por eso tienen dos conjunciones : quando pasan por la parte de allá del Sol , es *conjuncion superior* ; y quando pasan por entre el Sol y nosotros , se llama *conjuncion inferior*. Vamos ahora á la *oposicion*. Decir que un planeta está en oposicion , es decir que respecto de nosotros está lo mas opuesto al Sol que puede ser : por exemplo , el Sol en el Poniente , y el planeta en el Oriente , ó el Sol por abajo en el Meridiano inferior , y el planeta por arriba en el superior , distando uno de otro respecto de nosotros medio círculo del cielo. Márte , Júpiter y Saturno tienen una conjuncion quando pasan por detras del Sol ó casi por detras ; y una oposicion quando nosotros quadramos entre el Sol y ellos. Supongo que lo entendeis.

Eug. Perfectamente : proseguid.

Silv. No se os olvide decir la razon por que Vénus brilla mas ahora , quando parece que debia brillar ménos.

Teod. Es que ahora está ese planeta mucho mas cerca de nosotros que quando está lleno ; y la mayor cercanía suple la falta de luz. Yo me explicaré mas. Vénus tambien gira al rededor del Sol en una elipse casi circular ; por eso unas veces está mas distante que otras ; pero la distancia media

computándola por semidiámetros de la Tierra, son (14.204) catorce mil doscientos y quatro ¹; y reducida esa distancia á leguas portuguesas, ereo que son mas de catorce millones. Yo la he de tener aquí en un papel; pues de memoria no puedo conservar sino los números mas crecidos: son (14.644.674) catorce millones seiscientas quarenta y quatro mil seiscientas setenta y quatro leguas. Tambien os dixé ya que la distancia media del Sol á la Tierra eran mas de veinte millones ó cuentos de leguas. Esto supuesto, quando el planeta Vénus está en el punto mas distante de nosotros á la parte de allá del Sol, entónces tiene vuelto hácia acá todo el hemisferio ó cosa iluminada, y está lleno; y quando se parece á la Luna nueva, está entre nosotros y el Sol, y viene á quadrar muy cerca de nosotros. Comparad ahora las dos distancias entre sí, y hallareis una diferencia increíble. Quando está lleno, dista de nosotros todo lo que hay desde aquí al Sol, que son veinte millones de leguas, y todo lo que va desde el Sol hasta Vénus, que son mas de otros 14 cuentos; cuyas partidas suman mas de 34 millones de leguas, esto no haciendo caso de

1 Su distancia media del Sol son 723 partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra (Gravesand. n. 3728), y esta distancia reducida segun el método dicho á semidiámetros de la Tierra da $14.204 \frac{9.84}{3054}$; y reducido ese número con los quebrados á leguas portuguesas, vale 14.644.674.

los quebrados ¹; y quando Vénus está como la Luna nueva, no llega á distar 6 millones de leguas; porque de aquí al Sol hay 20 millones, y ese planeta quadra del Sol hácia acá mas de 14 cuentos; y así es claro que el espacio de Vénus acá no llega á 6 millones de leguas, siendo así que quando está lleno son mas de 34 millones la distancia que tiene ². Bien veis que desprecio los quebrados por no causaros molestia.

Eug. Es una diferencia bastante grande: estando ese planeta lleno, tiene una distancia seis veces mayor que ahora que parece Luna nueva.

Teod. Luego conforme á la doctrina que os dí hablando de la Óptica, quando os dixé que los cuerpos á proporcion de su distancia aparecian mas pequeños, se sigue que el cuerpo de Vénus ahora ha de aparecer seis veces mayor que quando está como Luna llena; y así aunque ahora vemos una parte muy pequeña de su hemisferio ó haz iluminada, es preciso que nos parezca mucho mas resplandeciente que quando se asemejare á la Luna llena. Esta distancia que doy á Vénus es la media, porque unas veces está mas distante del Sol y otras mé-

¹ Hablando en rigor, Vénus en la conjuncion superior dista de la Tierra 34.900.050 leguas.

² Rigurosamente la distancia del Sol á la Tierra son 20.255.376; y descontando la distancia del Sol hasta Vénus, que son 14.644.674, solo restan de Vénus á nosotros 5.610.702. leguas.

nos, y la diferencia se mide por la excentricidad de su órbita; esto es, por la distancia que tiene el Sol del verdadero centro de la elipse. La excentricidad, pues, de Vénus vale 98 semidiámetros de la Tierra ¹; y así comparando su distancia máxima del Sol con la mínima, la diferencia que incluye la excentricidad doblada, suma 196 semidiámetros de la Tierra. De esta distancia de Vénus respecto del Sol se sigue que nunca le podremos ver desviado de él mas de 48 grados. Sentémonos, y prosigamos discurriendo sobre este planeta. El gran Bianchini ², que nos da una descripción muy exácta de Vénus, descubre en él varias manchas. Cuenta siete en su equador, y dos en los polos; y en obsequio de nuestro gran Rey y de siempre gloriosa memoria el Señor Don Juan V. puso á la primera su nombre, llamándola: *Mar Regio de Don Juan V.* á la segunda la llama: *Mar del Infante Don Enrique*: á la tercera *Mar del Rey Don Manuel*; en fin da á otras los nombres de varios Portugueses famosos, ó que descubrieron las conquistas de Portugal. Pero habiendo visto las manchas de la Luna, supongo que no dudareis de

¹ Segun Gravesande vale 5 partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol, las cuales reducidas á semidiámetros de la Tierra, importan $\frac{7}{3} \frac{0}{5} \frac{8}{4}$; y reducido este quebrado á leguas portuguesas, hace (101.038) ciento y un mil y treinta y ocho.

² *Hesperii et Phosphori nova Phaenom.* c. 4.

estas, aunque mi telescopio no las descubra; porque el de Bianchini tenia 150 palmos de largo, y era mucho mejor.

Eug. Y tambien tendrá sus montes y valles como la Luna.

Teod. Eso lo decis por conjetura, fundándose en que siendo un cuerpo grande y opaco, naturalmente será escabroso, y las escabrosidades proporcionadas á su volúmen serán montes muy altos; pero el caso es que en realidad los tiene, como los observó Mr. De-la Hire ¹; y por eso quando se ve menguado, la línea que divide la sombra de la luz, tambien es tortuosa como en la Luna.

Eug. Ahí habeis mentado el volúmen de Vénus, pero no habeis dicho todavía qué tamaño tiene en comparacion de la Tierra.

Teod. Vénus tiene un volúmen sensiblemente igual al de la Tierra ². Esto es por lo que mira á la naturaleza y tamaño de Vénus: vamos ahora á sus movimientos.

Eug. Ya sé que anda al rededor del Sol

¹ *Memoir. de l'Academ.* an. 1700.

² Segun el Mapa astronómico de los Ingleses, que ya cité, y concuerda con la Tabla de Wisthon, tiene 7.906 millas inglesas de diámetro; y segun la misma reduccion que hago del diámetro de la Tierra, al qual da este Mapa 7964, viene á tener Vénus de diámetro 2047 leguas portuguesas, y (13.168.351.) trece cuentos ciento sesenta y ocho mil trescientas cincuenta y una leguas cuadradas de superficie.

como Mercurio ; pero ignoro el tiempo que gasta en su giro.

Teod. En su giro , al qual tambien llamamos *periodo* , consume 224 dias , 14 horas , 49 minutos y 20 segundos.

Silv. Eso no hay que decir que no va con bastante menudencia. Si ese planeta anduviera acá por la Tierra , no se le podrian contar los pasos con mas exâctitud.

Teod. Pues ahí vereis quan seguros y escrupulosos son los Astrónomos en sus medidas ; y que quando ellos concuerdan todos en una cosa , la debemos dar por certísima ; pues bien veis que en muchas no convienen , como ya os dixé. Y de paso id observando , Eugenio (y esto á su tiempo ha de servir) , que quanto los planetas distan mas del Sol , tanto mas tiempo ocupan en su periodo ó revolucion. Mercurio gasta 87 dias , que son casi tres meses ; y Vénus 224 , que son ocho meses poco ménos. Falta decirós quanta es la inclinacion de la órbita de Vénus respecto de la eclíptica ó camino del Sol , para saber lo que aquel planeta se puede desviar del Sol en su conjuncion ú oposicion. La inclinacion , pues , de la órbita de Vénus son únicamente 3 grados y 23 minutos. Todavía resta otro movimiento de Vénus , que llaman de *vértigo* ó *rotacion* , que es andar al rededor de sí mismo como un peon al modo que dixé que andaba el Sol.

Eug. ¿ Pues que , tambien Vénus anda al rededor de sí mismo ?

Teod. Como tiene manchas , por ellas se puede conocer si tiene este movimiento , y quanto tiempo gasta en él. Segun Bianchini, que es el que merece mas crédito en las observaciones de Vénus ¹, emplea en una revolucion 24 dias , y cerca de 8 horas. En fin , lo que ahora me ocurre deciros acerca de Vénus , es una gran duda en que hoy están los Astrónomos sobre si tiene algun satélite como la Tierra , Júpiter y Saturno. Casini , grande Astrónomo , en el tratado de la *Luz Zodiacal* dice que en el año de 1672 observó junto á Vénus una como nubecilla clara , que tendria como la quarta parte de su diámetro : catorce años despues tuvo ocasion de repetir la observacion , y con mas claridad vió que la tal nube tendria respecto de Vénus la misma proporcion que la Luna tiene con la Tierra. David Gregorio , grande Astrónomo tambien ², habla con mas resolucion en este punto. Pero en la Historia de la Academia Real de París ³ hallo que un célebre Inglés llamado Short Scoto en el año de 1740 con un telescopio de reflexion de 16 pulgadas habia observado distintamente en Vénus un satélite , que distaba de él 10 minutos y 20 segundos. Algun tiempo despues repitió la observacion , pero en vano. Últimamente Mr. Baudovin

¹ *Hesperi et Phosphori nova Phaenom.* c. 5.

² *Astrom. Phys.* lib. 6. pág. 710. de la edic. de Ginebra.

³ Año 1741. pág. 124 de la edic. de París.

presentó á la Academia de París en 1761 una observacion hecha en Limoges el mismo año por Mr. Montaigne con bastante exactitud ; pero no es todavía de suerte que se pueda dar por cierto el satélite. Vamos á los demas planetas.

Silv. ¿Y no decis nada de habitantes de Vénus , que se paseen allá por sus montes y valles ?

Teod. Lo que dixere de los habitantes de la Luna , se puede aplicar á los de Vénus ; bien que hallo en este planeta otra dificultad , y mucho mayor en Mercurio ; y es el gran calor que esos habitantes padecerian á tan corta distancia del Sol ; y tambien porque en Vénus como hace su revolucion en 24 dias , está dando el Sol en qualquier lugar de su superficie 12 dias continuos , sin haber el intervalo de sus noches en que los habitantes pudiesen refrigerarse ; y un calor tan grande y tan continuado no me parece que permitiria que fuese habitable el pais : yo á lo ménos no lo envidio.

Silv. Ni yo tampoco.

§. II.

De la Tierra y de Márte.

Teod. **N**osotros estamos en un planeta mas cómodo : hablo segun el estilo de los Copernicanos , que llaman planeta á nuestra Tierra. Estos dicen que la Tierra se mueve al rededor del Sol como Vénus , pero

á mayor distancia. Ya hablaremos una tarde despacio sobre este sistema, y entonces os diré mi opinion; por ahora para no interrumpir el discurso, solo tocaré de paso lo que ellos dicen. Afirman, pues, que la Tierra es un planeta que dista del Sol (19.646) diez y nueve mil seiscientos quarenta y seis semidiámetros de ella misma, y un poco mas ¹, que reducidos á leguas portuguesas, son (20.255.376) veinte millones doscientas cincuenta y cinco mil trescientas setenta y seis, que es la misma distancia que yo dí ayer al Sol. La Tierra en esta opinion es un planeta redondo, opaco y obscuro, poco mayor que Vénus. Quando una tarde hablemos de la Tierra por menor, os daré una idea bastante exácta de su figura y tamaño. Esta Tierra, pues, dicen los Copernicanos que gira al rededor del Sol en 365 dias, 6 horas, 9 minutos y 14 segundos; ó en ménos palabras, que hace el giro al rededor del Sol en un año completo. Ademas de eso tambien dicen que tiene su movimiento de rotacion sobre su exe, y de este modo se forma el dia y la noche, siendo de dia mientras nosotros andamos á vista del Sol, y de noche quando damos vuelta por la parte de que él está ausente. Esta rotacion, que ellos llaman movimiento diurno, se hace en el espacio de 23 horas, 56 minutos y 4 segundos. No son 24 horas cabales por la razon que os diré en su lugar. Tambien

* Puntualmente son $19.646\frac{1116}{3054}$.

la Tierra tiene su órbita excéntrica ; esto es, no quadra el Sol perfectamente en el centro de ella , sino que se desvia un poco hácia un lado ; y por eso no siempre guarda la Tierra una misma distancia del Sol : su excentricidad vale casi 334 semidiámetros de la misma Tierra ¹ , y por consiguiente comparando la distancia máxîma del Sol á la Tierra con la que tiene quando está mas cerca , viene á haber una diferencia de casi 668 semidiámetros , que importan (688.708) seiscientas ochenta y ocho mil setecientas y ocho leguas. Y tanto es lo que el Sol quadra mas cerca de nosotros en invierno que en verano ; porque en invierno es la menor distancia ó el perihelio de la órbita de la Tierra ó de la del Sol. Esta órbita no tiene inclinacion alguna á la eclíptica ; pues en la opinion de estos Astrónomos ella es la eclíptica misma , y en el mismo círculo en que el Sol se mueve al rededor de la Tierra , dicen ellos que la Tierra se mueve al rededor del Sol. El por menor de este sistema , que es admirablemente ingenioso, pide otra ocasion. Por ahora esto basta.

Silv. Vos le llamais ingenioso , y yo no ví en mi vida mayor despropósito , ni cosa que sea falsa mas á las claras.

Teod. Tampoco yo os aseguro que él es

K 3

¹ Esta excentricidad , segun Gravesande , vale 17 partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra , que reducidas á semidiámetros , componen $333\frac{3}{5}\frac{0}{5}\frac{1}{5}\frac{8}{4}$.

verdadero : lo que digo es que es ingenioso ; y ya os mostraré el motivo que todos tienen hoy para confesarlo así. Vamos á Márte, que en este sistema es el quarto planeta.

Eug. Yo creo que en lo que toca á Márte ya están concordes todos los Astrónomos , y que la diferencia entre ellos no es sino acerca de la Tierra.

Teod. Así es. Márte es un cuerpo opaco como los otros planetas , que refleja la luz del Sol , y esa es con la que resplandece ; pero es ménos viva que la de Vénus , y tira mas á color de fuego. Veámoslo con el telescopio , que allá lo tenemos frente á nosotros.

Eug. Hasta con los ojos se ve su luz un poco rubicunda , si la imaginacion no me engaña.

Teod. Ahí está el telescopio encarado : miradlo.

Eug. Ya le veo : es mucho mas pequeño que Vénus.

Silv. Para eso basta que esté mucho mas distante.

Teod. Por esa razon ciertamente habia de parecer mucho menor ; pero prescindiendo de ella , es con efecto mucho mas pequeño. Mirad , Silvio.

Silv. Es bastante confusa su luz , y tira un poco á roxo : bien puesto le está el nombre de Márte por lo que tiene de sangüineo.

Teod. Reparad , que acaso le vereis una
 Est. 2. mancha obscura en el medio (*estamp. 2. fi-*
 fig. 6.

gur. 6.). Dicen que el primero que la observó, fué Francisco Fontana.

Silv. Allá me parece que la diviso. Como ya ví las de la Luna, no dudo que Márte tambien las tenga.

Eug. Yo quiero verla... allí está... quanto mas aplico la vista, y voy reparando, mejor la veo.

Teod. Es necesario que una persona esté acostumbrada á mirar por el telescopio para ver bien por él; porque el cristalino de los ojos va poco á poco tomando la figura conveniente, y el alma se va olvidando de las imágenes extrañas, que inmediatamente ántes habia percibido por la vista, y así puede reparar mas en la que actualmente se le presenta. Advierto que el gran Maraldi testifica que observó en Márte varias manchas y faxas obscuras, pero mudables; lo qual da fundamento para creer que ese planeta tiene alguna atmósfera al rededor de sí, y que las manchas mudables serán nubes. Y tengo especie de haber leído una observacion (no sé de quién), que confirmaba este pensamiento; y era, que quando Márte iba á ocultar á nuestra vista alguna estrella, un poco ántes que la encubriese, y un poco despues que la dexaba libre, mudaba la estrella un tanto de color, ofuscándose algo su luz: señal de que empezaba á ocultarse primero por la atmósfera transparente, que rodeaba al planeta. Pero la atmósfera de Márte no la habeis de ver vos, Eugenio.

Eug. Es verdad que no ; pero he visto su figura y color , y sé que es mucho mas pequeño que Vénus : mas ¿ quanto será menor que la Tierra ?

Teod. Wisthon y el Mapa Astronómico, ya citado , le dan mas de la mitad del diámetro de la Tierra ; á saber , 4444 millas inglesas , que reducidas á leguas portuguesas , como reduzco las del diámetro de la Tierra , son 1150 , y de superficie tiene (4.156.100) quatro millones ciento cincuenta y seis mil y cien leguas quadradas ; lo qual viene á ser ménos de la tercia parte de la superficie de la Tierra. En fin , su volúmen es cerca de 6 veces menor que el de la Tierra misma.

Eug. ¿Y á que distancia está del Sol?

Teod. La distancia que le da Gravesande ¹ reducida á semidiámetros de la Tierra , sube á (29.941) veinte y nueve mil novecientos quarenta y uno , y un poco mas : y en leguas portuguesas asciende á (30.869.171) treinta millones ochocientas sesenta y nueve mil ciento setenta y una. Esta es la distancia media de Márte al Sol.

Eug. ¿Y quanta es la excentricidad de su órbita? Yo imagino que de aquí depende el saber quanta diferencia hay de la distancia media á la máxîma ó á la mínima.

¹ Esta distancia vale 1524 partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra , que equivalen á $29.941\frac{1}{3}\frac{86}{54}$ semidiámetros de la Tierra , los quales importan 30.869.171 leguas portuguesas.

Teod. Decis bien ; porque añadiendo la excentricidad á la distancia media , tenemos la máxima ; y rebaxándola , tenemos la mínima. La excentricidad , pues , de Márte vale 2770 semidiámetros y algo mas , que todo importa (2.855.870) dos cuentos ochocientas cincuenta y cinco mil ochocientas y setenta leguas ¹. Vamos al tiempo que consume en su periodo al rededor del Sol : son 686 dias , 22 horas y 29 minutos , ó cerca de dos años , que no les falta sino mes y medio.

Eug. ¿ Pues Márte no corre en 24 horas todo el cielo , como lo hacen las estrellas ?

Teod. Válgaos Dios , Eugenio : ese es el movimiento al rededor de la Tierra ; pero nosotros hasta ahora no hemos hablado sino del que tienen los planetas al rededor del Sol : el movimiento de todos los astros en 24 horas al rededor de la Tierra pide discurso aparte.

Eug. Estoy enterado : ahora decidme ; y Márte tiene tambien movimiento de vértigo ó rotacion al rededor de su centro ?

Teod. Tambien , y gasta en cada vuelta 24 horas y 40 minutos.

Eug. Anda mucho mas ligero que Vénus , que necesita 24 dias.

Silv. Vénus es dama y señora , y Márte soldado ; y así debe dar la vuelta con mas

¹ La excentricidad de Márte , segun Gravesande , vale 141 partes milésimas , que corresponden á $2770\frac{4}{3}\frac{2}{5}\frac{0}{4}$ semidiámetros.

presteza , y Vénus con mas gravedad.

Teod. Gastais buen humor : los Astrónomos tienen pensamientos mas serios.

Silv. Es cierto ; y tambien mas melancólicos : id prosiguiendo , y mirad no se os escape un minuto ó una pulgada de mas en esa distancia , que es asunto para pasar muchas noches al sereno. Yo no era para esa vida ; pero continuemos.

Teod. Adviértoos ahora que si hablamos de la distancia de Márte á nosotros , es muy diversa del Sol y no de la Tierra , bien que la comprehende en el ámbito de su giro ; y ya veis por este discurso que Márte unas veces ha de quadrar muy cerca de nosotros y otras muy léjos. Ahora supongamos que Márte está en oposicion con el Sol ; esto es , quando el Sol nos quadra de una parte , y Márte de la otra en correspondencia con él : en este caso tenemos á Márte muy cerca de nosotros , porque toda la distancia del Sol á él son poco mas de 30 millones de leguas ; y quadrando nosotros en el camino que hay desde el Sol á Márte á 20 millones y poco mas del Sol , restan 10 millones de leguas desde aquí hasta Márte ; y por esa razon aparece él á veces mucho mas cerca de nosotros que el Sol. Pero quando gira por la parte de allá del Sol , y llega á la conjuncion , corresponde muy léjos de nosotros , porque de aquí al Sol hay 20 millones de leguas , del Sol á Márte 30 , y todo compone mas de 50 millones de leguas , y acá en la oposicion no eran mas

que 10 millones ¹. Mirad qué diferencia.

Eug. Mayor es de lo que yo pensaba.

Teod. Aun falta decir la inclinacion de la órbita de Márte respecto de la eclíptica ú órbita del Sol, porque ningun planeta concuerda con él: todos cortan los caminos en dos partes ó nodos; pero la órbita de Márte difiere muy poco, y solo tiene de inclinacion 1 grado y 52 minutos, que vienen á ser casi 2 grados. En este punto creo que vos, Silvio, convenis conmigo sin la menor repugnancia.

Silv. ¿Y por que no, si esas son cosas demostradas, y tambien concuerdan en ellas nuestros Filósofos?

§. III.

De Júpiter, y sus Satélites ó Archeros.

Eug. ¿Que mas tengo que saber de Márte?

Teod. No me ocurre por ahora otra cosa que deciros de él; porque lo que resta, solo lo podreis entender bien quando hablemos del admirable juego de todos los planetas entre sí. Entremos á tratar de Júpiter; y vamos á registrarle con el telescopio, porque gustareis de verle.... Ahí le tenéis.

¹ Hablando rigurosamente, Márte en la conjuncion con el Sol dista de nosotros 51.124.547 leguas; y en la oposicion 10.613.795.

Eug. Vénus me parecia una Luna casi nueva , y Júpiter mirado con el telescopio me parece una Luna llena. ¡Que hermoso es! Su luz es muy brillante y clara , muy semejante á la de Vénus. Llegaos , Silvio.

Silv. Esto es cosa muy diversa de Márte: es clarísimo y muy grande..... Ya lo he visto.

Teod. Aunque la distancia á que Júpiter está respecto del Sol , es mucha , su disforme volúmen y la claridad de su luz recompensan bastante la distancia. Entre todos los cuerpos celestes del sistema solar es el mayor despues del Sol. Si le comparamos con la Tierra , es 765 veces mayor que ella ¹. Ya veis que es redondo ; pero quiero advertiros que no es un globo perfectamente esférico , es como una naranja un poco chata ó aplanada , que no tiene tanta longitud en el diámetro que va de alto á baxo , como en el que va de un lado á otro. Los Geómetras llaman á esta figura *esferoide*: tomad de memoria este nombre , porque es-

¹ Gravesand. n. 4164. dice , que los diámetros de Júpiter y de la Tierra son entre sí como 997 y 109 , que viene á ser lo mismo que $9\frac{1}{10}\frac{6}{9}$ con 1 ; y resulta la superficie de Júpiter $83\frac{2}{3}$ veces mayor que la de la Tierra , y aun algo mas ; pues tiene 1.122.387.840 leguas quadradas ; y el volúmen de Júpiter comparado con el de la Tierra , es $765\frac{1}{4}$ veces mayor que el de la Tierra misma.

ta es la figura de la Tierra , como os diré á su tiempo.

Eug. Yo por el telescopio no he advertido en sus diámetros esa desigualdad que decis.

Teod. Basta que se la hayan notado los Astrónomos , que usan de mejores telescopios y *micrómetros* exâctos , que son precisos para eso.

Eug. No lo dudo.

Teod. Vamos al peso de Júpiter y á su densidad ; porque hay modo para poder calcular uno y otro , lo qual no se logra en Márte , Vénus , ni Mercurio , y yo os diré á su tiempo el motivo. Siendo Júpiter 765 veces mayor que la Tierra , no le excede tanto en el peso como en el tamaño , porque no es tan macizo como ella. Tomando absolutamente dos pedazos de la materia que hay en Júpiter y en la Tierra , ó los pesos absolutamente , es aquel mas pesado que está cerca de 182 veces ¹ ; y por este cálculo viene á resultar la Tierra mas densa que Júpiter quatro veces y algo mas ².

¹ Segun Gravesande número 4163 los pesos de la Tierra y de Júpiter son como 0,0512 á 9,305 , que viene á ser lo mismo que 512 á 93050 ; y por consiguiente el peso de la Tierra respecto del de Júpiter es como 1 á $181\frac{3}{5}\frac{8}{1}\frac{7}{2}$.

² Segun Gravesande núm. 4168 la densidad de Júpiter á la de la Tierra es como 9385 á 39539, que es lo mismo que como 1 á $4\frac{1}{9}\frac{9}{3}\frac{9}{8}\frac{9}{5}$, lo qual es ser Júpiter sensiblemente mas raro $4\frac{1}{5}$ veces.

Eug. Por ese vuestro discurso viene á ser Júpiter de la misma densidad que el Sol, el qual me dixísteis ayer que era quatro veces ménos denso que la Tierra

Teod. Así lo dixé; pero el Sol aun es algo mas denso que Júpiter ¹; y por eso la Tierra excede á este en densidad algo mas de las quatro veces, siendo así que no llega á exceder al Sol quatro veces cabales, como ayer os dixé.

Silv. Si tuviérais balanzas para pesar esas masas inmensas, y las tuviérais á la mano, no podríais hablar en esa materia con mas menudencia y seguridad.

Teod. Todo eso lo vence la paciencia, el discurso y el estudio de los Astrónomos, que juntan la observacion con la mecánica celeste. Ahora se sigue la distancia de Júpiter al Sol. Como aquel se mueve en elipse al rededor de este, ya dista mas, ya ménos; pero la distancia media ² vale (102.180) ciento y dos mil ciento y ochenta semidiámetros de la Tierra y un poco mas, que reducido todo á leguas portuguesas, hace (105.348.363) ciento y cinco millones tres-

¹ Gravesand. núm. 4168 pone entre las densidades de Júpiter y del Sol la proporcion de 9385 con 10000.

² Segun Gravesande núm. 3731 la distancia media de Júpiter al Sol vale 5201 partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra, que se pueden reducir á $102.180 \frac{2}{3} \frac{2}{5} \frac{8}{4}$ semidiámetros de la Tierra, y valen 105.348.363 leguas.

cientas quarenta y ocho mil trescientas sesenta y tres. La excentricidad ¹ importa 4911 semidiámetros, que reducidos á leguas, componen (5.063.241) cinco cuentos sesenta y tres mil doscientas quarenta y una. Esto añadido á la distancia media, compone la máxîma de Júpiter al Sol.

Eug. Ya lo sé; y quitado ese número de la distancia media, queda la distancia mínima. Pero esto es hablando de Júpiter respecto del Sol: y respecto de la Tierra ¿á que distancia está?

Teod. Quando está en conjuncion con el Sol, saliendo junto con él, y poniéndose al mismo tiempo, como gira á la otra parte de él, quadra muy léjos de nosotros: y esa distancia importa (125.603.739) ciento veinte y cinco millones seiscientas y tres mil setecientas treinta y nueve leguas. Pero quando anda en oposicion del Sol, no dista de nosotros sino (85.092.987) ochenta y cinco millones noventa y dos mil novecientas ochenta y siete leguas.

Silv. Yo estoy oyendo hablar de millones de leguas como si fueran varas ó brazas.

Teod. Nuestra imaginacion acostumbrada á

¹ La excentricidad de la órbita de Júpiter vale 250 partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra, que en rigor equivalen á $4911\frac{1}{3}\frac{8}{5}\frac{6}{4}$ semidiámetros; y así la diferencia entre la distancia máxîma y la mínima vale $9823\frac{5}{3}\frac{5}{5}\frac{8}{4}$ semidiámetros.

la pequeñez de estas cosas de la Tierra siente extrañeza quando se eleva á la admirable fábrica del Palacio del Omnipotente. Prosigamos. Siendo, pues, tan grande la distancia de Júpiter al Sol, al mismo paso es mayor el tiempo que él gasta en dar un giro al rededor de este; porque si Márte consume casi dos años, para Júpiter son precisos cerca de doce, pues emplea once y 317 dias, 12 horas, 20 minutos y 9 segundos.

Eug. Gran diferencia hay.

Teod. Pero el movimiento de rotacion sobre su exe es velocísimo, porque no gasta en él sino 9 horas y 56 minutos; y de esto á mi entender puede provenir el tener Júpiter tan poca densidad; pues como llevo dicho, es ménos denso que el Sol; porque la gran fuerza *centrífuga* adquirida con la velocísima rotacion estorba mucho la mutua gravedad de las partes, y no las dexa llegarse tanto unas á otras; de manera, que el cuerpo queda ménos denso. A lo ménos es cierto que de este movimiento y fuerza *centrífuga* nace el ser el planeta mas alto en su equador, y tener figura esferoide. La inclinacion de su órbita respecto de la eclíptica es muy pequeña, y no vale sino un grado y 20 minutos.

Silv. Sentémonos, que insensiblemente nos estamos junto al telescopio sin necesidad, recibiendo el influxo de la Luna.

Teod. Pues tened un poco mas de incomodidad, y volved á mirar á Júpiter, por-

que aun no habeis reparado en unas faxas negras que tiene. Yo os acomodaré el telescopio á vuestra vista, que como es distinta de la mia, podrá no estar en el punto preciso.... Mirad; pero habeis de aguardar un poco á que los ojos se acostumbren al telescopio, y entónces me direis lo que veis.

Silv. Acá voy divisando (*estamp. 2. fig. 7.*) unas faxas oscuras, que le atraviesán de un lado á otro, y creo que le ciñen todo al rededor. Est. 2.
fig. 7.

Eug. Dexadme verlas.

Silv. Mirad:....

Eug. No hay duda: yo las percibo clarísimamente.

Teod. Pues sabed que á veces tiene dos, á veces tres de esas cintas; y ya se observan mas cercanas unas á otras, ya mas desviadas. El gran Casini observó en él, ademas de las faxas oscuras, una mancha que le duró tres años continuos, al cabo de los quales desapareció, y volvió á dexarse ver á tiempos; de suerte, que desde el año de 1665 hasta el de 1708 apareció ocho veces. Pero ántes que dexemos el telescopio, mirad los satélites de Júpiter ó sus lunas que le acompañan y le hacen la córte: son 4... allá los teneis (*estamp. 2. figur. 8.*) Est. 2.
fig. 8.

Eug. Yo veo dos á cada lado. Mirad, Silvio. Todos están en línea recta.

Silv. Son unas estrellitas muy claras y de luz muy viva. ¿A estos llamais satélites de Júpiter? Yo creo que son estrellas del cielo, y de estas hallareis quantas quisiereis.

Teod. Silvio no cree nada sino por fuerza : no son estrellas ; yo os mostraré una estrella por el telescopio , y vereis la diferencia.... Mirad.

Silv. Teneis razon : la luz de los satélites es muy viva y clara , y no centellea.

Teod. Ahora bien , sentémonos..... Ya os dixé que al rededor de Júpiter andan quatro satélites ó lunas , que son unos globos opacos como los demas planetas , por cuya razon padecen freqüentes eclipses ; porque como giran al rededor de Júpiter , y este hace sombra á la parte opuesta al Sol , muchas veces entrán en ella , y miéntras no la atraviesan , están á obscuras ; al modo que sucede á nuestra Luna quando entra en la sombra de la Tierra , de la qual es satélite. Fuera de eso , los satélites se pueden ocultar por otros tres motivos : uno es quando pasan por delante de Júpiter , porque su luz se confunde con la de este planeta. Tampoco se pueden ver quando pasan por detras de él ; y advertid que muchas veces están ocultos detras del mismo Júpiter sin estar eclipsados , porque dándoles el Sol de costado , los puede iluminar : otras veces se eclipsan de repente sin embargo de hallarse libres de Júpiter , y bastante de lado , á causa de caer hácia aquella parte la sombra del planeta , quadrando el Sol á la parte opuesta. Ademas de estos motivos , todavía hay ocasiones en que no se dexan ver ; y esto sucede quando un satélite en el giro de acá de delante corresponde á otro

que viene girando allá por detras , de manera que la vista los confunde ; y ya me he visto yo bastante embarazado con esto , porque sabiendo por las Efemérides que no podían estar eclipsados , echaba ménos un satélite ; pero desencontrándose ellos poco á poco , veia yo que de uno se hacian dos , y conocia mi engaño.

Silv. Para todo se requiere experiencia.

Teod. Tambien hay otra cosa que embaraza á los que no la tienen ; porque hallan en los libros que los satélites siempre andan al rededor de Júpiter , y nunca los ven sino en línea recta con él ; lo qual les causa extrañeza ; y es , que no advierten que los círculos que los satélites hacen al rededor de su planeta , están dispuestos de tal modo , que solo los podemos ver de canto ; y así parecen una línea recta , del mismo modo que si yo tomo un aro de pipa , y lo pongo horizontalmente delante de vuestros ojos , no tendreis duda de que es círculo , porque ya lo habeis visto en otra postura ; pero en esta que digo , habeis de confesar que parece una línea derecha.

Eug. Es así.

Teod. Luego lo mismo ha de suceder á las órbitas de los satélites. Nosotros en la situacion en que estamos , solo podemos ver que ellos se acercan á Júpiter , que pasan á la otra parte , y que se van desviando de él hasta cierto punto , de donde vuelven á buscarle , y pasan por él al lado opuesto. Pero el discurso suple la falta de la vista,

y conocemos que pasan de una parte á otra por delante, y vuelven á pasar por detras, y así andan en un giro continuo.

Eug. Estoy hecho cargo; pero aun falta saber las distancias de esos satélites á Júpiter, como tambien sus tamaños y movimientos.

Teod. Mucho quereis saber; las distancias y movimientos yo os los diré; pero los tamaños no me atrevo. Bien creo que son mayores que la Luna, y aun quizá que la Tierra, porque la distancia á que se ven es excesiva; pero no se puede formar cálculo que merezca crédito. En las distancias y movimientos hay certeza. El primero y mas cercano á Júpiter dista de su centro 5 semidiámetros y 2 tercios del planeta: absuelve su giro en un dia, 18 horas, 27 minutos y 34 segundos. El segundo satélite dista del centro de Júpiter 9 semidiámetros, y en su giro gasta 3 dias, 13 horas, 13 minutos y 42 segundos. El tercero dista 14 semidiámetros y un quinto: gira en el espacio de 7 dias, 3 horas, 42 minutos y 36 segundos: últimamente el quarto satélite dista 25 semidiámetros y una quarta parte, y se revuelve al rededor de Júpiter en 16 dias, 16 horas, 32 minutos y 9 segundos. Y ántes que vos, Eugenio, me preguntéis por su rotacion sobre sus propios exes, por sus manchas, y otras cosas mas que no se saben, vamos á Saturno.

Silv. Los criados de Júpiter no merecen á los Astrónomos tanta atencion como su amo.

Teod. Sí se la deben y grande con mucha razon, porque sus eclipses sirven para dar grandísima luz á la Geografía; pero nuestros telescopios no pueden alcanzar á esas menudencias.

Eug. No dexarán de haberse hecho bastantes diligencias á ese fin.

§. I V.

De Saturno, su Anillo y sus Satélites.

Teod. **R**éstanos Saturno, el último de los planetas de primer orden. Su figura es bastante extraordinaria, porque es un globo metido dentro de un anillo chato y ancho: no quiero que me creais á mí, informaos por vuestros ojos. Voy á mostrároslo... Miradlo (*estamp. 2. figur. 9.*).

Est. 2.
fig. 9.

Eug. En mi vida he visto figura mas extraña: él es una bola de plata dentro de una bacía tambien de plata.

Teod. Os engañais; porque esa que llamas bacía no tiene fondo, sino que es un anillo suelto; y lo que veis por debaxo de él, es lo restante del globo ó cuerpo de Saturno.

Silv. Dexadme ver eso.... Á mí me parece un sombrero de dos picos.... Acomodad, Teodosio, el telescopio á mi vista... Ahora veo bien: teneis razon, Teodosio, que es un anillo y muy holgado en comparacion de la bola, porque á los lados hay dos vacíos entre ella y él.

Teod. Pues ya que le teneis á la vista , reparad en varias cosas que sirven para nuestro intento. Lo primero en el anillo no se percibe grosor , y bien se advierte que es chato y ancho. Ademas de eso , por debajo del anillo se ha de ver en el cuerpo del planeta una como franja obscura que pende del mismo anillo : reparad bien , Silvio , y despues lo mirará Eugenio.

Silv. Así es : tambien tiene su cinta obscura. Eugenio , mirad.

Eug. No hay duda.

Teod. Eso que veis no es cinta de Saturno , sino sombra que hace el anillo , y cae en el cuerpo del planeta. Reparad : ahora el anillo recibe luz del Sol por la parte de arriba , por eso le veis claro como si fuera plata , y así debe hacer sombra hácia abaxo ; y la parte de Saturno que el anillo encubre , es preciso que la veamos obscura , porque no le da la luz del Sol ; pero quando el anillo recibe la luz del Sol por la cara inferior , entónces está Saturno del anillo abaxo totalmente claro ; mas inmediatamente sobre el anillo aparece una como venda obscura , que es la sombra que el mismo anillo hace á la parte de arriba ¹. En este caso queda invisible el anillo acá para nosotros , porque nos vuelve la haz obscura , que no se puede echar de ver , y aparece

¹ Esto sucede todas las veces que el plano del anillo continuado pasaria por entre la Tierra y el Sol.

Saturno como una bola atravesada de una faxa negra (*estamp. 2. figur. 10.*). Otras veces se dexa ver sin el anillo, no porque le haya perdido, sino porque le tiene ladeado de modo que le vemos de canto; y solo entónce podríamos echar de ver su grosor si él fuera perceptible; pero no podemos ver ninguna de sus caras ¹; y quando el anillo va mudando de postura, que comenzamos á ver una de sus caras, parece que le nacióron á Saturno dos alas pequeñas, y hace esta figura que aquí os dibujo con lápiz (*estamp. 2. fig. 11.*); y quanto mas se va volviendo el anillo, mas visible se hace, como ahora lo visteis en el cielo. Pero advierto que nunca se vuelve del todo de manera que le veamos de plano.

Est. 2.
fig. 10.

Est. 2.
fig. 11.

Eug. De ese discurso se colige que el anillo es de la misma materia y naturaleza que los otros planetas, pues es opaco como ellos, ¿Y que viene á ser este anillo?

Teod. La opinion mas fundada dice que es una muchedumbre de satélites, que se revuelven en sus órbitas á determinada distancia de Saturno, los quales aunque en realidad no estén juntos y tocándose entre sí, no obstante como los vemos desde muy lejos, se confunde la luz de unos con la de los otros, y parece una plancha de plata continuada.

L 4

¹ Este segundo caso de quedar el anillo invisible, sucede quando el plano del anillo si se continuase, vendria á dar á la Tierra.

Eug. Por eso el anillo no está ajustado con el cuerpo de Saturno; porque los satélites, aun los mas cercanos, no se han de rozar con su superficie, ántes bien siempre conservarán alguna distancia de ella. Pero deben de ser innumerables para ocupar todo el espacio que el anillo ocupa.

Teod. Al Omnipotente quando los crió tan poca dificultad le costaba hacer uno solo, como producir millones de millones de ellos. Luego trataremos de los cinco satélites distintos que le acompañan á mayor distancia: ahora vamos á acabar de hacer el exâmen del cuerpo de Saturno. Su diámetro es siete veces y una quarta parte mayor que el de la Tierra, y de nuestras leguas tiene (14.963) catorce mil novecientas sesenta y tres¹. La superficie es casi 53 veces mayor que la de la Tierra, y contiene (708.173.280) setecientos y ocho millones ciento setenta y tres mil doscientas y ochenta leguas cuadradas. Últimamente, si se compara su volumen con el de la Tierra, es mas de 382 veces mayor. Falta ahora decir su peso. Como tiene satélites que giran á su rededor, tenemos método para eso, y resulta su peso 63 veces mayor que el de la Tierra y un poco mas². Ahora bien, siendo

¹ Segun Gravesande núm. 4164 el diámetro de Saturno al de la Tierra es como 791 á 109, que viene á ser como $7\frac{2}{10}\frac{8}{9}$ á 1.

² Gravesande núm. 4163 dice que el peso de la Tierra comparado con el de Saturno, es como

Saturno 382 veces mayor que la Tierra en volúmen , y excediéndola solo 63 veces en el peso , ya se dexa ver que es mucho ménos macizo que ella ; y así comparando las dos densidades entre sí , viene á ser la Tierra 6 veces mas densa que Saturno , y aun le excede un poco mas de las 6 veces ¹. Esto por lo que toca al cuerpo de Saturno; que el peso del anillo no se puede calcular.

Eug. ¿Y tiene algunas manchas fuera de la sombra del anillo?

Teod. Yo todavia no se las he visto ; pero como ya os dixé , no lo extraño , porque mi telescopio , aunque grande , no es de los mejores. Casini le vió con tres faxas ; pero la del medio era tan débil , que solo la podia divisar con un telescopio de 171 palmos.

Silv. ¡ Que grandor de telescopio tan enorme!

Teod. Todo es preciso para nuestras observaciones ; y si ni aun así llegamos á descubrir algo , tenemos paciencia , y no aventuramos nuestro discurso meramente sobre la imaginacion , como algun dia lo hacian los Filósofos , que bastaba que una cosa se les representase en la idea , para que la diesen por efectiva é indubitable. Esto lo digo

0,0512 á 3.250 , que viene á ser lo mismo que 1 á $63\frac{2}{3}1\frac{4}{2}$.

¹ Segun Gravesande núm. 4168 las dos densidades son como 6567 á 39539 , que se reducen á la razon de 1 á $6\frac{1}{6}\frac{3}{5}\frac{7}{7}$.

tambien contra muchos Modernos , que no es solamente contra vuestros Peripatéticos.

Silv. Veamos que distancia tiene Saturno del Sol , que es lo que ahora nos importa.

Teod. Su distancia media son (187.387) ciento ochenta y siete mil trescientos ochenta y siete semidiámetros de la Tierra y un quebrado pequeño ¹; y reduciendo toda esta distancia á leguas nuestras son (193.144.447) ciento noventa y tres millones cuatrocientos cuarenta y siete. Esto hablando de la distancia media. Ahora para que sepais lo que esta crece ó mengua , es preciso saber la excentricidad. Vale, pues, la excentricidad (11.079.126) once millones setenta y nueve mil ciento veinte y seis leguas ². Esta es la distancia de Saturno al Sol.

Eug. ¿Y quanto dista de la Tierra ?

Teod. Ya sabeis que debemos considerar á Saturno en dos puntos. En el punto mas distante á la parte de allá del Sol , que es en la conjuncion con él , y sucede quando Saturno sale con el Sol y con él se pone, entónces dista mucho de nosotros ; pues es-

¹ La distancia media de Saturno son 9538 partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol, las cuales corresponden á $187.387 \frac{102}{3054}$ semidiámetros , que importan 193.144.447 leguas.

² Segun Gravesande la excentricidad de Saturno vale 547 partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol , que corresponden á $10.746 \frac{1716}{3054}$ semidiámetros de la Tierra.

tá á (213.399.823) doscientos y trece millones trescientas noventa y nueve mil ochocientas veinte y tres leguas de distancia. Pero en el punto de su oposicion solo dista (172.889.071) ciento setenta y dos cuentos ochocientos ochenta y nueve mil setenta y una. ¿Teneis en memoria el modo de contar?

Eug. Ya sé que es añadir ó quitar de la distancia media la que hay de nosotros al Sol.

Teod. Eso es. Vamos ahora al tiempo de su periodo. Gasta, pues, Saturno en una revolucion 29 años, 174 días, y cerca de 5 horas. La semejanza y analogia con los demas planetas da fundamento para sospechar que tambien él se moverá al rededor de su exe; pero no hay observacion que lo pruebe. Su órbita tiene de inclinacion respecto de la eclíptica 2 grados y 30 minutos.

Eug. Fáltannos los cinco satélites.

Teod. Todos tienen sus particulares distancias, y á proporcion tardan diferentes espacios de tiempo en su periodo ó giro. El primero y mas llegado á Saturno dista de él, ó para hablar con exâctitud, del centro del planeta casi 2 semidiámetros del anillo¹. Concluye su giro en 1 dia, 21 horas, 18 minutos y 27 segundos. El segundo satélite dista 2 semidiámetros y 2 quintos; y

¹ El primer satélite dista del centro de Saturno $1\frac{9}{10}$ semidiámetros.

gasta en girar 2 dias, 17 horas, 41 minutos y 22 segundos. El tercero dista 3 semidiámetros y 2 quintas partes : su periodo dura 4 dias, 12 horas, 25 minutos y 12 segundos. Reparad que los mas distantes siempre gastan mas tiempo, á semejanza de lo que hacen los planetas grandes al rededor del Sol. El quarto satélite dista 8 semidiámetros ; y se revuelve al rededor de Saturno en 15 dias, 22 horas, 41 minutos y 14 segundos. La distancia del quinto es de 23 semidiámetros y 3 diezavos, y su revolucion consume 79 dias, 7 horas y 48 minutos. Síguense ahora los cometas : aquí hemos de tener paciencia , amigo Silvio.

§. V.

De los Cometas y sus órbitas.

Silv. Si vuestra doctrina fuere opuesta á la que yo estudié, es forzoso que dude de ella hasta que la razon me convenza. Ya veo yo que no sois de la opinion de Aristóteles en punto de cometas. Él dice que no son otra cosa mas que exhalaciones sulfúreas, las quales subiendo de la Tierra, se encienden, y duran encendidas miéntras no se consume la materia. Hasta ahora he estado en esta opinion, y no me apartaré de ella sino en fuerza de la razon, por la veneracion que se debe á un hombre tan grande, y Maestro del mundo todo.

Teod. De una opinion semejante, bien que

con alguna diversidad , fuéron otros grandes hombres , aunque no lograron ese honorífico y fingido título que dais á Aristóteles. Hevelio y Argolo quieren que los cometas sean vapores y exhalaciones de los planetas. Otros dicen que son producciones de la region etérea , de cuyo sentir es el gran Keplero ; y me admiro de que un Astrónomo tan grande haya tenido tan poco acierto en un discurso puramente físico. Otros afirman que el cometa es una nube muy alta é iluminada por el Sol : otros siguen diversas opiniones ; pero hoy creo yo que ningun Filósofo que tenga nombre , adoptará ninguna de ellas ; porque á los Antiguos les faltaron las observaciones que nosotros en el dia tenemos , particularmente las posteriores al año de 59 , las cuales á mi entender quitáron toda la duda que podia haber en esta materia.

Silv. ¿Y porque no seguiremos á alguno de esos grandes hombres ?

Teod. Lo primero , los cometas no pueden ser exhalaciones de la Tierra , porque estas no suben sino por el ayre obligadas del mayor peso que él tienê ; y aunque vos las veais correr allá por el cielo á manera de una estrella que cae , todo eso se forma muy cerca de nosotros : así como el arco Iris parece que está pintado en el cielo , y se forma en las gotas de la lluvia que á veces caen de una nube bastante baxa. Por tanto , no pueden los vapores de la Tierra subir ni aun á la altura de la Luna , quanto

ménos á la de los cometas , que á veces es mucho mayor que la del Sol. Fuera de que quando los cometas pasasen por junto al Sol , como por exemplo el del año de 1680 , el qual se acercó al Sol tanto , que no distaba de él sino la sexta parte del diámetro de este planeta ; que calor no experimentaríá allí ? ¿ y como no se disiparian esos vapores ? Newton calculando por el calor que nosotros sentimos en el rigor del verano estando tan léjos del Sol , el calor que ese cometa experimentaríá á tan corta distancia de él , juzga que seria 2000 veces mayor que el de un hierro hecho ascua : ¿ y como es creible que un calor tan activo no disipase esos vapores en el caso de que (como decis) los cometas fuesen meros vapores de la Tierra ? Lo mismo digo contra la opinion de los que pretenden que son vapores de los otros planetas ó nubes iluminadas por el Sol. Nosotros observamos que los cometas duran largas temporadas : el célebre cometa de 59 duró mas de seis meses : ¿ y quien creerá que durasen tanto tiempo las exhalaciones encendidas ? Pero todavía es mucho mas fuerte razon para menospreciar todas esas opiniones rancias , considerar que todos estos cuerpos casualmente encendidos é iluminados no podrian seguir un curso regular y constante , como hoy sabemos que lo siguen los cometas. La razon por que unos hombres tan grandes erraron en esta materia , era porque se persuadian á que los cometas tenian movimiento irre-

gular y vagabundo : aparecian de repente, y al cabo de algun tiempo desaparecian : unos corrian muy apriesa , otros andaban muy despacio ; y hasta unos mismos caminaban ya con velocidad, ya con lentitud: no seguian la cercanía de la eclíptica como los planetas ; y por eso todos buscaban tambien causá errante , contingente y desordenada , como son vapores , nubes , conjunto de estrellas , &c. Pero despues que el gran Casini , Haleo , Wisthón y otros Astrónomos les fuéron siguiendo los pasos , y como señalando en el cielo el camino que seguian , y habian de seguir en lo venidero , concordaron los Filósofos en que son planetas como los otros , pero que se mueven en elipses mucho mas excéntricas ¹. Ya habian sido de esta opinion algunos de los antiguos Pitagóricos , como leemos en Plutarco y Apolonio Mindio , á quien alaba mucho Séneca en la Astronomía. El mismo Séneca ² manifiestamente la sigue , y se atrevió á profetizar lo que al presente estamos viendo ; pues dixo que algun dia habria quien pudiese seguir los pasos y observar las sendas á

¹ Algunos quieren que la línea que describen los cometas no sea *elipse* , sino *parábola* ; pero así como la elipse poco excéntrica se confunde con el círculo , del mismo modo la elipse muy excéntrica se equivoca con la *parábola* ; y segun las leyes de la atraccion dice Gravesande num. 3758 que no pueden los planetas seguir otra línea que la eliptica.

² Lib. 7. de las *Question. natural.* cap. 3 y 17.

los cometas. Pero los que diéron á esta opinion toda la luz de que es capaz, fuéron Casini, Newton, Bernouille, Haleo y otros insignes Astrónomos y Físicos.

Silv. ¿Y que fundamentos tiene esa opinion?

Teod. Tiénelos de dos especies, unos negativos, y otros positivos; porque no siendo los cometas exhalaciones de la Tierra ni de los planetas, ni colección de estrellas, ú otra cosa de este jaez, que ya se forma, ya se deshace, como ya he probado que no podia ser, se sigue necesariamente que son cuerpos perpetuos, que duran y fuéron criados con los demas astros al principio del mundo; y unas veces se hacen visibles y otras son invisibles por la diversa distancia á que están de nosotros. Este es el que yo llamo argumento negativo. Además de este hay otros positivos que la persuaden. Los cometas, segun las observaciones de los Modernos, mientras se ven siguen unas líneas que son porciones de elipses, y solo se diferencian de las de los planetas en que son muy estrechas y largas. Tambien se observa que quando los cometas empiezan á manifestarse, son mas visibles; y que al contrario quando desaparecen, no es de repente, sino que poco á poco se van volviendo ménos visibles; de manera, que quando ya no se divisan con la simple vista, todavía se descubren por algunos dias con los telescopios, como nos aconteció con el famoso cometa de 1759.

Silv. El cometa que apareció el año de 60, desde luego se manifestó muy grande.

Teod. La primera vez que lo vió quien puede dar razon de él, es así que era muy grande y visible; pero ya se habria podido ver otras muchas noches ántes, y ó el tiempo nublado ó la inadvertencia hizo que no lo viese ningun Filósofo que pudiese dar noticia de él. Ya sabeis que el vulgo quando los cometas no son muy grandes, ni forman cola, los tiene por estrellas obscuras. Y manifestamente se prueba esto en ese mismo de 1760, porque en toda Francia, Inglaterra, ni Holanda no hubo quien le hubiese visto hasta despues del 8 y 9 de Enero, y á ese tiempo ya le habia observado acá en Lisboa el P. Chevalier del Oratorio, Socio de Lóndres, y Correspondiente de la Academia de París, en el Colegio de las Necesidades; pues el día 7 de dicho mes me convidó á verlo, y yo lo estuve observando. Este fué el primer día que le observáron; ni hasta ahora ha llegado á mí noticia que le hubiesen observado ántes en otra parte alguna. Descubrióse en la constelacion de la nave *Argo*, y parecia mayor que una estrella de primera magnitud: no tenia cola, ni por entónces la podia tener porque estaba en oposicion con el Sol; esto es, quadrábamos nosotros por línea recta entre el Sol y él; y aquel día la cola se habia de extender hácia la parte superior del cometa; de suerte, que la ocultaria su mismo cuerpo, como luego os diré, quan-

do hablemos de estas colas. Su observacion duró aquí en Lisboa 16 dias. Lo que á mí me causó grandísima admiracion , fué la inexplicable velocidad de su movimiento propio : era retrogrado , y la primera noche corria mas de un grado en cada hora : en los dias siguientes se fué mitigando la furia de su carrera ; mas de todos modos corrió en estos dias 93 grados de longitud por los signos de *Leon* , *Cáncer* , *Géminis* y *Táuro* , que es mas de la quarta parte del cielo. Decidme ahora : así como estando nosotros observándole en Lisboa , y él muy manifiesto en medio del cielo , ninguno le echó de ver desde otra parte : ¿ que mucho seria que algunos dias ántes él estuviese en el cielo muy visible , y que no le viese nadie que pudiese distinguírle de las demas estrellas ?

Eug. Yo he visto algunos cometas sin cola , que ántes de haberme desengañado personas que lo entendian , tenia por estrellas ; y sin embargo de estar viendo el cometa , le andaba buscando por el cielo , y decia que no lo hallaba.

Teod. Eso sucede comunmente á quien no tiene alguna experiencia de la observacion de estos astros. Pero continuando con los fundamentos que prueban nuestra opinion , el que la dexó firmísimamente establecida , es este. Si los cometas son astros criados al principio del mundo juntamente con los planetas , y solo se hacen visibles por la menor distancia de la Tierra , deben tener su órbita cierta , por la qual se muevan , y por eso

han de gastar determinado tiempo en cada vuelta. De que se seguiria que con determinado intervalo de tiempo un mismo cometa deberia aparecer diferentes veces. Si esto sucediere así ; quien podrá dudar que los cometas son unos planetas como los otros, pues hacen sus revoluciones en determinados tiempos?

Silv. Pero no es así; porque los cometas se dexan ver quando no se esperan, ni hay cálculo para ellos, así como los hay para el movimiento de los planetas.

Teod. Sosegaos un poco. Como las revoluciones de los cometas se hacen con tanta lentitud respecto de las de los planetas, no pueden sus movimientos ser observados con tanta exâctitud ; pero no obstante se han conocido algunos periodos, y de un mismo cometa se cuentan varias apariciones con intervalos iguales. El grande Haleo ya en su tiempo sin la menor perplexidad afirmaba que el cometa del año de 1531, observado por Apiano, era el mismo que apareció 76 años despues en 1607, y observáron Keplero y Longomontano, y que volvió á dexarse ver en 1682 con el intervalo de 75 años ¹; y por este cálculo se le esperaba para el año de 1757 ó para el siguiente de 58; porque de los dos periodos que se habian observado, el uno era de 76 años, y el otro de 75, siendo esta diferencia muy

M 2

¹ *Cometographia*, que viene en las *Transacciones Filosóficas* del año de 1705.

corta , y pudiendo haber nacido de alguna causa accidental. Esta esperanza tenia en ansiosa expectacion á todos los Astrónomos; y los mejores con Newton y los mas juiciosos Filósofos no dudaron de esta profecía astronómica. Llegó el año de 57, y el cometa no se dexó ver. Mr. Clairaut , insigne Geómetra , y Miembro de la Academia de París , publicó por este tiempo una Memoria , en la qual señalaba para algo mas adelante la aparicion del cometa , habiendo formado el cálculo con indecible trabajo, atendiendo á la retardacion que al pasar podian causarle Júpiter y Saturno con motivo de la mutua atraccion que se conoce entre todos los cuerpos celestes. Esta atraccion no en todos los periodos puede ser una misma , porque no siempre pasa el cometa á una misma distancia de estos planetas ; y esta habrá sido tal vez la causa de la pequeña diferencia que se halla entre otros los dos periodos. Segun el cálculo de este grande hombre el cometa no debia aparecer ántes del año de 59 , habiendo de ser su *perihelio* ó mayor cercanía al Sol en Abril de dicho año. Con efecto pasó todo el de 58 , sin que los Astrónomos tuviesen la menor noticia del cometa esperado ; y ya algunos que ignoraban los sólidos fundamentos del pronóstico , titubeaban en el crédito que le habian dado. Apareció en fin á 21 de Enero de 59 , y fué descubierto por Mr. Messier , Astrónomo , y discípulo de Mr. Delisle , que segun los cálculos de su maes-

tro lo buscaba cada noche en aquella parte del cielo donde debia manifestarse. Despues se supo que ya le habia visto en Saxonia un hombre del campo á 25 de Diciembre del año precedente , para mas completo crédito de la profecía de los Astrónomos , que lo habian pronosticado para el 58. Mr. Massier continuó observándole hasta el dia 14 de Febrero , y de allí en adelante ya no se le pudo ver , porque aparecia segun nuestra vista muy cerca del Sol, y se confundia con sus rayos. Pero como esperaban que desviándose mas de él con el movimiento que llevaba , se dexaria ver de madrugada de allí á algunos dias , Mr. De-Lisle suponiendo ser el mismo cometa pronosticado , hizo su cálculo , y fué como señalando en el cielo el camino que debia seguir quando volviese á descubrirse. Apareció en fin otra vez á primero de Abril , y ya lo habíamos visto nosotros acá en Lisboa á fines de Marzo : era de un tamaño tal , que se dexaba percibir de qualquiera. Entónces Mr. De-Lisle publicó su cálculo, y tan satisfecho estaba de él , que lo fué á presentar al Rey Christianismo en Versalles ; y las observaciones mostraron despues que el cometa iba obedeciendo á las leyes de los Astrónomos. Nosotros en Lisboa tuvimos el gusto de observarle hasta el dia 22 de Abril , quando en París por quadramas al Norte no le pudiéron ver sino hasta el 17. La causa por que no le pudimos descubrir desde el 22 en adelante , fué que

caminaba mucho hácia el polo del Sur, de suerte que no salia de encima del Horizonte, así como no salen las estrellas que están junto al mismo polo. Pero con su movimiento propio vino otra vez andando acá hácia nuestro polo, y le volvimos á ver de noche en Lisboa á 28 de Abril, y en París á 29. Continuó en dexarse ver allá hasta 9 de Junio; pero en Lisboa lo observaron exáctamente hasta el dia 22 del mismo mes el P. Chevallier del Oratorio, y otros Padres en el Colegio de las Necesidades; y últimamente desapareció, siendo en los últimos dias casi imperceptible. No tengo noticia de que otro Astrónomo alguno haya tenido la felicidad de prolongar tanto su observacion, ni de que fuese visto en ninguna parte de este dia en adelante. Su movimiento era retrogrado, y corrió los signos de Piscis, Aquario, Capricornio, Sagitario, Escorpion, Libra y Virgo. Su perihelio ó mayor cercanía al Sol fué en Marzo, ántes que se descubriese la segunda vez.

Silv. Si en ese tiempo no le observó nadie ¿como decís que entónces se llegó mas al Sol?

Teod. ¿No veis que por las observaciones ántes y despues de ese tiempo se puede ir señalando por el cielo el camino que hizo? Esta línea era curva y porcion de una elipse, y así se conoce el curso que llevó, aun en los intervalos en que no se dexaba ver; porque no habia de andar saltando de una parte á otra, sino que habia de llevar su carrera seguida. Convinando ahora

los Astrónomos la órbita de este cometa con las de los que se dexáron ver en 1682, 1607 y 1531, halláron que era la misma; y así concordaban sus movimientos, como tambien la inclinacion respecto de la eclíptica, siendo unos mismos los nodos ó encruzamientos con ella; y que en fin era tambien igual la velocidad. Todo esto junto con la igualdad de los periodos prueba innegablemente que es un mismo cometa, y que nos visitó varias veces. Y de aquí se infiere que tambien fué este el cometa que antecedentemente habia aparecido en 1456, siendo ya esta de ahora la quinta aparicion observada. Aquí teneis el fundamento que quitó los rezelos que hasta ahora podrian estorbar á algunos el creer que los cometas son astros criados al principio del mundo; pues ya se pueden calcular sus movimientos como el de los demas astros. Solo tienen una gran dificultad, y es, que como sus periodos son muy prolixos, son precisos siglos enteros á fin de que las repetidas observaciones de un mismo cometa nos den luz para pronosticar sus futuras apariciones. Pero ahora ya se han de intentar estas empresas con otra luz. Supuesto lo dicho, prudentemente se puede creer que (segun lo dexó dicho Casini) el cometa del año de 1680, tambien célebre por su increíble proximidad al Sol, fué el mismo que se vió en el de 1577, habiendo tenido de periodo 103 años. Del mismo modo el de 1698 se cree que fué el mismo del año de 1632: como tam-

bien que el de 1702 seria el mismo que fué visto en 1668 con el periodo de 34 años. Y Wisthon se atreve á afirmar que todos los cometas que habian aparecido desde el año de 1337 hasta el de 1698 habian dado ya otra vuelta despues de correr sus órbitas.

Silv. A vista de esas observaciones confieso que hay bastante fundamento para creer que los cometas son astros criados al principio del mundo ; pero como los Antiguos no las tenian , no es de admirar que siguiesen otras opiniones.

Teod. Los Modernos se han adelantado de tal forma por sus observaciones , que Casini se atrevió á describir por el cielo otro Zodíaco para los cometas , así como para el movimiento de todos los planetas hay el Zodíaco de los doce signos ; porque habiendo juntado todas las observaciones que pudo , llegó á conocer que todos los cometas en sus movimientos se contenian dentro de los límites de esta Zona , que comprehende las siguientes constelaciones : *Antinoo , el Pegaso , Andrómeda , el Toro , Orion , Procyon , la Hidra , el Centáuro , Escorpion y el Arco de Sagitario.* Y para que en todo se parezcan á los planetas , sabed que tambien en sus órbitas corren iguales espacios en tiempos iguales , y por eso en el perihelio es grandísima su velocidad : propiedad comun á todos los planetas , como os explicaré á su tiempo.

Eng. Supuesto eso , tambien debemos creer que los cometas son cuerpos opacos , y que

toda la luz que tienen es del Sol que reverbera en ellos, como dixisteis de los planetas.

Teod. Inferis bien, no obstante la gran diferencia que tiene su luz, la qual es mas obscura que la de los planetas; y esto lo atribuyo á la gran copia de humo que se exhala del cometa por todas partes, como luego os diré.

Eug. De aquí en adelante ya no nos andarán metiendo miedo con los cometas. Si ellos son astros que siguen constantemente sus carreras; que tienen que ver acá con nosotros, ni cómo pueden ser señales de calamidades futuras?

§. VI.

De la figura de los Cometas, y efectos que pueden causar.

Teod. **E**l vulgo que es quien se asusta con los cometas, no es filósofo, ni espera las apariciones de estos astros: la novedad que traen consigo, y lo extraordinario de sus figuras á causa de las colas, juntamente con la preocupacion general y antiquísima de que los astros influyen en los sucesos, aun en aquellos que dependen de nuestra libre voluntad, son causa de este terror en el pueblo, el qual siempre está pronto á temer todo quanto le dicen que es temible.

Silv. No podeis negar que los cometas

apareciendo unas veces en forma de espadas de fuego, otras con color sanguíneo, dan indicios de futuras guerras y calamidades.

Teod. No hay cosa mas engañosa, Silvio, que los ojos del vulgo atemorizado: ve quanto se le representa en la imaginacion, y basta que uno levante la voz, para que todos digan que ven lo mismo. No hay figuras de espadas ni batallas en el cielo: todos los cometas son sensiblemente redondos como los planetas, bien que sus colas tomen diversas figuras. Estas no son otra cosa que un humo ó vapor que sale del cuerpo del mismo cometa á causa del calor del Sol. Esta es la opinion de Newton, y la mas verisímil: mirad esta (*estamp. 2. fig. 12.*), en la qual están delineadas las órbitas de los planetas, y tambien las de algunos cometas. De los planetas hablaré á su tiempo, ahora vamos á los cometas. Ya veis como sus órbitas son largas, proviniendo de aquí el que los perdamos de vista quando andan allá por arriba, y el que los echemos de ver quando se llegan mas á nosotros. Pasemos al punto de las colas. Lo primero, miéntras el cometa está muy distante del Sol, no se le ve cola, porque entónces no hay bastante calor para hacerle exhalar el humo; pero á proporcion que el cometa se viene acercando al Sol, le va creciendo la cola, como lo veis en *a* y *b*; de manera, que en los dias inmediatos despues de su perihelio suele ser mayor que nunca, como

Est. 2.
fig 12.

veis en *c*, por el gran calor del cometa causado de la cercanía del Sol, cayendo ya sobre el calor que habia recibido en el perihelio. Por la misma razon va menguando la cola á proporcion que el cometa se va retirando del Sol, porque va siendo menor el calor. No ignoro que en este punto hay otras dos opiniones patrocinadas por buenos Autores: una dice que la cola del cometa consiste en la refraccion de la luz del Sol al pasar por el mismo cometa ó su atmósfera: la otra afirma que proviene de la refraccion que la luz del cometa padece al atravesar el espacio de cielo que hay hasta nuestra vista; pero á mi entender ninguna de ellas se puede sustentar: la primera que es de Apiano, no me parece verdadera, porque nada importa que la luz del Sol se doble en la atmósfera del cometa si despues no hallase cuerpo de donde reverberar hácia nosotros: sin esto quedaria invisible, ni nosotros veríamos las colas de los cometas. La segunda opinion, que es de Descartes, tampoco se puede defender; porque ni la cola se mudaria de una parte á otra, ni la luz de las estrellas que pasa por el mismo medio que la de los cometas, podria llegar á nosotros sin la misma refraccion, y cada estrella formaria su cola; por lo qual la opinion mas seguida es la que he dicho.

Silv. Tengo contra eso que es imposible que el cometa eche de sí tanta cantidad de humo que pueda ocupar todo ese espacio

de los cielos por donde vemos que se extiende su cola.

Teod. No tengo bien presente si ya os expliqué la casi infinita divisibilidad de la materia, y como una pequeña porcion de materia densa puede, quando se resuelve en vapor, ocupar un espacio inmenso. Una gota de agua resuelta en vapor caliente ocupa un espacio catorce mil veces mayor que el que ocupaba ántes; y todo el mundo sabe por experiencia que un pedacito de corcho echado en las brasas llena una casa de humo, padeciendo poca disminucion en su peso.

Eug. Quando hablásteis del olor que los cuerpos exhalaban de sí, y allá al principio quando tratásteis de la divisibilidad de la materia, entónces nos explicásteis eso.

Teod. Supuesto lo dicho, no debeis admiraros de que el cometa con la fuerza del calor despida humo bastante para formar la cola que en él vemos. Verdad es que algunos la tienen tan extendida, que ocupan una gran parte del cielo. La del cometa de 1680 ocupaba la tercera ó quarta parte del cielo; pero bastante causa tenia para esta prodigiosa extension en el intensísimo calor que experimentó en el perihelio, porque solo distó del Sol la sexta parte del diámetro solar. Considerad que calor seria este, y quanto humo saldria del cometa todo ardiendo y hecho una ascua viva, como es preciso que entónces estuviese.

Silv. Siendo él tan grande como la Tier-

ra, ó tal vez aun mayor, mucho habia de costar hacerle ascua.

Teod. Si el calor del Sol unido por el espejo ustorio es capaz de volver ascua un hierro, allá á tan corta distancia ; como no derretiria y reduciria á materia vitrificada todo el cometa ? Newton le da un calor 2000 veces mayor que el de un hierro hecho ascua, y que gastaria muchos años en enfriarse, formando el cálculo sobre el tiempo que tarda en perder el calor una bola de hierro encendida.

Silv. Siendo eso así, habia de volverse el cometa notablemente mas pequeño perdiendo tan gran porcion de su substancia.

Teod. Es cierto que toda la materia que se evapora, sale del cometa ; pero acaso con la fuerza del peso ó de la atraccion volverá á caer sobre el mismo cometa despues de enfriarse ; así como el humo y vapores que salen de la Tierra despues de algun tiempo á causa de la gravedad ó atraccion vuelven á caer sobre ella. Fuera de que como los cometas hacen sus visitas al Sol de muchos en muchos años, no habrán hecho muchas desde su produccion á esta parte, y no serán muy freqüentes las pérdidas de substancia que padezcan. Por otra parte la distancia á que andan, y la luz parada y confusa que suelen tener, dificulta el que se observen sus verdaderos diámetros sin rezelo de que sea reputada por cuerpo del cometa parte de la atmósfera que los rodea, la qual tambien es iluminada por el

Sol ; y así no podemos asegurarnos de su merma ó diminucion. Añádese que raras veces habrá acontecido que un mismo observador haya observado un mismo cometa en dos periodos ó vueltas, lo qual seria muy conducente para cerciorarse de su diminucion. Pero yo no dudo que alguna padecerán si los vapores despues de frios no volvierén al cometa , como vuelven á la Tierra en virtud de la gravedad.

Eug. Si ellos se llegasen mas cerca ó se dexasen ver mas á menudo , ya nos podrian los Astrónomos informar si se disminuian en el volúmen ó no. Pero esa cola la hay algunas veces , y con todo no la vemos , segun habeis dicho poco ha del cometa del año de 60. Quisiera saber por que sucedió eso.

Teod. La cola de los cometas siempre se dirige hácia la parte contraria al Sol ; de suerte , que si el Sol quadra á este lado , la cola del cometa se extiende hácia aquel otro. Esta direccion de la cola del cometa ha dado mucho que pensar á los Filósofos. Newton siguiendo la opinion de que es humo , la explica de este modo ¹ : *Así como en nuestro ayre el humo de qualquier cuerpo que arde , sube arriba , ya perpendicularmente si el cuerpo está quieto , ya obliquamente si el cuerpo se mueve hácia un costado : del mismo modo sucede en los cielos , donde los cuerpos gravitan hácia el Sol ; y por esa razon el humo y los vapo-*

¹ Lib. 5. *Astronom. Physic.* sect. 1. prop. 4.

res deben subir del Sol para arriba, y esto ó perpendicularmente si el cuerpo que humea está quieto, ú obliquamente si el cuerpo va andando hácia un lado, y dexando siempre el lugar de donde habian subido las partes del vapor que ya están mas altas. Esta obliquidad (añade Newton) será menor quanto la subida de los vapores fuere mas rápida, como por exemplo á menor distancia del Sol, y junto al cuerpo que despide el humo. Esta explicacion tiene gran nobleza, y concuerda con lo que todos vemos acá en la Tierra; porque una hacha v. g. estando parada, arroja el humo derecho arriba, que es la parte opuesta á la Tierra, hácia la qual pesan todos los cuerpos terrestres; y si va andando, echa el humo hácia arriba, mas tambien un poco de lado formando una línea obliqua. Igualmente se conforma con lo que vemos en las colas de los cometas, las quales no van por línea recta que desde el Sol pase por el cometa y atraviere toda la longitud de su cola, sino que allá al remate se tuercen un poco hácia la parte que el cometa con su movimiento va dexando desocupada, y tambien hácia el remate, se ensanchan mas, que es propiedad del humo, el qual sube en diversa figura que la llama; pues esta cada vez se hace mas aguda, porque quanto mas sube, mas veloz va; y aquel quanto mas sube, mas se desparrama, porque va mas débil; y esto es lo que sucede á la cola de los cometas.

Eug. No se puede negar que es una explicacion admirable.

Teod. Pues sin embargo yo que venero á la verdad mas que todo , acá tengo un escrúpulo que diré con el respeto debido á un hombre tan grande. El humo sube arriba en nuestro ayre , porque el ayre pesa mas que él ; y así no podrá subir el humo de los cometas de un modo semejante al humo terrestre , sin que en los espacios de los cielos se admita algun medio pesado , y mas pesado que el humo de los mismos cometas , para que excediéndole en grávedad , le haga subir ; y ya sabeis que Newton quiere que los espacios de los cielos estén ó enteramente ó casi del todo vacíos. Mas no por eso condeno su opinion. Veo que Mr. Homberg observó que en el foco de la lente ustoria unos hilos delgadísimos de seda puestos á los rayos del Sol eran manifiestamente impelidos por ellos. Siendo esto así , y concediendo (como Newton pretende) que los rayos del Sol son impelidos y vibrados desde el cuerpo luminoso hácia afuera , bastará su impulso para que encontrando los vapores del cometa , los muevan en su misma direccion , y los lleven (como lo hace el viento con nuestro humo) hácia la misma parte adonde caminan los rayos que de una y otra parte pasan por los lados del cometa. Esta explicacion me parece muy buena , porque hago reflexión que allá arriba no hay medio que embarace qualquier direccion que se quiera dar al humo , sien-

do cierto que ó no hay medio alguno, ó es de una raridad casi infinita para no retardar á los planetas, como he dicho ' ; y si en el foco de la lente, donde sin duda tenemos ayre que hace resistencia, bastan los rayos del Sol para impeler los hilos de la seda, donde no hubiere ninguna resistencia, qualquiera fuerza, por mínima que sea, será bastante para comunicar movimiento. ¿Que os parece, Silvio?

Silv. Como no hice esas experiencias, ni sé esas leyes de resistencias de los medios, no tengo voto en la materia. Solo sí diré que conforme á esa explicacion, no podremos condenar al vùlgo quando dice que ve en el cielo espadas de fuego; pues un cometa ardiendo por el cielo como una hacha, y llenando de humo la tercera ó quarta parte de él, alguna semejanza tiene con una espada de fuego.

Teod. Así seria si nosotros desde acá percibiéramos con los ojos que él ardia; pero solo vemos una estrella muerta y una cola blanca, lo qual no tiene semejanza alguna con esas espadas.

Silv. He oido decir que no siempre la cola es blanca.

Teod. Los rayos del Sol al atravesar la atmósfera del cometa, podrán recibir algunos colores en la refraccion; y como el color encarnado es el mas fuerte y perceptible á tanta distancia, sucede que á veces

Tom VI. N

* Tard. XXIX. §. IV.

la cola tira á encarnada ; así como por semejante motivo lo parecen tambien las nubes junto al Horizonte ; pero advierto que solo podemos percibir este color si los rayos quebrados y teñidos dando en las partículas del humo , reverberaren hácia nosotros ; lo qual es preciso para que entren por nuestros ojos , y tengamos sensacion del color encarnado.

Eug. Siendo la cola del cometa grande y rubicunda , disculpo al vulgo en temer sucesos desgraciados , porque es una cosa nueva y espantosa.

Silv. Además de eso siempre acompañan á estos cometas ó les preceden grandes calamidades , como son muertes de Príncipes , ó guerras ó cosas semejantes , y esta experiencia es generalísima y casi tradicion constante ; por lo qual discurrid como quisiéreis , que yo en eso tambien soy vulgo , y no gusto de que los cometas nos vengán á hacer estas visitas.

Teod. Antes de responderos os quiero hacer una pregunta. Los cometas que aparecen ; son presagio de calamidades para todas las partes del mundo , que tuviéron la infelicidad de verlos , ó solo para alguna de esas partes ?

Silv. Para todas no ; pero para alguna de ellas eso sí ; y como la region en que cada uno habita puede ser esa , todos tenemos motivo para temer.

Teod. Ahora bien : luego la experiencia (segun decis) solo nos enseña que apare-

ciendo un cometa , ha de suceder alguna desgracia en una de las partes donde él se dexa ver. En esto teneis razon , porque apareciendo el cometa en todo el mundo , y durando á veces muchos meses , no es creíble que en ese tiempo dexé de haber alguna grande calamidad en alguna parte : y si esto es motivo para temer , debeis igualmente asustaros con las Lunas llenas por exemplo ; porque no será fácil que apareciendo la Luna llena en todo el Mundo , y siendo él tan dilatado , dexé de acaecer en alguna parte suya algun suceso desgraciado. Lo mismo digo de qualquiera estrella. Por tanto , basta solo reflexiõnar que el cometa quando se dexa ver aquí , es visto también en todo el mundo ; y que si fuese presagio de infelicidad , lo habia de ser igualmente para todas las regiones de donde se le ve ; pues no tiene mas con nosotros que con la China y Angola.

Silv. Los que llevan que los cometas proceden de causas accidentales , tienen razon para suponer que solo en una ú en otra region son vistos ; y por eso podrán anunciar particularmente sus calamidades. Pero siendo astros del cielo , y visibles á todos generalmente , como lo son los planetas , hay ménos motivo para el miedo.

Eug. ¿ Que decis ménos motivo ? Pues yo desde ahora les he pérdido totalmente el miedo : vengan quantos cometas quisieren.

Teod. En conclusion , debemos reputar á los cometas como unos planetas , cuyas ór-

bitas son mas largas ; y no se diferencian substancialmente en otra cosa. Solo nos restan las estrellas fijas para daros una noticia particular de todos los astros , y entrar despues á ver los admirables movimientos de unos respecto de los otros , porque solo despues de reconocer todas las piezas de un relox , es quando se puede entender bien cómo juegan sus ruedas , y la fábrica de sus movimientos.

§. VII.

De las Estrellas fijas.

Silo. Si los diez y seis planetas os han llevado tanto tiempo , mucho mas os llevarán las estrellas , que son innumerables. *Teod.* Como su distancia las pone fuera de los límites de muchas observaciones de los Astrónomos , poco hay que decir de ellas ; y empezando por su número , no es tan grande como parece , si hablamos de aquellas estrellas que podemos ver con nuestros ojos desarmados ; esto es , sin valernos de algun instrumento ; pero si atendemos á todas las que se descubren con los telescopios , y se conocen por las observaciones , son casi innumerables : por eso el Señor dixo á Abraham que contase las estrellas si podia. Hiparco fué el primero que intentó contar las estrellas que son visibles sin telescopio (que en su tiempo aun no las habia) , y llegó á distinguir hasta 2022 de las

quales hizo catálogo : otros Astrónomos fuéron añadiendo algunas , pero Flamsteed forma una serie mayor que los otros , y señala hasta 3000.

Silv. Mas de trescientas mil veo yo en una noche clara.

Teod. Creedme que no son tantas como se os representa ; y para desengaños , bastará una experiencia sencilla y fácil. Quando estis en un lugar descubierto y desembarazado veis la mitad del cielo : divididlo , pues , en varias partes , y tomad una pequeña porcion para exâminar quantas estrellas veis en ella , y á proporcion juzgareis con poco yerro del número de todas las estrellas que veis. Pero eso lo podreis hacer quando tuviéreis comodidad : vamos á lo que dicen los Astrónomos. De estas estrellas conocidas forman ellos unas figuras imaginarias , á las quales dan ciertos nombres , y son las que se pintan en los globos celestes , como varias veces lo habreis visto en aquellos que allí tengo en la librería.

Eug. Muchas veces he visto uno de ellos con varias figuras de animales pintadas , y sembradas muchas estrellas por ellas mismas ; pero yo juzgué que esta pintura era obra de algun ánimo ocioso y extravagante , y como diversion para niños.

Teod. No es sino fruto de un inmenso trabajo de los Astrónomos , los quales en esas figuras , bien que libremente inventadas , pusieron las estrellas con el mismo orden y distribucion con que las vemos en el cielo ;

de suerte, que quando un Astrónomo habla del *Ojo del Toro* por exemplo, ya saben todos de qual estrella habla; y lo mismo de todas las demas estrellas y constelaciones.

Eug. ¿Que es lo que llamis *constelaciones*?

Teod. Constelacion llaman los Astrónomos á cierta coleccion de estrellas, á las quales juntas dan un nombre, como *Ursa mayor*, ó el *Pegaso*, &c. y en los globos pintan las figuras de estos animales, que ninguna semejanza tienen con la coleccion de tales estrellas, pero ya tienen su nombre establecido; y cierto Astrónomo que se los quiso mudar en nombres de Santos, fué alabado por su piedad; mas no fué seguido, porque causaba gran confusion, habiendo usado todos los Astrónomos hasta entónces de los nombres antiguos. No se sabe quién fué el primero que se les puso; pero ya en el libro de Job se hace mencion de las constelaciones de *Arcturo* y *Orion*; y tambien en el Profeta Amós y en Homero, Poeta antiquísimo, se hallan los nombres de estas y otras constelaciones. Fuese quien quisiese su Autor, el nombre que en el dia tiene cada estrella, es el que le pertenece por parte de la constelacion en que está, &c.

Eug. ¿Y quantas constelaciones cuentan los Astrónomos?

Teod. Las que en el dia se cuentan son 77: conviene á saber, 12 en el Zodiaco, esto es, en la faja que se considera en el cielo,

por la qual se mueven el Sol y todos los planetas al rededor; y estas son las que llaman doce signos: *Aries* ó el *Carnero*, *Táuro*, *Géminis*, *Cáncer*, *Leon*, *Virgo*, *Libra* ó *Balanza*, *Escorpion*, *Sagitario*, *Capricornio*, *Aquario* y *Piscis*.

Eug. Acuérdome de haber visto esos nombres en el almanak, mas nunca llegué á entender lo que querian decir.

Teod. Pónense allí para señalar el lugar en que en ese mes se halla el Sol ó la Luna. Pero esta tal faxa ó *Zodiaco*, por medio de la qual va la eclíptica, divide el cielo en dos hemisferios iguales, uno que mira al Norte y otro al Sur. En el hemisferio del Norte se cuentan 34 constelaciones, cuyos nombres aquí los teneis en este libro, que de memoria no los sé todos. Id contando: *Ursa mayor*, *Ursa menor*, *el Dragon*, *Cepheo*, *los Perros de caza*, *Bootes*, *la Corona septentrional*, *Hércules*, *la Lyra*, *el Cisne*, *el Lagarto*, *Casiopea*, *la Girafa*, *Perseo*, *Andrómeda*, *el Triángulo*, otro *Triángulo menor*, *la Mosca*, *el Cochero*, *el Pegaso*, *el Caballo menor*, *el Delfin*, *la Zorra pequeña*, *el Ganso*, *la Saeta*, *el Águila*, *Antinoos*, *el Escudo Sobieschiano*, *el Serpentario*, *la Serpiente*, *el Monte Ménalo*, *el Cabello de Berenice*, *el Leon menor* y *el Lince*. Á la parte del *Zodiaco* que está hácia el Sur, se cuentan 31 constelaciones, y aquí teneis sus nombres: *la Ballena*, *el Eridano*, *la Liebre*, *Orion*, *el Can mayor*, *el Monoceronte*, el

Can menor , la Nave , la Hidra , el Sextante , el Vaso , el Cuervo , el Centáuro , el Lobo , el Ara , la Corona austral , el Pez austral , el Fenix , la Grulla , el Indio , el Pavo real , la Abeja , el Triángulo austral , el Crucero , la Mosca austral , el Camaleon , el Roble de Carlos II. , el Pez volante , el Toucan ó Pato americano , la Hidra ó Hydrus , y Xiphias. Además de las estrellas que forman estas constelaciones , las que están esparcidas por el cielo se llaman informes , y no son las mas considerables.

Eug. Supuesto que los Astrónomos tienen repartidas las estrellas en estas constelaciones que decis , me parece cosa facilísima averiguar su número ; pues con tanta puntualidad se sabe el lugar de cada una.

Teod. Todavía restan tres dificultades que vencer , las cuales son totalmente insuperables : la primera la hallamos en la *Via láctea* , la segunda en las mismas estrellas grandes y conocidas , la tercera en las que aparecen y desaparecen de repente. En quanto á la *Via láctea* , que es lo que el vulgo acostumbra llamar *Camino de Santiago* , mirada con los ojos solos no parece otra cosa que una faxa blanca decaída de color , y á trechos como rota ó discontinuada ; pero en sí es una coleccion de infinitas estrellas menudísimas , que solo con los telescopios se distinguen ; y mirándolas con la simple vista , de tal suerte se confunden los rayos que vienen de ellas , que hacen un

color blanco pero remiso: lo mismo sucede á dos colecciones de estrellas pequeñas, que parecen dos nubecillas blancas, las quales perpetuamente se ven inmediatas al Polo Antártico. Pero estas que se distinguen con los telescopios, nunca se ven con tanta claridad, que las podamos contar; y así por esta parte quedan las estrellas exentas de nuestro cálculo. Tampoco se pueden contar otras muchas fuera de la *Via láctea*, que por muy pequeñas ó muy distantes solo se descubren con los telescopios. Galileo descubrió 80 en el cinturón y espada de *Orion*¹: Rheita en toda la constelación de *Orion* al pie de 2000². ¡Quantas otras habrá dispersas por las demas constelaciones, que se escapan á nuestros ojos! ¡y quantas se escaparán aun á los mejores telescopios! Fuera de eso, de las mismas estrellas conocidas, y que nosotros tenemos por una sola, algunas son una colección de otras muchas, que por la aparente cercanía se confunden, y son reputadas por una sola estrella³. Pongamos exemplo: en la Espada de *Orion* hay 3 estrellas grandes; y la del medio observada por Huygens se vió que era una colección de 12⁴: por lo qual es imposible saber el número verdadero de las estrellas. Pero quando todas estas, que por distantes

1 *In Nuncio Sidereo.*

2 *In Oculo Enochí*, lib. 4. c. 1. memb. 7.

3 Gravesand. *Elem. Phys.* núm. 40. 41.

4 Wolf. *Elem. Astron.* §. 1113.

se abstraen de nuestra vista , se dexasen ver , aun restaba otro estorbo en las que ya aparecen , ya desaparecen y guardan ciertos periodos. Otras estrellas hay que unas veces se manifiestan mas resplandecientes y otras ménos; y eso tambien á tiempos determinados. En fin , algunas estrellas aparecen de repente muy brillantes , y poco á poco van perdiendo su luz hasta que desaparecen del todo. Todo esto hace imposible absolutamente la averiguacion de su número.

Silo. No hay duda; pero ¿á que atribuis esa alternativa aparicion de las estrellas?

Teod. Segun lo que yo entiendo , debe atribuirse á su movimiento de vértigo ó rotacion al rededor de su centro. Este movimiento da mas hermosura al Universo , porque aumenta la analogía y semejanza entre los cuerpos celestes que giran sobre sí al rededor de sus centros. Y ademas de eso, con este movimiento se explica fácilmente cómo aparecen y desaparecen. Suponed que la estrella tiene un hemisferio ó mitad obscura , y la otra luminosa , ó á lo ménos que por una haz es mas luminosa que por la otra: en este caso , quando la cara mas luminosa estuviere vuelta hácia nosotros , verémos la estrella; pero quando se volviere hácia nosotros la haz obscura , ó absolutamente no la verémos á causa de no tener esos rayos fuerza para vencer tanta distancia , ó á lo ménos aparecerá la estrella no tan brillante: todo lo qual concuerda con la experiencia.

Ademas, quando la estrella despues de aparecer muy clara, fuere volviendo hácia arriba la haz mas luminosa, nosotros poco á poco la irémos viendo mas obscura, como sucede con la Luna menguante, hasta que enteramente la perdamos de vista; lo qual, como acabo de decir, se confirma con la experiencia. Tambien se puede decir que esas estrellas tienen un movimiento como los cometas, por el qual unas veces se acercan á nosotros, y otras se aparten. Pero no sigo esta opinion, porque entónces habian de moverse algo hácia los lados mientras se viesen, y mudar de situacion; lo qual no se observa: y ademas de eso habria una gran diferencia entre esas estrellas y las otras que siempre guardan entre sí una misma distancia, y se quitaba la analogía ó semejanza, que es una gran parte de la hermosura del Universo. Yo me inclino á la primera opinion del movimiento de vértigo.

Silv. Lo que le da gran fuerza es eso que tambien me parece que ahora habeis dicho, de que esas apariciones eran dentro de periodos iguales. Esto persuade que no es causa accidental, sino un movimiento regular el que ya las hace ver, ya las oculta.

Eug. ¿Y por que no vemos esas mutaciones en todas las demas, si todas ellas se mueven al rededor de sí mismas?

Teod. Porque no tendrán considerable diferencia de luz en las diversas partes de su superficie: que por esta razon no perciben

nuestros ojos diversidad en el Sol, sin embargo de que gira al rededor de sí mismo en 25 dias y medio.

Eug. Tencis razon : no advertia yo eso.

Teod. Algunos tambien por este movimiento de rotacion quieren explicar el centelléo de las estrellas. Dicen que el temblor que percibimos en su luz, proviene de que ya vuelven hácia nosotros unas partes mas resplandecientes, ya otras mas oscuras; pero yo hablando ingenuamente venero á todos, mas solo sigo lo que me parece conforme á la razon. Esto no puede ser así sin que el movimiento de rotacion sea tan rápido, que en un minuto segundo den quatro ó cinco vueltas enteras, porque nosotros siempre vemos la mitad de la superficie de la estrella, y miéntras esa parte mas luminosa quadrare en el hemisferio visible, verémos la estrella; y solo faltará de nuestra vista, quando se volviere allá hácia arriba, volviendo á parecer quando se presentare otra vez el hemisferio visible. Y como el centelléo ó temblor de la luz es freqüentísimo, y como que falta y se renueva con una alternativa sumamente reiterada: si esto procediese de la rotacion de la estrella, deberia ser mas veloz de lo que se puede imaginar.

Silv. ¿Y como explicais el centelléo, ya que esa opinion no os agrada?

Teod. Mas natural es decir que proviene del movimiento de los vapores que nos in-

terrumpen los rayos de las estrellas. Obsérvase que los planetas no centellean sino quando se van aproximando al Horizonte, donde es mucho mayor la copia de vapores que se levantan de la Tierra, y atraviesan los rayos de luz que vienen de los planetas; pero quando el planeta está elevado, como ya no atraviesa los rayos de su luz tanta copia de vapores, no tiembla. Las estrellas, pues, siempre centellean, unas veces mas y otras ménos; porque los rayos de su luz son mucho mas débiles que los de los planetas, á causa de estar á una distancia incomparablemente mayor; y así los vapores, que no son capaces de perturbar la luz de los planetas, pueden muy bien perturbar la de las estrellas.

Eug. Yo creo que las estrellas tiemblan mas quando hace viento, que en tiempo sereno.

Teod. Eso confirma lo que yo digo; pues los vapores agitados é inquietos es preciso que perturben mas la luz de las estrellas.

Eug. Todavía no me habeis hablado de esa luz, ni me habeis dicho si era suya ó agena.

Teod. Á veces la conversacion va llevando un hilo que no es muy conforme al método mas regular; pero ahora satisfaré á vuestra duda. La luz de las estrellas es propia de cada una de ellas, y yo las tengo por otros tantos soles, porque la distancia á que están respecto del Sol y de nosotros, es tan grande, que seria imposible que la

luz del Sol fuese y volviese de ellas con fuerza bastante para hacer impresion sensible en nuestros ojos.

Silv. ¿Pues que, tan grande es la distancia de las estrellas? Bien léjos del Sol y de nosotros está Saturno; y con todo no tiene luz propia.

Teod. Aunque la distancia de Saturno es muy grande, es incomparablemente mayor la de las estrellas. Dice Wolfio que no hay principios en la Astronomía para medirla con seguridad. De aquí proviene, que son diversísimas las opiniones en este particular. Tico-Brahe solo les da catorce millones de semidiámetros terrestres; pero este Astrónomo tomó el compas muy cerrado para todas sus medidas. En esto le abandonan casi todos, y se apartan de él con grandísima diferencia: unos les dan quarenta y dos millones de semidiámetros, otros sesenta, &c. No puede haber en los instrumentos exâctitud que baste para medir ângulos en extremo pequeños. Pero todos concuerdan en que esta distancia es enormísima y casi increíble, porque los telescopios que aumentan tanto el Sol, que aparece con un diámetro igual al de la órbita que hace al rededor de la Tierra ¹, estos mismos vueltos á qualquiera estrella de ningun modo la aumentan, y solo la hacen aparecer como un punto resplandeciente: y todos sientan que el âmbito del círculo que

¹ Graves. *Phys. Elem. Math.* n. 4027.

el Sol hace al rededor de la Tierra, comparado con la distancia de las estrellas, es como un punto. Esto es hablando de las estrellas que quadran mas cerca de nosotros; porque la de las otras es mucho mayor sin comparacion alguna.

Silv. ¿Y que fundamento hay para no ponerlas todas extendidas por el cielo, y á una misma distancia?

Teod. El fundamento es la diversidad de su aparente grandor y de la fuerza de su luz. Los Astrónomos distribuyen las estrellas en seis clases con arreglo á su tamaño. En la primera llamada de *primera magnitud*, colocan las mas vivas y resplandecientes que conocemos. En la segunda están otras menores que estas; y así hasta la última clase, en la qual ponen las mas pequeñas que distinguimos con los ojos. Estas estrellas menores como al mismo tiempo es su luz mucho ménos viva, prudencialmente se cree que parecen mas pequeñas por su mayor distancia de la Tierra; lo qual da una idea bastante grande de la inmensa extension de los espacios celestes, siendo tan grande la distancia de nosotros á Saturno, de Saturno á las estrellas de primera magnitud, y de estas á las otras sucesivamente. Un gran Filósofo creyó que las estrellas de la *Via láctea* quadran mas cerca de nosotros que las demas, porque se persuadió á que los telescopios les aumentaban el tamaño; pero se engañó, porque aunque los telescopios las representan dis-

tintas, no es porque las hagan aparecer mayores, sino porque se les quita toda la luz falsa que las confunde unas con otras quando se miran con solos los ojos.

Eug. ¿Que cosa es luz falsa?

Teod. Lllaman *luz falsa* á los rayos que vienen de las estrellas, y por juntarse y cruzarse en nuestros ojos ántes de la retina, quando llegan á ella ya van desparramados, y pintan una imágen mucho mayor de lo que correspondia, segun el ángulo con que entran en la pupila; y como esta imágen es mayor de lo que debia ser, por eso la llaman engañadora y formada por la luz falsa. Un exemplo tenemos bastante propio. Quando veis una hacha ó una hoguera de cerca, veis su tamaño verdadero; pero si la veis de léjos, va creciendo; y formando una como rueda luminosa, pierde la figura piramidal, y se abulta de tal suerte, que quando en las luminarias (como las que vemos de la parte de allá del Tajo v. g. en Almada) se ponen muchas fogatas encendidas á corta distancia unas de otras, de acá nos parece una faxa luminosa continuada. Á mí que tengo poca vista, y no veo nada á lo léjos, me sucede esto hasta con las luces que están en los altares de los templos; y de tal modo se me representan continuadas unas con otras, que no las puedo contar. La razon de esto se saca de lo que os dixé tratando de la Óptica: como el objeto quanto mas distante está, mas cerca de la pupila forma su imágen, llegan mas es-

parcidos los rayos á la retina , y mayor es la imágen confusa que pintan en ella. Pues eso que nos pasa á los *miopes* con las luces, sucede á todos con las estrellas que son luminosas por sí mismas , y están sumamente distantes. Por esta razon los telescopios mas exquisitos , los quales aumentan el tamaño de los planetas , disminuyen el de las estrellas ; porque perfeccionando la vision , y haciendo caer en la retina la imágen de la estrella ; quitan la luz falsa y desparramada que engañosamente aumentaba la imágen ; y quanto mejor fuere el telescopio , mas ha de perfeccionar la vision , y mas luz falsa ha de quitar ; por cuya razon la estrella aparece menor , pero vivísima. Esto supuesto , es claro que los telescopios quando representan distintamente las estrellas de la *Via láctea* , no aumentan su grandor , solo sí quitando la luz falsa que las confunde , hacen que las veamos con distincion ; así como yo quando me pongo los anteojos veo á lo léjos las luminarias distintas unas de otras , y entónce cada luz de por sí se me representa menor. Advierto esto para que vos , Silvio , veais que nosotros los Modernos no vamos unos tras otros como carneros , sino que cada qual no aquietándose con lo que dice este ó aquel Filósofo de nombre , procura averiguar si habla conforme á razon ó no.

Silv. Yo sé muy bien que tambien entre vosotros hay diversidad de opiniones ; y así es preciso que algunos yerren.

Teod. ; Quien lo duda?

Eug. Pero decidme si no obstante esa inmensa distancia , tenemos alguna idea prudencial del tamaño de las estrellas.

Teod. Para calcular el tamaño de las estrellas de algun modo , es menester determinar primero su distancia. Sabemos que esta es grande , tanto porque los mejores telescopios nada absolutamente abultan su grandor , como porque respecto de esta distancia la órbita annua del Sol es un punto imperceptible ; lo qual arguye una distancia inmensa. Si solamente fuese 27.664 veces mayor que la del Sol , debe cada una de ellas ser del tamaño del Sol mismo. El discurso es este : si una estrella de primera magnitud (por exemplo la llamada *Sirio* , que es la mas resplandeciente de todas) fuese del grandor del Sol , puesta junto á él , nos pareceria igual al mismo ; pero si fuese subiendo , á proporcion de la distancia se iria disminuyendo para nosotros su tamaño (prescindamos del aumento engañoso que da la luz falsa) , y se iria debilitando su luz ; y si llegase á tener solamente esta distancia de nosotros , ya su luz quedaria semejante á la que ahora recibimos de esta estrella , segun el cálculo que hace el gran Huygens ¹ ; y reduciendo esta distancia á semidiámetros terrestres , suma con arreglo al cálculo que sigo (643.486.944) seiscientos quarenta y tres millones quatrocientos ochenta y seis

¹ Lib. 2. *Cosmetheor.* pág. 135.

mil novecientos quarenta y quatro. Pero todavía Wolfio ¹ da á las estrellas de primera magnitud una distancia casi diez veces mayor, pues la sube á (6086.080000) seis mil ochenta y seis cuentos y ochenta mil semidiámetros; y en este cálculo deben ser mucho mayores que el Sol, porque es preciso que le excedan mucho para tener la luz que tienen á una distancia tan enorme. De manera, que si pusieran un Sol igual al nuestro á la distancia que Wolfio da á *Sirio*, apareceria mucho mas pequeño, y de luz mas débil de lo que aparece esta estrella. Pero, como ya he dicho, sobre el tamaño de las estrellas, como tambien sobre su distancia, faltan principios para calcular con seguridad. Solo se sabe que son muy grandes, porque son visibles á una distancia casi inmensa; y tambien en esto se apartan todos de Tico-Brahe, que fué muy mezquino en sus medidas. Resta hablar del movimiento de estas estrellas.

Eug. Sobre el movimiento de vértigo ó rotacion ya habeis razonado: lo que ahora falta es saber los otros.

Teod. En el sistema de Tico-Brahe tienen un movimiento de Levante á Poniente en el espacio de 24 horas, como testifican nuestros ojos; pero en el sistema de Copérnico y otros este movimiento es solo aparente; pero de esto mañana hablaremos despacio. Ademas de este movimiento, que

O 2

¹ *Elem. Astron.* §. 1116.

llaman comun , tienen las estrellas otro particular al rededor del exe de la eclíptica , como los planetas ; pero es mucho mas lento , porque para completar una estrella su giro son precisos (25.920) veinte y cinco mil novecientos y veinte años. Este movimiento es de Poniente á Levante como el de los planetas , mas en todas las estrellas es igual ; de suerte , que siempre guardan entre sí un mismo órden. En el sistema de Copérnico , Descartes , Newton , &c. este movimiento no es real sino aparente , y procede del que tiene el exe de la Tierra , segun os explicaré en otra ocasion , que ahora no podeis entenderme , y este periodo se llama *Año grande ó Platónico*. Mañana os explicaré los movimientos de todos los Astros comparados entre sí ; que ahora despues de haber exâminado separadamente cada pieza de este gran relox , podreis entender mas científicamente la armonía de sus movimientos. Por hoy baste : y vamos ahora á entretenernos en otra cosa.

Eug. Yo en ninguna puedo hallar mayor recreo ; pero bien conozco que no conviene tratar de una vez de todo , porque me confundiria.

Silv. Y tambien porque Teodosio ya ha de estar cansado. Vamos á jugar un rato para desahogarnos.

TARDE XXXII.

De los movimientos de los Astros comparados entre sí.

§. I.

De los círculos de la Esfera.

Teod. Ya a llegó el tiempo, Eugenio, de mostraros el admirable juego de los movimientos de los astros comparándolos entre sí y con la Tierra. No habiendo hasta ahora hablado sino de cada uno en particular, y quando mas con respecto al Sol; ya es preciso explicaros la division que los Astrónomos han hecho del cielo en varios círculos: venid primero á ver esta esfera celeste (*estampa 3. figur. 1.*), que despues entenderéis mejor la esfera que llaman *armilar*. Este espacio de los cielos le consideran los Astrónomos como una bola cóncava que se revuelve sobre dos puntos ó polos, el del Norte y el del Sur: este de arriba *N* representa el del Norte, y estotro de abajo *S* el del Sur; y la línea que va por allá dentro de un polo á otro, cuyas extremidades salen acá afuera, se llama *exe* del Universo. Este *exe* atraviesa cinco círculos paralelos, que los Astrónomos describen en

Est. 3.
fig. 1.

el cielo : aquí los teneis *a e i o u* ; y todos tienen sus nombres : los dos círculos pequeños que están junto á los polos , se llaman *círculos polares* : el del medio *E E* se llama *Equador* : los dos que quadran á los lados del *Equador* se llaman *Trópicos*.

Eug. ¿Y como hemos de distinguir nosotros un Trópico de otro , si ámbos tienen un mismo nombre ?

Teod. Distínguense por los polos á que pertenecen : el de arriba se llama Trópico del Norte , y el de abaxo Trópico del Sur ; pero hablando en términos mas propios , el del Norte se llama Trópico de *Cáncer* , el del Sur de *Capricornio* : luego diré la razon. Del mismo modo los dos círculos polares se distinguen por los polos vecinos : el uno es del Norte ó *Boreal* , al otro le llaman del Sur ó *Austral*.

Eug. Estoy hecho cargo. ¿Que círculo es este atravesado *Z Z* , que va desde el Trópico de Cáncer hasta el de Capricornio ? Vamos mostrando , Silvio , que ya somos Astrónomos.

Silv. En todo caso hablemos como los profesores.

Teod. El círculo que pasa de un Trópico á otro atravesando el Equador , se llama *Zodiaco* : es ancho , y por el medio de él va una raya ó círculo , que llaman *Eclíptica* : esta Eclíptica es el camino ú órbita del Sol ; y el Zodiaco es tan ancho , á fin de que comprehenda todas las órbitas de los planetas. Ya teneis aquí explicados seis círculos

de la esfera, que son los cinco paralelos, y el Zodíaco ó la Eclíptica que se cuentan por uno solo. Todavía faltan otros círculos: para eso pasemos ahora á la esfera armilar, que ya no os ha de causar tanta confusion (*estamp. 3. fig. 2.*). Aquí teneis el Equador *EE*, y á los lados los dos Trópicos: este de arriba *ZC* es el de Cáncer; y estotro de abaxo *TZ* el de Capricornio: allí teneis tambien los dos círculos polares el Boreal *bb*, y el Austral *aa*: tambien teneis el Zodíaco *ZZ*. Vamos á los restantes. Faltan dos que llaman *Coluros*, y son dos círculos perfectamente cruzados entre sí en ángulo recto, y de manera que los polos quarden en los lugares donde ellos se cruzan: ámbos cortan perpendicularmente, y atraviesan todos los cinco paralelos; pero el *Coluro s s s s* corta la Eclíptica en los puntos *ZZ* en donde ella se junta con los Trópicos; y el otro *Coluro c c c c* la corta en los puntos en que ella se junta con el Equador. Este último se llama *Coluro de los Equinoccios*, y el primero *s s s s* se llama *Coluro de los Solsticios*. Luego os daré la razon de todos estos nombres.

Est. 3.
fig. 2.

Eug. Bien está: ; y faltan todavía algunos círculos?

Teod. Todavía faltan dos; pero estos aunque pertenecen á la esfera, están separados de ella: uno es esta tabla horizontal *HH*, que se llama *Horizonte*, y divide el cielo en dos mitades, una superior y otra inferior. El otro círculo es el *Meridiano N E S E*,

que pasa de un polo á otro por encima de nuestras cabezas. Como la Tierra es redonda , el círculo que pasa sobre Lisboa , no es el que pasa por encima de Fernambuco por exemplo : y por este motivo los Meridianos son diversos , y á cada lugar de la Tierra corresponde el suyo , como tambien los Horizontes , porque si nuestro Horizonte no nos dexa descubrir el cielo sino hasta cierto lugar , los que estuvieren en Fernambuco , verán otra porcion de cielo que nosotros no vemos , y les quedará oculta otra que nosotros tenemos á la vista.

Eug. Con que tenemos diez círculos en la esfera : el Meridiano , y el Horizonte son mudables ; pero los dos Coluros y la Eclíptica , como tambien el Equador , los Trópicos y los Círculos polares son círculos anexos al cielo ; esto es , son unos mismos respecto de todos los lugares de la Tierra.

Teod. Es así ; y esto supuesto adelantémos un poco. Ya dixé que la Eclíptica era el camino del Sol. Quando él llega al Trópico de Cáncer está lo mas levantado que puede ser sobre nuestro Horizonte , y esto sucede unos dias ántes de San Juan ; y como la Eclíptica no sale de ese Trópico , quando el Sol llega allí , luego da vuelta en busca del Equador : por eso aquel punto en que la Eclíptica toca al Trópico , se llama *Sols-ticio* ; esto es , parada ó estacion del Sol , porque va subiendo hácia el Polo del Norte hasta llegar á aquel punto ; y luego vuelve abaxo caminando para el Equador. De

la misma suerte quando llega al otro Trópico allá hácia la víspera de Navidad, se acerca lo mas que puede á ese polo; mas en llegando al Trópico de Capricornio, se detiene, y vuelve otra vez acá hácia el Norte, y así continúa siempre al rededor de la Esfera celeste. Ya sabeis lo que son *Sols-ticios*: el de invierno es en el Trópico de *Capricornio*, y el de verano en el de *Cáncer*; y por eso el *Coluro* que pasa por estos dos puntos se llama *Coluro de los Sols-ticios*. Los otros dos puntos que llaman de los *Equinoccios*, tambien son en la Eclíptica, pero en aquellos lugares donde ella corta al *Equador*. La razon de este nombre es porque quando el Sol llega á dichos puntos, que es á 20 de Marzo y á 22 de Septiembre, son los dias iguales á las noches.

Eug. Ahora ya alcanzo por que el otro *Coluro* que corta la Eclíptica en estos puntos, se llama *Coluro de los Equinoccios*.

Silv. Supongo que todos estos círculos tienen determinadas distancias unos de otros.

Teod. Suponeis bien. El *Equador* es un círculo al qual atraviesa perpendicularmente el exe del mundo, que va de un polo á otro, y está á igual distancia de ámbos. Los Trópicos distan del *Equador*, cada uno hácia su lado, 23 grados y medio. Supongo que ya sabeis que qualquier círculo se divide en 360 grados. Los dos círculos polares distan de los polos otro tanto; esto es, 23 grados y medio; y de aquí se infiere

que así como el eje del Equador va á parar á los polos del mundo , el eje de la Eclíptica ha de tener tanta inclinacion al del Equador como la Eclíptica se inclina respecto del Equador mismo. Pues ahora como la Eclíptica se desvia 23 grados y medio del Equador , porque va abriéndose hasta tocar en los Trópicos , tambien el eje de la Eclíptica se va alejando de los polos hasta tocar en los círculos polares , que distan otros 23 grados y medio , y vienen á quedar 43 grados entre los círculos polares y los Trópicos , porque desde el polo hasta el Equador hay 90 grados , que es la quarta parte , y quitando 23 y medio que hay desde el Equador al Trópico , y otros 23 y medio desde el polo al círculo polar , restan 43. ¿Habeis entendido bien esto?

Eug. No tiene mucho que entender.

Teod. Últimamente habeis de saber que en la Tierra se distinguen y señalan otros tantos círculos correspondientes á los del cielo , y con los mismos nombres. El Equador es la que los navegantes llaman *Línea*, y divide la Tierra en dos hemisferios iguales , uno que quadra á la parte del Norte , y otro á la del Sur : los dos Trópicos son otros dos círculos que siempre distan igualmente de una y otra parte de la *línea* el valor de 23 grados y medio. Los círculos polares son otros dos círculos pequeños que se imaginan al rededor de los polos á la distancia de 23 grados y medio. Advertid que todo el espacio de la Tierra que hay entre los

Trópicos, se llama *Zona tórrida*: el que hay entre los Trópicos y los círculos polares *Zonas templadas*; y el que quadra desde los círculos polares hasta los polos *Zonas frias*. Ahora vamos á hablar de la conuinacion de los movimientos de los astros.

§. II.

Del sistema de Ptolomeo, y del Ticónico.

Silv. He oido decir que en ese punto hay gran division entre los Astrónomos.

Teod. En el dia solo dos sistemas se pueden concordar con las observaciones, porque el de Ptolomeo ya nadie lo sigue. Decia este que todos los astros se movian en círculos concéntricos á la Tierra. Ponia la region del Fuego sobre el Ayre, despues la órbita de la Luna, seguíase Mercurio, despues Vénus, mas arriba el Sol, Márte, Júpiter y Saturno todos en círculos, cuyo centro comun era la Tierra. Descubrióse luego la falsedad de este sistema por los Egipcios, que observando los movimientos de Mercurio y Vénus, advirtiéron que giraban al rededor del Sol y no de la Tierra: lo mismo se observó despues en el movimiento de Márte, Júpiter y Saturno, los quales en sus revoluciones no tienen por centro sensible á nuestra Tierra sino al Sol; y esto es hoy cosa sentada entre todos los Astrónomos. Aquí teneis una (*est. 2. fig. 13.*) del sistema que llaman Ticónico, porque lo ideó Tico-Brahe.

Est. 2.
fig. 13.

Pone al Sol como centro del movimiento de todos los planetas (á excepcion de la Tierra y la Luna): al rededor de él giran Mercurio, Vénus, Júpiter y Saturno, cada qual á distancia proporcionada, y gastando en sus revoluciones el tiempo que ya dixé. Ademas de esto pone á la Tierra quieta é inmóvil en el centro del Firmamento ó Cielo estrellado: al rededor de la Tierra da vueltas la Luna en su distancia; y despues de ella á distancia competente gira el Sol, trayendo al rededor de sí como satélites ó archeros los cinco planetas que he dicho.

Eug. Ya lo comprehendo. Así como al rededor del Sol se mueve Júpiter acompañado siempre de sus quatro satélites, del mismo modo en ese sistema estando la Tierra fixa, se mueve al rededor de ella el Sol, llevando al rededor de sí cinco satélites ó planetas que le acompañan á proporcionadas distancias Mercurio, Vénus, Márte, Júpiter y Saturno. Pero decidme: ¿que caractéres son estos que están aquí en la figura 13, que me mostrais?

Teod. Son los símbolos destinados por los Astrónomos para significar los planetas. Mirad los caractéres con sus nombres al margen al lado de la figura, y despues conoceréis por ellos en la figura misma el lugar en que se debe poner qualquier planeta.

Eug. Ya lo entiendo; y ahora hago reflexión que andando todos al rededor del Sol, la órbita de Mercurio y la de Vénus no alcanzan á la Tierra; pero la de Már-

te, Júpiter y Saturno la cogen dentro.

Teod. ¿No veis que siendo las distancias que esos tres tienen del Sol mayores que la del Sol á la Tierra, forzosamente ha de cuadrar la Tierra dentro de sus giros?

Silv. ¿Y no haceis cuenta de las estrellas?

Teod. Á su tiempo. Estos movimientos de los planetas al rededor del Sol (que llamamos movimientos propios de cada uno de ellos) siempre son de Poniente á Levante, como tambien el de los satélites al rededor de su planeta primario; y lo que es mas, la misma Luna en su periodo de 27 dias y medio al rededor de la Tierra, tambien se mueve de Poniente á Levante; de suerte, que si hoy salió junto á una estrella, mañana quando saliere la estrella todavia no ha de salir la Luna, sino mucho despues; y cada dia se irá atrasando; de suerte, que pasados 27 dias y medio, vuelve otra vez á salir con dicha estrella, por haber corrido todo el cielo en ese tiempo.

Eug. Aun no habia yo reparado en eso.

Teod. Pues observadlo, y hallareis esto mismo, que siempre la Luna se aparta de las estrellas á que corresponde, retirándose hácia el Oriente. Al Sol le sucede esto mismo, dando una vuelta entera á la Tierra en el espacio de un año: si hoy salió correspondiendo á una estrella, mañana ya no puede corresponder á la misma, y ha de salir despues de ella, retirándose hácia el Oriente al modo que la Luna; pero con

diferencia , que la Luna anda hácia atras mucho mas que el Sol : da en un mes una vuelta al cielo , corriendo todas las estrellas que quadran en su órbita ; y el Sol consume en correr las estrellas que están en su carrera un año entero. Estos son los movimientos propios de los planetas ; y todos se mueven así de Poniente á Levante. Ahora bien, supuesto lo dicho toda esta máquina de los cielos , de las estrellas y de los planetas , y todo quanto hay de aquí arriba , lo mueve el Omnipotente en 24 horas de Levante á Poniente al rededor de la Tierra , y este es el movimiento diurno y comun de los astros , el qual perciben todos. Para que podais formar idea de estos dos movimientos, que parecen encontrados , acercaos otra vez á este globo celeste (*estamp. 3. figur. 1.*). Ya sabeis que este círculo atravesado *Z Z* es el camino del Sol : ahora suponed que él está aquí en *p* , y que se mueve como una hormiga por este camino *a g z* ; y esto siempre hácia allá ; pero entretanto yo iré volteando con la mano el globo hácia mí muy apriesa : despues de dar sesenta vueltas por exemplo , ya el Sol ó la hormiga habrá llegado á este sitio *a* , que es *Aries*, y corresponde al principio de la primavera : despues al cabo de otras sesenta vueltas , que son otros tantos dias , habrá llegado á este lugar *g* , que es *Géminis* , y coincide con el mes de Mayo : con treinta vueltas mas que dé , habrá llegado al Trópico ; y de ahí continuará por el otro lado;

Est. 3.
fig. 1.

de suerte , que la hormiga ó el Sol que ande como ella por este globo , correrá la línea de la Eclíptica andando hácia allá ó á Levante miéntras todo el globo con las estrellas que están en él se revuelve en 24 horas muy de priesa hácia acá ó á Poniente. Ved aquí lo que sucede en los cielos: giran todos los cielos , y todo quanto contienen en sí en el espacio de 24 horas de Levante á Poniente ; pero el Sol , la Luna , los planetas todos van andando despacio cada uno por su senda , y caminando por el cielo como hormigas , pero siempre de Poniente á Levante : por eso si hoy observais la Luna , la hallareis cerca de una estrella , á Júpiter cerca de otra , á Márte , &c. cada uno en su lugar ; pero si mañana los voviereis á observar , no hallareis á ninguno en el parage de hoy , sino á todos desviados de esos sitios siempre hácia Levante, hasta que habiendo corrido todo el cielo, vuelven al mismo lugar , la Luna en 27 dias y medio , Júpiter en 11 años y cerca de 12, Saturno en casi 30 , y así los demas.

Eug. Ahora acabo de entender bien eso; y os aseguro que me costó dificultad , y no lo hubiera comprehendido , sino fuera la comparacion de la hormiga.

Silv. Yo confieso tambien que me confundia con los dos movimientos encontrados, uno de Levante á Poniente , y otro al contrario.

Teod. El sistema Copernicano es mucho mas desembarazado, y fácil de comprender.

§. III.

Del sistema Copernicano.

Silv. ¿Y que importa si es herético?

Eug. Y ademas de eso dice que la Tierra anda rodando allá por el cielo como los otros planetas: yo no sé como esto pudo ocurrir á hombre que tuviese el juicio en su lugar. Y decidme, Teodosio, ¿no veia ese hombre que en volviéndose hácia abajo la superficie de la Tierra en que viviésemos, habíamos de caer precipitados como Ícaro?

Teod. El pobre Copérnico se halla aquí sin patrono que le defienda, y con dos enemigos al frente: vos le impugnais por lo que toca á buena razon, y Silvio por lo que pertenece á la Escritura. Y yo tengo otro embarazo para seguirlo, que es la autoridad y precepto de la Inquisicion de Roma, que por motivos muy justos prohibió que se siguiese como *tesis*, y solo dió licencia para seguirlo como *hipótesis*.

Eug. No entiendo esas dos palabras *tesis* é *hipótesis*.

Teod. Yo os las explicaré en todo su riguroso sentido. Seguir una opinion como *tesis*, es decir que así sucede en realidad: seguirla como *hipótesis*, es hacer solo una suposicion de que la cosa sucede así, sin decir si efectivamente es así ó no. Quien dixere que la *Tierra se mueve como plane-*

ta al rededor del Sol ; y que esto es así en realidad , no dirá bien , porque no hay hasta ahora argumento evidente que lo pruebe: todos quantos efectos astronómicos y físicos hay , pueden verificarse estando ella quieta, porque el Poder y la Sabiduría de Dios son infinitos , y muy grande nuestra ignorancia y cortedad , aun en las cosas palpables , quanto mas en las remotísimas como son los astros. Pero el que dixere que *en suposicion de que la Tierra se mueva y el Sol esté quieto , se explica bellísimamente quanto hasta ahora se ha descubierto en la Física y Astronomía concerniente á esta materia* , dirá bien y discurrirá prudentísimamente ; y esto es lo que la Inquisicion Romana permite , y lo que digo yo. Lo que Dios hizo no lo sé ; y no es esa la única cosa que yo ignoro ; pero no me avergüenzo de confesarlo en público. Lo que puede ser que Dios haya hecho , eso tengo obligacion á saberlo como Filósofo , y á eso satisfago explicando uno y otro sistema , porque en ámbos á dos se explican bien los efectos que observamos en los cielos. Sosegaos un poco , que todo se debe hacer despacio. Oid el sistema , y despues irémos á exâminar lo que tiene de bueno y de malo.

Eug. Esto , Silvio , parece puesto en razon.

Silv. Despues me lo direis.

Teod. Copérnico y todos los demas Filósofos que le siguen , como Descartes , Newton , &c. dan á la Tierra el movimiento que

nuestros sentidos atribuyen al Sol. Una cosa es cierta hoy entre todos, y ninguno duda de ella; y es, que en el caso de que la Tierra se moviese, como decia Copérnico, nosotros no advertiríamos diferencia alguna. De esto hay mil exemplos: quando nos paseamos por el rio en un esquife; no os parece que los navíos que están anclados y sin velas vienen andando hácia nosotros, y que los montes de la banda de allá y los árboles de las quintas por donde pasamos se mueven?

Eug. Así parece; y las primeras veces que yo me embarqué, se me figuraba que mi navío estaba quieto, y que los peñascos y orillas, y todo lo demas por donde pasaba, se movian hácia mí. Ahora que ya la experiencia me hizo conocer ese engaño, ni siquiera me viene á la memoria.

Teod. Pues lo mismo habia de suceder moviéndose la Tierra: como nosotros nos habíamos de mover con ella, no advertiríamos su movimiento, y habíamos de pensar que el Sol y las estrellas eran las que se movian hácia la parte opuesta. Copérnico dice que la Tierra se mueve en 24 horas de Poniente á Levante. Si eso fuera así, estando el Sol fijo, quando nosotros fuésemos caminando hácia él, nos habia de parecer que el Sol venia de allá hácia nosotros, y que caminaba para el Poniente. Lo mismo digo de las estrellas, que como nosotros no advertiríamos, ni sabríamos ese movimiento, atribuiríamos á los astros el movi-

miento que era nuestro, así como los que van embarcados atribuyen á los árboles el movimiento que ellos llevan. De este modo todos irían creyendo desde la cuna que los cielos se movían en 24 horas de Levante á Poniente, quando en realidad (dice Copérnico) somos nosotros los que nos movemos de Poniente á Levante. Ni os parezca que habíais de echar de ver los balances de esta gran nave.

Eug. Eso no ; porque si yo no percibo el de un navío quando va seguido , pareciéndome que no anda nada , ménos echaría de ver el movimiento de la Tierra , que habia de ser mucho mas igual.

Teod. Aquí teneis ya explicado el dia y la noche ; porque miéntras andamos vueltos hácia el Sol , es dia ; y miéntras andamos por la otra parte , es noche , y vemos las estrellas.

Eug. ¿Y por que no caemos hácia abaxo al dar la Tierra vuelta con nosotros , así como nos ahogamos quando se vuelca la embarcacion ?

Teod. ¿Y quien nos habia de hacer caer ?

Eug. Nuestro mismo peso.

Teod. ¿Y hácia donde nos hace caminar nuestro peso ó gravedad ?

Eug. Hácia el centro de la Tierra. Ya advierto mi engaño.

Teod. Bien comprehendeis como los Antípodas ; esto es , los pueblos que viven en el Asia allá por debaxo de nosotros , y con los pies vueltos contra los nuestros : bien comprehendeis , digo , como no se caen por esas

regiones del ayre , porque el mismo peso que nos hace cargar contra la superficie de la Tierra aquí donde estamos , hace que al rededor del globo todos los cuerpos pesen contra la misma superficie. Caer hácia abaxo , quiere decir acercarse al centro de la Tierra. ¿ No es esto así ?

Eug. Así es : confieso mi yerro.

Teod. Luego caer hácia abaxo los hombres que viven en la India , es moverse hácia la Tierra ; y por mas que el mundo ande al rededor con nosotros , el mismo peso que aquí nos une siempre con la Tierra , no nos dexaria nunca separarnos de su superficie.

Silv. Pero á lo ménos la fuerza con que la Tierra gira en 24 horas ¿ no nos arrojaría por esos ayres ? Quando los muchachos juegan á la peonza , si se echan encima de ella algunos granos de arena , la peonza con su rápido movimiento los arroja muy léjos: lo mismo sucederia con nosotros.

Teod. Me alegro de la duda y de la comparacion , la qual me ha de servir de mucho. A eso llaman fuerza *centrífuga* , y es cierto que todo cuerpo que se mueve en giro , hace fuerza por huir del centro de su movimiento : y sin duda que moviéndose la Tierra al rededor , si nosotros no tuviéramos la fuerza del peso que sin cesar nos empuja hácia su centro , ella nos arrojaría por esos ayres. Pero ya veis que tenemos una fuerza que nos impele hácia la Tierra , que es la gravedad , sea la que fuese su causa , de que ya hablamos algun dia. Esta

fuerza puso el Omnipotente para contrarrestar y vencer la fuerza *centrífuga* con que la Tierra nos sacudiría de sí, así como la honda sacude la piedra. Advierto que á esta fuerza de la gravedad que nos impele hácia el centro de la Tierra, la llaman los Filósofos fuerza *centrípeta* ó atracción, y podemos usar sin escrúpulo de estos nombres en el sentido que algun dia expliqué. Esto lo entenderéis mejor quando tratemos de la figura de la Tierra.

Silv. Estoy satisfecho: proseguid.

Teod. Además de este movimiento *diurno* con que la Tierra gira al rededor de su eje, así como sabemos que giran el Sol, Vénus, Márte, Júpiter y la Luna, que todos se mueven al rededor de sí mismos como un peon: además de este movimiento, repito, que hace el dia y la noche, dice Copérnico que la Tierra tiene otro al rededor del Sol en un año, con el qual causa el verano y el invierno; y este movimiento es por la Eclíptica ú órbita que llamamos del Sol; porque yendo nosotros por una parte del círculo, y estando el Sol en el centro de él, nos parece que el Sol va andando allá por la otra parte. Exemplo: quando nosotros andamos por el jardin al rededor del estanque de Neptuno, que está en el medio, nos parece que la estatua va andando por la orilla opuesta; porque como nosotros nos movemos, unas veces nos corresponde la estatua á una parte del borde del estanque, otras á otra. Así es

el Sol (dice Copérnico) : si ahora corresponde á una constelacion que llaman *Aries*, como nos mudamos á otro lugar porque la Tierra va haciendo su círculo , no puede el Sol corresponder siempre á *Aries*, y corresponderá despues á *Táuro*, luego á *Géminis*, &c. Y de este modo andando la Tierra por la Eclíptica, se nos figurará que el Sol es quien anda por ella, y que nosotros estamos parados. Al cabo de un año como la Tierra vuelve á venir al mismo lugar, vuelve otra vez el Sol á corresponderle en *Aries*. Esto me parece claro.

Eug. Y clarísimo.

Teod. Esto supuesto, voy á daros una breve idea del sistema de Copérnico, reservando para despues explicaros por menor en él todo quanto se observa en el movimiento de los astros. Mirad esta (*estampa 2. fig. 12.*), que lo tiene delineado. El Sol está en el centro del Universo, y solo gira al rededor de sí mismo: las estrellas tambien están todas quietas. Los que se mueven en círculos en esta máquina, solo son los cuerpos opacos, los cuales á proporcion que se desvian del Sol mas ó menos, gastan mas ó menos tiempo en dar sus vueltas. Mercurio es el mas cercano, dista poco mas ó menos de 7 á 8 millones de leguas, y por eso gasta en su giro casi tres meses. Vénus ya está mas distante, pues llega á 14 millones de leguas, y consume cerca de ocho meses en su círculo al rededor del Sol; pero tambien se revuelve al

Est. 2.
fig. 12.

rededor de su centro. Síguese la Tierra, la qual en este sistema es un planeta como los otros, redondo y opaco, y voltea al rededor de sí misma como ellos; pero como está á mayor distancia del Sol, ha de gastar mas tiempo en la vuelta que da al rededor del mismo: la distancia es de 20 millones de leguas, y el tiempo son doce meses ó un año. Despues de la Tierra está Márte á mayor distancia, dista del Sol 30 millones de leguas, y el tiempo de su periodo ó vuelta son casi 23 meses ó dos años; y del mismo modo que la Tierra y Vénus, ademas del movimiento al rededor del Sol, tiene otro de rotacion sobre su centro en 24 horas con corta diferencia. Vamos á Júpiter: este planeta está á una distancia mucho mayor; pues como hemos dicho es de 105 millones de leguas; pero tambien el tiempo que ocupa en hacer su círculo, es mucho mayor, pues son cerca de 12 años, y tambien se revuelve como los otros planetas sobre su exe. Saturno que es el último, es así que dista del Sol 123 millones de leguas, pero tambien es el mas prolixo de todos en acabar su revolucion, pues consume en ella cerca de 30 años. Pasemos á los satélites: el de la Tierra que llamamos Luna, está muy cercano á ella, y solo dista 61.860 leguas; pero para eso gasta en el giro al rededor de su planeta no mas que 27 dias y medio. Júpiter tiene quatro lunas á diversas distancias; y por eso va en aumento el tiempo de sus revoluciones en-

tre sí comparándolas con sus distancias respecto de Júpiter, al modo que crece el tiempo de las revoluciones de los planetas grandes á proporcion del aumento de sus respectivas distancias del Sol, al rededor del qual giran. Lo mismo se observa puntualísimamente en los satélites de Saturno. Considerad ahora la hermosura de este sistema. En primer lugar su uniformidad y perfecta *analogía* en todas sus partes. Los cuerpos luminosos, como el Sol y las estrellas, todos están quietos, solo tienen algun movimiento de rotacion, pero no mudan sensiblemente de lugar: los cuerpos opacos todos andan dando vueltas: ademas de esto, los cuerpos mas pequeños giran al rededor de los mayores: v. g. la Luna al rededor de la Tierra, que es 48 veces mayor: los satélites de Júpiter al rededor de Júpiter, y los de Saturno del mismo modo; y todos estos planetas porque son menores que el Sol, giran al rededor de él como satélites y criados suyos. Ademas, entre los cuerpos que giran al rededor de otro, los mas cercanos absuelven la vuelta mas apriesa: los mas remotos como hacen mayor círculo, tardan mas en acabarla. Aun hay otra semejanza y correspondencia: los planetas que andan al rededor del Sol ademas de ese movimiento, se revuelven sobre su exe; pues aunque de Saturno y Mercurio no consta, es porque no se pueden observar bien, el uno por andar muy llegado al Sol, y el otro por muy remoto. Últimamente, todos los

cuerpos opacos girando al rededor del Sol, ya se acercan mas , ya ménos ; y esto se extiende á toda esa clase de cometas con solo la diferencia de ser mas largas sus elipses. ¿No os parece ingenioso este sistema?

Eug. Confieso que estoy admirado : ¿que decis , Silvio ?

Teod. ¿Y que diriais vos si ya supieseis la bellissima concordancia que hace con las leyes del movimiento constantemente observadas en los cuerpos terrestres? Esto lo descubrió admirablemente Newton , y mañana os lo mostraré explicándoos la causa fisica de los movimientos de los astros. De suerte , que yo hablándoos con sinceridad christiana y de amigo , no sé verdaderamente los secretos de Dios , ni el sumamente ingenioso maquinismo sobre que ideó el movimiento de los astros ; pero si el Altísimo ideara el movimiento de los cuerpos celestes que observamos sobre estas mismas leyes de movimiento que estableció acá en los terrestres , me persuado á que se habian de mover como se supone en este sistema. Pero como los cielos distan tanto de la Tierra , tambien los principios y leyes de movimiento de allá pueden ser muy diversas de las de acá. Mas esto pertenece á la conferencia de mañana. Ahora quiero , que mirando sumariamente ámbos sistemas , conozcais la diferencia que hay de uno á otro. En el sistema Ticomico no hay tanta belleza ni uniformidad , segun se ve. Fuera de eso , los planetas en el sistema Copernica-

no tienen un solo movimiento al rededor del Sol de Poniente á Levante, y ese no es demasidamente rápido, como se observa; pero en el Ticónico, además de ese mismo movimiento, es preciso otro encontrado, que es el de cada dia, el qual es velocísimo por ser en 24 horas. En el sistema Copernicano para formar el dia y la noche, basta que la Tierra dé una vuelta sobre su exe en 24 horas; y en el otro sistema es preciso que toda esa inmensa máquina de los cielos con todas las estrellas, Sol, planetas y tambien los cometas escondidos allá en las altísimas regiones invisibles: es preciso, digo, que todo dé una vuelta al rededor de la Tierra en 24 horas; que es una velocidad tal, que parece increíble. En el sistema Copernicano se explica sin violencia alguna lo que vemos en todos los planetas, que ya nos parece que con su movimiento particular caminan hácia Levante, como es regular en todos, ya que retroceden y van hácia el Poniente, ya que se quedan parados. Antes bien, no podia dexar de parecernos así sin una gran perturbacion en la fábrica de los cielos, aunque en realidad ellos caminen siempre con un paso seguido, dando sus giros de Poniente á Levante. Esto yo os lo explicaré despacio. Por el contrario, en el sistema Ticónico para explicar estos movimientos, es preciso decir que los planetas andando por el cielo, hacen una línea toda enroscada como esta (*estamp. 3. fig. 3. figur. 3.*), ya andando hácia adelante, como

Est. 3.

fig. 3.

desde *a* hasta *e*: ya hácia atrás, como desde *i* hasta *o*: ya ni atrás ni adelante, sino elevándose un poco, como desde *o* hasta *e*, ó desde *e* hasta *i*. Esto bien puede ser; pero no es muy natural. En el sistema Copernicano va el planeta siempre seguido hácia adelante, como lo vereis mañana ú el otro día. Últimamente en el sistema Copernicano, como he dicho, halla un Filósofo que todo lo que Dios crió, se gobierna por unas mismas leyes: que lo que vemos practicado en el movimiento de los cuerpos que tocamos con las manos, es lo mismo que se observa con los ojos allá en las regiones de los cielos. Por el contrario, en el sistema Ticomónico no se guardan ni se pueden guardar las leyes de movimiento establecidas acá en la Tierra, todo se invierte. Ved aquí lo que hace parecer tan bello este sistema, el qual no obstante todo eso no debe pasar de sistema; esto es, de mera hipótesis.

Silo. Todo eso concedo yo que sea así; pero si ese sistema es herético; que importa que sea hermoso, natural y fácil? La Escritura está diciendo que el Sol sale y se pone, que gira por medio del cielo, y vuelve otra vez á su lugar: que la Tierra está firme, &c. Luego es heregía decir que la Tierra es la que se mueve, y el Sol el que está parado.

Teod. De esa misma frase de que usa la Sagrada Escritura, usan tambien los mismos Copernicanos, diciendo que quando el Sol se ha elevado sobre el Horizonte tantos gra-

dos, entónces aparece mas pequeño que al asomar por el Horizonte, &c. Pero todavía tengo mucho que decir sobre este sistema: vamos por partes.

Eug. Quitadnos ántes este escrúpulo.

§. I V.

Pésanse los argumentos de la Escritura contra el sistema Copernicano.

Teod. Sea en hora buena, y exâminemos ántes de todo esos argumentos, por los quales vos, Silvio, juzgais que este sistema es herético. Pero ántes es preciso reflexionar, que aquella doctrina que la Iglesia Romana da una vez por herética, falsa ó errónea, así lo es en realidad, porque la Iglesia no puede errar; y por consiguiente, aunque pasen muchos siglos, no puede la tal doctrina dexar de ser errónea, falsa ó herética.

Silv. No tiene la menor duda; pero eso que hace al caso?

Teod. Voy á decirlo. Si los Astrónomos en el dia hallasen razon evidente que probase el movimiento de la Tierra, estaria la Iglesia pronta para consentir esa opinion, como protectora que es de la verdad, y no de la mentira. Esto lo conoceréis por la respuesta que el P. Fabri, Penitenciario del Sumo Pontífice, dió á cierto Copernicano, que le hablaba sobre este punto. Aquí tengo yo registrado el lugar en las Transacciones de

Inglaterra ¹. Leedlo en latin, y despues traducidlo, para que Eugenio entienda la res-
puesta que el Penitenciario del Papa da al
Copernicano.

Silv. Traducido á la letra, quiere decir:
No una vez sola se ha preguntado á vues-
tros Corifeos si tienen alguna demostracion
que pruebe el movimiento de la Tierra, y nun-
ca se atrevieron á decir que sí. Luego no
hay impedimento para que la Iglesia en-
tienda y declare que los lugares de la Es-
critura se deben entender en el sentido li-
teral miéntras por demostracion no se prue-
ba lo contrario; y si algun dia discurrié-
reis alguna (lo que con dificultad cree-
ré), en ese caso de ningun modo dudará
la Iglesia declarar que aquellos lugares
de la Escritura se deben entender en sen-
tido figurado é impropio, como aquello del
Poeta: *Terraque, urbesque recedunt.* Es-

¹ Año de 1665 en el mes de Junio dice así: *P. Fabri è Societate Jesu, Romæ apud S. Petrum Pœnitentiarius, rescribens cuidam Copernicano inquit: Ex vestris Corypheis non semel quæsitum est, utrum haberent aliquam pro Terræ motu demonstrationem? Numquam ausi sunt id asserere. Nihil igitur obstat, quin loca illa in sensu literali Ecclesia intelligat, et intelligenda esse declaret, quamdiu nulla demonstratione contrarium evincitur: quæ si forte aliquando à vobis excogitetur (quod vix crediderim), in hoc casu nullo modo dubitabit Ecclesia declarare loca illa in sensu figurato et improprio intelligenda esse, ut illud Poetæ: Terraque, urbesque recedunt.*

to es lo que dice el libro fielmente traducido.

Teod. Y me parece que confirma con bastante claridad lo que yo decia, que á qualquier hora que apareciere razon convincente que pruebe el movimiento de la Tierra, declarará la Iglesia que los lugares de la Escritura sobre el movimiento del Sol se deben entender en el sentido que ahora les dan los Copernicanos. Y á la verdad que jamas dixo la Iglesia á los hereges, que si ellos mostrasen razon convincente á su favor, entenderia los lugares de la Escritura en el sentido que ellos les daban.

Silv. ¿ Pues en que sentido sino en el que les damos se pueden entender aquellos lugares de la Escritura que dicen que la Tierra está quieta ¹ é inmóvil, y que el Sol sale y se oculta, y vuelve á su lugar, y gira por el Mediodia ², y que se revuelve en sus círculos?

Teod. La respuesta que dan los Copernicanos á esos y otros muchos lugares semejantes de la Sagrada Escritura, es, que se deben entender en el sentido natural y acomodado á la inteligencia de las gentes; esto es, del movimiento aparente y quietud aparente. Dios (dicen ellos) no nos quiso en-

¹ *Terra autem in æternum stat.* Eccles. cap. 1. vers. 4.

² *Oritur Sol, et occidit, et ad locum suum revertitur..... gyrat per meridiem, et flectitur ad aquilonem..... et in circulos suos revertitur.* Eccles. c. 1. v. 6.

señar Astronomía en la Sagrada Escritura; lo que quiso fué que los Escritores sagrados hablasen acomodándose á la opinion comun é inteligencia de los pueblos , como nos lo declara San Gerónimo ¹. Por eso dice la Escritura que Dios produjo dos luminares grandes ², que son el Sol y la Luna, y que ademas de eso habia formado las estrellas ; y hoy es certísimo que la Luna ni de suyo es luminar así como el Sol, pues no tiene luz propia ; ni es grande, pues se sabe que es el cuerpo mas pequeño que Dios produjo en todas esas inmensas clases de astros que conocemos en el cielo. Por lo qual así como la Escritura la llama grande, siendo un astro muy pequeño , y luminar sin serlo , solo porque en la comun opinion de las gentes la Luna es un luminar grande, pues recibimos de ella una gran luz , y seria una cosa que entónces no se entenderia fácilmente , y meteria en confusion á los pueblos , si Moyses dixese que Dios habia producido un astro muy pequeño , obscuro por su naturaleza , y que este era la Luna : del mismo modo tambien dixo que el Sol se movia , y la Tierra estaba quieta, porque esta era la opinion y frase de todos. Añadid que los mismos Copernicanos , para

¹ *Quasi non multa in Scripturis sanctis dicantur juxta opinionem illius temporis , quo gesta referuntur , et non juxta quod rei veritas continebat.* S. Hieronym. in Jerem. 28. v. 10.

² *Fecit quoque Deus duo luminaria magna.* Genes. I. 16.

hacerse entender fácilmente, usan en sus libros de esta misma frase vulgar, y dicen que *quando el Sol sube tantos grados sobre el Horizonte, sucede esto; quando llega al Zenit, sucede estotro: que cada dia anda un grado hácia el Oriente: que tiene movimiento desigual, unas veces mas apriesa, otras mas despacio, &c.* Todas estas proposiciones hallareis en los Copernicanos; porque prescindiendo de esta quæstion, se acomodan al modo comun de hablar conforme á nuestros sentidos; y si hiciesen lo contrario, sería pedantería. Si un Copernicano armando algun relox de Sol no se explicase con el comun de la gente vulgar, nadie le entenderia, y todos harian burla de él, y con razon. Por este motivo Dios en aquellas cosas que no son misterios de la Religion, ni conducen á las costumbres, se acomoda á la opinion comun de las gentes; y así se sirve hasta de las mismas frases é idiotismos de la lengua, que se acostumbraban entre los pueblos á quienes hablaba. Esta es la razon de tantas parábolas, semejanzas y figuras como usaban los Profetas, porque esta era la costumbre de aquellos tiempos. Tambien por eso se dice que Dios inclina sus oidos á nuestras oraciones: que penetrado en lo íntimo del corazon, habia tenido disgusto ¹: que habia esforzado el poder de su brazo ²: que tie-

¹ *Tactus dolore cordis intrinsecus.* Gen. 6. v. 6.

² *Fecit potentiam in brachio suo.* Luc. 1. 51.

ne entrañas de misericordia', &c. siendo cierto que Dios no tiene corazón, ni entrañas, ni brazos, ni oídos, hablando propiamente; pero porque si algún Teólogo predicando al pueblo conmutase estas expresiones en su literal y genuina inteligencia, ninguno le entendería, ó muy pocos: por eso se debe usar de estas frases acomodadas á la capacidad de los pueblos. Si en la Escritura, pues, se dixese: *anda la Tierra por sus círculos, y el Sol está en su lugar firme é inmóvil, &c.*; como lo habían de entender los pueblos que leyesen ú oyesen leer los libros santos, sin que primero los Doctores de la Ley se tomasen el trabajo de darles lecciones de Astronomía? Bien veis que todos lo extrañarían mucho. Así que, como Dios no tiene empeño en que nosotros seamos Astrónomos, se acomoda á nuestra inteligencia, y habla en sentido acomodado á la opinion vulgar. Ved aquí la respuesta que dan los Copernicanos á los lugares de la Escritura.

Eug. No me parece fuera de razón.

Teod. En el día muchos hombres doctos se persuaden á que esta respuesta no se debe despreciar, bien que no la sigan, como tampoco la sigo yo; y con efecto, el Penitenciario del Papa les dixo que si hubiere demostracion que pruebe el movimiento de la Tierra, no dudará la Iglesia admitir este

Tom. VI. Q

† *Per viscera misericordiae Dei nostri. Luc. I.*
78.

sentido. Pero que al presente está la Iglesia en posesion de la literal y rigurosa inteligencia; y que en ella quiere perseverar mientras no hubiere un motivo urgentísimo que la obligue á abandonarla. Y esto no se puede negar que es muy conforme á la razon, ni los Copernicanos tienen motivo para quejarse justamente. Porque mientras la cosa estuviere en duda, en lo que mira á la Astronomía y leyes de la Física, debemos con respeto acomodarnos á la literal inteligencia de los lugares de la Escritura, los quales están en esa posesion. Si andando el tiempo apareciere alguna razon convincente, entónces harémos con estos lugares lo mismo que se executa con otros que no se entienden en el sentido comun y literal. Algunos de ámbos partidos se adelantan demasiado: unos asegurando que el sistema Copernicano ya está demostrado: otros diciendo que con razones naturales se convence de falso. Los unos y los otros se propasan mucho: exáminemos, pues, las razones que hay á favor y contra este sistema.

§. V.

De los argumentos físicos contra el sistema Copernicano.

Silv. **R**azones contra ese sistema no faltan; ni yo sé como habrá hombre de juicio á quien no convenzan, por mas bello que

él parezca pintado como los Copernicanos le pintan.

Teod. ¿Y que razones son esas? Exâminémoslas.

Silv. Esta mañana estuve leyendo tantas en un gran Moderno ¹, que no sé si unas me habrán confundido las otras. Primeramente, si la Tierra se moviera, los páxaros no atinarían con sus nidos; porque como se supone que despues que salieron de ellos fué la Tierra volteando, ya quedarian en diferente lugar quando volviesen á buscarlos. Además, las nubes no podrian jamas estar á plomo sobre nosotros; porque revolviéndose la Tierra hácia Levante, las mismas nubes que ahora corresponden sobre nuestra cabeza, de aquí á un minuto ya quadrarian á la parte de Poniente.

Teod. Y si yo os digo que con la Tierra se mueve tambien la atmósfera del ayre, ¿que dificultad tendrá ya el que los páxaros encuentren sus nidos, ni el que las nubes quadren á plomo sobre nosotros? así como si en el combés de un navío hubiese un gran cubo con agua y peces, ó una caponera con gallinas; aunque la nave se mueva con mucha rapidez, y el gallinero que ahora estaba aquí, en la noche siguiente esté á muchas leguas de distancia, las gallinas siempre encontrarán su pollero acostumbrado, y los peces no sentirán diferencia alguna de quando la nave estuviere parada.

Q 2

¹ Fortunato de Brixia desde el núm. 3398.

De ese mismo modo sucede en este sistema á los páxaros que vuelan , y á las nubes. Todo se mueve con la Tierra , y ninguna diferencia habrá respecto de sus movimientos particulares , ya sea que la Tierra esté fixa , ya sea que á manera de un gran navío se mueva perennemente juntamente con la region del Ayre , y todo lo que en ella habita.

Silv. Sobre eso hay mas que decir de lo que parece. ; Quien ha de comunicar al Ayre ese movimiento? El globo de la Tierra no ; porque quando mucho podria comunicarle algun leve movimiento por estar rodeada de ese fluido ; pero ese nunca seria tan rápido como el de la misma Tierra : así como un peon andando al rededor no comunica igual movimiento al ayre que le rodea , bien que siempre le comunique alguno ; y tengo especie de haber leído que vuestro Newton demostraba que un cuerpo metido en otro infinitamente fluido , daria á las diversas partes del mismo fluido diverso grado de velocidad con proporcion á la distancia.

Teod. Estamos en un caso diferente ; porque el ayre no se debe considerar infinitamente fluido , y mucho ménos respecto de la Tierra ; ántes justamente se puede reputar por una ligera cáscara del globo Terráqueo. Pero no os quiero interrumpir.

Silv. Ademas de esto , si la Tierra se moviese hácia Levante en 24 horas , siempre habíamos de sentir un viento perenne hácia

Poniente ; porque el ayre no pudiendo acompañar á la Tierra , que se movia hácia Levante , iria correspondiendo sucesivamente á todos los lugares que quadran al Ocaso , hasta que acabando la Tierra de dar una vuelta perfecta , volviese á corresponder á Lisboa el mismo ayre que ántes le correspondia , habiendo pasado entretanto por todas las regiones que forman ese círculo del globo Terráqueo. Y nada de esto sucede así. Con que, Teodosio , no deis por cierto y sentado que aun en el caso de moverse la Tierra , tambien se habia de mover el ayre.

Eug. Á la verdad , Teodosio , que ya Silvio me parece Moderno en el modo y en los términos con que discurre.

Teod. Cáusame gusto el verle discurrir así , aunque no concuerde conmigo. Pero vos preguntais quien ha de dar ese movimiento al ayre. Respondo que quien lo dió á la Tierra. Si yo fuera Copernicano , no diria que Dios dió el movimiento á la Tierra , y que esta arrastraba consigo al ayre , sino que Dios dió ese movimiento á la Tierra y juntamente al ayre que la rodea. Dado este movimiento , perseverarian en él ayre y Tierra , especialmente porque estando vacío ó casi vacío el espacio de los cielos que está sobre el ayre , no hay quien retarde ó impida el movimiento de este hácia Levante acompañando á la Tierra. Ni yo me valdria de lo que se valen algunos Copernicanos , diciendo que por este motivo en la *Zona tórrida* (esto es en las tierras que quadran

á una y otra parte de la línea hasta los Trópicos) siempre hay viento hácia Poniente, procedido de que el ayre no acompaña á la Tierra con tanta velocidad como ella lleva, y por eso parece que corre para la parte opuesta: digo que no respondo así, porque no es necesario. Mas expedita es esta respuesta. Dios así como dió ese movimiento á Júpiter, á Vénus y á la Tierra en este sistema, podia muy bien dárselo igualmente al ayre que la rodea. Pero vos, Silvio, debéis estar persuadido á que no todo lo que dicen los Modernos es cierto, aunque sean grandes hombres. Entre nosotros hay mucha variedad de opiniones, y entre ellas solo una puede ser la verdadera. Digo esto para que no os espanteis de que yo no concuerde con Brixia, ni con el P. Ricciolo, á quien él en eso sigue con demasiada veneracion. Digo que es demasiada, porque aunque Dios solo diese movimiento á la Tierra, esta comunicaria alguno al ayre próximo, y este al otro, así como sucede quando en un arteson de agua con la mano poco distante del centro la hacemos mover toda al rededor. Ahora bien, aunque este movimiento fuese lento al principio, es certísimo por las leyes del movimiento en general (las cuales ese Autor trata admirablemente) que mientras la Tierra excediese en velocidad al ayre, le iria comunicando algun movimiento: por la parte de afuera de la region del ayre no hay ningun embarazo perceptible: luego en el dis-

curso de tantos millones de vueltas como dias pasaron desde la creacion del mundo, aumentándose siempre el movimiento del ayre, llegaria alguna vez á igualar al de la Tierra; y como no hay causa que lo retarde, una vez puesto en movimiento, en él perseveraria siempre.

Silv. No basta que el ayre iguale el movimiento de la Tierra, es preciso que le exceda; porque como está mas alto, y dista mas del centro de ella, en 24 horas daria una vuelta mayor que la superficie de la misma, y forzosamente para acompañarla, necesitaria mayor velocidad. Esto es allá por vuestras leyes.

Teod. ¿Que os parece, Eugenio? ¿No estudió Silvio bien el punto? Pues así debe ser; mas pregunto: ¿y quanto mayor habrá de ser la velocidad del ayre, que la de la superficie de la Tierra?

Silv. Eso vos allá lo sabreis.

Teod. Hablemos del ayre hasta la altura de las nubes; porque del que hay de allí arriba no podemos tener prueba de experiencia para decir que acompaña, ni que no acompaña el movimiento de la Tierra. Esta altura quando mucho será una legua; porque segun los mas exâctos Geógrafos los montes mas altos de la Tierra no exceden de esta altura; y sabemos que están mas altos que las nubes. Siendo, pues, esta la altura del ayre de que tratamos, era preciso que allí tuviese una velocidad mayor que la de la superficie de la Tierra; pero este

exceso seria tan pequeño , que quedaria imperceptible. Lo que debia andar mas en 24 horas , eran seis leguas , pues solo en esto excede el círculo de las nubes al que haria la superficie de la Tierra. ¿Y que velocidad es esta para ser perceptible en el ayre , correr seis leguas en 24 horas , ó un quarto de legua en una hora ?

Eug. Un coxo con dos muletas anda mas ligero ; y puesto á andar una hora sin parar , haria mas de un quarto de legua.

Teod. Decis bien. Pero supongamos que con efecto el ayre no excede en velocidad á la Tierra ni aun en ese poco , sino que solo la iguala. Seguiríase de ahí que las nubes , si tuviesen una legua de altura , á no soplar viento de Poniente , correrian hácia allá , pero tan despacio , que gastarian 4 horas en andar una legua. Dadme , pues , una experiencia , por la qual conste que no soplando ningun viento extraordinario , que las perturbe , no hay allá arriba esta insensible virazon. Supongamos que yo dixese que prescindiendo de alguna virazon de Poniente , que se opusiese á esta continua virazon de Levante , nunca pueden las nubes quadrar á plomo sobre nosotros sin que tengan este lentísimo movimiento para el Poniente. ¿Quien podria alegar experiencia que me convenciese , siéndole preciso probar primero que allá arriba no habia ni aun ese movimiento imperceptible , y ademas que no habia virazon alguna del Poniente ? Sin probar estas dos cosas , ninguno diria que la ex-

perencia probaba nada contra mí. Pero no gastemos tiempo en eso. La Tierra con la continuacion podia dar al ayre un movimiento mayor que el suyo , así como la mano moviéndose dentro del arteson por bastante rato , puede dar al agua que mas dista del centro mayor velocidad que la suya. Pero la respuesta verdadera es que este movimiento de la atmósfera es recibido inmediatamente de Dios , como el mismo movimiento de la Tierra.

Silv. ¿Y que me direis del agua de las lagunas y estanques , los cuales siempre deberian moverse hácia la parte de Poniente , porque nunca podrian por su naturaleza acompañar el movimiento de la Tierra , que velocísimamente voltea hácia Levante ?

Teod. Respondo que un cubo de agua en un navío que corre á la vela , correspondé á las lagunas de la Tierra en el sistema de que ella se mueve ; y así como el agua del cubo acompaña al cubo y al navío , de la misma suerte la de las lagunas acompaña á la Tierra.

Silv. Todavía tengo mas dificultades ; y una de ellas es que la lluvia no podria caer á plomo sobre la Tierra , porque miéntras viniese por el ayre , se retiraria la Tierra hácia Levante ; y si gastase en llegar de la nube á la Tierra dos minutos , ya en ese tiempo se desviaria la Tierra muchas leguas.

Teod. ¿ Quien os dixo que las gotas de agua podian gastar dos minutos en llegar al suelo ? En dos minutos una gota de agua , prescin-

diendo de la resistencia del ayre , baxaria la altura de 216 mil pies: ¿ y quien dió tanta altura á las nubes? Pero mas que gaste la lluvia una hora en caer , si las nubes se mueven con la Tierra al modo que las cofas con los navíos , se sigue que así como una piedra arrojada de la cofa mas alta , por ligera que la nave camine , cae al pie del mástil , segun ya os expliqué en otro tiempo ¿ por que motivo no ha de caer la lluvia á plomo , por mas veloz que corra la Tierra? ¿ Qual es la otra dificultad que deciais?

Silv. Ahora me habeis traído á la memoria una que oí á no sé quien: voy á explicarla. Si se dexare caer una piedra de lo alto de un mástil yendo la nave disparada , hará acá abaxo en un cuevo de barro blando , un hoyo no totalmente á plomo ; y cayendo de lo alto de una torre , se entierra bien á plomo ; y es claro que si la Tierra se moviese , la torre haria lo mismo que el mástil.

Teod. Yo me acuerdo de haber leído eso en el P. Lanis , bien que á otro intento; pero no le doy mucho crédito , porque ¿ quien le aseguró á él que quando la piedra tocó en el barro , el balance de la nave no habia sacado el cuevo del nivel matemático , quedando por esta razon un poco obliquo? Mas: ¿ como conoció él en tan pequeña altura y en una materia blanda una

obliquidad que no podia dexar de ser muy pequeña? Pero diga él lo que dixere, el caso es que en rigor matemático así debe suceder en el navío, y no en la torre. La razon es porque como en el navío no tiene el ayre la misma direccion y velocidad horizontal que se comunicó á la piedra, debe rigurosamente quando llegare al barro, tener ménos velocidad horizontal que él; y esa diminucion ha de hacer inclinacion hácia atras en el hoyo. Pero en la Tierra como en el caso de que se moviese, el ayre llevaria el mismo movimiento horizontal que la piedra al caer, no habia causa para hacer en el suelo el hoyo torcido: esto es hablando en todo el rigor matemático; que físicamente es imposible que haya obliquidad sensible en el hoyo. Vamos á la otra dificultad.

Silv. Voy á decirla. Una pieza de artillería disparada hácia el Oriente habia de alcanzar mucho mas que vuelta al Poniente; porque en el primer caso empujaria la bala no solo la fuerza de la pólvora, sino el impulso de la Tierra; y en el segundo el ímpetu de la pólvora era contrario al de la Tierra. Estas cosas, Teodosio, son sacadas de vuestros mismos principios; por eso me admiro yo de que hombres á quienes vos reputais por grandes Filósofos, estén persuadidos á tal extravagancia.

Teod. Teneis mucha razon; pero reflexionad que esa misma militará contra los que dicen que si en la cámara de un navío que

navega con viento en popa se jugase á los trucos , no advertirian los jugadores en los movimientos de las bolas diferencia de quando jugasen estando parado el navío ; y en esto concuerda en el dia todo el mundo. Silvio ; no reparais que avanzando la bala hácia el Oriente , tambien la Tierra se le va escapando ; y que corriendo la bala hácia el Poniente , miéntras viene por el ayre , se le va metiendo el suelo por debaxo ? Suponed que la pólvora sola puede hacer á la bala correr 50 brazas , y que esta es la distancia á que está el blanco ; y que la Tierra en ese tiempo correrá 30 brazas por exemplo. Quando el cañon ó pieza de artillería se dispara hácia el Oriente , va la bala con 80 grados de velocidad , 30 que le dió el impulso de la Tierra , y 50 de la pólvora ; pero entretanto avanzó el blanco con la Tierra 30 brazas hácia el Oriente : y ya por esta cuenta es precisa á la bala toda esa velocidad para llegar al blanco , porque los 50 grados son para vencer la distancia del cañon al blanco , y los 30 para suplir lo que él entretanto anduvo con la Tierra. Pues ahora volvamos la pieza hácia el Poniente. Como el ímpetu de la Tierra hace á la bala correr 30 brazas hácia el Oriente , aunque la pólvora le dé impulso para correr 50 hácia el Poniente , no le comunicará toda esa velocidad , pues ha de rebaxarse el ímpetu de la Tierra en contrario , y solo irá la bala con 20 grados ; de suerte , que no podrá correr mas que 20 bra-

zas hácia el Poniente ; pero entretanto el blanco moviéndose con la Tierra , se vino acercando á la bala ; y así andando el blanco hácia acá 30 brazas , y la bala 20 hácia allá , se completa la distancia de 50 brazas que habia entre uno y otro , y dará la bala en el blanco. Creedme , amigo Silvio , que si este sistema tuviera algun embarazo con la Física , no lo protegerian aquellos que han llegado á una en cierto modo escrupulosa y excesiva observacion de las mas pequeñas leyes del movimiento para qualquier efecto. Ahora los fundamentos que este sistema tiene á su favor , alguna fuerza mas llevan, bien que no es tanta como ellos quieren , y como era precisa para que se permitiese francamente que se siga como *tesis*.

§. VI.

De las razones físicas que favorecen á los Copernicanos.

Silv. No me parece que serán muchos sus fundamentos.

Teod. El gran Cardenal Polignac siendo muy buen católico y muy docto , como gloria que fué de la púrpura cardinalicia , juzgaba lo contrario de lo que vos juzgais. En su admirable libro del *Anti-Lucrecio* , despues de referir algunos sistemas del cielo , queriendo hablar del Copernicano , le hace esta introduccion. Mas por quanto el amor de la verdad me obliga , confieso que aque-

lla sentencia me arrebatada del todo , que afirma , &c. ¹. Esto decia aquel gran Cardenal : yo no me atrevo á decir tanto , sin embargo de que despues de su muerte se han descubierto muchas razones muy dignas de atencion, y ademas de eso el Sumo Pontífice Paulo III. recibió con benignidad el sistema Copernicano que su autor le dedicó , y Urbano VIII. quando era Cardenal Barberino en una Oda siguió este mismo sistema , bien que despues lo reprobó. De donde se infiere que no es tan fuera de razon como decis. Mas para mí las razones mas fuertes son estas dos. La primera se saca de la figura de la Tierra , y la segunda del movimiento de los péndulos. En quanto á la figura de la Tierra ya se da en el dia por demostrado que ella no es perfectamente esférica , ni oval , como algunos en otro tiempo afirmáron , sino de figura de *esferoide*.

Eug. No entiendo ese nombre.

Teod. Yo os lo explicaré : *esferoide* corresponde á la figura de una naranja , y es una esfera un poco rebaxada en dos puntos opues-

*1 Sed quia cogit amor veri, sententia totum
Me rapit illa tamen, quæ per se clara refulget,
Ac mihi Divinam præstantius explicat artem.*

Y un poco despues dice así:

*At licet ad Terram quod pertinet, illa disertè
Expediat, quia nempe eadem se præbet imago,
Vel si spectator, vel si spectata moventur,
Plura tamen Copernicio systemate clarent,
Quæ numquam evolvit Ptolomeus, &c.*

Anti-Lucret. libr. 8. desde el vers. 160.

tos ¹: así la Tierra no es perfectamente redonda, porque en los polos está mas baxa, y en la línea ó Equador mas alta ó levantada. Ahora bien, esta diferencia de altura desde la superficie de la Tierra hasta su centro, aunque respecto de todo su volúmen es pequeña, en realidad en sí es muy grande, porque viene á componer cerca de seis leguas portuguesas; de suerte, que el diámetro de la Tierra tirado de un punto del Equador á otro contrario, tiene casi doce leguas mas que el diámetro tirado de polo á polo. Ya dos grandes Filósofos suponiendo el movimiento diurno de la Tierra, habian llegado á conjeturar por sus cálculos, y probaban que la Tierra no era ni podia ser perfectamente redonda, y que debía ser mas levantada por el Equador. El primero fué Huygens ²: el segundo Newton ³. Estos hombres guiados del cálculo y de los principios de la Física, decian que si la Tierra se revolvia al rededor de su exe, todos los cuerpos, especialmente los fluidos, habian de hacer fuerza para huir del exe hácia fuera; porque es ley constante (según os mostré quando hablé de la honda) que todo cuerpo que se mueve en círculo, for-

¹ Hablando geoméricamente, es una elipse que se mueve sobre su exe menor; así como la esfera es un círculo que voltea sobre su diámetro.

² *Discours sur la cause de la Pesanteur*, página. 113.

³ *Philosoph. Natural. Princip. Mathem.* lib. 3. prop. 10.

ceja por alejarse del centro; y esto se llama tener fuerza *centrífuga*, la qual siempre es mayor quando es mayor el círculo ¹, ó quando se aumenta la velocidad ², como algun dia os lo haré ver si hubiere tiempo para tratar fundamentalmente estas leyes del movimiento. Suponed, pues, que la Tierra se revuelve sobre el exe que va de un polo al otro, y que los cuerpos fluidos hacen fuerza por apartarse de este exe: no obstante, el peso que los hace cargar hácia el centro, necesariamente ha de estar el agua en el Equador mas alta que en los polos y lugares circunvecinos. Hagamos aquí una (*fig. 4. estamp. 3.*). El agua de *N* ó *S* (en caso que esta bola ande sobre su exe) huirá para *o o*, ni la pesadez le estorbará el que huya, porque esa gravitacion no es hácia el exe *N*, sino solo hácia el centro; y así retirándose el agua un poco del exe hácia fuera, no va contra la gravedad, porque no se pone mas distante del centro. Pero en el Equador y lugares vecinos á él no puede el agua desviarse del exe sin apartarse tambien del centro: luego tenemos ahí dos fuerzas encontradas, una que es el peso, el qual la empuja hácia el centro, y otra que es la fuerza centrífuga que la hace huir del centro hácia fuera, y levantar-

Est. 3.
fig. 4.

¹ Siempre crece en razon de la distancia del centro.

² Tambien se aumenta en razon del quadrado de la velocidad, ó en la razon inversa de los quadrados de los tiempos periodicos.

se hácia arriba ; y quando hay dos fuerzas encontradas , la mas pequeña queda vencida , pero siempre disminuye algun tanto el efecto de la otra que la vence , porque la cansa y debilita. Aquí el peso vence , pero queda disminuido ; de suerte , que aunque el agua no huye del todo , ni salta hácia el ayre , siempre queda mas ligera que la de los polos ; y por eso para equilibrarse en el peso con ella , necesita mayor altura. Ved aquí el fundamento de estos Filósofos para conjeturar que la Tierra habia de ser mas elevada por el Equador ; porque allí los cuerpos no habian de pesar tanto , disminuyendo la fuerza centrífuga un poco la fuerza de la gravedad ; y por esta misma razon dicen ellos que Júpiter (cuyo movimiento de rotacion es velocisimo , pues se absuelve en 9 horas) tampoco es perfectamente redondo , sino que sensiblemente es mas alto por su equador que por los polos , segun las mas exâctas observaciones.

Silv. Pero todo eso es en el supuesto de que la Tierra se mueva : negándose esa suposicion , va por el suelo todo ese discurso.

Teod. Pues esperad. Algunos años despues que se hizo este cálculo , fuéron enviados hombres peritísimos á medir la figura de la Tierra. Á unos se les encargó que midiesen su vuelta ó convexidad junto á la línea , á otros que junto á los polos. Al Perú que quadra en la América cerca de la línea fuéron enviados Mrs. Godin , Condamine y

Bouguer de la Academia de las Ciencias, y los acompañaron dos Matemáticos Españoles llamados Don Jorge Juan, Comendador de Malta, y Don Antonio de Ulloa, que escribiéron la historia de estas observaciones; y á Torne en Laponia fuéron enviados Mrs. Maupertuis, Clairaut y Camus: hombres todos dignos de semejante empresa; y con efecto hallaron la Tierra mas levantada por el Equador casi seis leguas de las nuestras con alguna diferencia de lo que habia calculado Newton. En esto todos concuerdan el dia de hoy. Vaya ahora el argumento: si la Tierra está quieta, y no se revuelve al rededor de su exe, el agua en todas partes ha de pesar lo mismo: luego el agua del mar en el Equador que está 6 leguas mas alta que la de los polos; por que no se ha de derramar hácia los costados; esto es, hácia los polos? ¿Con esa facilidad se mantienen en peso 6 leguas de altura de agua? El equilibrio de los líquidos pide que sus superficies se conserven á una misma altura, por cuya razon debe la superficie del mar estar por todas partes á una misma distancia del centro; pero la experiencia muestra lo contrario. Este argumento en mi dictámen tiene mucha fuerza; pero como cada dia se están descubriendo cosas nuevas; quien sabe si de aquí á algunos años se hará algun nuevo descubrimiento por el qual se averigüe la causa de este efecto, sin que sea la que quieren los Copernicanos?

Silv. Yo no entiendo de esas demostracio-

nes, y siempre dudo de esas medidas; ni sé cómo se pueden tomar.

Teod. Tampoco yo lo sabia ántes de estudiarlo: no me puedo detener mucho en esto, que si no yo os diria cómo se habian tomado.

Eug. Venga el otro fundamento que deciais.

Teod. Alguna semejanza tiene con este. Supuesto lo que queda dicho, en caso que la Tierra se moviese al rededor de sí misma, todos los cuerpos en el Equador y lugares cercanos habian de pesar ménos, y por consiguiente caerian con ménos velocidad hácia la Tierra, á causa de debilitarse el ímpetu ó fuerza que los arrastraba. De aquí se seguiria que las péndolas de los relojes se habian de mover mas despacio; siendo así que su movimiento proviene de que caen, y con esa fuerza que ganaron al caer, vuelven á subir: luego siendo menor la velocidad de los cuerpos al baxar, tambien será menor al subir con el ímpetu adquirido en la baxada; y en fin tenemos que las péndolas harian sus movimientos mas despacio en el Equador que en los lugares próximos á los polos. Esto es lo que la razon y las leyes del movimiento muestran que sucederia en caso que la Tierra se moviese.

Silv. Pero no sucede así.

Teod. Tambien hoy es cosa constantemente sentada que en el Equador son las vibraciones de las péndolas mucho mas lentas que en las regiones próximas á los polos; de

suerte , que una misma péndola que en el Equador hacia en determinado intervalo de tiempo cierto número de vibraciones , ya en París , que dista mucho de la línea , hacia muchas mas vibraciones , y en Laponia , que está mucho mas distante á la parte del Nórte , hacia todavía mas : como exáctísimamente lo observáron los Académicos enviados á medir la figura de la Tierra , así los que fuéron al Perú , como los que pasáron á Laponia. Pero ademas de estos Académicos ya otros muchos ántes de ellos habian hallado esa diferencia , y advertido que las péndolas quanto mas cerca del Equador , tanto mas despacio se movian. Y siendo evidente que un péndulo quanto mas corto es , tanto mas ligero anda , sin que en esto se atienda ni á la materia de la varilla ni á su peso , sino solo á la longitud : es ya cosa sentada entre todos los Astrónomos que quando los lugares están mas cercanos al Equador , es preciso acortar las péndolas , para que en las vibraciones concuerden con las otras que hacen sus movimientos en lugares distantes de la línea.

Eug. ¿Y que responden á ese argumento los que no son Copernicanos ?

Teod. Unos responden que esto procede de que en la línea y lugares cercanos á ella , con el excesivo calor que allí hace , se extienden las varillas de las péndolas , y se vuelven un poco mas largas ; de lo qual por leyes infalibles se sigue que han de moverse mas despacio.

Silv. Esa respuesta lo deshace todo.

Teod. No es tan buena como parece ; porque en Quito al mismo tiempo que estaba nevando , andaba la péndola tan despacio , que fué preciso acortarla para que sus vibraciones concordasen con las de París. Además de que este calor insufrible de la Zona tórrida con que ántes nos asustaban , ya sabe Eugenio por experiencia que es fabuloso. Si la calma se debe medir por la proximidad del Sol , por San Juan mucho mas cerca está el Sol de Lisboa que de la línea. Mas para que veais , Silvio , cómo se examinan estas cosas menudamente , una barra de metal de 30 pies de largo puesta al calor ardentísimo del Sol se alargó una línea mas ; y acá las péndolas en el Equador si tienen 3 pies y 8 líneas de largo , es preciso acortarlas 2 líneas , por lo qual si este efecto procediera del calor , era preciso que allí donde freqüentemente se halla nieve , hiciese un calor veinte veces mayor que acá en lo mas riguroso del estío.

Silv. ¿ Como haceis esa cuenta ?

Teod. El calor de la línea , aun en tiempo de mucha nieve , extiende por vuestro cálculo la péndola de 3 pies y 8 líneas hasta hacerla crecer 2 líneas : luego á la que tuviese 30 pies de largo , habia de aumentarla 20 líneas para que tocasen 2 á cada 3 pies ; pero vemos que acá el calor del estio mas fuerte solo hace crecer una línea á una barra de 30 pies : luego allá en la línea quando yela , hace un calor veinte ve-

ces mayor que acá en la fuerza del estío.

Eug. Yo no entiendo de esas cuentas, solo sé que hace gran calor, y en algunos parages muy poco, y que se halla mucha nieve por los montes.

Silv. Á mí me parece que esta mañana he leído en este mismo libro que eso de las péndolas no era así siempre.

Teod. Algunas observaciones hay que no concuerdan totalmente; ántes parece que en algunos lugares poco distantes del Equador, las péndolas no menudean mas las vibraciones á proporcion de los grados de latitud ó distancia de la línea; pero creo que no pasan de dos ó tres las experiencias ¹, las quales podrian no haber sido hechas con toda la delicadeza y exâctitud que estas materias requieren; y siendo en lugares muy cercanos á la línea, no podia ser muy notable la diferencia; pero lo comun de ellas es que quanto mas distan las péndolas del Equador, mas freqüentes son las vibraciones, especialmente comparando los lugares próximos á la línea con otros notablemente distantes, por exemplo Lisboa; ó tambien si se compara á Lisboa con París y Lóndres, ó á París con Laponia, &c. siendo siempre preciso acortar las péndolas quando se hacian las observaciones en lugares notablemente mas llegados al Equador. Pero esa y otras cosas que andando el tiempo podrán descubrirse, tal vez llegarán á demostrar

¹ Wolf. *Elem. Astron.* §. 582.

que ese efecto no procede del movimiento de la Tierra.

Eug. Para que los Copernicanos no nos convenzan , basta que sus argumentos no sean evidentes : ¿ no es así ?

Teod. Así es ; porque no habiendo argumento evidente , debemos estar por la literal y rigurosa inteligencia de la Escritura. Otros argumentos alegan ellos , que hacen poca fuerza. Uno es la tardanza que se advierte en la propagacion de la luz desde Júpiter hasta nosotros , quando el Sol está en medio ; porque observando el tiempo de los eclipses de los satélites de Júpiter quando al pasar por detras de él , se meten en su sombra , siempre tardan un quarto de hora en obscurecerse ; pero quando la Tierra quadra entre el Sol y Júpiter , pierden la luz un quarto de hora mas presto. Esto lo atribuyen ellos á que como la Tierra anda al rededor del Sol con el movimiento anual , quadra en esa vuelta unas veces mas cerca de Júpiter , y otras mas léjos. Este argumento para mí no tiene la menor fuerza ; porque en el sistema Ticónico puesta la Tierra inmóvil , como Júpiter hace su órbita al rededor del Sol , y conserva de él una misma distancia sensible , estando el Sol y Júpiter en *conjuncion* , tiene este planeta mucho mayor distancia de nosotros , que estando en *oposicion* , segun ya os he dicho. Viendo las estampas de uno y otro sistema , fácilmente se conoce que en ámbos la distancia de Júpiter á nosotros varía nota-

blemente, y puede causar esa misma tardanza en la propagacion de la luz. Tambien pretenden algunos tomar argumento del viento *Este* que siempre reyna en la línea; pero no hace fuerza, porque si él procediera de la rotacion de la Tierra de Poniente á Levante, tambien se habia de sentir esta vi-razon por todas las otras partes, bien que mas suave, á causa de que todas las regiones se movian con la superficie de la Tierra de Poniente á Levante. Otros argumentos deducen de la causa fisica de los movimientos de los cuerpos celestes; y segun entiendo, si por ventura es cierto que Dios los gobierna por las leyes de gravedad é impulso que conocemos acá en los cuerpos terrestres, tienen razon; pero ¿quien nos ha de probar con evidencia que Dios sujetó los cuerpos celestes á las leyes de movimiento de los terrestres? Quando tratemos de la causa fisica de este movimiento, lo veremos con mas claridad. En fin, pueden deducir el movimiento de la Tierra de la teórica de los cometas que se estableció entre todos los Astrónomos despues de la aparicion pronosticada de este cometa del año de 59; y á este argumento se responde muy bien en el sistema Ticonico, porque como el foco de las elipses de los cometas es el Sol, moviéndose este y estando la Tierra fixa, tenemos al cometa correspondiendo á las mismas estrellas á que corresponderia visto desde la Tierra, si ella anduviese y el Sol estuviese parado.

Eug. En conclusion ¿ vos á que sistema os inclináis ?

Teod. Yo como *tesis* á ninguno me inclino ; esto es , ninguno me atrevo á decir que es verdadero en realidad , porque cada qual tiene sus dificultades que no se deben despreciar : y ni la Iglesia tiene declarado por verdadero ninguno de los dos , ni hay demostracion evidente á favor de ninguno de ellos. Ahora como *hipótesis* ; esto es , como mera suposicion que cada uno establece para explicar en ella todos los efectos , me inclino al Copernicano , usando de la licencia que me concede la Iglesia por un decreto de los Cardenales Diputados de la Suprema Inquisicion en el año de 1620 ; y me inclino mas á este que al otro , no pasando de mera hipótesis , porque se explican mejor en él los fenómenos y movimiento de los astros ; en tanto grado , que hasta el P. Ricciolo , Jesuita , excelente Astrónomo , teniendo bastante aversion á este sistema , como se conoce por los argumentos y modo con que lo impugna , quando quiere explicar los fenómenos y formar los cálculos de los movimientos de los astros , se vale de él. Hoy todos los Astrónomos le adoptan para el mismo fin por la mas fácil explicacion de los efectos que se observan , y mejor calculacion de los movimientos. Pero la verdad solo Dios la sabe , porque , como he dicho , ninguno de estos dos sistemas está demostrado físicamente , ni definido por la Iglesia. Vamos á ex-

plicar los movimientos de los astros.

Eug. En este punto nos hemos detenido mucho.

§. VII.

De los Astros retrógados y estacionarios.

Teod. **A**hora conviene explicaros como los astros unas veces caminan derechos, otras hácia atras, y otras parece que ni andan atras ni adelante: quando andan hácia atras, se llaman *retrógados*; y quando parecen parados, los llamamos *estacionarios*.

Silv. ¿Pues que, los planetas andan á veces hácia atras y otras hácia adelante?

Teod. Á lo que parece por lo que nos representan los ojos, sí; pero en realidad no. Pongamos exemplo en Júpiter. Su movimiento propio en todos los sistemas ya se sabe que es de Poniente á Levante: si este planeta apareció hoy junto á una estrella, y mañana se ve desviado de ella hácia el Oriente, decimos que va derecho; pero si hoy, mañana y esotro dia aparece siempre junto á la misma estrella, decimos que entónces está *estacionario*. Pero muchas veces sucede que despues de haber aparecido hoy junto con la estrella, mañana se ve algo desviado de ella hácia Poniente, y el otro dia todavía mas: en estos casos decimos que Júpiter anda *retrógrado* ó hácia atras. Todos los planetas tienen esto: ahora conviene saber de qué procede este efecto, y si esta irregularidad de movimientos es

real ó solo aparente. Hemos de hacer separacion entre los planetas que llaman *inferiores*, que son Mercurio y Vénus, y los *superiores*, que son Márte, Júpiter y Saturno. Lo que dixéremos de Vénus, tambien quadra á Mercurio; y lo que se dixere de Márte, conviene á Júpiter y á Saturno. Vamos á Vénus. Pero ántes de empezar á explicar este punto, quiero advertiros que aquí no hacemos cuenta del movimiento comun en 24 horas de Levante á Poniente; porque procedo en el sistema Newtoniano, que reputa esos movimientos por aparentes. Solo hablo de los movimientos propios de cada astro, que todos son de Poniente á Levante. Esto supuesto, ya sabeis que Vénus anda al rededor del Sol perpetuamente en este círculo que para mas fácil inteligencia formo aquí (*estamp. 3. figur. 5.*). Pongo al Sol en el medio, y al rededor de él á Vénus *v*; mas abaxo hago una porcion del círculo que en el sistema Copernicano describe la Tierra; y allá arriba hago esta línea curva *NP*, que se supone ser una porcion del cielo estrellado. *N* significa Oriente, y *P* Poniente; porque moviéndose la Tierra *T* de *n* á *m*, parece á sus habitantes que el Sol se mueve por el cielo de *P* á *N*, que es lo mismo que de Poniente á Oriente. Miéntras Vénus va de *v* á *c*, la Tierra no puede andar tan apriesa en su órbita; por lo qual si primero le correspondia en *R*, despues le quadra en *G*; y este movimiento es *retrógrado*, por-

Est. 3.
fig. 5.

que es de Levante á Poniente. Pero supongamos que Vénus llegó á *e* : como allí ya se inclina mucho su órbita respecto de la de la Tierra , ha de suceder que tirando dos paralelas , el espacio *a e* de la órbita de Vénus sea tanto mayor que el de la órbita de la Tierra á causa de la mayor inclinacion , quanto la velocidad de Vénus es mayor que la de la misma Tierra. En estos términos Vénus mirado desde la Tierra, siempre corresponderá á un mismo lugar sensible del cielo , y nos parecerá estacionario. Pero en pasando Vénus de *a* , como ya su órbita se inclina mucho , siempre la Tierra, aunque mas lenta, se desvia mas que él de la línea *T R* ; y ya Vénus que visto desde la Tierra aparecia en *G* , ahora ha de corresponder un poco desviado de *G* hácia *R* ; y continuando la Tierra en andar hácia *m* , y Vénus en la vuelta inferior de *a* hácia *s* , y de *s* hácia *i* , al que estuviere en la Tierra , le parecerá que Vénus se mueve de *G* á *R* , y de *R* á *N* ; y este movimiento se llama directo , porque es de Poniente á Oriente. Pero prosiguiendo Vénus y la Tierra su camino , llegarán á corresponder entre sí como si Vénus estuviera en *i* , y la Tierra en *T* : entónces quando la mayor velocidad de Vénus respecto de la Tierra tuviese la misma proporcion que el espacio de su órbita entre las dos paralelas respecto del espacio de la órbita de la Tierra , volveria Vénus á aparecer estacionario; y avanzando de *i* hácia *v* , como anda mas

aprieta que la Tierra, pasaria por ella, é iria correspondiendo en el cielo sucesivamente de *N* hácia *R*, que es el movimiento retrógrado. Por lo qual en un giro entero Vénus seria retrógrado desde *i* hasta *e*: desde *e* hasta *a* estacionario; y desde *a* hasta *s*, y desde *s* hasta *i* caminaria directo: en *i* volveria á ser estacionario, y despues otra vez retrógrado. Y esto es lo que en realidad sucede.

Eug. Segun lo que me decis, la irregularidad de ese movimiento es solo aparente; porque efectivamente Vénus siempre se mueve en su línea continuada de Poniente á Oriente.

Silv. Pues por eso mismo que se mueve en una línea continuada, si quando anda á la parte de allá del Sol, se mueve hácia una parte, quando da vuelta por acá ha de moverse hácia la opuesta para venir á completar su círculo: esto es una cosa manifiesta.

Eug. Luego tenemos que quando Vénus pasa por entre nosotros y el Sol, va retrógrado; pero al principio y fin del movimiento retrógrado queda algun tiempo estacionario, y en todo el tiempo restante va con movimiento directo.

Teod. Eso es; y lo mismo á proporcion se dice de Mercurio. Ahora vamos á los planetas superiores.

Eug. Que son Márte, Júpiter y Saturno: ¿no es así?

Teod. Así es. Expliquemos el movimien-

Est. 3.
fig. 6.

to retrógrado de Márte , y quedará explicado el de los otros dos. Hagamos , pues , otra figura para mas fácil inteligencia (*estamp. 3. fig. 6.*). El Sol está en el medio del círculo que describe la Tierra *T* (ya he dicho que explico estos efectos en el sistema Copernicano): la Tierra se mueve de *r* hácia *e* , y de allí para *o* , *s* y *r* : del mismo modo Márte se mueve en su órbita mas despacio , pero tambien de *m* hácia *n* ; esto es , de Poniente á Levante ; pero como la Tierra anda mas ligera que él , desde que llega á *r* , va pasando por debaxo , y como dexándole atras ; de suerte , que mirando desde la Tierra *T* , si Márte entónces correspondia en *R* , de allí á poco ha de aparecer en *g* ; y aquí tenemos movimiento retrógrado , que es de *R* á *g* , ó de Oriente á Poniente. Supongamos ahora que la Tierra llega á *e* : como ya comienza su línea á inclinarse mucho , puede , sin embargo de su mayor velocidad respecto de Márte , no salir de las dos paralelas que aquí supongo formadas , sino al mismo tiempo que sale este planeta , por estar la línea de la Tierra mas inclinada. En este caso , mirando desde la Tierra , parecerá Márte en un mismo lugar sensible del cielo ; porque la distancia de las paralelas allá arriba no puede echarse de ver. Juzgará , pues , el observador que Márte está parado ó estacionario ; pero en pasando la Tierra de *o* , como la línea de la órbita se inclina mucho hácia abaxo , se va desviando Márte de la línea *T R* mu-

cho mas que la Tierra , y al que mirare desde ella le parecerá que Márte se mueve de g para R , que es lo mismo que de Poniente á Levante, ó con movimiento directo ; y así continuará miéntras la Tierra va dando vuelta por s hasta llegar á r . Pero durante que la Tierra estuviere respecto de Márte en esa postura , vuelve á aparecer estacionario por la misma razon , y de r hasta e otra vez retrógrado. No sé sí me explico bastante.

Eug. Yo bien lo entiendo. Segun lo que percibo , infiero que todas las veces que la Tierra pasa por entre el Sol y qualquier planeta superior v. g. Márte , como camina mas velozmente que ellos , nos parece que ellos reculan , así como quando nosotros vamos por el rio con mucha velocidad navegando á remo y vela , todas las demas embarcaciones que navegan mas despacio , nos parece al pasar por junto á ellas que retroceden. De este modo al que va en la Tierra, al emparejar con Márte ó Júpiter , que son mas ronceros , le ha de parecer que esos planetas caminan hácia atras ó con movimiento retrógrado ; pero quando nosotros empezamos á dar vuelta , ya nuestra velocidad aunque absolutamente sea mayor que la suya, hace que ellos nos correspondan de otra suerte , y en lo restante de la jornada andando nosotros hácia una parte en la vuelta de abaxo , y ellos hácia la contraria en su órbita de arriba , nos parecerá que caminan ligerísimamente con su movimiento de P á

Nó de Poniente á Levante , que es el directo.

Teod. Ya veo que me habeis comprehendido.

Eug. Supuesto lo que me teneis dicho, infiero que un planeta puede en su órbita ser muchas veces retrógrado.

Teod. Inferis bien ; porque todas las veces que la Tierra pasa por entre él y el Sol , como camina con mas velocidad , ya el planeta le quadra retrógrado : así Júpiter en cada revolucion será mas veces retrógrado que Marte ; y Saturno todavía mas que Júpiter.

Eug. Estoy satisfecho.

Teod. Siendo así , baste por hoy ; porque lo que ahora se seguia , era mostraros la causa de los movimientos de los astrós y las leyes que infaliblemente observan ; pero es mucho para hoy : este será el asunto de la conferencia de mañana.

Silv. Sea en hora buena , porque la cabeza poco acostumbrada á estas materias se cansa si las conferencias son largas. Vamos á divertirnos jugando lo restante de la noche, que hoy no estoy para mas estudio.

Teod. Vamos.

 TARDE XXXIII.

De la causa física del movimiento de los Astros y de las leyes que perennemente observan.

§. I.

Del sistema Newtoniano en comun.

Teod. ^{II}~~A~~ ^{II}~~A~~oy, amigos, hemos de discurrir mas conforme á nuestra profesion que en los dias precedentes; porque hasta aquí mas nos gobernaban los anteojos de los Astrónomos, que la razon de Filósofos: hoy es el discurso el que ha de hacer todo el gasto; y os causará admiracion el ver como la razon puede descúbrir las causas físicas ó principios de los movimientos de toda esa maravillosa fábrica. Sobre este punto hubo varias opiniones, y puede ser que Silvio se incline á algunas diversas de la que yo he de seguir.

Silv. Bien sé que fué opinion de Platon, Orígenes, Ciceron, y otros muchos que los astros eran animados, y tenian su alma racional é inteligente, la qual dirigia y gobernaba sus movimientos; pero esta sentencia nunca me agradó. La que yo sigo es la que llevan casi todos los Santos Padres; y

dice que los astros son gobernados por *Inteligencias*; esto es, por Ángeles que Dios tiene destinados para su conduccion: y el fundamento me parece concluyente. Porque los astros no se pueden mover por sí mismos: si eso fuera, diríamos que tienen alma, lo qual no se puede decir: luego son movidos por otro: esta otra causa que los mueve, debe ser poderosa y sabia, y esto solo conviene ó á Dios inmediatamente, ó á sus ministros, que son los Ángeles: que admitir otro cuerpo que los mueva, es cosa ridícula; pues ese cuerpo no podría gobernarlos bien no teniendo inteligencia: además de eso necesitaba de quien le moviese á él, porque ningun cuerpo se mueve á sí mismo, como muchas veces nos habeis dicho.

Teod. Los Cartesianos quieren que los astros sean movidos por los vórtices de materia etérea que continuamente están girando al rededor del Sol. Keplero, hombre asombroso por algunos descubrimientos que hizo en el movimiento de los astros, no fué muy feliz en señalar la causa de su movimiento; pues dixo que el Sol arrojaba de sí ciertas especies no materiales, que movidas al rededor de él, arrastraban consigo á los planetas. Quando hablamos de los vórtices de Descartes, ya os mostré la poca verisimilitud de estas sentencias. Ahora por lo que toca á la opinion de los Ángeles, así como en otro tiempo fué seguida de los Santos Padres, tambien hoy es desechada

de los Filósofos christianos, porque hallan que no es decoroso á la Sabiduría del Supremo Arquitecto el que las piezas de esta máquina necesiten de que las estén siempre moviendo. ¿Que habilidad mostraria un hombre en hacer qualquier máquina, si á cada rueda de ella pusiese un mozo que la moviese continuamente? Los hombres han ideado máquinas que imitan con bastante propiedad los movimientos de los astros, y se pueden mover con un muelle ó con un peso; ¿y la Sabiduría de Dios no haria en realidad á lo ménos una cosa que los hombres se atreven á imitar? La veneracion que se debe á los Santos Padres, es en aquellas cosas en que hablaron como iluminados, bebiendo la doctrina de las Santas Escrituras, de los sagrados Concilios ó de la tradicion de los mayores; pero en materias de Filosofía solo merecen el respeto que por sí tiene su opinion y el fundamento de ella, el qual en esta es muy débil; pues en su tiempo ni habia instrumentos, ni observaciones bien hechas.

Silv. ¿Y adonde vais á parar con eso?

Eug. Yo tambien estoy aguardando el fin del discurso de Teodosio; porque los astros no se mueven por sí mismos, ni por otro cuerpo, pues ya habeis impugnado los vórtices, ni por los Angeles: solo resta que los mueva Dios; pero me inclino á que no sereis de esa opinion.

Teod. Pues estais equivocado. Digo que es Dios; mas de un modo que acredita mu-

cho su Sabiduría suprema. Esto va como mera hipótesis, y es explicar el hermoso sistema Newtoniano, que en mi dictámen es la cosa mas ingeniosa que se ha visto en toda la Física. Dadme atencion; y si no entendiéreis alguna cosa, replicad para que yo os la explique.

Eug. Perded cuidado, que miéntras yo no replicare, es señal de que lo voy entendiendo todo.

Est. 3.
fig. 7.

Teod. Supongamos que en la cumbre de un altísimo monte (*estampa 3. figur. 7.*) se colocase un cañon de artillería horizontalmente, y que arrojase una bala. Si fuese con poca ó casi ninguna fuerza, luego caería la bala á la falda del monte *o*: si la fuerza fuese mayor, avanzaría la bala mas hasta *i*, y la línea que describiese, no sería tan curva. Supongamos que en los tiros que sucesivamente echaba, cada vez iba subiendo de punto la fuerza; al mismo paso iria siendo la línea ménos curva. Ahora bien, supongamos que la fuerza fuese infinita; en este caso la bala iria por la línea recta *a e*, y nunca declinaría de ella hácia abaxo, porque la fuerza infinita nunca flaquea. Mas no siendo infinita esta fuerza, algo habia de flaquear, y la bala se desviaría de la línea recta, describiendo una curva. Esta curva lo sería mas ó ménos con proporcion á la fuerza; de suerte, que tanto ménos se baxaría ó encorvaría, quanto mayor fuese la fuerza de la proyeccion. Supongamos, pues, que la fuerza fuese en tal medida, que la línea que

la bala describia , se desviaba de la recta (ó tangente) *a e* tanto como de esta recta ó tangente se desvia la circular descripta al rededor de la Tierra *a m n*. En este caso (prescindiendo de la resistencia del ayre, que continuamente iria oponiéndose á la bala, y debilitando su fuerza) daria la bala una vuelta al rededor de la Tierra; porque si no fuese por su peso y gravedad, que siempre la hace inclinarse al centro de la Tierra, iria por una línea recta *a e*, y huiria de la Tierra; pero la gravedad que siempre la oprime, siempre la está tirando, y la hace encorvarse y voltear en círculo: así como el ronzal en la mano del picador detiene al caballo que anda al rededor, y es el que le hace ir doblando siempre en giro su carrera; pero en el momento que la cuerda se rompiese, el caballo, si el campo estuviese libre, seguiria la línea recta, y no continuaria dando vuelta.

Eug. Pero ahora por mas fuerza que lleve la bala, siempre viene á dar en el suelo.

Teod. Así es; porque puede mas la gravedad que la fuerza de la proyeccion. No se contenta con la curva circular, si no que hace á la bala doblar mucho mas por la línea *a o*: así como quando el picador no se contenta con hacer que el caballo ande en círculo igualmente distante de él por todas partes, tira de él con fuerza; de suerte, que le hace venir á la mano. Pero á mí me basta que vosotros entendais como la fuerza

de la proyeccion podria ser tanta , que la gravedad ó peso apénas pudiese encorvar la línea de la proyeccion *a e* hasta hacerla circular como *a m n*.

Eug. Bien comprehendo cómo eso puede ser,

Teod. En este caso debeis considerar dos fuerzas , una que llaman *centrífuga* ó fuerza para huir de la Tierra y su centro , la qual se envuelve en la fuerza de la proyeccion , y otra que llaman *centrípeta* ó atraccion , y esta es la que la bala retiene y le estorba el que huya por la línea recta *a e* , como ella lo intentaba.

Eug. Aplicando esos nombres á la comparacion de que habeis usado , la fuerza que el picador hace para mantener el caballo en el círculo , es *centrípeta* ó atraccion ; pero la fuerza que hace el caballo para seguir la línea recta , la llamaremos *centrífuga*.

Teod. Decis bien. Ahora añado algunas proposiciones que pertenecen á las leyes generales del movimiento , y vos no sabeis; porque quando hablamos de estas materias, era muy al principio , y no estábais sino para cosas muy perceptibles. *Proposicion primera ; Todas las veces que un cuerpo se mueve en círculo al rededor de otro , forzosamente debe haber estas dos fuerzas , una centrípeta que le haga encorvar la línea del movimiento (de lo contrario seguiria la línea recta) : otra centrífuga , con la qual forceje el cuerpo para seguir la recta , y apartarse del centro ;* porque pre-

cisamente todo cuerpo que se mueve en giro, forceja por seguir la línea recta, y si se escapa de la fuerza que tira de él hacia el centro, va por línea recta, como la piedra disparada de la honda, y el caballo que rompe el ronzal. De otra suerte, si el cuerpo no tuviese esta fuerza con que intenta huir del centro, obedecería á la fuerza centrípeta, y cesando de moverse en círculo, vendría derecho á dar al centro.

Eug. Eso es claro.

Teod. Añado otra mas. Proposición segunda: *Moviéndose un cuerpo en círculo al rededor de otro, necesariamente deben ser iguales las dos fuerzas centrípeta y centrífuga*; y esto es manifiesto, porque teniendo el cuerpo este movimiento, ni se acerca ni se aparta mas de lo que estaba respecto del cuerpo que está en el centro. Resulta, pues, bien claro que si la fuerza centrífuga fuese mayor, habia de vencer á la otra, y el cuerpo se apartaria mas del centro; y si la fuerza centrípeta ó atracción fuese mayor, tambien habia de vencer á la otra, y el cuerpo se acercaria mas al centro.

Eug. Eso era infalible.

Teod. Supuestas estas leyes, dice Newton: Todos los planetas pesan hácia el Sol, al modo que todos los cuerpos terrestres pesan hácia la Tierra. Fuera de eso, Dios quando los crió, los impelió por líneas rectas y tangentes; pero la atracción del Sol ó la gravedad de los planetas hácia él es

una como cuerda que los obliga á doblar la carrera , no consintiendo que se desvien ni huyan de él por las líneas rectas , como ellos pretendian por el ímpetu con que se mueven ; y así esta atraccion los precisa á girar en círculo al rededor del Sol. Dios que sabia quanto era el peso de cada planeta , ó la fuerza de inclinacion hácia el Sol , los impelió con una fuerza proporcionada á su peso ; de suerte , que ni la fuerza centrífuga venciese á la atraccion , ni fuese vencida de ella , sino que girasen al rededor del Sol en círculos perpetuos. Porque como allá no hay materia que retarde á los planetas , con la misma velocidad con que diéron la primera vuelta al rededor del Sol , continúan girando siempre. ¿Que me decis de este pensamiento ? ¿No es á un mismo tiempo sencillo , natural y sumamente ingenioso ?

Eug. ¿ Quien puede dudarlo ? Acuérdomme de la honda , que retiene la piedra en giro , forcejando ella por seguir la línea recta. Acuérdomme de ese exemplo del picadero , en que conteniendo el picador con el ronزال la furia del caballo , le obliga á dar vueltas al rededor de él ; y no veo por que el peso de los planetas hácia el Sol no pueda ser una como cuerda que les haga doblar la carrera , forcejando por una parte ellos siempre por apartarse del Sol , y por otra tirando siempre el Sol de ellos con la fuerza del peso ó de la atraccion , y obligándolos á no desviarse de él mas de lo que

distaban, ó lo que es lo mismo, haciéndoles girar en círculo.

Teod. Ahora, pues, lo que se dice de los planetas primarios respecto del Sol, se debe entender de los satélites ó planetas secundarios respecto de los primarios, y lo mismo de la Luna respecto de la Tierra. ¿Estais hecho cargo del sistema? Pues ahora vamos á ver sus pruebas. Confiésoos que quando ví que la Luna solo por estas leyes de la gravedad que nosotros conocemos aquí en la superficie de la Tierra, es obligada á girar al rededor de ella, y que exâctísimamente se ajustaban á las leyes del movimiento y á la observacion, me quedé pasmado.

§. II.

Pruebas de la gravedad general y mutua de todos los cuerpos.

Silv. **P**ues vamos á ver los fundamentos de esa idea, que á la verdad es ingeniosa.

Teod. En primer lugar establece Newton que en todos los cuerpos hay una general y mutua gravedad, la qual si se considera de parte del cuerpo que se mueve, se llama *gravedad* ó *peso*: si la consideramos de parte del cuerpo para donde se mueve, se llama *atraccion*; sea esto en realidad lo que fuere, porque Newton por esta palabra solo quiere significar el efecto; esto es, el moverse ó inclinarse un cuerpo á otro. To-

dos los cuerpos terrestres pesan hácia la Tierra, y unos pesan hácia otros recíprocamente; pero como en la cercanía de la Tierra ningun cuerpo por grande que sea hace figura á vista de este globo, así tampoco puede ser sensible la fuerza con que un cuerpo atrae á otro, á vista de la fuerza con que todo el Orbe terráqueo los atrae á ámbos. Pero es muy perceptible la gravitacion ó peso de la Luna hácia la Tierra. Esta gravitacion se prueba manifestamente por lo que poco ha os he dicho (proposicion primera). Siempre que un cuerpo se mueve en giro al rededor de otro, tiene fuerza centrípeta; esto es, fuerza que le empuja hácia el centro; pues á no ser por eso, seguiria la línea recta, que es la mas natural y sencilla; y es bastante claro, que un cuerpo que siempre va torciendo el camino hácia una parte, tiene causa que le obliga á torcer é inclinarse hácia ella. Esta causa, pues, que hace á la Luna torcer siempre el camino inclinándose á la Tierra, y girando siempre al rededor de ella (como la piedra en la honda al rededor de la mano, y el caballo con el ronzal al rededor del picador), esta fuerza de inclinacion hácia la Tierra se puede llamar *peso* ó *gravedad*; ni nosotros quando decimos que la Luna pesa hácia la Tierra, pretendemos otra cosa sino que haya una fuerza que siempre la empuje hácia ella. Por el mismo discurso se ve que los satélites de Júpiter pesan hácia Júpiter, y los de Saturno hácia este planeta;

de lo contrario no podrian girar al rededor de ellos ; pues , por la proposicion primera sentada , quando un cuerpo voltea al rededor de otro , siempre hay una fuerza que lo impele hácia el centro , y le hace doblar el camino á cada paso , pues si no fuera así , seguiria con el impulso su camino derecho.

Eug. En eso ya estoy : continuad.

Teod. Y como todos los planetas giran al rededor del Sol , por este método se prueba que todos tienen fuerza que los impela hácia él , y no les dexé seguir las líneas rectas de sus proyecciones : á esta fuerza se llama peso hácia el Sol. Ahora falta probar el peso recíproco de unos planetas hácia otros ; pero esto solo se hace sensible en Júpiter y Saturno , porque quando Júpiter pasa lo mas cerca de Saturno que permiten sus órbitas , se observa que Saturno se baxa un poco obedeciendo á la atraccion de Júpiter ; y los satélites de Júpiter se perturban en sus órbitas por obedecer á la atraccion superior de Saturno.

Eug. Cierto que esa observacion es admirable.

Teod. Ahora es menester que sepais las leyes de esta gravedad recíproca. Bien os acordareis de que quando hablamos de la *gravedad* , os dixé que por muy diversos que fuesen los pesos de los cuerpos , prescindiendo de la resistencia del ayre , todos caian hácia la Tierra con igual velocidad ¹.

Eug. Bien me acuerdo.

Teod. Pues deduzcamos de ahí una regla general. Proposicion tercera : *Para hacer juicio de la velocidad con que un cuerpo caeria hácia su centro , no se debe atender á la cantidad de materia del cuerpo que cae ; pues vemos que así el plomo, como el corcho y la pluma todo cae con igual velocidad hácia la Tierra (prescindiendo de la resistencia del ayre). Notad bien esto.*

Eug. Convengo con vos , porque me acuerdo de las experiencias y razones que entónces me propusisteis.

Teod. Ahora en esta otra ley que os voy á decir , podreis tener alguna duda. Digo que (proposicion quarta) *conforme es la masa ó cantidad de materia del cuerpo que atrae ó que está en el centro , así es la fuerza con que se mueve hácia ella el cuerpo atraido que gira al rededor.* V. g. un cuerpo colgado á igual distancia sobre la Tierra y la Luna con mas velocidad caeria hácia la Tierra , que hácia la Luna. La razon es , porque siendo esta ley de la gravedad general y mutua , todas las partículas de materia atraen y tiran por todas las otras. Luego las partículas de materia que hay en la Tierra , como son muchas mas que las de la Luna , harán todas juntas una fuerza de atraccion mucho mayor en aquella que en esta ; y así tirando una y otra fuerza por un cuerpo puesto á igual distancia de ámbas , mas velozmente ha de obe-

decer á la atraccion de la Tierra que á la de la Luna. Pongamos algun exemplo práctico. Una piedra iman quanto mayor es, con tanto mayor fuerza tira por el hierro, porque son mas las partículas atrayentes y mayor la fuerza atractiva. Otro exemplo: si ponemos en dos barquillas ligeras dos piedras imanes desiguales á distancia y en positura que recíprocamente se atraigan, ámbas se moverán hasta juntarse; pero la mas pequeña se moverá con mas velocidad, y obedecerá mas prontamente, porque la fuerza atrayente de la otra es mayor. Luego (proposicion quinta) *establecida esta mutua atraccion ó gravedad entre dos planetas, si los dexasen libremente obedecer á ella, el mas pequeño se moveria con mayor ligereza, siendo tanto mayor la velocidad en él quanto el otro le excede en masa ó en la fuerza atrayente proporcionada á la masa.*

Eug. Tambien admito esa proposicion fácilmente, y se deduce de los principios establecidos; y hasta Silvio con su silencio da muestras de aprobarlas.

Silv. Supuestos los principios sobre que Teodosio discurre, las proposiciones que va sentando son consequencias necesarias.

Teod. Todavía falta otra ley, y viene á ser (proposicion sexta), que *esta gravedad mengua, y se disminuye á proporcion que se aumenta el quadrado de la distancia á que está el cuerpo.*

Eug. Eso no lo entiendo.

Teod. No me acuerdo de si os expliqué ya qué cosa era número quadrado. Número quadrado es el producto de qualquier número multiplicado por sí mismo. V. g. 4 es quadrado, porque es el producto de 2 multiplicado por 2: del mismo modo 9 es número quadrado; porque 3 multiplicado por sí mismo da 9. El número que se multiplica, se llama raíz quadrada, y el producto número quadrado. Para ver si me habeis entendido, quiero que me señaleis algunos números de esta clase.

Eug. Creo que son quadrados todos estos 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100.

Teod. Habeis acertado, porque 2 multiplicado por sí da 4, 3 multiplicado por sí da 9, 4 multiplicado por sí da 16, 5 multiplicado por sí da 25, &c. Pues ahora ya que hemos tocado esto, será bien que digamos lo que será preciso de aquí á poco. Ya sabeis que número quadrado es el producto de un número multiplicado por sí mismo; mas sabeis que quiere decir número cúbico?

Eug. No.

Teod. Número cúbico es el producto del número quadrado multiplicado por su raíz: por exemplo, 9 es número quadrado, y su raíz es 3: multiplicad 9 por 3, y se hará número cúbico.

Eug. De ese modo 27 es número cúbico, porque 3 veces 9 dan 27.

Teod. Así es. Por tanto, quando querais hacer un número cúbico, no teneis mas que

tomar qualquier número v. g. 2 , y multiplicarlo por sí mismo , de que resulta 4 que es número quadrado : volved á multiplicar ese 4 ó número quadrado por el primer número 2 que llamamos raiz , y sale 8 , porque 4 por 2 dan 8.

Eug. Por esa cuenta el número cúbico formado de la raiz 2 es 8 como decis : el número cúbico formado de la raiz 3 es 27, porque 3 por 3 son 9 , y 9 por 3 son 27: el número cúbico de 4 son 64 , porque 4 por 4 son 16 , y 16 otra vez multiplicado por 4 son 64. Ya veo que los números cúbicos crecen muy apriesa.

Teod. Así es ; y entendido eso , os será fácil entender lo que voy á decir. Un cuerpo puesto sobre la Tierra en diversas alturas , no en todas tiene el mismo peso ó fuerza para venir á la Tierra. Junto á ella la fuerza es mayor ; pero allá á una gran distancia es menor esta fuerza ; y si quereis saber puntualmente quanto es menor allá arriba , reducid esas distancias á número de brazas ó leguas , haciendo de cada una su número quadrado , y la diferencia de los dos números os mostrará la diferencia de la gravedad en esas distancias. Pongamos un exemplo : una bola de qualquier materia puesta en la cercanía de la Tierra , dista del centro de ella un semidiámetro , y dexada á su libertad , correria en un minuto segundo 15 pies y medio : si la levantamos á lo alto de suerte que diste del centro de la Tierra dos semidiámetros , ya su peso se dismi-

nuye la quarta parte , y en el mismo tiempo baxaria la quarta parte de aquel espacio.

Eug. ¿Y por que?

Teod. Yo os ajustaré la cuenta : ese cuerpo puesto en la cercanía de la Tierra , dista del centro de ella un semidiámetro , y levantado á la otra altura , dista dos. Hagamos , pues , los quadrados de esos dos números 1 y 2. El quadrado de 1 siempre es 1 , porque 1 multiplicado por 1 nunca pasa de 1 : el quadrado de 2 es 4 ; luego las gravedades de aquel cuerpo en las diversas alturas son como 1 y 4 ; esto es , allá arriba es quatro veces menor ; y si distare del centro de la Tierra tres semidiámetros , la gravedad allí ha de ser nueve veces menor , porque el quadrado de 3 es 9.

Eug. Ya lo entiendo.

Teod. Supongamos ahora que el cuerpo se levantase á tanta altura como está la Luna , y que distase del centro de la Tierra 60 semidiámetros : entónces el peso seria 3600 veces menor que en la cercanía de la Tierra , porque el quadrado de 60 es 3600 , y por consiguiente el espacio que baxaria en un minuto , seria 3600 veces menor que estando acá en la cercanía de la Tierra. V. g. acá junto á nosotros un cuerpo cayendo libremente (sin atender á la resistencia del medio) en un minuto primero , correria á causa de la aceleracion ^{*} 54000 pies (no

* Supuesta la ley constantemente observada y

hago caso de algunos quebrados para hacer la cuenta mas perceptible). Este mismo cuerpo levantado á la altura de 60 semidiámetros , correria en igual tiempo un espacio 3600 veces menor , que vienen á ser 15 pies. Tan débil es en esa altura la gravedad hácia la Tierra. ¿Percibis esto?

Eug. Sí lo percibo; y ya veo como la gravedad se disminuye á proporcion que crece el quadrado de la distancia del cuerpo respecto del centro de aquel hácia el qual se inclina y pesa.

Teod. Entendida la ley , resta probar que en realidad sucede como he dicho. Bien podria yo probarla geoméricamente ¹. Pero vo-

Tom. VI.

T

demonstrada de la aceleracion de los graves quando caen , siguiendo la razon de los números 1, 3, 5 . &c. al fin de qualquier espacio de tiempo, los espacios de altura corridos por los graves quando descenden son como los quadrados de los tiempos: el quadrado de 60 segundos es 3600, y multiplicado por los $15\frac{1}{2}$ pies que el cuerpo corrió en el primer segundo , hace 55800 pies. Mas para facilitar el cálculo , despréciase el $\frac{1}{2}$ pie, y haciéndose solo cuenta de los 15, que el grave baxó en el primer segundo , se hallará que en el minuto entero correrá 54000 pies.

¹ Todo cuerpo que difunde su accion ó virtud á alguna distancia , la difunde en contorno , siendo el espacio que esta virtud ocupa una como esfera , cuyo centro es el cuerpo. Quando es mayor la distancia á que se extiende la virtud (sea de olor , de calor , de atraccion ú otra qualquiera), tambien esta esfera de actividad es mayor. Ahora bien , es claro que quanto mayor fuere el es-

sotros no entenderéis esta prueba : valdréme , pues , de la experiencia. Ya queda establecido que siempre que un cuerpo gira al rededor de otro , tiene alguna fuerza que le empuja hácia él : de lo contrario no iria siempre torciendo su camino , ántes marcharia derecho adelante ; y como los satélites de Júpiter giran al rededor de él , no podeis negar que hácia él pesan. Pero no todos pesan igualmente , porque no están todos á una misma distancia del planeta : examinando , pues , estas gravedades , y comparándolas entre sí , hallamos que se disminuyen en razon de lo que crecen los cuadrados de las distancias. Lo mismo se observa constantemente en los satélites de Saturno. Pues ahora , comparando igualmente

pacio por donde se derraman las partículas ó rayos que obran , menor ha de ser la virtud de esa accion. Y como los rayos se desparraman por toda la superficie de la esfera de actividad , quanto mayor fuere esta superficie , mas débil debe ser la virtud de la accion. Luego siendo cierto por la Geometria que las superficies de las esferas crecen en razon duplicada de los radios ó distancias del centro , que es lo mismo que en razon de los cuadrados de estas distancias ; se sigue que en esa misma razon de los cuadrados de las distancias se minorará la virtud del cuerpo que está obrando , ó la fuerza de su accion ; así que tanto la luz , como el calor , el olor , y aun la atraccion , todo debe disminuirse á proporcion del aumento de los cuadrados de las distancias , que es lo mismo que minorarse en razon inversa de estos cuadrados.

entre sí las fuerzas con que cada uno de los planetas pesa hácia el Sol, hallamos que tambien se disminuyen en esta proporcion. Últimamente, si comparamos el peso de la Luna hácia la Tierra con el de los cuerpos terrestres hácia la Tierra misma, hallamos que se observa la misma ley. El caso que poco ha supuse de un cuerpo que levantado hasta la altura de la Luna habia de caer en un minuto entero hácia la Tierra no mas de 15 pies, no es fingido, sino verdadero, porque eso es lo que cae la Luna hácia la Tierra en cada minuto.

Silv. ? Como es eso? ; Pues acaso la Luna cae hácia nosotros?

Teo. I. No os asustéis, que no os caerá sobre la cabeza. Ya no podeis negar que la Luna pesa hácia la Tierra, porque si gira al rededor de ella, tiene conforme á lo concedido (proposicion primera) una fuerza que la empuja hácia la Tierra, y que hace que siempre vaya torciendo el camino inclinándose hácia la parte de ella, como el caballo se inclina hácia el picador. Ahora resta averiguar quanto pesa; pero el modo con que se averigua quanto cae ó pesa en determinado tiempo un cuerpo que se mueve al rededor de otro, es este. Hagamos un diseño ligero (*estamp. 3. figur. 8.*) para que me entendais mejor. Supongo á la Tierra aquí en *T*, y á la Luna en *o*. Si la Luna no tuviera allí otro impulso á que obedecer sino el de su proyeccion, ó de la fuerza del movimienro concebido, iria por la línea *o n*, y se alejaria de la Tierra: del

Est. 3.
fig. 8.

mismo modo, si puesta en o no tuviese otro impulso mas que el de la gravedad hácia la Tierra, caería derecha abaxo por la línea $o m T$; mas como á un tiempo se halla con estas dos determinaciones de movimiento, una del ímpetu concebido que la impele por la línea $o n$, otra de la gravedad que la empuja por la línea $o m$, tiene que obedecer á ámbas acciones, y así se mueve por la diagonal $o a$.

Eug. Todo eso es conforme á lo que en otro tiempo me enseñasteis sobre la composicion del movimiento.

Teod. De este modo teniendo yo la línea que la Luna describe al rededor de la Tierra, sé la proporcion que tiene la fuerza con que pesa hácia la Tierra, la qual corresponde á la línea $o m$, respecto de la fuerza de la proyeccion que pertenezcê á la línea $o n$. Ademas de eso, sabiendo yo qual es el arco que la Luna hace en el espacio de un minuto, puedo considerarle como una línea recta, en lo qual no hay engaño notable, siendo la porcion muy pequeña; y suponiendo que es diagonal de un paralelogramo recto, conozco quales son los lados. En el lado que coincide con la línea $o n r$, hallo quanto se movió en fuerza del impulso de la proyeccion durante ese minuto; y en el lado que es perpendicular á la Tierra, conozco quanto se movió en virtud de la gravedad, y el espacio que en ese tiempo cayó ó se inclinó la Luna hácia la Tierra. Dividiendo, pues, la órbita de la Luna

en días, horas y minutos, se halla que en cada minuto cae la Luna hácia la Tierra 15 pies y medio, que es lo mismo que un cuerpo en la cercanía de la Tierra baxaria en solo un minuto segundo; y de este modo la gravedad de la Luna en esa distancia viene á ser 3600 veces menor que la de los cuerpos que están cercanos á la Tierra, siendo la disminucion puntualmente proporcionada al aumento del quadrado de la distancia de la Luna respecto de la de los cuerpos próximos á la Tierra. ¿Que decis á esto, Silvio?

Silv. Yo de Matemáticas no entiendo palabra; pero vos armáis esas cuentas de modo que me parece que teneis razon.

Teod. Estas cuentas quando salen tan justas, que lo mismo que el cálculo daba acá por la especulacion, es puntualisimamente lo que hallamos por la práctica en el movimiento de la Luna, os digo en verdad que hacen á un hombre quedar suspenso. ¿Que decis, Eugenio?

Eug. Todo lo he entendido; solo no me acomodo mucho con lo que habeis dicho de que la Luna cae hácia nosotros los 15 pies y medio, siendo así que no quadra mas cerca de lo que estaba ántes.

Teod. No os embaraceis en el modo de hablar. Bien percibis como en un minuto corre la Luna la diagonal del paralelogramo que os mostré; ¿y como puede correrla sin baxar de la línea *o n* tanto como vale *o m*, ó *n a*, bien que la Luna no

quadre mas cerca de la Tierra , porque la fuerza centrífuga no lo consiente? Por tanto , la fuerza de la gravedad de la Luna se mide en la línea $o m$; porque si no hubiese esta gravedad , la Luna iria derecha por $o n$; luego la gravedad es quien la empujó hácia abaxo , y la hizo encorvarse ; y como la Luna se desvió del camino que queria seguir tanto como vale el espacio de $o m$ ó $n a$, por eso se mide ahí la accion de la gravedad. De suerte , que la gravedad siempre empuja la Luna hácia la Tierra , y pretenderia hacerla llegarse mas á ella el valor de la línea $o m$; pero esto solo lo conseguiria la gravedad si se hallase sola y sin contrario ; mas hallóse con fuerza centrífuga igual ; porque si la Luna á causa del movimiento concebido fuese por la línea recta $o n$, al fin del minuto ya distaria de la Tierra mas de lo que distaba ántes , el valor de la línea $a n$ igual á $o m$. En estos términos contienden las dos fuerzas iguales entre sí , y lo mas que puede hacer la gravedad , es que la Luna no se aleje de la Tierra mas de lo que estaba ; y lo que pudo conseguir la fuerza centrífuga , fué que la Luna no se acercase mas á la Tierra ; pero en la línea $o m$ conocemos quanto queria acercarse la Luna , y en la línea $n a$ echamos de ver quanto queria huir. Ved aquí lo que sucede en realidad : y está claro lo que queremos dar á entender quando decimos que la Luna cayó en ese tiempo por la línea $o m$; que es de-

cir lo que se apartó de la línea *o n* hácia abaxo.

Eug. Ahora lo entiendo bien.

Teod. Esto supuesto , del mismo modo se averigua la fuerza de la gravedad de qualquier planeta hácia el Sol , y de qualquier satélite hácia su planeta primario ; porque conocida la línea circular y el tiempo en que la describen , se viene en conocimiento de la fuerza que los obliga á dexar la línea recta , y moverse en giro ; y esta fuerza es la de la gravedad.

Silv. En todos es una misma la razon que habeis dado para la Luna : ahora pregunto si se observa en ellos constantemente esta diminucion de la gravedad á proporcion que crece la distancia.

Teod. Á proporcion que crece la distancia no ; pero á proporcion de lo que crece el quadrado de las distancias , eso sí. Pon-gamos exemplo en los satélites de Júpiter: tómanse las distancias de todos quatro : há-cense los números quadrados de cada dis-tancia ; y se observa fielmente que en esa proporcion se disminuye la gravedad y su efecto , que por eso quanto mas léjos están de Júpiter , mas despacio andan , porque en cada minuto caen ménos ó tuercen ménos el camino , inclinándose hácia el pla-neta ; y torciendo ménos el camino , es pre-ciso mas tiempo y espacio para cerrar el círculo , y volver al principio. Lo mismo sucede en Saturno , y lo mismo en todos los planetas respecto del Sol. De donde se

saca una prueba convincente de la regla que os dí: que *en los planetas la gravedad se disminuye en la misma proporcion en que crece el quadrado de sus distancias*. Vamos ahora á explicar los efectos de esta gravedad general.

§. III.

Del movimiento de los Astros en elipses.

Silv. Vos estais exâminando los movimientos de los planetas, como podriais en una máquina de bronce exâminar los movimientos de las ruedas.

Teod. Vereis que no doy un solo paso sino arrimado por una parte á las leyes del movimiento que la experiencia y la razon tienen demostradas; y por la otra á las observaciones constantes de los astros. Hasta aquí he supuesto que los planetas se mueven en círculos al rededor del Sol, porque así me fué preciso para la mas fácil explicacion; pero en realidad los planetas no se mueven en círculos, sino en *elipses*, que casi parecen círculos. Mas como estas cosas se deben llevar con todo rigor, y por otra parte los cometas no están exêntos de esta ley general de la gravedad, y debemos tambien dar la causa física de su movimiento en elipses; conviene aplicar á las elipses la doctrina dada para los círculos, y señalar las diferencias. Ya os dixé cómo se formaba la elipse, y que tenia dos focos: el cuer-

po atrayente , v. g. el Sol , siempre está en uno de ellos ; de suerte , que así los planetas , como aun los cometas andan al rededor del Sol , y se han de mover de modo que acabada la órbita que describen , debe quadrar el Sol en un foco de esas elipses ; y con efecto así sucede.

Eug. En eso no tengo yo duda ; pero me causa mucha dificultad cómo puede el Sol con la atraccion ya dexar que el planeta se desvie mas , ya atraerlo mas cerca. En el círculo bien comprehendo cómo la atraccion prende y sujeta al planeta de suerte que no le dexa huir ni un solo paso.

Teod. Yo os explicaré eso de un modo que me parece fácil. Pero ántes hemos de suponer ciertas proposiciones , que se demuestran en la Mecánica acerca de los cuerpos que se mueven unos al rededor de otros, las quales son precisas para el caso presente. Ya hemos dicho que todo cuerpo que gira al rededor de otro , tiene fuerza centrífuga ; esto es , que forceja por seguir la tangente , y huir del centro (proposicion primera).

Eug. ¿ Que quiere decir *tangente* ?

Teod. Es una línea recta que toca en el círculo por la parte de afuera , haciendo ángulo recto en el radio.

Eug. Ya lo entiendo.

Teod. Añado ahora (proposicion séptima) que *esta fuerza centrífuga crece quando se aumenta la velocidad del cuerpo que se mueve* ; de suerte , que yendo por un mismo

círculo , si el cuerpo va despacio , tiene pequeña fuerza centrífuga : si va de priesa , tiene mucha mayor fuerza , y es preciso que la causa que le impele hácia el centro , tenga mayor fuerza para retenerlo en el círculo , porque si no , huirá hácia afuera , desviándose del centro mas de lo que estaba.

Eug. Así como quando el caballo anda á la mano , si va despacio , fácilmente se mantiene la cuerda ; pero si galopea , es necesario tirar con ámbas manos para hacerle andar al rededor.

Teod. (Proposicion octava): *Este aumento de fuerza centrífuga , supuesta la misma distancia , se mide por el quadrado de la velocidad* ¹ ; de manera , que si la velocidad es tres veces mayor , la fuerza centrífuga se aumenta nueve veces. Tambien aquí hay otra regla que (proposicion nona) *suponiendo determinada velocidad en un cuerpo que se mueve , quanto mas pequeño es el círculo y la distancia , mayor es la fuerza centrífuga* ² . La razon es,

¹ Esta regla suele proponerse en otros términos; esto es , que puesta la misma distancia , crece la fuerza centrífuga en razon inversa de los quadrados de los tiempos periódicos. Yo hallo mas perceptible decir que crece como el quadrado de la velocidad , la qual siempre anda en razon inversa del tiempo periódico.

² Aunque esta regla parece contraria á la comun que dice que *las fuerzas centrífugas crecen en razon de la distancia* , en realidad no lo es; porque quando se dice que la fuerza centrífuga cre-

porque quanto mas pequeño es el círculo, tanto mas es preciso doblar y torcer la línea de movimiento á fin de acomodarla á él; y por consiguiente mayor es la fuerza centrífuga, siempre igual á la fuerza atrayente que obliga al cuerpo á moverse en círculo; pues como ya os dixé (proposición segunda), siempre estas dos fuerzas se equilibran quando un cuerpo se mueve circularmente. Supuestas estas leyes, vamos á ver como un planeta ó un cometa se puede mover en elipse á causa de esta gravedad

ce en razon de la distancia, se supone un mismo tiempo periódico; pero en la regla dada arriba supongo no un mismo tiempo, sino una misma velocidad: y puesta determinada velocidad, quanto menor es el círculo, mas corto es el tiempo periódico, y entónces es mayor la fuerza centrífuga. Digo, pues, que *puesta igual velocidad, crece la fuerza centrífuga en razon inversa de los diámetros ó distancias*; no solo porque así lo muestra constantemente la experiencia en las máquinas de las fuerzas centrales, sino tambien porque así se demuestra (*estamp. 4. figur. 1.*): puestos dos círculos con una tangente comun Ri , haciendo el cuerpo en R fuerza para seguir la línea recta, mayor fuerza es precisa en el centro a para hacerle doblar de i hasta m , que al cuerpo o para obligarle á torcer de i hasta n ; y quanto menor fuere el círculo, mayor es la separacion de la tangente, y mayor debe ser la fuerza de la atraccion para obligar al móvil á andar en círculo; luego tambien será entónces mayor la fuerza centrífuga; porque moviéndose el cuerpo circularmente, siempre son iguales estas dos fuerzas.

Est. 4.
fig. 1.

general hácia el Sol. Nosotros no podemos eximir de esta ley universal de la gravedad á los cometas, viéndolos á todos doblar y arquear sus líneas de movimiento al rededor del Sol; pues si moviéndose rápidamente, siempre van torciendo la línea de movimiento á la parte del Sol, es cierto que alguna fuerza hay que le empuja hácia esa parte; y á esa fuerza, sea lo que fuere, llamamos gravedad del cometa ó atraccion del Sol, que todo es lo mismo: usad de la palabra que quisiereis.

Eug. No tengo duda: si ellos tuercen el camino, es señal de que tienen causa que los impela y les haga torcer.

Teod. Describamos con la pluma la elipse de un cometa, y lo que dixéremos de ella, deberá entenderse de todas las elipses de los cometas y planetas (*estamp. 4. figur. 2.*). Supongamos al Sol *S* en el foco inferior de la elipse, y al cometa *R* en el punto mas alto de ella. Si quando Dios impelió á este cometa por la tangente *R a*, llevase fuerza centrífuga igual á la de la gravedad hácia el Sol, describiria una línea circular, cuyo centro fuese el Sol; pero si esa fuerza centrífuga fuese menor, describiria una curva mas curva que la circular, y habia de obedecer mas á la atraccion ó gravedad. Supongamos, pues, que así fué, y que por eso vino el cometa por la curva *R m*: si ahí no hubiese atraccion del Sol, siempre se escaparia por la tangente *m n*; pero como el Sol en ese lugar *m* lo tira hácia sí,

tiene que obedecer de algun modo á esta atraccion, y desviarse de la tangente, inclinando la línea hácia el Sol. Advierto de paso que aquí la atraccion del Sol hace dos efectos, uno es doblar la línea del movimiento, é impedir que el cometa siga la tangente $m n$: otro es aumentar la velocidad del cometa^{*}; porque él quiere venir por la línea $m n$ que baxa, y la atraccion tambien le impele hácia abaxo; y de este modo el cometa se viene acelerando al modo de una campana al vuelo ó un péndulo que viene cayendo. Advierro mas que desde R hasta e todo concurre para que el cometa se acerque al Sol; porque aunque le dexasen libre, y él se moviese por las tangentes, como el Sol no quadra perpendicular á las tangentes (que esto solo acontece en los círculos), siempre el cometa se aproximaria al Sol, como se conoce en la misma figura. Por lo qual en esta baxada del cometa ó atraccion no es contraria la línea del ímpetu, ántes concuerda en parte con ella; y así acelera el movimiento y encorva la línea; y poniendo al cometa cada vez á menor distancia, es causa de que vaya aumentándose la atraccion (proposicion sexta). Así va siempre triunfando la fuerza de la

* Porque la línea $S m$, que es la direccion, forma en m un ángulo agudo con la línea del ímpetu concebido $m n$, y necesariamente aumenta su velocidad, segun las leyes de la composicion del movimiento.

atraccion hasta que el cometa llega al punto e , que es el perihelio ó la mayor proximidad. Ahora, muchos no perciben como el cometa de aquí adelante se puede ir desviando, sin embargo de ser aquí mayor la fuerza de la atraccion que en todas las demas partes; pero no advierten que en este punto ya la línea Se de la atraccion no concuerda con la línea del ímpetu con que el cometa quiere ir por la tangente $e i'$; ántes desde este punto en adelante comienza la línea del ímpetu, que es la tangente, á ser contraria á la línea de la atraccion, y á obrar contra ella ², y por consiguiente á disminuirla. Tampoco advierten que aquí la fuerza centrífuga es mayor que en todos los demas parages: lo primero por ser suma la velocidad, y crecer ella conforme al quadrado de la velocidad (proposicion octava); y en segundo lugar porque aquí la vuelta de la línea es mucho mas apretada, y la línea es sumamente curva; lo qual, como está probado (proposicion nona), aumenta la fuerza centrífuga. Siendo, pues, aquí

¹ En este lugar la línea de la atraccion hace ángulo recto con la tangente $e i$; y así ni acelera, ni retarda el movimiento, conforme á las leyes de la composicion de él.

² Moviéndose el cometa de e hácia u , ya la línea de la atraccion $S u$ forma un ángulo obtuso con la línea del ímpetu ó tangente $u c$, y la retarda y embaraza tanto, quanto el ángulo obtuso excede al recto; segun lo que se demuestra en las leyes de la composicion del movimiento.

por dos principios muy grande la fuerza centrífuga, y comenzando á obrar contra la fuerza de la atraccion, va esta quedando vencida, y el cometa desviándose del Sol de aquí adelante. Ahora bien, obrando siempre la atraccion contra las líneas del ímpetu ó tangentes, es claro que el cometa se ha de ir retardando en su curso; mas siempre, aunque despacio, va huyendo, y aumentándose su distancia, con lo qual se disminuye la fuerza de la atraccion, y por eso siempre la fuerza centrífuga va venciendo, y el cometa apartándose del Sol, hasta que llegando á t , yendo ya el cometa muy lento, y teniendo la línea de la atraccion mayor inclinacion sobre la tangente $t g$, empieza á torcerla mas; y la tuerce tanto, que el cometa viene á dar á R donde se acaba la órbita; y queda otra vez la línea de la atraccion en ángulo recto con la tangente $R a$, que es la postura mas propia para que la accion de la gravedad se emplee toda en arquear la línea sin ayudar al movimiento ni embarazarlo. Decidme: ¿habeis entendido bien esto?

Eug. Creo que sí: la comparacion de la campana ó del péndulo de que habeis usado, me ha dado bastante luz, porque así como el péndulo siempre se acelera al bajar, y se retarda al subir; y quando llega á pasar por debaxo, entónces es quando lleva la mayor fuerza: así creo que sucede al cometa: al caer hácia el Sol, se acelera: al pasar por debaxo, va con mu-

chísima velocidad ; y al volver otra vez arriba , se va retardando.

Teod. Si reflexionais bien , hallareis una semejanza muy grande en el péndulo al caer. La atraccion de la Tierra ó gravedad obra por líneas , que en parte concuerdan con la del ímpetu del péndulo que desciende ; porque aunque él no se moviese circularmente sino por las tangentes , siempre se acercaria á la Tierra ; y esto es lo que la atraccion intenta : lo mismo sucede al cometa al caer hácia el Sol por la mayor elipse. Por el contrario , al volver arriba , las líneas del ímpetu en el péndulo todas son contrarias á la accion de la gravedad , y así la vencen , haciendo que el péndulo suba ; pero la gravedad se desquita de eso , debilitándole poco á poco las fuerzas del ímpetu hasta extinguirlas del todo ; y lo mismo acontece al cometa quando sube , porque las líneas del movimiento todas son contrarias á la atraccion del Sol , y se van burlando de ella , haciendo que el cometa cada vez se aparte mas del Sol ; pero les cuesta cara esa victoria que alcanzan de la atraccion del Sol , porque esta siempre va retardando el ímpetu del cometa hasta apagarlo , y no dexarle subir mas , y entónces empieza á obligarle á dar vuelta , y baxar otra vez hácia el Sol.

Eug. Téngolo entendido perfectamente ; no os canseis mas : y supuesto lo que está dicho de los cometas , ya sé lo que se debe decir de los planetas á proporcion , porque

todas son elipses , ya mas redondas , ya mas prolongadas.

§. IV.

De las leyes que inviolablemente observan todos los Astros en sus movimientos.

Teod. Ahora ya podeis comprehender las leyes que todos los astros observan inviolablemente. Son dos , las quales descubrió el insigne Keplero , bien que no atinó con la razon de ellas. Perdonad , Silvio , que estas materias son un poco mas especulativas ; pero como Eugenio ya está capaz de entenderlas , no puedo contenerme , ni quiero privarle del gusto que el alma siente , viendo la admirable belleza de este mecanismo celeste.

Silv. No os detengais por respeto mio , porque tambien yo gusto de saber lo que ignoraba. ¿ Que leyes son esas de Keplero ?

Teod. La primera es que *todos los astros en iguales tiempos andan áreas iguales.* La misma figura que nos sirvió para el movimiento del cometa , nos puede servir ahora (*estamp. 4. fig. 2.*). Área llamamos nosotros al espacio ó campo que se comprehende y encierra entre varias líneas , v. g. lo que se comprehende entre la línea *S R* , *S m* , y la curva *R m*.

Eug. Ya sé lo que es *área* : ¿ que decis ahora de los planetas ?

Teod. Todos los astros andan de manera

que en tiempos iguales hacen áreas iguales; esto es, supongamos que en un mes anduvo el cometa desde R hasta m , y en el segundo desde m hasta r : tírense líneas de todos esos tres puntos $R m r$ hasta el Sol. Digo ahora que la área del primer mes $R S m$ será igual á la del segundo mes $m S r$. Esto mismo se conoce por la observacion que constantemente se halla en los movimientos de todos los astros, ya sean las elipses mas prolongadas, ya mas circulares. Pero esta ley que primero descubrió Keplero, vino despues á conocer Newton que era una consecuencia necesaria de la ley de la gravedad general, que hace á los planetas voltar al rededor del Sol ¹. De esta ley,

¹ Todo cuerpo que gira al rededor de otro porque es atraído ó pesa hácia él, forzosamente ha de describir áreas iguales en tiempos iguales. Demuéstrase (*estamp. 4. figur. 3.*). Sea C el cuerpo atrayente puesto en el centro del círculo ó en el foco de la elipse: el cuerpo A , que en determinado tiempo anduvo el espacio AB , en el segundo tiempo correria en fuerza del ímpetu concebido otra línea igual BL ; mas en ese tiempo segundo tambien obra la accion de la gravedad. Supongamos que todos los impulsos continuados en el discurso del segundo tiempo obran al instante desde su principio, y que valen la línea Bz , ó su paralela é igual LD . En este caso el planeta hallándose en B con una determinacion para BL causada del ímpetu concebido, y otra para z motivada por la gravedad, seguiria la diagonal BD . Del mismo modo en D conservaria el impulso para otra línea igual De ; mas por

Est. 4.
fig. 3.

pues, se sacan varias conseqüencias : una es que *todos los astros describen áreas proporcionales á los tiempos*; esto es, que en dos dias describen una área dupla ó doblada de la que describiéron en un dia; y en siete dias una área siete veces mayor que la de un dia solo.

Eug. Si ellos en tiempos iguales forman áreas iguales, claro está que en tiempos desiguales serán desiguales las áreas.

Silv. ¿Y de que sirve saber eso?

Teod. De mucho : sirve para saber la razon por que *todos los astros quanto mas se acercan al Sol, mas apriesa caminan,*

V 2

la nueva y mayor accion de la gravedad que obra de mas cerca, y le impelia hácia r , seguiria otra diagonal Do ; y en el quarto tiempo durándole el impetu para otra igual om , y hallándose atraido hácia s , iria por la diagonal on . Digo, pues, que todas estas áreas son iguales; lo qual se demuestra así : El triángulo ABC es igual á BLC , pues ámbos tienen las bases AB , BL iguales, y un vértice comun. Tambien es cierto que el triángulo BLC es igual á BDC , porque la base BC es comun, los vértices L y D están en una misma línea paralela á la base: luego son iguales; y por consiguiente tambien resultan iguales los triángulos ó áreas ABC y BDC . De la misma suerte se prueba que este triángulo BDC debe ser igual á DeC , y despues á DoC ; y finalmente que este último es igual á omC , y despues se ve igual á onC . Así que todos los triángulos y áreas descritas en tiempos iguales, serán tambien iguales entre si : que es lo que se pretendia demostrar.

como visiblemente lo muestran los cometas; y quando se apartan de él, quanto mas léjos están, mas lentos andan. Esto se deduce de la regla dada; porque como la área que hoy describe el cometa, debe ser igual á la de ayer, si hoy fuere mas corta, forzosamente será mas ancha, para que la anchura compense lo que le falta de longitud. Estando, pues, hoy el cometa mas cerca del Sol de lo que ayer estaba, resulta la área mas corta; porque, segun veis en la figura, la longitud de las áreas triangulares RSm , mSr es la distancia del cometa hasta el Sol S .

Eug. De ahí infiero yo que andando el cometa ó el planeta cerca del Sol por la parte inferior de la elipse, llevará una velocidad increíble; porque como allí la distancia del Sol es muy pequeña, se hace la área muy corta; luego para que sea igual á las otras que él mismo describió en tiempos iguales, es preciso que corra una línea muy grande, para que se compense en la dilatacion del campo por esa parte lo que le falta por la poca altura de ese triángulo.

Silv. Todavía vuelvo á preguntar: ¿y de que sirve saber eso?

Teod. Sirve para poder dar la razon por que tenemos desde el Equinoccio de Septiembre hasta el de Marzo nueve dias ménos de los que contamos desde el Equinoccio de Marzo hasta el de Septiembre.

Silv. ¿Como son esas cuentas?

Teod. Yo las ajustaré. La primavera ó Equinoccio en el año de 61 fué á 20 de Marzo á las 8 de la mañana; y el Equinoccio de Septiembre á principio del otoño fué á 22 de Septiembre á las 8 de la noche: contad los dias, y hallareis que gasta el Sol en correr los seis signos de invierno 9 dias ménos que en los seis de verano; y es la razon por que en invierno está mas cerca de la Tierra; y así en el sistema Copernicano debe andar mas veloz para hacer áreas iguales en tiempos iguales. De aquí nace que los relojes por muy buenos que sean, no pueden andar ajustados al Sol en todo el año sin que les toquemos la péndola; porque como el movimiento aparente del Sol es irregular, no puede ajustarse á una máquina siempre constante. Y si con todo esto vos, Silvio, insistis en que no se sigue utilidad de saber estas reglas, Eugenio la halla grande; y voy á explicarle la segunda ley.

Silv. Yo no las considero absolutamente inútiles; solo digo que no me cansaria demasiado por averiguarlas.

Teod. La segunda ley de Keplero es esta: *Los cuadrados de los tiempos periódicos son entre sí como los cubos de las distancias* ¹.

V 3

¹ Esta ley supuesta la diminucion de la gravedad en razon inversa de los cuadrados de las distancias, para los que entienden los términos, se puede demostrar así. Suponemos en primer lugar que (conforme á lo demostrado en la Mecánica)

Pongamos exemplo para que me entendais. La distancia de Vénus respecto del Sol es casi doblada de la que Mercurio tiene de

las fuerzas centrífugas crecen en razon de la distancia (supuesto un mismo tiempo periódico): tambien se aumentan en razon inversa del quadrado de los tiempos (supuesta una misma distancia). Luego absolutamente para que se conozca todo el valor de la fuerza centrífuga, debe componerse la razon directa de la distancia con la inversa de los tiempos periódicos, que es lo mismo que dividir las distancias por los quadrados de los tiempos; y el quociente que salga de la division, dará el valor de la fuerza centrífuga. Y como quando un cuerpo se mueve circularmente, siempre ha de ser igual la fuerza centripeta, se sigue que la medida de las fuerzas centrales es la distancia partida por el quadrado del tiempo; lo qual se figura de este

modo $\frac{D}{T^2}$. Suponemos en segundo lugar que lo

mismo es dividir toda la raiz por el cubo, que la unidad por el quadrado. V. g. $\frac{3}{2^3}$ es lo mismo que $\frac{1}{9}$: como tambien $\frac{2}{8}$ es lo mismo que $\frac{1}{4}$. Suponemos lo tercero que quando una fuerza crece en alguna razon inversa, para averiguar su valor se la ha de dividir por ella: asi como quando se aumenta en alguna razon directa, se debe multiplicar por ella. Hechos estos supuestos, convinemos á Jupiter con Vénus respecto del Sol; y como sus elipses son casi círculos, podemos reputarlas por círculos para la demostracion; la qual para que á un tiempo salga perceptible y breve, la pondremos en términos algebráicos: llamemos á la fuerza central de Jupiter F , á la de Vénus f : el tiempo periódico de Jupiter T ,

este planeta. Si fuera perfectamente dupla, haciendo los cubos de las distancias, como os enseñé, seria el de Vénus ocho veces mayor que el de Mercurio; y tambien midiendo los tiempos en que giran, seria el quadrado del tiempo de Vénus ocho veces mayor que el quadrado del tiempo de Mercurio ¹. Como vos, Eugenio, no teneis

V 4

el de Vénus t : la distancia de Júpiter D , la de Vénus d . Sentado esto (suposicion tercera) por la ley de la diminucion de la gravedad $F : f ::$

$\frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2}$, ó tambien (suposicion segunda) como

mo $\frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3}$; pero conforme á lo que diximos

(suposicion primera) $F : f :: \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$: luego tenemos

que $F : f :: \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$ es como $\frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3}$;

por consiguiente $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$, que es lo que se queria demostrar; conviene á saber, que los quadrados de los tiempos entre sí eran como los cubos de las distancias.

¹ La distancia de Mercurio considerada en partes milésimas de la distancia del Sol á la Tierra, vale 387: el cubo de esta distancia es 57.960.603: su tiempo periódico son 2.111 horas: el quadrado de este tiempo es 4.456.321. En Vénus la distancia del Sol vale 723, el cubo 377.933.067: su tiempo periódico son 5.390 horas, el quadrado 29.052.100. Si comparamos los dos quadrados de los tiempos entre sí, hallaremos que el de Vé-

otros principios mas de los que os he dado, no podeis entender esto perfectamente. Pero siempre os causará admiracion ver los astros del cielo sujetos á las leyes del movimiento de los cuerpos terrestres. Es cosa que asombra ver que Júpiter y Saturno, y los satélites de cada uno de ellos en esa inmensa libertad de las regiones etéreas, ni se apresuran un paso, ni retardan su movimiento, sino que exáctamente corresponden al cálculo que el Filósofo encerrado en su gabinete con la pluma en la mano está determinando para uno y otro astro. Dadas las distancias de los planetas al Sol, y de los diversos satélites á cada uno de sus planetas, entra el Filósofo á calcular, y dice: Vénus hará su revolucion en tantos meses, Júpiter en tantos años y tantos dias: su primer satélite gastará tantas horas, el último tantas, y puntualmente no discrepan un dia ni una hora en su movimiento. Verdaderamente que Dios es grande en la produccion de esta pasmosa fábrica; pero mu-

nus es casi 6 veces y media mayor; y comparando entre sí los dos cubos de las distancias, el de Vénus tambien resulta casi 6 veces y media mayor que el de Mercurio. Adviértese que en las distancias qualquier quebrado que se desprece, quando se forma el cubo, induce una diferencia considerable; á lo qual se debe atribuir toda pequeña desigualdad que se hallare en los cálculos. Por eso quien quisiere hacer el cálculo exácto, debe reducir los números enteros á quebrados, así en las distancias, como en los tiempos.

cho mas resplandece su infinita Sabiduría en hacer que toda esta prodigiosa máquina de los cielos y todos sus astros teniendo movimientos tan diversos entre sí, se gobiernen por unas leyes tan sencillas como las que hemos dicho.

Eug. Ved aquí donde reluce la sabiduría de un relojero ó maquinista, en hacer con pocas ruedas movimientos pasmosos, encontrados y admirables.

Silv. A la verdad en qualquier máquina tanto nos admira la multiplicidad de los movimientos, como la simplicidad de su fábrica. Hacer muchos movimientos con muchas ruedas, no causa tanta admiracion; pero hacer con pocas muchos y encontrados movimientos, eso sí que causa una admiracion mas justa.

Teod. Por eso decia yo que admitiendo este sistema de la causa del movimiento de los cuerpos celestes, aparecia mucho mas admirable la Omnipotencia y Sabiduría de Dios. Pero ya es tiempo de cumplir una palabra que os dí los dias pasados.

§. V.

Del método para conocer el peso de los Planetas.

Eug. **N**o me acuerdo de ella.

Teod. Era deciros el modo con que se pesaban los planetas; y aquí tiene su lugar. Ya sabeis que esta gravedad general y mu-

tua entre los planetas es propiedad que pertenece á la materia : por consiguiente de la fuerza con que un planeta tira por los otros, y los hace girar al rededor de sí, inferimos la cantidad de materia que él tiene ; pues es cosa bien clara que aquel que tuviere mas materia atrayente , con mas fuerza ha de tirar hácia sí los otros , y hacerles doblar sus caminos. Convinando , pues , la fuerza con que Júpiter tira por sus satélites, con la fuerza del Sol atrayendo á Vénus por exemplo ; y atendiendo á las distancias y revoluciones de los satélites y á la de Vénus , conocemos la cantidad de materia atrayente que hay en el Sol , y la que hay en Júpiter. Ese es el motivo por que no de todos los planetas podemos saber las cantidades de materia que tienen. Conocemos la del Sol , la de Saturno , la de Júpiter y la de la Tierra , porque todos estos hacen andar al rededor de sí alguno ó algunos cuerpos. El Sol hace girar á los planetas : Saturno y Júpiter á sus satélites ; y la Tierra á la Luna. Así que habiendo en todos estos cuerpos efecto sensible de su atraccion , por la diversidad de las atracciones medimos la diversidad de la materia que en ellos hay ; pues siendo general á toda la materia esta propiedad de atraer , por la proporcion de la fuerza atrayente que hubiere en un planeta , se conoce la cantidad de materia que tiene ¹.

¹ El modo práctico de calcular estos pesos, es

Silv. Pero tambien habeis hablado del peso de la Luna ; y no sabemos que este planeta haga girar ningun satélite al rededor de sí.

este. Por lo que la experiencia muestra en la máquina de las fuerzas centrales , y se demuestra en la Mecánica , *moviéndose dos cuerpos en giro al rededor de otro á una misma distancia , pero en diversos tiempos periódicos , sabemos que las fuerzas centrífugas son como los quadrados de las velocidades , ó al revés , como los quadrados de los tiempos periódicos* (que todo es lo mismo) ; y como ningun cuerpo se mueve en círculo sin que la fuerza centripeta ó atractiva sea perfectamente igual á la centrífuga , se sigue que *moviéndose dos cuerpos á una misma distancia , pero en diversos tiempos al rededor de otro , la fuerza atrayente de este es respecto de cada uno inversa como los quadrados de su tiempo*. Y como estando dos cantidades en una determinada razon , si dividimos por ellas una tercera , los quocientes quedan en la misma razon ; se sigue que si dividiéremos por estos dos quadrados de los tiempos periódicos el cubo de la distancia del cuerpo central , quedarán los quocientes de las divisiones entre sí como eran los dos quadrados de los tiempos ; y por consiguiente *los quocientes de la division del cubo de la distancia por los quadrados de los tiempos quedarán siendo la medida de la fuerza atractiva del cuerpo central respecto de cada cuerpo que gira*. Luego en los planetas que voltean al rededor del Sol , hallarémos la fuerza atractiva que los asegura en sus respectivas órbitas , dividiendo el cubo de la distancia de cada uno por el quadrado de su tiempo periódico ; y como esta fuerza atractiva es proporcional á la masa del Sol , tenemos que el quociente de esta

Teod. Argüis bien ; pero sabed que la Luna, no obstante eso que decis, nos da una señal bastante perceptible de su atraccion

division es la medida de la masa del Sol. Advierto que si dividiendo el cubo de la distancia de Vénus por el quadrado de su tiempo, sale por exemplo 10.000, este mismo será el quociente si la operacion se hace en Márte ó Júpiter, &c. La razon es porque, como queda probado, quando crecen los cubos de las distancias, en esa misma razon crecen los quadrados de los tiempos periódicos. Ahora bien, quando aumentamos el *dividendo* y el *divisor* en una misma razon, siempre sale un mismo quociente. V. g. si dividimos 12 por 3, sale por quociente 4: tripliquemos, pues, el dividendo 12 y el divisor 3, y partamos 36 por 9; verémos que sale el mismo quociente 4: por consiguiente, si dividiéremos el cubo de la distancia de qualquier planeta por el quadrado de su tiempo periódico, siempre saldrá un mismo quociente para significar la virtud atractiva del Sol, ó la cantidad de materia atrayente que hay en él. Por la misma razon hecho el cálculo en los satélites de Júpiter con respecto á este planeta, y en los de Saturno con relacion á él, y en la Luna con la Tierra, dividiendo los cubos de las distancias de qualquier satélite por el quadrado de su tiempo, el número que saliere al quociente, dará la masa de Júpiter ó Saturno, ó de la Tierra. Advierto que aunque la distancia media de la Luna á la Tierra son $60\frac{1}{2}$ semidiámetros, como la Luna no gira al rededor del centro de la Tierra, sino al rededor de un centro comun que quadra un poco desviado de aquel, debe el cubo de la distancia tomarse solo de los 60 semidiámetros. Esto supuesto, la dis-

sobre la Tierra. En los principios de Newton toda materia atrae, y toda es atraída, y así la Tierra y la Luna se atraen mutuamente, como ya os dixé. El efecto de la atracion de la Tierra se conoce en el giro de la Luna al rededor de ella; y el efecto de la atracion de la Luna se conoce en el giro de la Tierra al rededor de la Luna.

tancia de Vénus al Sol son 723 partes milésimas de la distancia del Sol á nosotros: su tiempo periódico son 19.414.160 segundos. El quarto satélite de Júpiter dista **I 2,4775** de dichas partes milésimas de la distancia entre nosotros y el Sol: su tiempo periódico son 1.441.929 segundos.

El quarto satélite de Saturno dista **8,5107** de las referidas partes milésimas; y su tiempo periódico son 1.377.674 segundos. Finalmente la distancia de la Luna á la Tierra son **3,054** de las partes milésimas arriba dichas; y su tiempo periódico 2.360.580 (hablo del tiempo medio). Dividiendo ahora los cubos de estas distancias por los cuadrados de sus tiempos, salen en los quocientes para significar la masa de los planetas los números que quedan en la misma razon que estos:

el Sol 10000, Saturno **3,250**, Júpiter **9,305**, la Tierra **0,0512**, la Luna **0,0013**. Mas advierte Gravesande (núm. 4162) que como el Sol disminuye la gravitacion de la Luna sobre la Tierra lo que vale $\frac{1}{180,66}$, debe añadirse esto á la masa de la Tierra; á lo qual se atiende quando se le da el peso referido.

Silo. Eso es equivocacion.

Teod. No lo es: yo me explicaré (hablo en el sistema Newtoniano). Suponed que en las dos extremidades de una regla *LT* (*estamp. 4. figur. 4.*) tenemos dos globos, uno grande que representa la Tierra *T*, y otro pequeño que figura la Luna *L*: suponed mas, que suspendiendo esta regla horizontalmente sobre un palo perpendicular *C*; y formando allí un exe , hacemos girar al rededor de él la regla con sus dos globos fixos. En este caso , tanto la Luna , como la Tierra andarán en giro , una al rededor de la otra , y ámbas al rededor del centro comun *C*. Si el tal centro ó exe estuviere igualmente distante de las dos bolas , los dos círculos serán iguales ; pero si estuviere mas cerca de la bola grande , hará esta su giro mucho mas pequeño que la otra. Suponed ahora por fin que el hombre teniendo en la mano esta regla así levantada le diese un golpe de manera que la hiciese voltear sobre su exe , y al mismo tiempo llevándola en la mano fuese dando un paseo en círculo al rededor de una hoguera. Siendo esto así , tendriais una imágen de los movimientos de la Tierra y la Luna al rededor del Sol en este sistema : representando la hoguera al Sol , y las dos bolas á los dos planetas Tierra y Luna ; porque con efecto , así como los satélites haciendo círculos al rededor de Júpiter , tambien rodean al Sol , y la Luna dando giros al rededor de la Tierra como satélite suyo , va

rodeando á aquel planeta: del mismo modo la Tierra haciendo sus círculos pequeños al rededor del centro comun en oposicion á la Luna, da vuelta al Sol. De suerte, que (hagamos otra figura *estamp.* 4. *Est.* 4. *figur.* 5.) esta bola pequeña *L* no tiene por centro de sus giros á la bola grande *T*, sino al punto *C*, que tambien sirve de centro al giro de la bola grande; pues del mismo modo sucede en el cielo: la Luna no tiene por centro de sus círculos á la Tierra, sino á un punto que dista un poco de esta, el qual tambien sirve de centro á los giros pequeños de la Tierra; y por eso este punto se llama centro comun ¹. Supongo que me habeis entendido. *fig.* 5.

Eug. Fácilmente.

Teod. Añado ahora que si en la Luna hubiera tanta materia como en la Tierra, este centro comun habia de distar igualmente de ámbas; y si la Tierra tuviere porcion de materia 40 veces mayor que la Luna, este centro comun *C* debe estar 40 veces mas léjos de la Luna que de la Tierra.

Eug. Supongo que es del mismo modo que me habeis dicho quando hablasteis de la balanza en que se ponian pesos desiguales, en la qual para que haya equilibrio, debe el peso mayor estar tanto mas cerca del exe, quanto excede al otro en la cantidad de materia.

■ Gravesand. *Phys. Elem. Math.* núm. 4210.

Teod. Así es en este caso : el centro común de estos movimientos debe estar tanto mas cerca de la Tierra , quanto el peso de esta ó la cantidad de materia que tiene , excede al de la Luna ; y por eso , así como midiendo en la balanza las distancias que los dos cuerpos tienen del exe común , se conoce la proporcion de los pesos que ellos tienen en sí realmente , aunque nosotros de antemano no supiésemos lo que cada uno pesaba ; del mismo modo tambien midiendo las distancias que la Luna y la Tierra tienen del centro común , se conoce la proporcion que hay entre el peso de la Tierra y el de la Luna.

Silv. ;Y como podremos nosotros saber quanto dista de la Tierra ese centro común de los movimientos ?

Teod. Midiendo primero toda la distancia de la Tierra á la Luna , y observando despues el movimiento de la Luna , se conoce que ella no tiene en sus giros como radio de los círculos toda esta distancia ; esto es , que el centro de los giros de la Luna rigurosamente no es la Tierra sino un punto fuera de ella ; y no es muy dificultoso que observando muchos giros de la Luna , averigüemos qual es su verdadero centro.

Silv. Ya lo entiendo : proseguid.

Teod. Ved aquí el modo con que se puede pesar la Luna , ó saber la cantidad de materia que tiene. Esto es en quanto á los pesos de los planetas : por lo que mira á sus densidades , es fácil discurrir , supuesto

que conozcamos el peso y el volúmen; porque dividiendo el *peso* de qualquier cuerpo por su *volúmen*, lo que resulta es su *densidad*; pues bien saben todos que si un cuerpo tiene gran peso y poco volúmen, es muy denso; y que si tiene ménos peso ó mayor volúmen, es mas raro. De este modo conocemos la densidad del Sol, Saturno, Júpiter, la Tierra y la Luna. De los demas planetas ya os dixé que no se sabia la densidad ni el peso, por faltar para eso principios suficientes; pero Newton la conjetura por el calor que ellos sufren proporcionado á la cercanía del Sol, haciendo juicio de que son mas densos los que sufren mayor calor; y así Márte resulta ménos denso que la Tierra, Vénus mas, y mucho mas Mercurio; pero esto es mera conjetura. Ahora resta hablar de la Tierra con mas especialidad, porque nos faltan muchas cosas que saber acerca de ella; pero esto reservémoslo para mañana. Por ahora tomad ese papel, que es como un mapa general, en que de una ojeada hallareis todo lo que os tengo dicho de los astros, y podreis fácilmente convinar sus diámetros, volúmenes y pesos, como tambien sus distancias, movimientos, &c. No os cause extrañeza el ver que estas tablas no concuerdan con algunas que hallareis estampadas en buenos libros. Yo no repruebo las otras; pero de varias opiniones particularmente sobre las distancias, en lo que hay bastante discrepancia, escojo la que

me parece mejor , que es la proporcion que hallo en Gravesande , el autor mas seguro y mejor fundado que he leido en materias de Filosofía. Este , como ya dixé , se abstiene de dar las distancias de los Astros en medidas ciertas y conocidas , como son semidiámetros de la Tierra , ó leguas ; mas ² para comparar entre sí las diversas distancias de los planetas al Sol , divide la distancia de la Tierra al Sol en mil partes iguales , y de estas partes milésimas usa como medida comun para determinar las diversas distancias de los planetas primarios al Sol. Esta proporcion concuerda admirablemente no solo con las observaciones mas exâctas y mas modernas , sino (lo que es mas) con la Teórica de los movimientos , porque en la observacion puede mas fácilmente haber algun error procedido ó de inadvertencia del observador , ó del instrumento , que no puede tener perfeccion proporcionada para medir exâctísimamente ángulos en extremo agudos , quales son los que dan las distancias inmensas ; pero el cálculo fundado sobre la Teórica de los movimientos no está sujeto á tantos engaños ; porque siendo una vez cierto el principio , por el cálculo se sacan conseqüencias innegables , y podemos descender á mucho mayor individualidad que solo con las observaciones de los telescopios. Fuera de que admitiendo hoy comunmente los Astrónomos y Físicos la re-

gla de Keplero, y confesando que los cuadrados de los tiempos son entre sí como los cubos de las distancias: una vez que todos admiten él mismo quadrado de los tiempos periódicos, porque en esto no hay controversia, deben concordar tambien en la proporción de los cubos de las distancias que les son proporcionales, y por consiguiente en la proporción de las distancias, que es la que sigo en este mapa. Lo que yo puse de mio fué reducir esas partes milésimas de la distancia de la Tierra al Sol á cierta medida conocida entre nosotros, como son los semidiámetros de la Tierra; y en esto puede haber algun escrúpulo, pero me valí de lo que el mismo Gravesande sigue en otro lugar *, donde dice que la distancia de la Tierra á la Luna, la qual vale 60 semidiámetros de la Tierra, corresponde á tres de aquellas partes milésimas, y á 54 milésimas de una de ellas; lo que él exprime así 3,054, y nuestros contadores acostumbran expresar de este modo $3, \frac{54}{1000}$. Ahora, pues, sabiendo nosotros que tres de estas partes milésimas con ese quebrado corresponden á 60 semidiámetros, por una regla de tres hallaremos quantos semidiámetros valen 387 partes milésimas, que es la distancia de Mercurio, y del mismo modo hice en los demas planetas. Y como sabemos quantas leguas portuguesas se incluyen en un semidiá-

X 2

* Núm. 4161.

metro de la Tierra; doy el número de leguas que corresponde á esas distancias, atendiendo por lo comun hasta á los quebrados. Si se escapó algun yerro, no os admireis; pues bien sabeis lo que son cuentas. Vamos á hablar de otros asuntos, que ya hemos platicado bastante en Filosofía.

Silv. Vamos, y sabed que os traigo hoy novedades de importancia; porque esta mañana fuí á la Córte, y allá me las diéron.

Teod. Pues ahora es razon que tambien nos las participeis.

TABLA

Del Tercero

Categorías	Descripciones	Medidas
Categoría 1	... de la Tierra y ...	Sol
Categoría 2	... de la Tierra y ...	Marc
Categoría 3	... de la Tierra y ...	Vena
Categoría 4	... de la Tierra y ...	Tierr
Categoría 5	... de la Tierra y ...	Luna
Categoría 6	... de la Tierra y ...	Mare
Categoría 7	... de la Tierra y ...	Mare
Categoría 8	... de la Tierra y ...	Mare

Planet.	Diámetro.	Superficie.
Sol.	tiene casi 92 diámetros de la Tierra , y valen 189.704 leguas portuguesas.	casi 8417 veces mayor que la de la Tierra, y vale 113.093.936.640 leguas quadradas.
Merc.	ménos de la tercera parte del diámetro de la Tierra, y vale 637 leg. portuguesas.	poco mas de la décima parte y media de la superficie de la Tier, y vale 1.275.274. leguas quadradas.
Vénus.	poco menor que el de la Tierra, y vale 2047 leg. portug.	poco menor que la de la Tierra, y vale 13.168.351. leg. quadr.
Tierr.	tiene de diámetro 2062 leg. portuguesas: el círculo máximo tiene 6480 leg.	la superficie tiene 13.361.760 leg. quadradas.
Luna.	tiene poco mas de la quarta parte del diámetro de la Tierra, y vale 565 leg. portuguesas.	trece veces menor que la de la Tierra, y contiene 1.027.828. leguas quadradas.
Márt.	mas de la mitad del de la Tierra, y vale 1150 leg. portuguesas.	ménos de la tercera parte de la superficie de la Tier, y contiene 4.156.100 leg. quadr.
Júpit.	un poco mas de 9 diámetros de la Tierra, y vale 18.860. leguas portuguesas,	83 veces y dos terceras partes mayor que la de la Tierra y contiene 1.122.387.840 leguas quadradas.
Satur.	7 diámetros y una quarta parte de la Tierra, que valen 14.963. leg. portug.	casi 53 veces mayor que la de la Tierra y contiene 708.173.280 leguas quadradas.

Volumen.	Peso.	Densidad.
772.183 veces y media mayor que el de la Tierra.	195.312 veces y media mas pesado que la Tierra toda.	cerca de 4 veces ménos denso que la Tierra.
casi 34 veces menor que el de la Tierra.	Ignórase.	Ignórase.
poco menor que el de la Tierra.	No se sabe.	No se sabe.
de volúm. tiene 4.591.991.520 leguas cúbicas.	O	O
48 veces menor que el de la Tierra.	39 veces menor que el de la Tierra.	mayor que la de la Tierra en la proporcion de 48 a 39.
cerca de 6 veces ménos que el de la Tierra.	No se sabe.	No se sabe.
765 veces y una quarta parte mayor que el de la Tierra.	181 veces mas pesado que toda la Tierra.	4 veces y una quinta parte ménos denso que la Tierra.
382 veces y una sexta parte mayor que el de la Tierra.	63 veces mas pesado que la Tierra.	6 veces ménos denso que la Tierra.

De la distancia de los Planetas

Planetas.	Distanc. en partes milésim. de la dist. de la Tier. al Sol.	Distancia en semidiámetros de la Tierra.	Distancia en leguas Portugues.
Sol.	0	0	0
Mercurio.	387	7603 $\frac{338}{3054}$	7.838.837
Vénus.	723	14.204 $\frac{984}{3054}$	14.644.674
Tierra.	1000	19.646 $\frac{116}{3054}$	20.255.376
Márte.	1524	29.941 $\frac{186}{3054}$	30.869.171
Júpiter.	5204	102.180 $\frac{2280}{3054}$	105.348.363
Saturno.	9538	187.387 $\frac{102}{3054}$	193.144.447
Luna.	3,054	60	61.860
Satélites de Júpiter.	1. ^o $5\frac{2}{3}$ 2. ^o 9 3. ^o $14\frac{1}{3}$ 4. ^o $25\frac{1}{4}$	Distán del centro de Júpiter. semidiámetros de Júpiter.	

Primarios al Sol.

Excentricidad de las órbitas de los Planetas.	Diferencia entre las distancias máximas y mínimas.		
0	0		
80 partes milésimas: semidiámetros 1571: leguas 1.619.701.	semidiámetros 3.142: leguas 3.239.412.		
5 partes milésimas: semidiámetros 98: leguas 101.038.	semidiámetros 196: leguas 202.076.		
17 partes milésimas: semidiámetros 334: leguas 344.354.	semidiámetros 668: leguas 688.708.		
141 partes milésimas: semidiámetros 2.770: leguas 2.855.870.	semidiámetros 5.540: leguas 5.711.740.		
250 partes milésimas: semidiámetros 4.911: leguas 5.063.241.	semidiámetros 9.822: leguas 10.126.482.		
547 partes milésimas: semidiámetros 10.745: leguas 11.079.126.	semidiámetros 21.492: leguas 22.158.252.		
semidiámetros $3\frac{1}{3}$ leguas 3.443.	semidiámetros $6\frac{2}{3}$ leguas 6.886		
Satélites de Saturno.	1. ^o $1\frac{0}{10}$ 2. ^o $2\frac{2}{5}$ 3. ^o $3\frac{2}{5}$ 4. ^o 8 5. ^o $23\frac{3}{10}$	Distán del centro de Saturno. semidiámetros del anillo.	

De la Distancia de todos los Planetas á la Tierra reducida á leguas portuguesas.

<i>Planeta.</i>		<i>Leguas portuguesas.</i>	
Lun.	dista de la Tier. en la distanc. media	61.860.	
Mercurio.	dista de la Tier. { en la conjuncion inferior	12.416.539	
	{ en la conjuncion superior	28.094.213	
Venus.	dista de la Tier. { en la conjuncion inferior	5.610.702	
	{ en la conjuncion superior	34.900.050	
Sol.	dista de la Tierra en la dist. media	20.255.576	
Marte.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	10.613.795	
	{ en la conjuncion con el Sol	51.124.547	
Júpiter.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	85.092.987	
	{ en la conjuncion con el Sol	125.608.739	
Saturno.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	172.889.097	
	{ en la conjuncion con el Sol	213.399.823	
<i>Movimiento de los Satélites al rededor de los Primarios.</i>			
Satélites de Júpiter.	1.º 1 dia, 18 hor. 27 minut. 34 seg.	Satélites de Saturno.	1.º 1 dia, 21 hor. 18 min. 27 seg.
	2.º 3 dias, 13 hor. 13 min. 42 seg.		2.º 2 dias, 17 hor. 41 min. 22 seg.
	3.º 7 dias, 3 hor. 42 min. 36 seg.		3.º 4 dias, 12 hor. 25 min. 12 seg.
	4.º 16 dias, 16 hor. 32 minut. 9 segundos.		4.º 15 dias, 22 hor. 41 min. 14 seg.
			5.º 79 d. 7 h. 48 m.

Del movimiento de los Planetas en el sistema Copernicano.

<i>Planetas.</i>	<i>Periodo al rededor del Sol.</i>	<i>Rotacion sobre el propio exe.</i>	<i>Inclinacion de la órbita respecto de la eclíptica.</i>
Sol,	en el sistema Ticónico se revuelve al rededor de la Tierra en 365 dias , 6 hor. 9 minut. 14. seg.	25½ dias.	0
Mercur.	87 dias, 23 hor. 15 min. 38 seg.	No consta.	6 grados y 52 minut.
Vénus.	224 dias, 14 h. 49 min. 20 seg.	24 dias, 8 horas,	3 grados, 23 minut.
Tierra.	365 dias, 6 hor. 9 min, 14 seg.	23 hor. 56 min. 4. seg.	0
Márte.	686 dias, 22 hor, 29 minut.	24 horas, 40 minut.	1 grado, 52 minut.
Júpiter.	4332 dias, 12 h. 20 m. 9 s. esto es, casi 42 años.	9 horas, 56 minut.	1 grado, 20 minut.
Saturno.	10739 dias, 6 hor. 36 minut. esto es, cerca de 30 años.	No consta.	2 grados, 30 minut.
Luna.	se mueve al rededor de la Tierra en 27 dias, 7 hor, 43 minut. De una Luna nueva hasta otra gasta 29 dias, 12 h.	27 dias, 7 horas, 43 minutos;	5 grados, y 3 minut.

 TARDE XXXIV.

De los efectos que nacen de la figura y situacion del Globo de la Tierra respecto de los Astros.

§. I.

De la figura y division del Globo de la Tierra, y de la longitud y latitud de las Ciudades, y tambien de las Estrellas.

Teod. Como se van acabando los gustosos dias en que puedo gozar de vuestra compañía, para que quede completa (en quanto permiten las circunstancias) esta instruccion que os doy, es preciso ir resumiendo lo que nos resta. Hoy hemos de hablar de los efectos que provienen de la figura y situacion del Globo de la Tierra respecto de los Astros; y será con mas individualidad que quando la consideramos como planeta en el sistema de los Copernicanos. La Tierra es sensiblemente globosa: algunos Antiguos creian que era un plano circular que por las extremidades se junta con los cielos al modo que el vidrio de un reloj de faltriquera se junta con la esfera ó mostrador. Pero despues que las

navegaciones manifestáron que se podía andar en redondo el globo de la Tierra, ninguno dudó de su figura globosa, y que había Antípodas; esto es, hombres cuyos pies quadran vueltos contra los de los que estaban en la otra parte del globo.

Silv. Algun dia era eso para mí un misterio inexplicable, y pensaba yo que los que quadran á la otra parte, caerían por los ayres; pero ahora ya conozco que la fuerza del peso hace que todos nos inclinemos al centro de la Tierra; y estando ella habitada al rededor por hombres, el peso de cada uno le hace cargar sobre su superficie hácia el centro, y así este peso nunca puede permitir que se aparten de él para el ayre; porque eso que nosotros llamamos caer por los ayres abaxo allá á la otra parte del mundo, seria en realidad subir por el ayre arriba; pues respecto de esos hombres quadra hácia abaxo la Tierra en que tienen los pies, y el ayre hácia arriba; así como nos sucede á nosotros.

Teod. Discurreis muy bien. Supuesto, pues, ser la Tierra de la figura de una bola, conviene ir tocando ligeramente las consecuencias de esta figura, las quales al mismo tiempo son confirmaciones innegables de que la Tierra es esférica. Síguese lo primero que estando nosotros á la orilla del mar grande, quando los navíos se van alejando mucho, tambien se han de ir ocultando hácia abaxo; de suerte, que solo veremos las velas, las quales tambien se irán hundiendo

poco á poco ; pero los que están en lo mas alto de las torres , todavía los descubrirán quando ya no se les pueda ver desde las playas. Todo esto sucede así , y proviene de la convexidad de la Tierra , la qual se hace muy perceptible en el agua del mar ; porque aunque la de los estanques tenga la superficie á nivel y por línea recta , esto solo es sensiblemente ; pero en el mar , siendo su extension tal que rodea toda la Tierra , debe ser tambien esférica su superficie. Y la misma naturaleza de los fluidos pide esto ; porque deben tener las columnas de igual altura entre sí para equilibrarse ; y como la altura se mide desde el centro de la Tierra , deben tener una misma altura las líneas que salen de este punto hasta la superficie del mar ; lo qual no puede ser sin que su superficie vaya doblándose como una bóveda. Sentado esto , habiendo gran distancia entre nosotros y los navíos que estamos mirando , la línea de la vista que siempre es recta , tropieza con la superficie del agua , que hace convexidad ó lomo , y nos quita que veamos primero el casco , y despues las velas , conforme el navío se va alejando.

Eug. Ya pasó eso por mí quando venia de la América ; porque á la salida del puerto veia la playa , despues la fuí perdiendo de vista , y solo veia los campanarios de las torres , hasta que perdimos de vista enteramente la Tierra. Pero me sucedió al contrario quando avistamos la Tierra : pri-

meramente la vió el grumete que venia en la cofa de gavia, despues tambien la avisamos los que estábamos en el combés del navío, pero nõ veíamos mas que la sierra de Cintra, luego el cimborio de San Vicente, hasta que fuimos descubriendo con increíble alegría la Ciudad toda.

Teod. La razon de todo eso es la convexidad de la superficie del mar; porque la línea de la vista que desde el navío va rozándose con la superficie del agua, apenas alcanza á las partes mas altas, quedando las inferiores ocultas con el agua; pero quando el navío se va acercando, y es menor la distancia, ya puede la vista descubrir por línea recta de una parte á otra sin tropezar en el agua.

Eug. Tambien nos sucedia que á proporcion que íbamos avanzando hácia el Sur, se nos iba baxando y hundiendo la Estrella del Norte, hasta que finalmente cerca de la Línea la perdimos de vista; pero tambien fuimos descubriendo estrellas que nunca habíamos visto, porque las de la parte del Sur cada vez nos aparecian mas altas.

Teod. Ved ahí otra prueba de la figura globosa del mundo considerado de Norte á Sur. De suerte, que miéntras caminábais de Levante á Poniente, se iban ocultando hácia abaxo los puertos que dexábais, y al mismo tiempo se iban elevando hácia arriba los puertos en cuya busca íbais; y eso prueba que el mar es convexo de Levante á Poniente: y lo que ahora me decis

de las estrellas, muestra que tambien lo es de Norte á Sur; y la razon es la misma que la de las veletas de las torres. Si fuérais navegando hasta el Polo del Sur, las estrellas de esa parte del cielo os quadrarian sobre la cabeza; y al contrario, os quadriaria debaxo de los pies nuestra Estrella del Norte. Y os sucederia al revés al volver al Polo del Norte.

Eug. Así es.

Teod. Aquí teneis ya explicado lo que quiere decir *Altura de Polo*; porque como la Tierra es redonda, caminando por exemplo de Lisboa á Galicia, que nos quadra al Norte, cada vez vamos teniendo mayor altura de Polo; esto es, cada vez quadra el Polo del Norte mas alto respecto de nosotros: de tal manera, que si fuéramos andando siempre por esa línea adelante, algun dia tendríamos á plomo dicha estrella sobre la cabeza. Por el contrario, viniendo del Norte para Lisboa, cada vez se habia de ir baxando la Estrella del Norte. Ahora ya quedais enterado del motivo por que se dice que Lisboa tiene 38 grados de altura del Norte y 43 minutos, Oporto 41 y 10 minutos, &c.

Eug. Ya lo he entendido; pero á esos grados que decis, los llamaban los pilotos de mi embarcacion grados de *latitud*: explicadme que quiere decir esto.

Teod. Dividen los Geógrafos el Globo de la Tierra con varios círculos semejantes y proporcionados á los que los Astrónomos

describen en el cielo. Llegaos conmigo á este Globo Terrestre (*estamp. 4. fig. 8.*). Est. 4.
fig. 8. También en la Tierra se señalan dos polos el del Norte *N* y el del Sur *S*, que corresponden y quadran á plomo debaxo de los puntos inmóviles del cielo á que llaman Polos: junto á cada uno de estos con la distancia de 23 grados y medio señalan un círculo polar *pp*, y entre estos dos círculos polares describen otros tres paralelos todos entre sí. El del medio *E E*, que dista igualmente de uno y otro polo, se llama *Equador* ó *Línea*: los dos *T T* que están á los lados de la *Línea* en distancia de 23 grados y medio, se llaman *Trópicos*; y ya veis que estos círculos, así como tienen los mismos nombres que los del cielo, también les corresponden á ellos, pues guardan entre sí la misma distancia. Estos círculos forman cinco zonas ó cintas en la superficie de la Tierra. La que quadra entre los dos *Trópicos* y comprehende 47 grados, se llama *Zona tórrida*; porque como el Sol siempre anda por allá arriba en correspondencia de ella, se creía algún día que por el demasiado calor sería abrasada é inhabitable; pero vos, Eugenio, habeis visto por experiencia propia que comprehende los mas deliciosos climas. Los dos círculos polares comprehenden dos terrenos que se llaman *Zonas frias*, y el espacio que resta entre cada uno de los *Trópicos* y el círculo polar cercano, se llama *Zona templada*. Además de eso también se describen en la Tierra va-

rios Meridianos semejantes á los del Cielo; y llaman así á todo círculo que pasa de polo á polo por encima de este ó de aquel lugar determinado: v. g. el círculo que abraza la Tierra, y pasa de Norte á Sur por encima de Lisboa, es el Meridiano de Lisboa; al modo que el círculo que de Norte á Sur pasa por París, es el Meridiano de París; y así de las demas regiones.

Eug. En vista de eso cada pueblo tiene su Meridiano particular.

Teod. Así es, si se habla de aquellos que quadran unos mas á Levante que otros; porque los que distan entre sí solo de Norte á Sur, tienen un mismo Meridiano, pues pasa por encima de ámbos.

Eug. Ya lo comprehendo.

Teod. Esto supuesto, creo que os acordareis de lo que ya dixé, que todo círculo se dividia en 360 partes llamadas grados; y así un medio círculo tiene 180, y una quarta parte 90. De aquí se sigue que desde el Equador ó *Línea E E* hasta qualquiera de los Polos *N S* solo hay 90 grados; y que toda la línea en redondo tiene 360. Ahora ya podeis inferir qué cosa es *Longitud* y *Latitud* de qualquier Ciudad ó Villa. Inventáron los Geógrafos este medio para saber qué lugar ocupaba en la superficie de la Tierra esta ó aquella Ciudad, y señalaron un círculo que pasa de Norte á Sur por encima de la Isla del Hierro, que es una de las Canarias, para que fuese el primer Meridiano. Este es el Meridiano cierto,

del qual se empieza á contar la *Longitud* de los pueblos : aquí lo teneis ; pero esta *Longitud* solo se cuenta en el Equador.

Eug. Y quando la Ciudad de que tratamos no estuviere en el Equador sino á los lados ; como podré yo saber la *Longitud* ?

Teod. En los Mapas en que están pintadas las situaciones de los países , tambien están señaladas varias líneas que van de Polo á Polo , y atraviesan el Equador : aquí se ven. Estas líneas son otros tantos Meridianos : mirad qual de ellas pasa mas cerca de Lisboa , é id á ver el lugar ó grado del Equador donde ella le corta , y hallareis que es en el grado 10 , y con eso sabreis qual es la longitud de Lisboa , descontando ó añadiendo la distancia que Lisboa tenia de ese círculo de que os habeis valido.

Eug. Y viendo yo el lugar en que esa línea ó Meridiano corta al Equador ; como podré saber qué grado del Equador es ese ?

Teod. En el Mapa está escrito su número de 10 en 10 , y todos están con distincion entre sí , como veis ; pero en caso que no lo estuviesen , debíais ir á buscar la Isla del Hierro , y el primer Meridiano que pasa por ella ; y comenzando á contar desde el punto en que este corta al Equador , caminando con la cuenta hácia Levante ó á la parte de España , hallareis el número de los grados del Equador en qualquier lugar que le corten.

Eug. Ya sé buscar la *Longitud* ; pero todavía no sé conocer la *Latitud*.

Teod. Hallando qualquier pais en el Mapa ó Globo Terrestre , tambien habeis de encontrar varios círculos paralelos al Equador , que van á cortar el primer Meridiano : tomad el círculo mas cercano á ese pueblo de que hablais , y siguiéndole hácia Poniente , ireis á ver qué grado corta en el primer Meridiano ; y esa será la *Latitud* buscada. Advierto que habeis de rebaxar ó añadir lo que distaba de ese pueblo el círculo cercano de que os valisteis. De esto se infiere que nunca oireis decir que ningun pais tiene mas de 90 grados de latitud; porque como del Equador al Polo va un quarto de círculo , en contando 90 grados, estamos debaxo del Polo ; pero de longitud podemos contar hasta 360 grados, porque se cuentan en un círculo entero y continuado. La *Latitud* unas veces es hácia el Sur , otras hácia el Norte ; pero la *Longitud* siempre es una.

Eug. Ya lo entiendo.

Teod. De paso os diré la longitud y latitud de las estrellas , porque no lo dixé en su lugar , y aquí lo entenderéis mejor. Ya os dixé que en el cielo se imaginaba un círculo , que llaman *Eclíptica* , y es el camino del Sol. Respecto de este círculo tambien se señalan dos Polos diversos de los del mundo , que distan de ellos 23 grados y medio. Estos polos se llaman polos de la *Eclíptica* , y son dos puntos del cielo que distan igualmente de todos los puntos de ella al rededor , así como los Polos

del Norte y del Sur están á igual distancia de todos los puntos del Equador celeste. En esta Eclíptica, pues, es donde se mide la *Longitud* de qualquier estrella, así como las longitudes de los pueblos se miden en el Equador; y la *Latitud* se mide en los círculos ó líneas que tiramos por encima de esa estrella desde la Eclíptica á su polo, al modo que en la Tierra medimos las latitudes en las líneas que van por encima de las Ciudades hasta el Polo del Norte ó el del Sur.

Eug. Ya lo entiendo: es lo mismo que en la Tierra, con la diferencia de que allá en las estrellas se atiende á la Eclíptica y á sus polos; y acá en la Tierra atendemos al Equador. Proseguid.

Teod. Olvidábaseme deciros que en la Eclíptica empiezan á contarse los grados desde el primer punto de *Aries*; esto es, del punto en que la Eclíptica corta al Equador subiendo hácia el Norte. Y de este modo podeis buscar en el Mapa del cielo qualquier estrella, sabiendo su *longitud* y *latitud*, así como sucede en el Mapa Terrestre con las Ciudades y Villas, las quales hallamos de este modo. Ahora vamos á determinar mas individualmente la figura del Globo de la Tierra.

Silv. Ya habeis dicho que era un poco aplanada por los polos ¹.

Teod. A esa figura llaman *esferoide*; y

Y 3

¹ Tard. XXXII. §. VI.

ahora poco tengo que añadir , solo procuraré dar mas luz á lo que entónces dixé. Verdad es que muchos Astrónomos como los dos Cassinis , Maraldi , Brunet y otros opináron que la Tierra era de la figura de un huevo. Pero Huygens y Newton , y á lo que entiendo todos los Astrónomos que al presente hay , son de sentir que la Tierra es mas baxa por los polos , y semejante á una naranja. Tres fundamentos alegan para eso : el primero es tomado puramente del cálculo , suponiendo que la Tierra se mueve. Los cuerpos , segun os expliqué ¹ , á proporcion que se acercan al Equador , se disminuyen de peso , y por eso ha de estar por allí el mar mas alto , y por consiguiente tambien la superficie de la Tierra , que siempre quadra mas alta que él en algunas partes. Conforme á este cálculo debe ser el diámetro de la Tierra en el Equador mayor que en los Polos en la proporcion de 230 á 229. El segundo argumento se saca de las observaciones que , como ya os dixé , fuéron á hacer los Académicos Franceses con algunos Españoles , así al Perú , como á Laponia , los quales midiendo exâctísimamente los grados de los Meridianos , y comparándolos con las medidas del Meridiano en París , halláron que los grados quanto mas cerca estaban del Equador , mas pequeños eran ; de suerte , que calculando sobre su experiencia , un grado cerca-

no al Polo sale tanto mayor que otro del Equador quanto 60 excede á 59¹; y como sabiendo la longitud de cada grado se conoce geoméricamente la longitud del radio ó la distancia de esa superficie al centro , fácilmente se echa de ver que la figura de la Tierra es como la de la naranja. Bien veis que la superficie de un huevo es mas curva hácia las extremidades ó polos que por el medio : al contrario , la naranja es mas chata y ménos curva por los polos que por el medio. Pues ahora , como un grado del círculo es una parte de su curvatura , quando una línea es mas curva que otra , llega mas presto á tener un grado de curvatura ; y así basta ménos longitud de línea para que haya un grado. De este modo sucede en la Tierra. Junto á los polos , como su superficie es mas chata , para hallar curvatura que haga un grado , es preciso tomar una gran porcion de superficie , y comprehende el grado 357.996 pies² ; pero junto al Equador , como la superficie de la Tierra da allí vuelta mas aprieta , y no es tan llana , para tener un grado de curvatura , basta ménos ; y así el grado del Equador solo tiene 352.008 , no haciendo caso en ámbas partes de unos pequeños quebrados. Este argumento quita todas las dudas , porque es demostrativo. Supuestas estas medidas , sale por el cálculo

Y 4

¹ Graves. *Phys. Elem. Math.* n. 4332.

² Id. núm. 4330.

lo el diámetro del equador mayor que el de los polos en razon de 178 á 177. Vamos al tercer argumento , que tambien es muy fuerte , y ya lo toqué los dias pasados , el qual es sacado del diverso movimiento de las péndolas. Observóse que una misma péndola en París hacia las vibraciones mucho mas despacio que en Laponia, y tanto tiempo gastaban en París 86.158 vibraciones , como en Laponia 86.217 (tampoco aquí me paro en algunos quebrados de poca entidad), que son 59 vibraciones mas casi en 24 horas. Del mismo modo se halló que junto al Equador todavía andaban las péndolas mas despacio que en París ; por donde se vino á conocer que la gravedad de esos pesos se disminuia á proporcion que se acercaban al Equador. Algunos atribuyéron esto al calor de aquellas regiones , diciendo que hacia que se alargasen las varillas de las péndolas , lo qual ciertamente haria las vibraciones mas lentas ; pero por lo que ya os dixé , se conoce que esta respuesta es frívola , porque el calor de aquellas regiones es moderado como sabeis ; y en Quito á tiempo que helaba , era preciso acortar la varilla de la péndola mucho mas de lo que podia extenderla un calor intensísimo , para que las vibraciones concordasen con las que se hacian en París ; y no es creible que en tiempo de yelo hiciese en Quito mucho calor : por donde se infiere que la dilatacion de las péndolas no podia ser la causa de la retardacion de sus

vibraciones, sino solamente el disminuirse allí la gravedad ó peso de cada partícula, cayendo por tanto los graves con menor velocidad.

Silv. Fácilmente se puede conocer si ese efecto procede de la diminucion del peso, poniendo otra péndola en París, por exemplo de algo ménos peso, y mirando si hace las vibraciones tan despacio como esa en la América.

Teod. Ya dixé que no podia ser eso así; porque habeis de saber que teniendo las péndolas una misma longitud de varilla, hacen las vibraciones á un mismo tiempo, sea qual fuere su peso: esto es cierto. Y la razon ya la sabeis, pero no la aplicais. Ya os dixé ¹ que dos pesos muy diversos, soltándolos por el vacío, caian á un tiempo; y que quando caen por el ayre, solo hay en la velocidad la diferencia que induce la resistencia del ayre. Ahora, pues, como las péndolas hacen sus vibraciones cayendo y subiendo, importa poco que sean mas ó ménos pesadas para gastar mas ó ménos tiempo en caer y subir. Y así si nosotros quereamos que una péndola teniendo la varilla tan larga como otra (porque solo esto es lo que gobierna las vibraciones, como se demuestra en la Mecánica): si quereamos, digo, que haga las vibraciones mas despacio, no basta disminuir la materia del peso, porque una sola partícula de materia

¹ Tom. I.

de una pluma caeria con tanta velocidad como cien arrobas de plomo (prescindo de la resistencia del ayre) ; luego es preciso para retardar estas vibraciones que cada partícula de materia sea atraida ó impelida hácia la Tierra con ménos fuerza , y caiga con ménos velocidad ; y esto solo se consigue poniendo la tal péndola mas cerca del Equador ; porque allí en cada partícula de materia es menor la gravedad.

Silv. Ya lo entiendo ; ¿pero que tiene eso que ver con la figura de la Tierra?

Teod. Diré. En el sistema Newtoniano la gravedad mutua y general que se conoce en todo lo que tiene materia , ya sea terrestre , ya celeste , se observa que se disminuye en razon inversa del quadrado de la distancia de un cuerpo hasta el centro de la atraccion (proceda la gravedad de lo que procediere): esta es una ley constantemente observada en Cielos y Tierra ; luego para que sea menor la fuerza con que las péndolas en el Equador pesan ó son atraidas hácia la Tierra , es preciso que allí estén mas distantes del centro. Por eso de este argumento de las péndolas se colige que la Tierra está mas levantada por el Equador.

Silv. Y el cálculo fundado en el movimiento de las péndolas ¿concuera con los otros que habeis dicho?

Teod. Concuera en la substancia , mas con alguna diferencia. Por el cálculo de Newton fundado sobre el movimiento de la Tierra , debe ser esta por el equador mas alta

4 leguas y media de las nuestras ; y por la medida de los Académicos casi 6. El cálculo de las péndolas se acomoda mas al de Newton , bien que no concuerda del todo. Pero formándolo Newton , como lo forma, sobre el movimiento de la Tierra , como ademas de la fuerza centrífuga en el Equador hay la mayor distancia del centro , y menor atraccion de la gravedad , deben subir las aguas aun mucho mas de las 4 leguas y media que subirian si no hubiese disminucion en la gravedad á causa de la mayor distancia del centro. El insigne Benito de Moira Portugal , hombre de grande ingenio , conjetura que la mayor elevacion del Globo Terráqueo no será en el Equador sino á algunos grados de distancia de él. Su fundamento es que la fuerza centrífuga hace al agua huir del exe hácia fuera por líneas perpendiculares al exe ; y en el Equador la fuerza de la gravedad obra por esta misma línea ; pero en los lados esta fuerza como solo empuja hácia el centro , no obra por líneas perpendiculares al exe : de donde se sigue que la fuerza centrífuga halla mayor contrariedad en el Equador , que en la latitud de algunos grados , porque encuentra una fuerza que obra por la misma línea en contrario ; y tal vez procederá de aquí que en las cercanías de la Línea no es perfectamente constante en las experiencias de las péndolas el atrasarse á proporcion que se aproximan á la misma Línea. Pero el tiempo descubrirá si esta conjetura es só-

lida. De qualquier manera concluimos que la figura de la Tierra es esta. Y ni por eso dexa de ser sensiblemente redonda, porque 6 leguas de mayor altura en el Equador es cosa muy pequeña é imperceptible respecto del diámetro medio de la Tierra, que tiene 2062 leguas portuguesas. Advierto que yo, siguiendo el arte de navegar de nuestro Cosmógrafo mayor, doy á cada grado de círculo máximo 18 leguas (los Españoles tienen leguas un poco mayores, y computan cada grado por $17\frac{1}{2}$), y por esta cuenta viene á tener el círculo máximo 6480 leguas portuguesas. Ahora si quereis saber quantas leguas quadradas contiene la superficie de la Tierra, habeis de multiplicar su círculo máximo por todo el diámetro, y saldrán 13.361.760. Y para decirlo todo de una vez, tiene toda la Tierra de volúmen (4.591.991.520) quatro mil quinientos noventa y un millones novecientas noventa y un mil quinientas y veinte leguas cúbicas. Tambien prevengo que en las Tablas del P. Eusebio da Veiga hay grande equivocacion en lo que toca al tamaño de la Tierra. Tal vez los Impresores habrán trastrocado los guarismos de la cuenta, lo qual es muy fácil.

Eug. Solo quien tiene práctica de cuentas es el que sabe la gran facilidad que hay de equivocarse en ellas, aun haciéndolas con cuidado; quanto mas pasando por manos ajenas, como sucede en las impresiones.

§. II.

*De las Horas, Dia y Año, Verano
é Invierno.*

Teod. Síguese ahora explicar los admirables efectos que nacen de la figura esférica de la Tierra, y algunos otros que aunque procedan de diversa causa, tienen conexión con ellos. En primer lugar quiero explicar los dias, los años y las estaciones del año. El dia unas veces se toma por el espacio de 24 horas, y entónces se llama *dia natural*; en cuyo sentido decimos que el mes consta de 30 dias continuados, empezando cada uno en el mismo punto de media noche en que acaba el precedente. Otras veces el *dia* solo significa el espacio en que gozamos de la luz del Sol; y en este significado excluye la noche, y se llama *dia artificial*. El dia natural que consta de 24 horas es el espacio que el Sol gasta en girar al rededor de nosotros formando un círculo entero; de suerte, que contamos medio dia del Jueves por exemplo, quando el Sol está en el Meridiano que pasa por encima de nuestra cabeza; y quando volviere á pasar por encima de nosotros tocando en este mismo Meridiano, habrán pasado 24 horas ó un dia completo, que se compone de la tarde del Jueves y de la mañana del Viérnes. Pero habeis de notar que el dia de las estrellas es mas pe-

queño que el del Sol. Yo me explicaré. Al espacio de tiempo que el Sol gasta en dar una vuelta desde que dexó nuestro Meridiano hasta que vuelve á tocar en él, le llamamos *dia del Sol*; pero al espacio que ocupa qualquier estrella fixa desde que pasó por nuestro Meridiano hasta volver á tocar en él, le llamamos *dia de las Estrellas*.

Eug. Bien lo percibo. ¿Pero por que decis que ese dia es menor que el del Sol?

Teod. Supongamos que el Sol hoy quando pasó por nuestro Meridiano, estaba junto á una estrella: si él no se moviese con su movimiento propio hácia Levante, quando mañana llegase á pasar por encima de nosotros esa estrella, tambien vendria el Sol; pero como entretanto habrá andado el Sol hácia atrás, esto es, hácia el Oriente, despues que la estrella llega al Meridiano, aun es preciso esperar algun tiempo hasta que llegue el Sol. Quando el Sol anduvo mas, mas tiempo se espera por él, y quando anduvo ménos, se aguarda ménos despues de llegar la estrella. Unos dias con otros tarda el Sol en llegar al Meridiano, despues que llegó la estrella, 3 minutos y 56 segundos; pero en realidad unos dias tarda mas y otros ménos.

Silv. ¿Y por que no tarda siempre el Sol un mismo tiempo?

Teod. Ambos me habreis oido decir que los planetas no siempre andaban á paso igual en sus órbitas, sino que unas veces se apre-

suraban y otras se atrasaban ¹. Pues el Sol sigue esta misma regla (los Copernicanos dicen que este movimiento es aparente en el Sol, pero verdadero en la Tierra, y en ese sistema tambien la Tierra unas veces se apresura y otras se retarda así como los demas planetas). De aquí se sigue que no en todos los días ha de ser igual el espacio que el Sol anda con su movimiento propio; y así no siempre ha de ser uno mismo el intervalo de tiempo que va desde que la estrella llega al Meridiano hasta que llegue el Sol. Por eso los dias rigurosamente no son iguales; y como cada uno se reparte en 24 horas, tampoco resultan iguales estas. Ved aquí por que los relojes no pueden acompañar al Sol, y es preciso ya atrasarlos, ya adelantarlos, y es que su movimiento siempre constante no puede concordar con el del Sol, que varía.

Eug. Hasta ahora atribuia yo eso á la imperfeccion de los relojes; pero ya veo que es indispensable esa diligencia para traerlos concertados con el Sol.

Teod. Vamos á explicar el *dia artificial*, esto es, el que se opone á la *noche*. Empieza el dia con un crepúsculo, y acaba con otro. Llamamos crepúsculo aquella luz que poco á poco se va avivando hasta que aparece el Sol, y que se debilita al mismo paso despues que él desaparece. Este crepúsculo, como tambien el espacio que goza-

mos del Sol , todos saben que es desigual, segun los tiempos del año , y conforme á los parages de la Tierra. Yo os explicaré esto con la mayor claridad que pudiere. Nosotros sabemos que el Sol gira en 24 horas al rededor de nosotros : miéntras anda del Horizonte arriba , es dia : miéntras anda por debaxo del Horizonte es noche. Si nosotros estuviéramos en la Línea ó Equador , todos los dias del año serian iguales á las noches.

Est. 4.
fig. 6.

Voy á dibuxar aquí una figura (*estamp. 4. fig. 6.*). Aquí teneis una semejanza de la Esfera : *N S* son los dos Polos ; y la línea que va de una letra á otra , significa el exe del mundo , ó la línea que se considera de Norte á Sur , sobre la qual se mueven los cielos en 24 horas (luego os explicaré esto en el sistema Copernicano). *E E* significa el Equador , *TT* el Trópico de *Cáncer* , que es el del Verano , y *CC* el Trópico de *Capricornio* , que es el del Invierno. Esto supuesto , si nosotros estuviéramos en la Línea , nos quadraria el Equador celeste sobre la cabeza , y por consiguiente el Horizonte *oo* (ó el círculo que corre por todas las extremidades del cielo que los ojos pueden ver) abrazaria entrámbos Polos *N S*. En este caso poned al Sol en qualquier punto del cielo ya sea *T* , ya *C* , ya *E* : como gira en 24 horas sobre el exe *N S* , tanto tiempo gasta en andar el espacio que hay del Horizonte arriba , como del Horizonte abaxo ; porque el Horizonte parte todos esos círculos en dos mitades iguales.

Luego tanto tiempo ha de andar el Sol de nuestro Horizonte arriba, y será de dia, como de él abaxo, y será de noche.

Eug. Con efecto, viniendo yo de la América, 20 dias que estuvimos parados en la Línea por causa de una terrible calma, observé que siempre salía el Sol á las 6 de la mañana, y se ponía á las 6 de la tarde, y esto era por el mes de Junio; y quando fuí allá, que era en Noviembre, tambien nos detuvimos 5 dias en la Línea, y me sucedió lo mismo.

Silv. ¿Pues que allí no hay invierno, ni verano?

Teod. En los países que quadran en la Línea ó cerca de ella, siempre los dias son iguales á las noches; pero atendiendo al calor y al frio, cada año hay dos veranos y dos inviernos. Reparad la figura: el Sol cada dia anda un grado por la *Eclíptica*, que aquí se pinta con este círculo de puntitos *TC*. Pero siempre va girando con los cielos al rededor de la Tierra en 24 horas: mientras anda cerca de los Trópicos, hace ménos calor en la Línea, y se puede llamar invierno; pero quando anda cerca del círculo *EE*, pasa por encima de la cabeza de los que allí viven, y cayendo sus rayos perpendicularmente sobre la Tierra, causan un gran calor; y como el Sol corre toda la *Eclíptica* dentro de un año, pasa dos veces por el círculo *EE*, una hácia allá, y otra hácia acá, y hace dos veranos; y llega una vez á *C* y otra á *T*, y causa dos

inviernos. Vamos ahora á explicar la Esfera obliqua.

Eug. ; Que quiere decir *esfera obliqua*?

Teod. Quando el Horizonte coincide con el exe del mundo que va de Polo á Polo, se llama *esfera recta*; y quando el exe que se considera de un Polo á otro, corta obliquamente el Horizonte, se llama *esfera obliqua*. Aquí lo dibuxo con lápiz (*estamp. 4. fig. 7.*), y pongo los mismos círculos y las mismas letras.

Eug. Por lo que decis, nosotros estamos en *esfera obliqua*.

Teod. Sí, porque el Polo del Norte se levanta del Horizonte 38 grados y otros tantos se baxa el del Sur.

Eug. Y si estuviéramos allá en Oporto v. g. ó en Galicia, aun nos quadraria mas alto el Norte; porque como ya dixistéis, la altura del polo sobre el Horizonte es igual á la latitud de qualquier pais; y así quanto mas fuéremos caminando hácia el Norte, mayor *latitud* tendremos, y mayor altura de polo.

Teod. Así es.

Silv. De ahí se infiere que los Horizontes de los países son diversos, y cada uno tiene el suyo.

Teod. Inferis bien; porque como la Tierra es redonda, si de aquí caminamos para qualquiera parte, hemos de descubrir parte del cielo que ántes no veíamos, y tambien se nos ha de ocultar alguna de las que veíamos; y como el Horizonte es el círculo que

pasa al rededor por todas las extremidades del cielo que vemos, se sigue que mudando de tierra, tambien mudamos de Horizonte. Sentado esto, vamos á explicar la desigualdad de los dias respecto de las noches. Los círculos que el Sol hace cada dia, no cortan perpendicularmente nuestro Horizonte, porque como gira al rededor del exe que pasa de Norte á Sur, estando este exe inclinado respecto del Horizonte, no pueden los giros quotidianos del Sol cortarle perpendicularmente; y así el giro de un dia tiene con corta diferencia la misma inclinacion que los Trópicos ó el Equador, porque quando el Sol está en el Trópico, poco se desvia de él en el espacio de un dia. Supongamos ahora que llegó San Juan: estará el Sol en *T*, que es el Trópico de *Cáncer*, y en ese dia casi no se aparta su giro del mismo Trópico. ¿No veis como es mucho mayor la parte de ese círculo que quadrá del Horizonte arriba, que la que está del Horizonte abaxo?

Eug. No hay cosa mas clara.

Teod. Ved aquí por que en el verano tenemos los dias mayores que las noches. Al contrario, en invierno son mayores las noches que los dias, porque (como veis) el círculo del Trópico de *Capricornio*, que es este *CC* por donde el Sol anda cerca de Navidad, tiene mucho mayor porcion debaxo del Horizonte que encima. Pero quando el Sol está cerca del Equador, que es á fines de Marzo y de Septiembre, son los

dias iguales á las noches , porque (segun estais viendo) el Equádor siempre tiene la mitad debaxo del Horizonte , y la mitad encima ; y de qualquier forma que imagineis el Horizonte , como siempre ha de pasar sensiblemente por el centro de la Tierra , siempre ha de cortar al Equador en dos partes iguales. Por eso quando el Sol llega á este círculo , en todas las partes del mundo en que hubiere dia y noche , serán las noches iguales á los dias.

Eug. ¡En todas las partes donde hubiere dia y noche ! Ese modo de hablar supone que en alguna parte no hay noche ó dia.

Teod. Así es , porque en las regiones junto á los Polos del mundo , en cada año hay un dia solo y una sola noche. Mirad , Eugenio : el Sol nunca se aparta del Equador mas de lo que distan los Trópicos , que son 23 grados y medio : á los habitantes de los Polos , como tienen uno de ellos sobre la cabeza , viene á servirles el Equador de Horizonte : luego desde que el Sol pasa del Equador hácia el Trópico del Norte , los habitantes de ese Polo ven al Sol levantado sobre su Horizonte , y que va andando al rededor , pero siempre subiendo hasta elevarse sobre el Horizonte (que allí es lo mismo que el Equador) 23 grados y medio. Apenas llega á esa altura , que es la del Trópico , continúa en andar al rededor , pero ya baxando hasta ocultarse debaxo del Horizonte , que es á 23 de Septiembre , quando pasa del Equador al Sur ; y entón-

ces empieza á dexarse ver de los habitantes del Polo contrario , siendo entretanto de noche para los del Polo del Norte.

Eug. En vista de eso tienen esos habitadores 6 meses de dia y 6 de noche.

Teod. Sí ; pero como miéntras el Sol no se aparta 18 grados debaxo del Horizonte, hay crepúsculo , viene á ser el dia mayor que de 6 meses , porque dura la luz del crepúsculo algunos meses ántes de llegar el Sol á su Horizonte , y algunos despues que se esconde debaxo de él. Pero esto que tengo dicho , se entiende de los que quadran absolutamente debaxo de los Polos (si acaso esas regiones están habitadas) ; mas de los que quadran entre nosotros y los Polos, se dice á proporcion lo mismo , siendo mayores los dias en el verano á medida que ellos estuvieren mas cercanos al Polo ; y tambien al contrario , mas cortos en el invierno. De lo que queda dicho , se saca consecuencia para todas y qualesquiera regiones del mundo.

Eug. En sabiendo yo la latitud ó distancia que qualquier pais tiene de la Línea, ya me puedo gobernar.

Teod. Ahora ya sabeis en qué consiste el verano y el invierno , la primavera y el otoño. Miéntras el Sol con su movimiento propio va desde el Equador hasta el Trópico del Norte , que llaman de *Cáncer* (porque allí está la constelacion de ese nombre), decimos que es la primavera : empieza á 20 de Marzo poco mas ó ménos,

y acaba en 21 de Junio : quando el Sol está en el Equador causa el *Equinoccio* , como me parece que ya os dixé ; y quando llega al Trópico , hace el *Solsticio*. Llámase *Solsticio* ó parada del Sol , porque como en ese dia no se acerca el Sol mas al Polo , ni sensiblemente se aparta de él , parece que se para. El Equinoccio es en el primer grado de *Aries* , y el Solsticio en el primero de *Cáncer* : ahí comienza el verano , que dura hasta 22 de Septiembre con corta diferencia , en donde se forma el segundo Equinoccio que llaman del otoño , porque allí comienza esa estacion del año , y en ese dia toca el Sol al Equador en el primer punto de *Escorpion* , y dura el otoño hasta 21 de Diciembre , que es el Solsticio de invierno , llegando entónces el Sol al Trópico del Sur ó de *Capricornio*. Ya os dixé la razon por que contando los dias y horas que van del Equinoccio de la primavera al del otoño , se hallan 9 dias mas que entre el del otoño y el de la primavera siguiente

Eug. Lo que dixisteis fué que en invierno era menor la distancia entre el Sol y la Tierra ; y que por la regla general de los planetas se movia mas apriesa para hacer árcas iguales en iguales tiempos.

Teod. Eso es. Ahora quiero explicaros algunas paradoxas admirables que se demuestran por lo que queda dicho.

§. III.

De algunas paradoxas admirables acerca de los dias y las horas.

Silv. ¿ **Y** que paradoxas son esas?

Teod. Yo las iré diciendo. La primera es que *en qualquier horá son todas las horas*. Ahora son las 7 de la tarde aquí donde estamos, como lo testifica el relox que tenemos enfrente; pues sabed que en este punto mismo son las 8 de la tarde, media noche, medio dia, las 3 de la mañana, &c.

Eug. Eso será en reloxes que anden desbaratados.

Teod. No por cierto: solo hablo de reloxes que anden concertados y con el Sol. Mirad: el Sol es el que hace las horas con su movimiento: quando está á plomo sobre nosotros, es aquí medio dia; y quando estuviere á plomo sobre París por exemplo, es medio dia allá; pero como nosotros estamos muy léjos de París, y tenemos diferente longitud, quando el Sol está á plomo sobre nosotros, no puede estar á plomo sobre París; y de este modo no puede ser medio dia en una parte, quando lo fuere en otra. Y como el Sol viene con su movimiento diurno de Oriente á Poniente, primero pasa por las regiones que quadran mas á Levante; y quando pasa por nosotros, ya ha pasado por París, y quando acá fuere medio dia, ya ha de ser allá la una de la tarde.

Eug. ¿Y tenemos nosotros algun medio para saber seguramente qué horas serán en otras partes quando acá fuere medio dia?

Teod. Yo os diré el modo de saber eso respecto de qualquiera parte del mundo. Como el Sol corre toda la Tierra al rededor en 24 horas, viene á correr en cada una 15 grados. Esto supuesto, id al Mapa, y ved quanta diferencia hay de Lisboa á París en longitud (que es lo único que se debe atender para eso, porque es lo que basta para saber lo que un pais quadra mas á Levante que otro); y si halláreis que difieren 15 grados, la diferencia es de una hora: si la diferencia fuere de 30 grados, importa 2 horas, &c. Advertid que si el pais de que hablais quadrare al Oriente de Lisboa; esto es, tuviere mayor longitud, la diferencia de tiempo en ella respecto de nosotros es de exceso; y así quando acá fuere medio dia en punto, allá será la 1 ó las 2 de la tarde, ó mas segun fuere la diferencia. Pero si el pais nos quadrare á Poniente, y la longitud fuere menor, la diferencia del tiempo es de disminucion; y quando acá fuere medio dia, allá serán las 11 de la mañana, ó ménos segun la diferencia de la longitud. Sentado esto, ya veis que tengo razon en deciros *ahora son todas las horas*: en las regiones que distan de nosotros hácia Levante 15 grados, siéndo ahora aquí las 7 de la tarde, serán las 8: si distaren 60 grados, serán las 11 de la noche: si 90 grados, será la 1 despues de media noche, &c.

Silv. No es menester mas : eso es manifiesto.

Teod. Pasemos á otra paradoxa : De dos hombres que nazcan juntamente y mueran á un tiempo , puede el uno ser mas viejo que el otro.

Silv. Eso es imposible : ahí hay equivocacion.

Teod. No dudo que la haya ó de mi parte ó de la vuestra. Dexadme explicar el punto. Ser un hombre mas viejo , es tener mayor número de dias en el espacio de la vida. Tambien es cierto que un dia es el intervalo de tiempo que va de media noche á media noche , ó de medio dia á medio dia : creo que ninguno de vosotros dudará de esto.

Silv. Ninguno.

Teod. Suponed que aquí naciesen dos hermanos mellizos , y que el uno siempre estuviese en casa de sus padres ; pero que el otro pasado algun tiempo se ponía en camino para el Oriente. Ya dixé que los países que quadran 15 grados más á Levante que Lisboa , difieren en el tiempo una hora de nosotros ; y que siendo acá las 7 , allá son las 8 : por consiguiente , si la region solo tuviere hácia Levante un grado mas que la nuestra , diferirá en el tiempo 4 minutos. Supongamos , pues , que nuestro caminante avanza cada dia un grado , que son 18 leguas portuguesas : quando aquí fuere media noche , allá en el país donde él pernoctare al fin del primer dia de jor-

nada, serán 4 minutos sobre la media noche, y en el segundo dia pernoctará en tierra donde la media noche de Lisboa corresponda á 8 minutos despues de ella. De este modo teniendo el hombre andados 15 grados, quando acá fuese media noche, en esa region seria la 1 despues de la media noche; y en habiendo el hombre corrido toda la Tierra al rededor y vuelto á Lisboa, como en cada 15 grados contaba 1 hora mas, en 360 grados ha de contar 24 horas ó un dia mas, y ya le tenemos mas viejo que su hermano mellizo que quedó en casa.

Eug. Eso no tiene respuesta: ¿y si él hiciese viage hácia Poniente, y viniese á salir acá por el Oriente?

Teod. Habia de suceder lo mismo, más con la diferencia de que las horas serian de ménos, y habia de contar 24 horas ménos en toda la jornada; pues el primer dia quando acá fuese media noche, allá aun le habian de faltar 4 minutos.

Silv. Supuesta una cosa, se sigue la otra; si acaso los dos hermanos hiciesen viage partiendo uno hácia Levante y otro hácia Poniente, y despues de dar vuelta á la Tierra, se volviesen á juntar en Lisboa, llevaria el uno al otro dos dias de ventaja.

Teod. Decis bien; porque el que fuese hácia el Oriente, en llegando á Lisboa contaria un dia mas que nosotros los que habíamos quedado acá; y el otro que habia ido hácia el Poniente, contaria al volver un dia ménos que nosotros, y por buena

cuenta dos dias ménos que su hermano. Y tenemos que muriendo ámbos á un tiempo, sería el uno dos dias mas viejo que el otro.

Eug. Causa dificultad el creerlo ; pero es preciso confesar que es así.

Teod. Otra paradoxa se forma , que todavía os ha de parecer mas imposible ; y viene á ser : *Puede un hombre andar muy despacio 100 leguas sin que al fin de la jornada cuente una hora mas que al principio.*

Silv. ¿ Como es eso ? Explicaos.

Teod. Así lo haré. Si un hombre saliere de aquí de Lisboa quando es medio dia en punto , y corriere hácia el Poniente tan apriesa que avance 15 grados en una hora, hallará que entónces es medio dia en aquel pais ; porque entónces quadra el Sol sobre su Meridiano. ¿ No es esto así ?

Silv. No tiene duda supuesto lo que queda dicho.

Teod. Y si diere otra carrera como la primera , quando acá fueren las dos de la tarde , habrá corrido él 30 grados , y será allí entónces medio dia. Como corre tan apriesa , que va acompañando al Sol , siempre lo llevará sobre sí , y por donde fuere pasando el Sol y el hombre que le va acompañando acá por debaxo , siempre irá siendo medio dia , aunque acá en Lisboa vayamos contando horas sucesivamente. De este modo correria el hombre la Tierra en 24 horas , y volveria á Lisboa , contando siempre las doce por donde quiera que pasase , por-

que siempre traeria al Sol sobre su cabeza á plomo ; y de este modo no podria contar ni una hora de mas en su propia edad en todo el espacio que duró la jornada.

Silv. Como ese es un caso metafisico , y el hombre no puede correr toda la Tierra en 24 horas , no me canso en apurarlo.

Teod. Y si yo os hiciere el caso posible y fácil ; que me direis ?

Silv. ¡ Fácil ! ; y cómo ?

Teod. La Tierra es sensiblemente redonda, y todos los Meridianos se tiran de un Polo á otro , como veis en los *Globos Terrestres*, y quanto mas distan de los Polos , mas se abren esos círculos ó Meridianos entre sí. Si estando en el Equador quisiéreis atravesar en 24 horas todos los Meridianos que hay , es preciso correr ese círculo , que es muy grande ; pero si estando una legua distante de qualquiera de los Polos , formareis un círculo al rededor de él , este círculo tendrá 2 leguas de diámetro y 6 de circunferencia , y atravesará todos los Meridianos de la Tierra que allí quadran muy cercanos de otros , quando acá en el Equador están muy distantes. Siendo esto así , el hombre que en 24 horas corriese las 6 leguas de ese círculo , ya podria ir acompañando el movimiento diurno del Sol , de manera que siempre fuese cortando con los pies el mismo Meridiano á que el Sol iba correspondiendo , y seria para el hombre siempre medio dia. Y como podria continuar en este giro muchos dias , nunca contaria una hora mas

de lo que contó quando comenzó el viage. Ved aquí como se verifica aquella paradoxa que parecia imposible. Pero vamos á cosas mas serias , que esto basta para que podais resolver otras quëstiones igualmente curiosas. Ahora quiero explicaros el dia , el año y las estaciones del tiempo en el sistema Copernicano.

§. I V.

Explícate el Dia , el Año y sus Estaciones en el sistema Copernicano.

Silv. **Y**a dixísteis que estando el Sol fijo , moviéndose la Tierra sobre su exe en 24 horas , quando empezábamos á ver el Sol, era el principio de la mañana : quando pasábamos por enfrente de él , era medio dia; y quando íbamos dando vuelta de suerte que le perdíamos de vista , era lo que llamamos *Sol puesto* , y entónces comenzaba la noche , la qual duraba hasta que acabando la Tierra de dar una vuelta , volvíamos á ver el Sol.

Eug. Eso bien se entiende : vamos á lo demas.

Teod. Lo que tiene mas que explicar es el verano y el invierno. Para que me entendais , habeis de suponer (*estamp. 5. fig. 1.*) que esta mesa redonda , que nos sirve para el chá , es el círculo de la Eclíptica; esto es , la órbita que la Tierra describe al rededor del Sol : considerad al Sol casi en

fig. 1.
Est. 5.

el centro de la mesa, y que la Tierra anda por la orilla al rededor con su movimiento annuo ademas del que tiene en 24 horas sobre su propio exe. Este exe sn que se imagina pasar de polo á polo en el Globo de la Tierra, es una línea que puede tener varias inclinaciones respecto del plano de la Eclíptica. Suponed que esta manzana es el Globo de la Tierra, que este palito sn con que la atravieso de parte á parte, es el exe del mundo que va de Norte á Sur: para mayor semejanza quiero hacer en la manzana tres rayas al rededor, que siendo perpendiculares al exe, representen el Equador y los dos Trópicos, y la asemejen á la Tierra. Yo puedo poner la manzana de suerte que el palito ó exe sn quadre á plomo sobre la mesa; pero entónces no imito bien la postura de la Tierra respecto del círculo de la Eclíptica; para eso debe ser así: Norte n hácia arriba, y Sur s hácia abaxo; pero obliquamente con inclinacion de 66 grados y medio. En esta postura se conserva la Tierra en toda la vuelta que da; de suerte, que la punta del palito ó exe que representa el Norte n , ha de mirar hácia aquella ventana, ya esté la Tierra en M , ya aquí en D , ya en este lugar S , ya en estotro I . Ved aquí lo que llaman *Paralelismo del exe de la Tierra*. Quieren decir con estas palabras que el exe de la Tierra, en qualquier parte del año que ella esté, siempre se conserva en postura paralela á la que tiene en los demas tiempos: de aquí nacen

el verano y el invierno; porque quando la Tierra estuviere aquí en *I*, que corresponde á Junio, el polo del Norte *n* quadra vuelto mas hácia el Sol que el polo contrario, y nos parece á nosotros que el Sol se acercó mas al Norte; y por eso en el círculo que la Tierra hace en 24 horas, las Ciudades que quadran de la Línea para el Norte, andan mas tiempo á la vista del Sol que retiradas de él; y ved aquí por que el dia es mayor que la noche. Por el contrario, quando la Tierra se pusiere aquí en *D*, que corresponde á Diciembre, el polo del Sur *s* quadra mas vuelto hácia el Sol, y el del Norte *n* mas desviado; y los habitantes de ese hemisferio del Norte, quando dieren vuelta con la Tierra al rededor de su exe, mas tiempo han de estar á obscuras que á la vista del Sol, con que tendrán las noches mayores que los dias, y será invierno.

Eug. ¿Y como formais la primavera y el otoño?

Teod. Suponed que la Tierra está aquí en *S*, donde cooresponde á Septiembre; el plano de su Equador continuado va á dar al Sol; esto es, que el Sol le quadra frente por frente del Equador; de suerte, que tanto alumbra un polo como otro: en esta situación el habitador de la Tierra mirando el Sol pensará que se mueve por encima del Equador; y el habitador que se mueve con la Tierra, solo andará 12 horas á vista del Sol, y otras 12 retirado de él, y en

tónces es el dia igual á la noche.

Silo. Ya lo comprehendo. La diferencia entre el sistema Copernicano y el Ticonico solo está en que uno dice que el movimiento del Sol de Trópico á Trópico es verdadero y real, y segun este movimiento se explican bien el verano y el invierno, y la igualdad ó la desigualdad de los dias; pero en el otro sistema ó *hipótesis* este movimiento del Sol en él solo es aparente y real en la Tierra; pero como respecto de nosotros es como si fuera verdadero en el Sol, deben suceder los mismos efectos, que sea solo aparente, que verdadero.

Teod. Decis bien: el Sol respecto de nosotros siempre corresponde unas veces á un Trópico, otras á otro, otras al Equador; ya sea porque verdaderamente se mueve por la Eclíptica que va de Trópico á Trópico; ya, como suponen los Copernicanos, porque la Tierra con el movimiento annuo unas veces vuelve el Equador hácia el Sol, otras un Trópico, y otras el otro.

Eug. Estoy enterado.

§. V.

Del Año grande formado por el movimiento periódico de las estrellas en el sistema Copernicano.

Teod. **R**esta explicar el Año grande ó Platónico; esto es, el periodo propio del movimiento de las estrellas. Ya dixé que

las estrellas fixas se llaman así porque no tienen movimiento propio y perceptible por diferentes lugares del cielo , así como lo tienen los planetas y los cometas , apareciendo hoy en un sitio del cielo , y mañana en otro diferente ; y por esta razon se llaman fixas. Pero los Astrónomos observan , como ya dixé ¹ , que tambien tienen su movimiento propio al rededor del exe de la Eclíptica , que gastan en él 25.920 años , y que es de Poniente á Levante. En prueba de este movimiento se observa una cosa digna de reparo. En el tiempo de Hiparco el punto del crucero que habia entre la Eclíptica y el Equador , correspondia al punto que igualmente distaba de la constelacion de *Aries* y de la de *Piscis* ; de suerte , que el último punto de *Piscis* ó el primero de *Aries* era el crucero de la Eclíptica con el Equador. Ahora se observa que muchas estrellas de *Piscis* ya atravesáron el Equador y todas las demas estrellas de *Piscis* y las de *Aquario* , y despues las de *Capricornio* irán pasando por el Equador , y así todas las demas que forman la Eclíptica , hasta que pasados 25.920 años volverá á cortar el Equador el primer punto de *Aries*. Ahora , pues , este movimiento en el sistema Ticónico es verdadero ; pero en el sistema é hipótesis Copernicana es solo aparente ; y yo os diré el modo de explicarlo (dexadme diseñar esta figura). Suponga-

Tom. VI.

Aa

x Tarde XXXI. §. VII.

Est. 5. mos que esta mesa (*estamp. 5. figur. 3.*) es
 fig. 3. el plano de la Eclíptica, por donde la Tierra
 anda sobre el Sol, que está en el medio: levantemos un alambre alto $E I$, que represente el exe de la Eclíptica elevado perpendicularmente sobre ella, y el Polo E igualmente distante de todas sus partes. Pongamos á la Tierra aquí en M con el exe del Norte N á Sur S inclinado al plano de la Eclíptica, como he dicho. Imaginemos una línea $p q$ paralela al exe de la Eclíptica que atraviase la Tierra por el centro. Puesto esto, habeis de saber que aunque yo he dicho poco ha que el exe de la Tierra $N S$, en qualquiera parte que la Tierra estuviese, siempre quedaba paralelo á sí mismo; sin embargo, eso no es así hablando en todo el rigor matemático, alguna diferencia hay, bien que muy corta; de suerte, que si en este año quando fué el solsticio de verano, y se hallaba la Tierra en M , la punta del exe N estaba en a , para el año que viene ya habrá andado esa punta un poco hácia el lado, y estará en e , y al otro año en i , despues en o , &c. Al mismo tiempo la otra extremidad del exe S hará el mismo movimiento, pero encontrado, siguiendo los números que aquí escribo 1, 2, 3, 4, &c. Pero este movimiento es tan lento, que las extremidades del exe no acabarán un círculo al rededor de la línea de puntos $p q$ sino al cabo de 25.920 años. Este movimiento de las extremidades del exe de la Tierra es contra

el orden de los signos ; esto es , de Oriente á Poniente. Advertid tambien que supuesta la inclinacion del exe de la Tierra respecto del plano de la Eclíptica , que como he dicho es de 66 grados y medio , este mismo exe *NS* hace con la línea de puntos *p q* un ángulo de 23 grados y medio , que es cabalmente lo que va desde el Polo del Norte en el cielo hasta el círculo polar ; y en este círculo es donde terminan segun ya dixen , los polos de la Eclíptica : por consiguiente tenemos que este círculo de puntos *a e i o u* , que el exe de la Tierra describe , corresponde allá en el cielo á un círculo semejante al círculo polar. Ahora , pues , del movimiento del exe de la Tierra que en este sistema es real , nace otro movimiento en las estrellas engañoso y aparente , porque como la línea *p q* es paralela á *E I* , sus extremidades allá en el cielo distan entre sí tanto como acá en el plano de la Eclíptica : esta distancia , pues (que es la del Sol á la Tierra) en una altura tan desmesurada desaparece , y es como un punto ; por cuya razon si la extremidad de la línea *E I* corresponde allá en el cielo al polo de la Eclíptica , tambien la extremidad de la línea *p q* corresponde sensiblemente al mismo punto. Supuesto todo esto , quando el exe de la Tierra *NS* se mueve al rededor de la línea *p q* y la extremidad *N* hace un círculo que allá en el cielo corresponde á otro formado al rededor de *p* polo de la Eclíptica : los hombres que se mueven con

la Tierra, juzgan erradamente que ese polo de la Eclíptica p es el que describe un círculo en contrario al rededor del punto N , al qual corresponde en el cielo el polo de la Tierra. Por eso dicen que los polos de la Eclíptica $p q$ en 25.920 años corren todo el círculo polar al rededor de los Polos; pero se engañan (dicen los Copernicanos), porque el polo de la Eclíptica es fixo, y el Polo del Norte N es el que se mueve al rededor de él. Tambien de aquí nace otra alucinacion; y es, que yendo la extremidad del exe de la Tierra N corriendo sucesivamente todas las estrellas que á la distancia de 23 grados y medio están en contorno del polo de la Eclíptica, pensamos nosotros que las estrellas son las que se mueven al rededor de su polo p para venir acercándose al Polo del Norte N ; lo qual es error, por quanto el Polo del Norte es el que va visitando y corriendo todas esas estrellas, que en realidad están inmóviles. Ya de aquí veis como á las estrellas que distan del polo de la Eclíptica 23 grados y medio, damos equivocadamente movimiento al rededor de ese polo; y como todas las demas conservan con estas el mismo orden, disposicion y distancia, á todas atribuimos el mismo movimiento al rededor de sus polos; pero el discurso es errado. Del mismo modo nos parece que las estrellas de la Eclíptica con su propio movimiento al rededor de su exe van pasando sucesivamente por el Equador que les quadra inclinado: tam-

bien esto es engaño , porque moviéndose el exe de la Tierra , tambien el Equador que siempre hace ángulo recto con él , se ha de mover ; y el Equador con su movimiento es el que va cortando la Eclíptica en diferentes puntos. Últimamente de este movimiento del Equador proviene otro efecto, que llaman *Anticipacion de los Equinoccios*. De suerte , que si estando la Tierra en un punto determinado de su órbita , hizo allí el Equinoccio verno , en rigor no habia de volver á hacer ese Equinoccio , sino despues de haber hecho una revolucion entera , quando volviese á llegar á ese mismo punto ; pero en realidad sucede el Equinoccio algun tiempo ántes de llegar la Tierra á ese lugar.

Eug. ¿Y por que motivo es eso ?

Teod. El Equinoccio sucede quando una línea tirada de parte á parte del Equador va á parar al Sol. Si el exe de la Tierra conservara siempre el paralelismo á sí mismo , en ese caso solo quando llegase á acabar del todo la órbita annua , miraria el Equador derecho al Sol ; pero como él entretanto se torció hácia el lado , tambien dió inclinacion al Equador ; y por eso algun tiempo ántes de llegar al fin de la órbita , ya el Equador mira derecho al Sol , y tenemos en la Tierra Equinoccio ántes de tiempo ; pero esta anticipacion vale lo que importa un año partido por 25.920 , que serán poco mas de 3 minutos y 23 segundos , si no me engaño. Bien me hago cargo de que

el tratar de esto pertenecia á otra parte, quando os expliqué el movimiento de la Tierra, pero ahora se me hizo mas fácil su explicacion despues de haberos explicado el paralelismo del exe de la Tierra.

Eug. Ya os tengo encargado que guardéis aquel órden que viereis que es mas conducente para mi mas fácil inteligencia.

§. VI.

De la causa de las Mareas.

Teod. Como he determinado tratar esta tarde de los efectos que nacen de la postura que la Tierra tiene respecto de los astros, debo necesariamente explicar los efectos que el Sol y la Luna causan en ella: y aquí entran las mareas. Dase el nombre de *mareas* á la alternativa extension y retirada del agua del mar en las orillas. La experiencia enseña á todos que en el espacio de casi 25 horas sube el agua del mar dos veces á determinada altura, y otras dos baja: llaman *marea llena* ó *plea-mar* quando está en la mayor altura; y *marea vacía* ó *baxa-mar* quando baja al último punto. Todos convienen en que este efecto proviene de la Luna, porque sigue sus movimientos: la dificultad consiste en mostrar de qué modo puede la Luna hacer subir ó bajar las aguas del mar. Algunos dixéron que era por una especie de fermentacion ó hervor que la Luna causaba en las aguas del

mar, porque despedia de sí ciertos efluvios que hallando el agua mezclada con sal y betun, la hacia fermentar; en cuya fermentacion forzosamente habia de crecer el volumen; y esto es en lo que consistian las mareas.

Eug. Esa explicacion no me parece mala.

Teod. Muchos Filósofos la siguen; pero yo no puedo persuadirme á que sea verdadera: primeramente porque, como ya os he dicho ¹, no hay fundamento bastante para admitir esta copia casi infinita de efluvios de la Luna. Fuera de eso la Luna no puede enviar esos efluvios á los dos hemisferios de agua que quadran á plomo debaxo de ella. Dexadme formar con el lápiz una figura, porque há de ser precisa (*estamp.* 5. *figur.* 2.). Esta bola superior *L* representa la Luna, y la inferior *T* la Tierra. Habeis de saber que en estos dos lugares *P p* hay marea llena, porque quadran á plomo debaxo de la Luna: la marea que mira á la Luna se llama *primaria*; y la que corresponde en la haz opuesta se llama *secundaria*; pero en los puntos *B b* hay baxa-mar; y como la Luna va dando vuelta al rededor de la Tierra, puntualmente va la marea llena corriendo la superficie de esta; y si ahora aquí en el Tajo es marea llena ó plea-mar, porque tenemos la Luna sobre nosotros, quando ella estuviere en el Horizonte *b*, entónces será marea llena en *B b*, y marea va-

Est. 5.
fig. 2.

Aa 4

¹ Tard. XXIX. §. VII.

cía en *P p*. Pero volverémos á tener marea llena quando la Luna estuviere á plomo de baxo de nosotros, y otra vez marea vacía quando viniere saliendo por el otro Horizonte *B*. Supuesto esto que la experiencia enseña, bien se ve que las mareas no pueden proceder de efluvios de la Luna que causen alguna fermentacion en las aguas del mar; porque ¿como nos podrán persuadir que estos efluvios atraviesan toda la Tierra por el medio para venir á causar la fermentacion ó marea acá en el hemisferio inferior? Á la verdad con mas motivo recibiria los efluvios el agua que quadra á los lados v. g. en *B b*, que la inferior que tenemos en *p*; y sin embargo vemos que en *B b* hay baxa-mar, y acá en el hemisferio inferior y opuesto á la Luna hay marea llena. De donde á mi entender evidentemente se colige que la causa de las mareas no es alguna efervescencia que los efluvios de la Luna causen en las aguas del mar.

Silv. Pues procediendo las mareas del influxo de la Luna, como nadie niega, pues se ve que andan con ella ¿que otra cosa se puede decir sobre su causa? Yo bien veo que esa dificultad es grande; pero la experiencia convence.

Teod. La experiencia solo muestra que la Luna es causa de las mareas; pero no hay experiencia que pruebe esos influxos ni efluvios.

Silv. Si la Luna causa las mareas ¿como no influye? Yo no sé como sin esos influ-

xos pueda hacer acá en las aguas efecto alguno.

Teod. Descartes lo explicó de un modo bastante ingenioso, bien que, en mi juicio, falso. Dice que al rededor de la Tierra gira en un perpetuo vórtice un rápido é inmenso torrente de materia sutil : esta materia quando hallare el paso mas estrecho , es forzoso que forceje contra los obstáculos que por una y otra parte le estrechan el camino. Estando la Luna á plomo sobre nosotros , ocupa con su volúmen grande espacio, y ya el torrente de materia que quiere pasar por entre ella y la Tierra , halla el camino mas estrecho , y oprime las aguas del mar ; pero ellas oprimidas en el mar grande que quadra á plomo debaxo de la Luna, precisamente han de extenderse hácia las orillas , y eso es lo que llaman plea-mar. Al mismo tiempo con la fuerza que hace ese torrente de materia , debe desviar un poco á la Tierra de su sitio , y así se acortará la distancia entre ella y la órbita de la Luna por la parte de abaxo ; y por eso al pasar por debaxo el torrente de materia sutil , tambien hallará el camino estrecho , y las aguas oprimidas tambien crecerán y rebosarán hácia los lados , formando en esos sitios otra *marea llena* correspondiente á la que quadra en la parte vuelta á la Luna. Al contrario, en pasando la Luna de ese lugar que tenia sobre nosotros , y baxando hasta el Horizonte , ya las aguas del mar quedan libres de su opresion , y las que habian su-

bido por las playas , decaen y vuelven á ocupar su lugar antiguo , siendo entónces marea vacía.

Eug. Ved ahí , Silvio , una explicacion bastante ingeniosa con que se entiende cómo la Luna causa las mareas sin haber influxo alguno.

Silv. Yo no admito esos vórtices ó remolinos de materia sutil.

Teod. Ni yo tampoco : por eso no sigo este sistema , bien que lo reconozco ingenioso. Fuera de que , aun admitidos esos remolinos ó turbillones , me parece que no podrian causar las mareas : primeramente , porque ellos llevan consigo á la Luna haciéndola girar al rededor de la Tierra , así como las aguas de un arroyo arrastran un barco ; y siendo esto así , no puede la Luna estrechar el camino por donde haya de pasar esa materia. Ademas de que solo siendo la órbita de la Luna una bóveda sólida é impenetrable , y que la materia sutil hubiese de pasar forzosamente por debaxo de ella , podria encontrar mas estrecho el camino entre la Luna y la Tierra ; pero esto bien veis que es falso. Mas : aun en ese caso , mas fácil le seria á la materia sutil traspasar las aguas que oprimirlas de forma que las hiciese subir á las playas , y apartar de su sitio toda la Tierra en peso , para que quedase mas estrecho el camino entre ella y la órbita de la Luna por la parte inferior. En fin , se demuestra evidentemente que es falso el que las aguas se baxen , por-

que pasando la Luna á plomo sobre muchas playas que se hallan en la Zona tórrida , jamas hasta ahora se observó que las aguas se baxasen ; ántes se conoce que constantemente suben al pasar la Luna por encima.

Silv. Yo no soy Cartesiano , y así no me importa desatar esas dificultades. Pero decidme lo que vos sentis en este particular.

Teod. Yo como *tesis* no siento nada ; esto es , no digo que las cosas son de este ni de aquel modo ; pero como *hipótesis* ó suposicion , me agrada la sentencia de los Newtonianos. Su sistema es este. Ya sabeis que admiten una mutua y general gravedad ó atraccion entre la Tierra y los planetas : tambien habeis visto que esta atraccion es mayor quando los cuerpos están mas cercanos , de suerte que crece , segun ya os dixé , en razon inversa de los quadrados de la distancia. Ahora vamos á la misma (*estamp. 5. figur. 2.*) que os he mostrado poco ha. En esta línea que desde la Luna atraviesa la Tierra , notad tres puntos *P* , *T* , *p* ; esto es , el centro de la Tierra , el punto de la superficie superior mas cercano á la Luna , y el punto del hemisferio inferior mas distante de ella. Como estos tres puntos tienen muy diversa distancia de la Luna , tambien ha de ser muy diversa la fuerza con que la Luna los atrae ; pues crece la fuerza de la atraccion á proporcion que se disminuyen los quadrados de las distancias ; y así se sabe que si en el punto *P* mas cercano á la Luna vale la atraccion 3721 , en el

Est. 5.
fig. 2.

centro *T* valdrá 3600 , y en el último punto *p* solamente 3481 , porque esta es la razon que hay entre los quadrados de las diferentes distancias de la Luna. En esto fácilmente convendreis supuesto lo que queda dicho en los dias pasados. Ahora , pues , atrayendo la Luna estos tres puntos puestos en una línea recta , pero el primero mas fuertemente que el segundo , y el segundo con mas fuerza que el tercero , precisamente los ha de separar entre sí , á no ser que estén presos unos con otros. Pero las aguas no están atadas ; y por eso las que quadran mas cerca de la Luna , suben mas , alejándose del centro de la Tierra , y eso es *marea llena* ; y como por la misma razon la Luna atrae el centro de la Tierra mas que á las aguas inferiores que están en *p* , tambien separa mas de esas aguas el centro de la Tierra , ó á ellas de él ; y quedando ahí mas distantes del tal centro , quadran mas altas , y es otra *marea llena*. Ved aquí como siempre hay *plea-mar* , no solo en la superficie superior , sino tambien en la inferior , en aquellos lugares que corresponden á la Luna por línea recta. Pero en los otros parages , como no hay causa que haga subir las aguas , es *baxa-mar*. Decidme que os parece de este sistema.

Eug. No puedo dexar de decir que lo hallo muy ingenioso.

Teod. Pero tiene contra sí una dificultad en la marea inferior , que es la que en todos los sistemas cuesta mas trabajo explicar ;

y es, que las aguas inferiores segun este sistema se hallan atraídas por dos causas, una es la Luna, otra el centro de la Tierra con la atracción que llamamos peso de las aguas. De suerte, que aun en el caso de que la Luna de ningun modo atraxese las aguas inferiores, siempre estas seguirian al centro de la Tierra á qualquier parte que él fuese arrebatado ó atraído, del mismo modo que si se tira por un navío trayéndole á remolque, el esquife ó bote que viene atado al navío con un cable, le seguirá por todas partes aunque inmediatamente no tiren por él. De esta misma manera, como el centro de la Tierra atrae todas las aguas que bañan su superficie al rededor, aunque la Luna no atraxese de ningun modo las aguas inferiores *p*, una vez que atraxese el centro de la Tierra, las aguas inferiores le seguirian tan de cerca como si él estuviese inmóvil, así como el bote sigue al navío á una misma distancia, ya tiren por él, ya le dexen estar quieto. Por la parte de arriba la atracción de la Luna obra contra la atracción del centro de la Tierra: la atracción de la Tierra impele las aguas hácia abajo, la de la Luna hácia arriba; y de aquí resulta el que se minore la gravedad de las aguas, y que suban separándose algun tanto del centro de la Tierra. Pero en el hemisferio opuesto á la Luna concurren la atracción del centro de la Tierra y la de la Luna á impeler las aguas hácia una misma parte, y parece que entónces debia ser allí

la marea vacía. Si la Luna no atraxera esas aguas inferiores p , ellas en virtud de la atraccion de la Tierra ó peso propio se conservarían á la misma distancia del centro que tendrían sino hubiese Luna, la qual sería la misma que en los lados por virtud del equilibrio de los líquidos. Pero como en realidad también llega á las aguas inferiores la atraccion de la Luna aunque menor que la del centro, siempre debe causar algun efecto, y mover las aguas hácia esa parte: luego quadrarán estas mas baxas que en los lados Bb , y tendrémós una gran *baxa mar*. Todavía quiero poner esto en términos mas claros. Supongamos que la atraccion de la Tierra respecto de las aguas de su superficie al rededor vale 100: si no hubiera Luna, siendo en toda la redondez de la Tierra igual esta atraccion, quedarian las aguas equilibradas en toda la superficie; esto es, á una misma distancia del centro (prescindamos del movimiento diurno de la Tierra, que los Newtonianos suponen). Pongamos ahora á la Luna perpendicularmente sobre P , é imaginemos que su atraccion en el centro T vale 10: en el punto superior P valdrá 11, y en el inferior p 9. Sentado esto, las aguas en P experimentan la atraccion como 100 que las impele hácia el centro, y atraccion como 11 que las tira hácia arriba: de que se sigue que quedarán mas separadas del centro como si su peso ó atraccion solo valiera 89 grados; pues es cosa sabida que quando un mismo cuerpo experimen-

ta atraccion hácia partes opuestas, la menor se rebaxa de la mayor, y descontando 11, que es lo que vale la atraccion de la Luna, de 100 que es la atraccion de la Tierra, restan 89. Vamos ahora al hemisferio opuesto. En *p* tienen las aguas fuerza como 100, con que son atraídas hácia el centro de la Tierra; y además de eso tienen atraccion como 9, con que son atraídas hácia la Luna; y como la Luna y el centro de la Tierra les quadran de una misma parte, se junta una fuerza á otra, y deben moverse las aguas como si por una sola causa fuesen atraídas con 109 grados de fuerza. De este modo resultan las aguas en la parte de arriba atraídas hácia el centro de la Tierra con 89, en los lados *B b* con 100, y en la parte de abaxo con 109; y de aquí se sigue que en *P* habrá *marea llena*, en *B b* *marea vacía*, y en *p* una marea mucho mas baxa, á causa de que aquí se acercarán las aguas con mucha mayor fuerza al centro de la Tierra.

Silv. Supuesto eso ¿como decis que hallais ese sistema ingenioso?

Teod. No me retracto: y á esta dificultad se responde admirablemente, y queda el sistema en pie, debiéndose la respuesta á nuestro gran Benito de Moira Portugal. Ya sabéis que la Tierra y la Luna giran en 27 dias y medio al rededor del centro comun que quadra entre ámbas, como ya os dixen¹ hablando del modo de pesar la Luna.

Est. 4. *Eug.* Bien me acuerdo. Ved aquí las fi-
 fig. 4. guras (*estamp. 4. figur. 4.*) que entónçes hi-
 cisteis para explicarme ese punto.

Est. 4. *Teod.* De las mismas me serviré ahora. Va-
 fig. 5. mos á esta (*fig. 5. estamp. 4.*). Aquí veis
 que en el mismo tiempo en que la Luna *L* ha-
 ce un giro grande al rededor del centro co-
 mun *C*, la Tierra *T* hace un giro pequeño
 al rededor del mismo centro comun. Esto
 es cierto ¹. Tambien es cierto que todo
 cuerpo que se mueve en giro al rededor de
 algun centro, tiene fuerza centrífuga, y to-
 das las partes de ese cuerpo forcejan por
 apartarse del centro, al rededor del qual
 se revuelven. De aquí se sigue por conse-
 quencia legítima que todas las aguas que ro-
 dean la superficie de la Tierra, han de huir
 del centro comun *C*, que es lo mismo que
 alejarse de la Luna. En el centro de la Tier-
 ra, comparando la fuerza centrífuga respec-
 to del centro comun *C* con la fuerza de la
 atraccion para la Luna *L*, se hallan pun-
 tualmente estas dos fuerzas en equilibrio;
 por cuya razón ni el centro de la Tierra se
 aparta mas de la Luna, ni se acerca mas
 á ella. Pero en el punto *i*, que es la su-
 perficie de la Tierra mas cercana á la Luna,
 es mayor la atraccion que en el centro, y
 por eso excede á la fuerza centrífuga de las
 aguas, y las tira hácia la Luna haciendo ma-
 rea llena; por el contrario, en el punto *a*
 del hemisferio opuesto á la Luna, la fuerza

¹ Gravesand. núm. 4210.

de la atraccion de la Luna es menor que en el centro por estar mas distante : luego ha de ser menor que la fuerza centrífuga de las aguas , y de este modo huirán las aguas del centro comun , y eso es apartarse tambien del centro de la Tierra que les quadra de la misma parte , y habrá otra marea llena. Supuesto todo esto , se desvanece la dificultad que poco ha os dixé ; porque si en el hemisferio opuesto á la Luna no hubiese alguna atraccion de esta , la fuerza centrífuga de las aguas respecto del centro comun , las haria apartarse mucho del centro de la Tierra , y formar una marea muy grande ; pero como la atraccion de la Luna llega allá , detiene el agua y hace una marea mas pequeña.

Eug. Dexadme ver si lo entiendo : aquí hay dos fuerzas siempre encontradas , una que siempre empuja hácia la Luna , otra que siempre impele hácia afuera del centro comun ; esto es , hácia la parte opuesta á la Luna. En el centro de la Tierra estas dos fuerzas están en equilibrio , y por eso este centro no se acerca mas ni se aleja de la Luna , porque las dos fuerzas son iguales ; pero en la superficie de la Tierra próxima á la Luna crece la atraccion , y venciendo á la fuerza centrífuga , hace marea llena empujando las aguas hácia la Luna : por el contrario , en la haz opuesta de la Tierra , como es mas débil la atraccion que en el centro , prevalece la fuerza centrífuga , y las aguas huyen del centro comun , formando segunda *plea-mar*.

Teod. Veo que me habeis entendido perfectamente. Ahora quiero añadir otra circunstancia muy digna de notar. Este centro comun como dista de los dos cuerpos en razon inversa de sus pesos, debe quadrar 39 veces mas cerca del centro de la Tierra que del de la Luna; lo qual me mueve á creer que dista del centro de la Tierra semidiámetro y medio ó 1546 leguas y media: el movimiento de la Tierra al rededor de este centro en un mes lunar es de 4860 leguas; y esto da muy poca fuerza centrífuga á las aguas para hacer marea perceptible; pero debemos advertir que si esta fuerza fuera mucho mayor, se anegaria el mundo con cada marea llena; por quanto la marea llena que se hace en el hemisferio vuelto hácia la Luna, no solo es efecto de la atraccion de la Luna sobre ese lugar *i*, sino tambien y principalmente de la atraccion de la Luna en los costados de la Tierra *b b* (*estamp. 4. figur. 5.*). Tambien se debe esta advertencia á nuestro Benito de Moira Portugal. Bien es verdad que la atraccion de la Luna es mas fuerte en el lugar *i*, que le quadra perpendicularmente; pero siendo ahí mas fuerte, no puede mover tanto las aguas porque contra esa atraccion obra diametralmente su gravedad ó la atraccion del centro de la Tierra; mas en los lados *b b* la atraccion de la Luna no obstante ser mas flaca, puede mover mucho las aguas, porque la línea de dicha atraccion no es contraria á la direccion de la gravedad de las

Est. 4.
fig. 5.

aguas ó atraccion del centro. El peso de las aguas las impele hácia el centro de la Tierra por la línea bT : la atraccion de la Luna es por la línea bL ; y como á la atraccion de la Luna no la embaraza la gravedad de las aguas, las mueve mucho, haciéndolas rodar por la superficie de la Tierra. Haciendo, pues, las aguas empuje de un lado y otro, vienen de una y otra parte juntándose para el medio, y forman un cúmulo de agua muy grande, y una marea mucho mayor de la que haria la atraccion sola de la Luna sobre esa agua i , sino viniere de los lados otra cantidad de aguas que la aumentasen.

Eug. Ya percibo como la atraccion de la Luna en los lados de la Tierra bb conduce para la marea llena en i ; pero en la parte opuesta ¿como se forma la marea?

Teod. Tambien debe atribuirse no solo á la fuerza centrífuga de esas aguas en a que vence la fuerza de la atraccion, sino que tambien concurren para esa marea las aguas de los costados bb , que á causa de la fuerza centrífuga intentan apartarse del centro comun C por las líneas bm , bn ; pero como el centro de la Tierra las tira por la línea bT , obedecen las aguas á ámbas fuerzas, rodando por la superficie de la Tierra; y acudiendo de una y otra parte, van á juntarse en el punto a , formando segunda *plea-mar*. Aquí teneis la causa de las mareas llenas; y de lo mismo se colige que en b ha de haber una gran *baxa-mar* ó marea

vacía; pues alejándose las aguas de *b b*, unas hácia la parte de la Luna en virtud de la atraccion, otras hácia la parte opuesta á causa de la fuerza centrífuga para formar las mareas llenas en *a* y en *i*, naturalmente ha de haber una gran falta de aguas ó *baxa-mar* en *b b*; esto es, en los dos lugares que están en quadratura con la Luna.

Silv. Yo no puedo dar voto en este punto, porque juega sobre las leyes del movimiento, en que no soy profesor; pero segun lo que tenemos tratado, lo hallo todo muy fundado.

Teod. Yo confieso que en el sistema Newtoniano no encuentro explicacion que mas me agrade; y fuera de él nada me parece verisímil en este particular. ¿Que decis, Eugenio?

§. VII.

De las circunstancias particulares que se observan en el fluxo y refluxo del mar.

Eug. Si á vos os agrada, que descubris dificultades que yo no veo; que será á mí que tengo ménos luces, y me dexo llevar mas fácilmente de la primera aparente belleza de las cosas? Pero quisiera saber si en este mismo sistema me podreis dar la razon de algunas variedades que se observan en las mareas; pues unas veces son muy grandes, y otras no.

Teod. En las Lunas nuevas y en las lle-

mas son las mareas mayores , y las llaman *mareas vivas* , y entónces sube el agua á mucha mayor altura en la *plea-mar* , y baxa mucho mas en la *baxa-mar* ; y así debe ser , porque al modo que la Luna atrae las aguas , tambien las atrae el Sol ; pero la marea que se atribuye al Sol , es muy pequeña á causa de la gran distancia de este astro. Ahora bien , en las Lunas nuevas como el Sol y la Luna quadran en una misma línea respecto de la Tierra , concurre la atraccion del uno con la del otro ; y si el Sol habia de elevar las aguas 3 palmos , y la Luna 10 ú 11 , concurriendo ámbas atracciones , suben las aguas 13 ó 14 palmos ; y habiendo en las mareas llenas mayor volúmen de aguas , precisamente en los lugares de donde viene esa agua , y queda la mar vacía , ha de haber mayor falta de agua , y la *baxa-mar* será mas visible.

Silv. Pero en las Lunas nuevas no solo es muy grande la marea en el hemisferio correspondiente á la Luna y al Sol , sino tambien en el opuesto ; y allí no hay atraccion del Sol que aumente la marea.

Teod. Siempre que un cuerpo se mueve al rededor de algun punto , tiene fuerza centrífuga ; y en el sistema Newtoniano , moviéndose la Tierra al rededor del Sol en la órbita annua , tambien tiene su fuerza centrífuga , que poco mas ó ménos es igual á la fuerza de la atraccion del Sol. En virtud de esto , el Sol por sí solo , aunque no hubiese Luna , siempre causaria dos mareas,

una á medio dia en la haz vuelta hácia él, otra á media noche en la opuesta: la marea del medio dia seria causada por la atraccion del Sol, y la de media noche por la fuerza centrífuga de las aguas respecto del mismo astro. Vamos ahora á la conjuncion del Sol con la Luna en las Lunas nuevas: entónces se junta la atraccion del Sol con la de la Luna, y ámbas hacen una marea muy grande en la haz que quadra hácia el Sol; y se junta la fuerza centrífuga de las aguas respecto del Sol, con la fuerza centrífuga respecto del centro comun, y hacen una marea grande en la haz opuesta al Sol y á la Luna.

Silv. Téngolo entendido.

Eug. Y en la Luna llena ¿como sucede eso?

Teod. Como entónces el Sol, la Luna y la Tierra quadran en una misma línea, el Sol por exemplo en el Poniente, y la Luna en el Oriente, concurre la atraccion del Sol con la fuerza centrífuga de la Luna, y la atraccion de la Luna con la fuerza centrífuga del Sol; de suerte, que la marea llena *primaria* del Sol siempre concurre con la marea llena *secundaria* de la Luna, y la *primaria* de la Luna con la *secundaria* del Sol; y por esto son tan grandes. Pero en las quadraturas de la Luna son las mareas muy pequeñas, porque concurre la *baxamar* del Sol con la *pleamar* de la Luna; y si la Luna habia de elevar el agua 11 palmos, debemos descontar los 3 de la *baxa-*

mar del Sol , y solo quedan 8 : y por la misma razon es entónces mas pequeña la *baxa-mar*, porque habiendo de baxar el agua por causa de la Luna 11 palmos , como allí concurre la *plea-mar* del Sol que son 3 , solo baxa el agua 8 palmos.

Eug. Ya lo entiendo ; y veo que todo concuerda admirablemente. Pero los marinos observan en el año dos tiempos en que las mareas son extraordinariamente grandes , y las llaman *cabezas de agua* si no me engaño.

Teod. Son en Marzo y Septiembre ; y proceden de que los dos astros Sol y Luna se encuentran cerca del Equador. Si nosotros pusiéramos el Sol y la Luna en los Polos, no habria ninguna marea , porque en todas las partes de qualquier paralelo al Equador estaria el agua á una misma altura , y con la revolucion diurna de la Tierra las playas siempre mirarian á la Luna ó al Sol de un mismo modo , y siempre tendrian una misma altura de agua. Luego quanto mas fuéremos trayendo los astros hácia el Equador, mayores serán las mareas. Ved aquí porque en las conjunciones que suceden cerca de los Equinoccios , son las mareas mayores que en lo demas del año ; y es , que cada uno de los astros obra por línea mas proporcionada á ese efecto.

Eug. No sé qué tiene esto de llevar las cosas desde sus principios , que todas las circunstancias aun las mas menudas van saliendo naturalmente.

Teod. Advierto ahora dos cosas que merecen atencion : una es que la mayor fuerza de las mareas no es rigurosamente en el dia de *Luna nueva* ó *Luna llena* , sino dos dias despues ; y es la razon , porque el balance de las aguas ganado en unas mareas, va facilitando el movimiento de las otras que se siguen , aunque en ellas ya sea menor la fuerza de la atraccion , como en efecto ya lo es en los dias que van de la *Luna nueva* adelante. La otra cosa es , que tampoco la mayor altura de la marea es al instante que la *Luna* toca en el meridiano de ese lugar sino dos ó tres horas despues. La razon que los *Newtonianos* dan es esta. Supongamos que la *Luna* está ahora en el Meridiano de Lisboa ; atrae y tira hácia este Meridiano no solo las aguas que quadran á Poniente , sino tambien las que están á Levante : estas últimas vienen andando hácia nosotros en fuerza de la atraccion de la *Luna* ; pero al mismo tiempo , como en este sistema se revuelve la Tierra de Poniente á Levante , llevan las aguas movimiento para Poniente. Esto supuesto , siendo las aguas del Meridiano llevadas por la Tierra con ímpetu hácia Levante , y empujando la *Luna* las de allá hácia acá , se han de encontrar recíprocamente , y haciendo un gran cúmulo , formarán una marea muy llena en los parages que disten algun tanto de nuestro Meridiano hácia Oriente , por el qual ya la *Luna* habia pasado dos ó tres horas ántes.

Silv. Esa explicacion es ingeniosa.

Eug. Y supuestos los principios, naturalísima.

Silv. Pero yo he oido decir que junto á Bristol suben las mareas á la altura de 45 pies: que en otras partes la marea es casi imperceptible; y en otras mediana. ¿De que pueden nacer estas desigualdades?

Teod. Si la Tierra fuera toda igual, no habria esa diversidad en las mareas; pero la desigualdad de los sitios causa una desigualdad en el movimiento de las aguas. Las mareas que nosotros experimentamos aquí en el Tajo, no tanto proceden inmediatamente de la atraccion de la Luna aquí, como de la comunicacion del Tajo con el Océano: del mismo modo en el Mediterráneo, que es un grandísimo estanque de agua, no puede haber mareas sino comunicándoles el Océano el aumento de las aguas al tiempo de la *plea-mar*; pero siendo el Mediterráneo un estanque inmenso, cuya boca es el Estrecho de Gibraltar, por mucha agua que entre por ese estrecho en el tiempo de 6 horas, no puede ser muy perceptible repartida por todo el Mediterráneo: al cabo de las 6 horas, como en el Océano es *baxa-mar*, comienza á salir del Mediterráneo el agua que habia entrado; y de este modo solo en los lugares cercanos al estrecho será la marea mas visible. Tampoco puede ser perceptible donde no hubiere punto fixo para que se conozca la altura del agua: ved aquí por que en el mar grande no se puede echar de ver.

Tampoco se puede percibir la marea quando la agitacion de las olas fuere tal que no se conozca bien el nivel de las aguas; pero de ordinario suben á mayor altura de la que pedia el nivel con el Océano, porque corren con ímpetu, y suben mucho mas de lo que debian subir por las leyes de la atraccion ó fuerza centrífuga. Últimamente, como unos lugares tienen comunicacion subterránea con otros, subiendo allí el agua á mayor altura, por las leyes del equilibrio debe naturalmente elevarse tambien en aquellos con los quales oculta-mente se comunican; y de este modo puede haber muchas mareas dentro de 24 horas: en otras partes hay varias ensenadas ó estrechos, varias sierras de peñascos debaxo del agua, varios vientos que soplan con esta ó aquella direccion, y causan una gran perturbacion en la corriente de las aguas, y por consiguiente en las mareas.

Eug. Solo me resta preguntar por que se atrasan las mareas tres quartos de hora de un dia para otro.

Teod. Como siguen el movimiento de la Luna, y esta anda hácia Levante mas ligera que el Sol, quando este vuelve al Meridiano, aun faltan 50 minutos para que llegue la Luna; y hasta entónces no vuelve á ser la *marea llena* que sigue á la Luna. Y por ahora baste de Filosofía, que harto ha durado la conferencia. Mañana evacuarémos lo que resta.

TARDE XXXV.

Del Globo de la Tierra considerado en sí mismo, y de su Atmosféra.

§. I.

De la Tierra firme y sus montes, y de las conchas del mar que se encuentran en ellos.

Teod. **U**oy tenemos que dar un dilatado paseo por todo el mundo, y hemos de correr la Tierra por un lado y otro, cruzar todos los mares, baxar á los mas profundos abismos, y subir á las montañas mas altas: visitaremos la region de los vientos, y caminaremos sobre las nubes con el discurso,

Silo. Gran paseo es ese para una tarde; es preciso llevar un paso bien ligero; es natural que quedeis muy fatigado.

Teod. Bastante tiempo me queda para descansar, pues esta es la última vez que mi discurso ha de caminar por estas regiones.

Eug. No useis de esa palabra *última*, que hallo en ella un no sé qué, que me hiere vivamente en el alma. Ruégoos que sin mas preámbulo entremos en la conversacion.

Teod. Ya hemos considerado la figura es-

feroide de la Tierra como efecto de su revolución en el sistema Copernicano : ya hemos hablado de la regular desigualdad de los mares como efecto de la diversa postura del Sol y de la Luna. Ahora conviene exâminar mas por menor las partes mas notables de la superficie de la Tierra. Por toda ella encontramos montes y valles : estos montes quando están cercados de agua por todas partes , se llaman *Islas* ; y los valles quando están llenos de agua y rodeados de Tierra por todos lados, se llaman *Lagunas*. Si los montes que se levantan del suelo del mar , no llegan á sacar sus cumbres fuera del agua , son los baxíos en que tropiezan los pilotos incautos. No os haré una descripción geográfica de los mares é islas, como ni tampoco de los montes y lagunas, que para eso ahí están los Mapas. Solo cumpliré con el oficio de Filósofo , que es dar razon de los efectos que en estas cosas se observan. Creo que deseareis saber mi pensamiento sobre la division primitiva entre la Tierra firme y el Mar , y sobre el origen de los montes. Algun dia imaginaba yo que la Tierra en su principio habia sido sensiblemente lisa , y toda rodeada de agua , como lo supone la Escritura ¹ ; y que quando la palabra de Dios mandó que se juntasen las aguas en un lugar , entónces con un terremoto universal habia conmovido

¹ *Congregentur aquæ, que sub cælo sunt, in locum unum, et appareat arida.* Gen. 1. 9.

Dios toda la Tierra, y hecho sobresalir los montes: así como ha mostrado la experiencia que terremotos muy grandes hicieron salir del suelo del mar algunos montes, cuyas cimas elevadas fuera de las aguas son hoy islas muy grandes. Siendo esto así, las aguas en virtud de su fluidez correrian á los valles, quedando de este modo separada la *Tierra firme* de lo que hoy llamamos *Mar*¹. El fundamento de esta conjetura era bastante manifiesto, pues no era creible que Dios con una accion milagrosa hubiese tenido hasta entónces las aguas sin equilibrio, cubriendo la misma desigualdad de los montes y valles con una superficie fluida y desigual: tampoco es creible que el agua pudiese cubrir los montes mas altos quedando á nivel con la que cubriese los valles, porque eso pedia una cantidad de agua increíblemente mayor que la que ahora tenemos; y no aparece motivo para creer que Dios la aniquiló, pues ese seria un modo de obrar muy poco decente á la Sabiduría de Dios. No faltó quien dixese que la Tierra tenia dentro de sí grandísimas concavidades, y que Dios con su palabra habia quebrantado las puertas de esas inmensas cisternas, hasta entónces vacías; y que entrando las aguas á ocupar ese lugar, fuéron baxando en toda la superficie de la Tierra; y dexando aparecer la que era mas alta, que

¹ Lazar. Moro, lib. 2. de *Crustaceis*, capitul. 29.

hoy llamamos *Tierra firme*, despues de ocupar todas esas concavidades, solo habia aparecido sobre los valles mas profundos, que hoy llamamos *Mar*. Aun se puede decir otra cosa que no me parece despreciable. Algunos buenos Autores dan á aquellas palabras de la Sagrada Escritura: *Puso Dios el Firmamento en medio de las aguas para separar las que están encima de las que quedáron abaxo*, la explicacion que os dixé pocos dias há; y entienden por *Firmamento* la region del Ayre que en el estilo de la Escritura se llama cielo; y por *aguas superiores* entienden las nubes, las quales, como hoy os diré, no son otra cosa mas que agua. Sentado esto, puede decirse que tampoco las *aguas inferiores* tenían en ese dia la forma de agua como ahora, sino solamente la forma de un vapor grueso ó nube muy espesa. Nosotros al presente quando la niebla es muy densa y pesada, la vemos como sentada sobre los valles; pues así cubrian entónces las aguas toda la superficie de la Tierra, montes y valles. Mandó el Señor Dios que las aguas inferiores se juntasen en un lugar, y dexasen aparecer la Tierra firme, y luego se reduxo á niebla el agua fluida, corrió á los valles, en ellos se acomodó, y dexó ver los montes y la Tierra firme que estaba mas alta. Pero este punto quede al juicio de los inteligentes, que yo quiero explicaros brevemente la sentencia de Mr. Buffon en su admirable obra de la Teórica de la Tier-

ra ¹. Siente este Autor que la mayor parte de los montes que hoy conocemos, tuvieron su formacion en el transcurso de un tiempo muy dilatado. Es preciso reducir mucho su sistema, lo qual es imposible hacer sin quitarle mucha parte de su hermosura,

Eug. No sabeis quanto me contrista la estrechez del tiempo en que las circunstancias nos han puesto; pero yo tendré cuidado de no interrumpiros sin causa muy grave, para no desperdiciarlo.

Teod. En todos los montes, como tambien en los valles y llanuras se observan diversas camas ó bancos de barro, de tierra, de arena mas ó ménos gruesa, de greda, de piedra, &c. los quales conservan cada uno de ellos un mismo grosor por toda su longitud, que á veces llega á muchas leguas. Tambien se observa que estos diversos bancos tienen una postura paralela entre sí; de suerte, que si el primero está horizontal, horizontales van todos los otros que están sentados sobre él: si el primero va inclinado, inclinados van todos los otros y con igual inclinacion. Hasta en los mismos montes de peña viva se observan diversos bancos entre sí paralelos. Y ya de aquí se infiere que la formacion de estos montes, como nosotros en el dia los vemos, no fué por causa tumultuaria, como por exemplo

¹ *Histoir. Natur.* tom. I. pág. 97 quarta edicion en dozavo año de 1751.

terremoto ; porque no era posible que entónces se guardase este orden y proporcion entre todas las diversas camas ó bancos de que se componen. Lo qual se confirma con la confusion que hallamos en lo interior de los montes que nacióron de semejante causa. Tambien se observa constantemente que en todas partes , no solo en los valles , sino tambien en las entrañas de los montes y sus cumbres se encuentran muchas conchas y producciones del mar , algunos peces enteros , y muchos esqueletos suyos convertidos en piedras , cuya figura no dexa la menor duda de que algun dia fuéron habitadores de las aguas. Yo he visto innumerables almejas y otros mariscos convertidos en piedra , y en lugares mediterráneos y altos. Sé que tambien en ellos se encuentran muchos árboles de coral petrificados ; y esto que digo , es constante en todas las partes donde se han hecho escavaciones y observaciones ¹. Estos mariscos se hallan á veces dentro de los mismos peñascos ; y ellos por dentro llenos de la misma materia de que están rodeados. Unas veces se encuentran á la profundidad de 1800 palmos ² : otras es una cantidad tan prodigiosa , que merece toda la atencion aun del hombre ménos reflexivo ; pues afirma Mr. de Buffon ³ que estos bancos sembrados de mariscos muchas veces

¹ El mismo , págin. 109.

² El mismo , págin. 112.

³ Tom. I. págin. 389.

se extienden á la longitud de ciento ó doscientas leguas , y que á veces tienen de grueso 50 ó 60 pies. Lo que bastará para hacerlos formar justa idea , es lo que se refiere en la Historia de la Academia (año de 1720 , pág. 5). En Turena , que dista 36 leguas del mar , se halla una prodigiosa mina de estas conchas sin mezcla de otra materia , la qual se extiende por el espacio de 9 leguas quadradas , y de profundidad se le conocen mas de 27 palmos , y tal vez le tendrá mucho mayor : ¿ que decis á esto ?

Silv. Eso me causa tanta admiracion que es preciso hacer fuerza á mi entendimiento para creerlo ; no obstante ser una cosa testificada á presencia de todo el mundo por un cuerpo de sabios tan serio y tan grave como la Academia Real de París.

Eug. ¿ Y quien llevó allá tan prodigiosa muchedumbre de conchas ?

Teod. La conseqüencia inmediata y necesaria que de ahí se saca es , que por esos lugares anduviéron las aguas del mar.

Silv. Eso sin duda fué obra del Diluvio universal.

Teod. Esa es la opinion comun ; pero es de aquellos que no se pararon á meditar sobre este punto. Yo la seguí algun dia. Pero se muestra con evidencia que el Diluvio no podia meter las conchas y peces por el corazon de los montes , muchas veces hasta 1800 palmos debaxo de la superficie de la Tierra ; y mucho ménos introducirlas en los mismos peñascos. Fuera de que no es crei-

ble que á un mismo tiempo viviesen todos esos mariscos , cuyos despojos ó conchas se hallan juntas , y forman 130 cuentos ó millones de brazas cúbicas , dando á cada una 9 palmos , que tanto y mucho mas importa la mina de Turena ¹. Y como las aguas del Diluvio solo permanecieron sobre la haz de la Tierra poco mas de un año , no se les puede atribuir este efecto.

Silv. ¿Pues qual es vuestro dictámen?

Teod. Mr. Buffon discurre de otro modo , y quiere que haya habido grandísima mutacion en el Globo de la Tierra ; de suerte , que gran parte de lo que hoy es Tierra firme , haya sido muchos años mar ; y por el contrario , mucha parte de lo que hoy es habitacion de peces , haya sido algun día region de hombres. Esta ya fué opinion de muchos antiguos ², como bien lo nota Buffon , y Ovidio lo cantó dulcemente ³. Y hablando en particular del Mar Mediterráneo , testifican Strabon y Diodoro de Sicilia que antiguamente no lo habia , y era Tierra fir-

¹ *Histor. de la Academ.* año de 1720 pág. 6.

² *Conchulas , arenas , buccinas , calculos variè infectos frequenti solo , quibusdam etiam in montibus reperiri , certum signum maris alluvione eos coopertos locos volunt Herodotus , Plato , Strabo , Seneca , Tertullianus , Plutarchus , Ovidius , et alii.* Dausqui Terra et Aqua , pág. 7.

³ *Vidi ego quod fuerat quondam solidissima tellus , Esse fretum : vidi factas ex æquore terras , Et procul à pelago conchæ jacuere marinæ.*

Ovid. *Metamorph.* lib. 15.

me. Prudentemente se cree que alguna causa accidental, por exemplo, algun violento terremoto, abrió en el Estrecho de Gibraltar un pequeño paso al agua del Océano, mucho mas alta que todo el dilatado campo que hoy hace el Mediterráneo; y apenas las aguas tuviesen una pequeña entrada, continuando en correr con ímpetu, era natural que fuesen excavando y llevando consigo todo lo que pudiesen arrebatarse, creciendo la fuerza á proporcion de la mayor entrada, hasta que en los peñascos que de una y otra parte forman este estrecho, halló un estorbo invencible para ensanchar la puerta. Con efecto á una y á otra parte de este mar se encuentra semejanza y uniformidad en los lechos ó bancos de tierra, arena, piedra, &c. y la corriente de las aguas en el estrecho es de Poniente á Levante, totalmente contraria al curso comun de ellas, que no solo entre los Trópicos, sino tambien en otras regiones suele ser de Levante á Poniente; lo qual persuade bastante que mas fué una nueva irrupcion de las aguas en esa casi inmensa laguna, que mar antiguo.

Silo. Está hecho: en quanto al Mediterráneo alguna probabilidad hallo, porque en toda su extension es mucho mas baxo que el Océano, pues el agua corre con ímpetu hácia él; pero la mudanza de que habláis, es mas general.

Cc 2

Teod. Supuesto haberse formado de nuevo el Mar Mediterráneo, era forzoso que toda esa inmensa cantidad de agua, faltando de otras partes, dexase descubierta mucha tierra que antecedermente cubria; y ya tenemos que hoy será Tierra firme lo que muchos años fué mar. También se puede conjeturar que algun dia haya sido Tierra firme mucha parte del terreno que hoy está cubierto de agua; y al contrario, que estaria cubierta de agua mucha parte de la Tierra que en el dia pisamos; para cuya mutacion podian concurrir naturalmente muchas causas. Lo primero los vientos están mudando de continuo la corriente de las aguas en muchas partes: los que hacen reflexion sobre esto, hallan que en 24 horas muda el viento un gran monton de arena de una parte á otra; mudado el obstáculo que detiene las aguas; que admiracion es que ellas muden de carrera? Mudándose la corriente, y haciendo empuje contra los obstáculos que antecedermente no sufrían fuerza considerable; que mucho que los venzan y los transtornen? Ahora, pues, el que sabe qual es la inmensa fuerza de las aguas que toman corriente hácia una parte, no se admirará de que concibiendo cada vez mayor movimiento á proporcion de la mayor salida, quebranten diques que eran capacísimos de detenerla mientras estaban enteros y unidos, y el agua no habia cobrado ímpetu.

Eug. En los inviernos muy lluviosos veo

á veces con asombro grandísimas excavaciones y estragos que hacen las avenidas, tal vez procedidas de una pequeña hendidura que comenzó á dar salida á las aguas, y ellas á tomar movimiento hácia una parte determinada.

Teod. Además de este modo hay otro, y muy poderoso con que los vientos podían ser causa de estas mutaciones. Vos, Eugenio, ya sabeis por experiencia la fuerza que traen las olas agitadas, capaces de arruinar las mismas peñas de roca viva. En el célebre terremoto de 55 me contó una persona fidedigna que habia sido tan enormemente furioso el ímpetu de las aguas quando el mar salió de madre, que habiendo dado en la batería baxa de una de estas nuestras torres, habia arrollado las piezas de artillería, acinándolas junto á la pared de la fortaleza como si fuera un haz de cañas. Quien atendiese á la pequeña superficie de cada pieza, y á su enormísimo peso, podrá formar juicio del ímpetu de las olas. Además consta que las mismas montañas de peña viva tienen por debaxo lechos ó bancos de arena y otras materias mas ligeras: que mucho, pues, será que las aguas con su continuo fluxo y refluxo, con su corriente constante de Oriente á Poniente, con el movimiento que les da el viento y las tempestades, fuesen excavando las raíces de estas montañas, y robándoles con el tiempo

Cc 3

• Buffon, *Hist. Natur.* tom. I. pág. 115.

los cimientos , al fin agitadas con furiosas tempestades , las arruinasen , y en un momento se hallasen con libertad para tomar nuevo curso , arrebatando los fragmentos de los montes arruinados hasta tener paso franco ?

Eug. En el medio del mar se encuentran peñascos dispersos , y á corta distancia unos de otros , que bien podrian ser fragmentos de alguna montaña arruinada.

Teod. No me habéis de la fuerza de las olas y por tiempo continuado. Quien observa lo que nosotros experimentamos aquí en Lisboa , viendo adonde hoy llega el Tajo , quando por las historias sabemos que algun dia llegaba á Santo Domingo ; al mismo tiempo viendo los montes de la *banda de allá* tajados como con picos , porque las aguas fuéron lamiendo de aquella parte el campo que á esta dexaban : quien repara las costas del mar , y ve los peñascos corroidos y gastados , ve lo que pueden hacer las aguas con el tiempo. Añádese que los grandes terremotos unas veces arruinan y hunden una gran provincia ; y ya las aguas toman hácia esa parte un curso tal vez contrario al que tenían , por quedar mas baxo ese terreno : otras veces hacen elevarse del fondo del mar una nueva montaña , cuya cumbre superior á las aguas se llama *isla* : la arena que las ondas arrastran , y toda la demas materia que traen consigo , va encallando , y de dia en dia va aumentándose en varios parages , como nos lo enseña la Historia. Tal vez una de estas

montañas naciendo en el desembocadero de un rio caudaloso , hace que rebalsándose las aguas , conviertan las llanuras en lagunas grandísimas. Estas aguas subiendo á mayor altura , suelen encontrar mas débil otro parage tal vez muy apartado y rompiendo por él , se forma nueva corriente al rio estancado ; y de este modo vemos anegados campos hasta entónces secos. En una palabra , quien hiciese observacion sobre lo que hacen los terremotos ya formando islas de nuevo , ya hundiendo ciudades : lo que hacen los vientos , mudando en pocas horas montañas de arena , que allá donde caen , aunque sea en el medio del mar , forman un nuevo monte y estorban la antigua corriente ; y de donde faltan , facilitan entrada nueva á las aguas : quien observare lo que pueden las ondas agitadas con el viento ; y últimamente lo que puede la continuacion del tiempo ; no tendrá por imposible esta grandísima mutacion de Tierra en Mar , y de Mar en Tierra , indispensable para explicar las innumerables conchas , peces y producciones del mar , que por todas partes se hallan hasta en las entrañas de la Tierra.

Silv. Todas son conjeturas.

Teod. Pero conjeturas sobre un hecho constante é innegable , y que no puede tener otra causa sino las aguas del mar. La mayor parte de estas conchas son producciones que no hay por los rios , y se conoce que son del mar grande. Pero vamos á otras conjeturas que mas individualmente prueban

que dichas conchas fuéron dispuestas en camas por las aguas; y de paso vereis cómo podian las aguas del mar ir formando las montañas con las camas ó bancos paralelos que constantemente se hallan en todas. Es cosa maravillosa que excepto en los parages en que hubo alguna perturbacion, se hallan las conchas tendidas todas de cara, y no derechas, ni en otra postura alguna; lo qual da bien á entender que fuéron traídas por las aguas; y como son mas pesadas que ellas, se acomodáron en el suelo como el *sedimento* ó peso que dexa qualquier licor en el del vaso en que estaba; y acomodándose las conchas libremente, debian tomar la postura en que hoy las hallamos, sentándose de llano. Mas: si el terreno sobre que las aguas dexáron este poso, era horizontal, tambien la cama ó banco de conchas habia de quedar horizontal; pero si era inclinado, habia de quedar esa cama de conchas tambien inclinada: siempre no obstante con el mismo grosor; pues no habia razon para que en una parte hubiese mas cantidad de conchas que en la otra. Continuando las aguas en corroer los peñascos, en excavar las concavidades, y en traer ya una casta de materia, ya otra; habian de ir depositando fielmente por el suelo de todo aquel terreno el *sedimento* que traian; y así se formaba un banco de arena sobre el banco ó cama de conchas; y por la misma razon debia quedar paralelo á él, y de un mismo grosor por todo el terreno. Ved aquí có-

mo empezando por poco , se formaria una grande altura que casi vendria á sobresalir á las aguas. Entretanto el inmenso peso haria que unas materias fuesen oprimiendo á las otras ; y volviendo á consolidarse las que eran partes muy menudas de peñascos molidos y deshechos , ó de otro qualquier modo que la naturaleza lo supo hacer , se fuéron petrificando muchos de esos bancos ó camas. Si juntamente con esa materia propia para petrificarse ó convertirse en piedra , venian conchas , ó peces ó esqueletos suyos , quedarían metidos dentro de los peñascos que con el transcurso del tiempo se endurecerían , y tambien quedarían petrificados. Muchas veces las aguas embistiendo contra una costa , irían primero lamiendo toda la arena ; y allí donde fuesen á depositar el sedimento , se formaria un lecho de arena : acabada la arena , irían las olas royendo casquixo ; y de este se formaria la segunda cama allí mismo donde se iba depositando la materia que se robaba en las costas del mar : últimamente , hallando las olas ya las peñas descarnadas , las irían gastando ; y este polvo imperceptible formaria con su sedimento un tercer lecho de piedra sobre el otro de casquixo y de arena. De este modo quedarían las materias mas pesadas sobre lechos de otra mas leve. Tambien se saca de aquí la razon de lo que hallo observado por Vallisneri en los montes de Toscana , Pisa , Génova , Liorna , &c. que los mariscos de varias especies estaban dispuestos en camas con

separacion , siendo una cama de una casta y otra de otra ; lo qual naturalmente sucederia en este sistema , porque dando las olas en alguna como mina de ciertos mariscos, se los irian llevando ; y como cada ola hace su sedimento , debia dexar una cama toda de esa especie de conchas.

Eug. No se puede negar que este sistema es de maravillosa invencion.

Teod. Formada así esta eminencia , que casi sobresaldria á las aguas , como les embazaria el curso , por alguna parte podrian pasar mas fácilmente que por las otras ; y tomando por aquí su carrera , irian cortando y abriendo aquella elevacion , y formarían muchos canales al traves de esa montaña , y con el tiempo haciéndolos las aguas mas profundos , podrian desahogarse por allí. Hecho esto , ya se baxarian las aguas , y sobresaldrian las cimas de otros tantos montes ó cumbres , digámoslo así , de una misma montaña. Y tenemos una hilera continuada de montes divididos entre sí con los canales ; pero estos con el continuo curso de las aguas forzosamente se habian de ir abriendo en profundísimos valles , que quanto mas se profundizasen , tanto mas baxaria el agua , y haria sobresalir mas las cimas de los montes. Ved aquí por que en estas hileras de montes que frecüentemente se encuentran en varios paises , los que están cercanos entre sí , tienen casi una misma altura y constan de camas semejantes en alturas correspondientes ; lo qual es una cosa bas-

tante admirable , y persuade que siendo todo una sola montaña , cada canal que por ella se abrió , y despues se convirtió en valle , partiendo cada lecho en dos , precisamente habia de dexar á una parte y otra lechos semejantes á unas mismas alturas. Tambien de aquí se sigue que si estos canales fuesen torcidos, como lo suelen ser las corrientes de algunos rios , formarian los ángulos de los montes contrapuestos : quiero decir, que si á la parte derecha está un monte que acá abaxo hace prominencia ó ángulo hácia fuera , á la parte izquierda ha de haber concavidad ó ángulo que entre hácia dentro. Y esto es una cosa maravillosa , porque constantemente se observa en todas partes donde quiera que hay muchos montes juntos : sus ángulos son contrapuestos , correspondiendo la prominencia de uno á la concavidad de otro ; lo qual persuade bastante que algun torrente tortuoso fué separando el uno del otro , y formando dos de lo que era uno solamente. A esta conjetura se añade una notable observacion. La Geografía nos enseña que los montes mas altos que hay son en las cercanías del Equador : y la Física nos dice que en esas cercanías son mas vehementes los movimientos de las aguas , tanto por el mayor fluxo y refluxo del mar (que es lo que ayer os dixé) , como por el continuado movimiento de las ondas de Levante á Poniente.

Silv. Yo confieso que hallo en ese sistema una belleza tan grande , que embelesa.

Teod. No puedo contenerme sin añadir una circunstancia que sorprende. Observa Buffon que por todas partes ¹, y aun en las canteras se encuentran unas grietas á plomo que unas veces van á parar á algun lecho, otras los atraviesan todos hasta abaxo. Quando las montañas son de materias mas blandas, están las grietas mas distantes: á veces hay de una á otra pocos pies, otras hay algunas brazas ². Unas grietas tienen media pulgada, otras son mas anchas: algunas tienen palmo y medio, y otras son mayores. Ved ahora el discurso de este grande observador de la Naturaleza. Como estas montañas y esta superficie de la Tierra fué sedimento de las aguas, por necesidad habia de ser muy blanda; y secándose con el ayre, quando quedasen libres del dominio de las aguas, era forzoso que ocupasen menor campo, y abriesen grietas; así como vemos en las tierras quando aprieta el Sol, que abren grietas muy grandes; y en las maderas verdes, que todas se hienden quando se secan; pero estas rajas ó hendeduras no podrian ser sino á plomo, porque otra qualquier direccion que tuviesen, quedaria suspenso un gran peso, ó totalmente en hueco si las hendeduras fuesen horizontales, ó en parte si fuesen obliquas: solo siendo á plomo se conservarían sin que el continuo peso de los cuerpos superiores sobre los inferior-

¹ *Hist. Nat.* tom. I. pág. 118.

² *Ibid.* pág. 155.

res las hiciese unirse. Tambien se colige que dichas hendeduras tuviéron este principio, porque sus paredes interiores nunca son lisas sino desiguales, y de manera que á las prominencias de un haz corresponden concavidades semejantes en la otra, bien así como sucede en las rajas de la madera; lo qual persuade bastante que aquellas dos partes estuvieron antecedentemente unidas, y que la grieta no procedió de materia que se hubiese robado de aquel lugar, sino de haberse separado las partes que estaban unidas. Ved aquí en resúmen el bello discurso de este grande hombre sobre la Teórica de la Tierra y el origen de los montes, del modo que yo lo entiendo. Leido en sus obras, tiene otra fuerza y energía ademas de su hermoso é inimitable estilo. Pero no dexa de tener este sistema dificultades muy dignas de considerarse. Vosotros discurriréis despacio sobre él, que yo voy con paso ligero á descubrirros el origen de las fuentes.

§. II.

Del origen de las Fuentes y de los Rios.

Silv. **E**ste sistema tiene tanto de extraño y desagradable al principio, como de bello y admirable despues; y si la experiencia no me hubiera enseñado que en las primeras impresiones se debe suspender el juicio para dar despues sentencia con mas acier-

to , prontamente subscribiria á él. Vamos en hora buena al origen de las fuentes. Yo creo que seguireis que ellas proceden todas del mar : en mi casa tengo un libro moderno que explica eso muy bien.

Teod. Algunos Modernos son de esa opinion ; pero tiene contra sí dificultades insuperables. Primeramente ¿ como puede venir el agua del mar á las fuentes , si su nacimiento quadra mucho mas alto que el mar ? Todo el mundo ve que el agua de las fuentes siempre va corriendo al mar , y que nunca sube , siempre baxa ; luego quadrándoles el mar mucho mas baxo ¿ quien la ha de llevar hasta el nacimiento de las fuentes ?

Silv. Á eso se responde bellamente. Mirad , Teodosio , aunque los montes donde el agua brota , quadren mas altos que la superficie próxima del mar , con todo siempre están á nivel con la superficie del mar á lo léjos. Admírome de que no hayais advertido esto. Quando los navíos se van alejando mucho , aun el que estuviere en la cumbre de los montes , los perderá de vista porque se embaraza (como ayer dixisteis) la línea de la vista con la superficie del mar. Luego si se tirase una línea recta á nivel por esa superficie del mar , iria á dar á la cumbre de los montes por una parte , y á los mástiles del navío por otra. Bien se ve , pues , que la cumbre de los montes puede estar á una misma altura y nivel con la superficie del mar allá á lo léjos.

Teod. Eso solo prueba que pueden qua-

drar en una misma línea recta la superficie del mar, la cumbre de los montes y los mástiles de los navíos ; pero no basta para que estén á nivel. Para eso es preciso que todas tres cosas estén á una misma distancia sensible del centro de la Tierra (que por esta distancia se ha de medir la altura para hacer juicio de si es mayor ó menor). Vosotros me direis ahora ; como puede una línea muy larga siendo rēcta , tener en todas sus partes una misma distancia sensible del centro de la Tierra ? Nadie ignora que para que una línea conserve una misma distancia de cierto punto, debe ser curva , y hacer una porcion de círculo al rededor de él ; luego para que una línea muy larga quadre bien á nivel , y conserve en todas sus partes una misma altura , debe ser curva , como lo es la superficie del mar , que rodea toda la Tierra , el qual no obstante ser líquido , como debe tener su superficie á nivel y á una misma altura , va dando vuelta para conservar siempre una misma distancia del centro de la Tierra. En porciones pequeñas, v. g. en la superficie de un estanque la línea del nivel es sensiblemente recta , porque la curvatura es totalmente imperceptible ; pero en trechos grandes con los ojos se echa de ver la convexidad. Así que , amigo Silvio , no probais con eso que los montes están á una misma altura con la superficie del mar. Por ese discurso os probaria yo que las estrellas no están mas altas que el mar , ni distan mas del centro de la Tierra ; porque esa línea

recta tirada á nivel , va á dar tambien á las estrellas.

Silo. Bien está : ya veo que de ese modo no pueden subir las aguas del mar ; pero todavía pueden venir á las cimas de los montes de otro modo. He leído en este mismo libro que el agua salada por ser mas pesada que la dulce , podia hacerla subir por las entrañas de la Tierra á mucho mayor altura que las de las playas.

Teod. Esa respuesta es del gran Filósofo Juan Bernouille , pero ahí vereis que no todo lo que dicen los grandes hombres , se debe creer ciegamente. Nadie duda que quando se equilibran líquidos diversos , queda el mas pesado á menor altura , y esto en razon inversa de su peso específico. Pero como el peso del agua del mar comparado con el de la dulce , es como 103 á 100 ; para que el agua del mar hiciese subir al agua dulce por una milla de altura , era preciso que hubiese en las entrañas del monte una columna de agua dulce de 34 millas , y otra correspondiente de agua salada de 33 , á fin de que se equilibrasen. Ahora bien , las fuentes que tienen nacimiento una milla mas alto que el mar , son harto frecuentes , y nadie da al mar la profundidad de 34 millas ; porque lo mas que le dan con Varenio en su Geografía ¹ son 4 millas. Pero ademas de esta dificultad hay otra tambien insuperable , y viene á ser la diferencia que hallamos en-

¹ Lib. I. cap. 13. prop. 6.

tre el agua dulce y la salada. Varias veces se ha tentado con bastante fatiga y empeño un modo de filtrar el agua salada, y hacerla dulce; y muchos han perdido las esperanzas. Vallisnieri ¹ despues de haberla filtrado por arena y tierra, siempre la encontraba salada: aun filtrándola por vasos de barro, no le pudo quitar toda la sal, y hoy dia si se consigue, es á mucha costa. Yo miéntras no exáminé este punto, me dexé engañar de algunas experiencias que me contáron; y por eso algunos años ha os dixe que era cosa fácil ².

Silo. Yo no me meto en esas experiencias; lo que sé es que muchas fuentes tienen agua salada, y que en las cercanías del mar hay muchas fuentes; y esto prueba bien que su agua viene de allá sea como fuere.

Teod. Las fuentes que traen agua salada, no la traen del mar, sino que pasan por minas de sal, y queda salada su agua. Vos como Médico bien sabeis que el ser unas fuentes mas saludables ó nocivas que otras, proviene de los minerales por donde pasan, y cuyas partículas traen las aguas consigo. Luego pasando por minas de sal, quedarán bastante saladas. Esotras que nacen junto al mar, pueden tener su origen en lugar bien distante. Ya os hablé de algunas fuentes de agua dulce que brotan en el mismo suelo del mar

Tom. VI.

Dd

¹ Tom. III. anot. 14. sobre la leccion acerca del origen de las fuentes.

² Tom. III. Tard. XII. §. II.

rodeadas de agua salada ; y nadie dirá que esas fuentes dexan de tener origen muy léjos : lo mismo digo yo de las que salen en la playa.

Silv. ¿Y que me decis de los pozos , que en sus aguas tienen la misma alternativa que vemos en las mareas , baxando en las vacías , y subiendo en las llenas ?

Teod. Ya veo que habeis estudiado el punto , y me alegro de veros leer en esos libros. Pero advertid que hablo de fuentes y no de pozos. Las fuentes siempre suelen tener su origen sobre el nivel del mar , y los pozos no siempre ; pero ahora hablando de los pozos , ó son de agua dulce , ó de agua salada : si son de agua salada , y tienen el agua al nivel del mar , no dudaré que de él les vengan las aguas , y tengan las mismas alteraciones , subiendo y baxando con él á un tiempo. Pero si los pozos fueren de agua dulce , es cierto por lo que he dicho que esa agua no puede venir del mar : con todo , podrá subir mas alta en las mareas llenas , y baxar en las vacías. Nosotros vemos que el agua del Tajo , aun donde es dulce , tiene crecientes y menguantes , no porque la marea llena del mar aumente el agua dulce , sino porque subiendo en la boca del Tajo el agua salada á mayor altura , ya el agua dulce que viene de arriba , no puede salir , y va volviendo atras ; y con el agua que de arriba viene continuamente (porque el rio no se para) , se va llenando el rio , y subiendo la superficie del agua dulce ; pero

baxándose el agua salada en la boca del Tajo, comienza á vaciarse el rio con mayor ímpetu, y va baxándose el agua dulce en las playas. Sucede justamente como en un estanque sobre el qual corre un caño de agua perenne, que tambien en él sube el agua y baxa, si unas veces le destapan el agujero por donde se desocupa, y otras se lo tapán. Lo mismo, pues, digo de esos pozos, que forzosamente tendrán algun desagüadero para el mar. Quando fuere marea llena, estando fuera el agua mas alta, no debe correr hácia allí, ó á lo ménos no será con tanta fuerza, y crecerá el agua en el pozo, el qual por otra parte se supone tener en sí el nacimiento del agua; pero baxando el mar, quedará desembarazado el camino por donde el pozo se vacia, é irá baxándose el agua. Y de paso sabed que si hay pozos de agua dulce que tengan esas alternativas de las mareas, son rarísimos ¹.

Silv. Ya veo esas dificultades; pero no sé cómo se puede verificar lo que dice la Escritura, que todos los rios entran en el mar, y vuelven al lugar de donde saliéron ².

Teod. Algunos pretenden que las aguas del mar en las concavidades de la Tierra se destilan como en alambiques naturales, y de ese modo pierden toda la sal. Algun dia se-

Dd 2

¹ Vallisnieri, tom. 3. anot. 38.

² *Omnia flumina intrant in mare, et mare non redundat: ad locum unde exeunt flumina revertuntur ut iterum fluant.* Ecl. cap. 1. v. 6.

guí yo esta opinion , porque como en las entrañas de la Tierra habia grandes concavidades llenas de agua y fuegos subterráneos, que las hiciesen evaporarse , juntándose los vapores en la parte superior de las cavernas , se convertian en agua , y podia por qualquier grieta salir acá fuera donde brota la fuente. Pero hoy estoy persuadido á que esto es muy difícil. La razon es , porque los Ingleses , que son bastante ingeniosos , y mucho mas en las cosas que pertenecen á la navegacion , donde la utilidad aviva mucho el deseo de descubrir medios que la hagan ménos incómoda , han tentado muchos modos de purificar el agua del mar en alambiques , y hacerla dulce ; y con efecto consiguiéron que quedase buena al paladar ; pero la experiencia mostró que nunca se despojaba totalmente de la sal , porque causaba grandes ardores en la orina hasta hacer salir sangre mezclada con ella , cosa que no hacen las aguas de las fuentes ; de donde se colige que el agua que nosotros bebemos de las fuentes , no es agua destilada del mar. Bien sé yo que el agua de las lluvias es dulce y sana , y proviene del mar , evaporándose con el calor del sol , y dexando toda la sal acá abaxo : sírvele la region del ayre de un vastísimo alambique en que se purifica : no pueden hacer otro tanto los alambiques de fuego , ó por ser mas pequeños ó mas violentos ; y como la causa que hiciese destilar el agua en las cavernas subterráneas mas habia de ser semejante á los

alambiques de la Tierra que á la region del ayre , se infiere bien que no podria purificar el agua del mar del modo que nosotros hallamos la de las fuentes ; esto es , dulce al paladar y salutífera al mismo tiempo. Desengañaos , Silvio , que el verdadero y único origen de las fuentes está en las aguas de las lluvias y nieves derretidas. Luego os diré cómo eso puede ser. Primero conviene decir los fundamentos que casi obligan á creer que es así. Nosotros vemos que en una sequía larga todas las fuentes se van disminuyendo , y muchas se secan del todo ; por el contrario , con lluvias copiosas suelen brotar de nuevo las que se habian secado , ó tomar caudal las que ya estaban muy pobres. Este solo argumento convence el punto ; porque si las fuentes se surten inmediatamente del mar ¿ que tienen que ver con las lluvias ? ¿ por que van enflaqueciendo si les faltan ? ¿ y por que se agotan del todo si continúa la sequedad ? ¿ por que aguardan nuevas lluvias para brotar de nuevo ?

Silv. Yo no dudo que las lluvias engruesan las fuentes ; pero no puedo persuadirme á que toda el agua de estas proceda de las lluvias.

Teod. ¿ Y por que no ? Las fuentes con la falta de lluvias ó de nieves derretidas , muchas veces se secan del todo , y aun las que no se secan totalmente , en la disminucion de sus aguas que cada vez son ménos , dan manifiestos indicios de que totalmente se searian si continuase la sequedad. Luego no

solo aquellas fuentes que del todo perecen con la falta de lluvias , sacan de ellas toda el agua que traen , sino que se debe decir que este es el origen de todas las demas.

Silv. Quando mucho lo será de las fuentes pequeñas ; pero las caudalosas de que proceden los grandes rios , es imposible que procedan de las lluvias.

Teod. Si calculamos el agua de las lluvias que suele caer sobre la Tierra , se hallará agua de sobra para proveer los rios caudalosos y las fuentes de donde ellos tienen principio : esto que digo no es conjetura , sino cálculo exácto que no puede faltar. El modo de calcular la cantidad de agua que llueve en cada pais , es muy fácil. Tómase un vaso quadrado ó cilíndrico , pero tan ancho por abaxo como por arriba : si fuere de vidrio , se le hacen con un diamante unas rayas horizontales ó divisiones de pulgadas y líneas. Expónese el vaso en campo libre á la lluvia al principio del invierno , y apénas acaba de llover , se observa hasta que altura llegó el agua , lo qual es fácil de ver siendo el vaso de vidrio. Si es de metal , metiendo una vara con grados , se miran quantos salen mojados , y se conoce la altura del agua. Apúntase esto para que no se olvide , y se vacia el vaso , y continuando la misma diligencia todos los dias que llueve , y sentando los grados , se conoce despues quanta es la altura á que llegaria el agua en el vaso si toda se fuese juntando sin evaporarse. Téngase cuidado de que la boca del vaso

descubierta sea de la misma anchura y figura que su base, y que lo restante del vaso. Muchos precaven é impiden de algun modo la evaporacion del agua ántes que vayan á medirla, poniendo dentro del vaso una division casi horizontal con alguna inclinacion hácia un agujero pequeño. Esto supuesto, como en el vaso no entra sino el agua de la lluvia que corresponde á la boca, tenemos fundamento para creer que por toda la region en que se hace la observacion, subiria el agua de la lluvia á la misma altura si se conservara sobre la Tierra. Ahora, pues, como en unos paises llueve mas que en otros, por eso son diversas las alturas á que sube la lluvia. En Pisa unos años con otros sube el agua de la lluvia á la altura de 30 pulgadas, en Liorna á 35, en Módena á 47, en París á 18 ó 19, y en otras partes á diversas alturas; y multiplicando las leguas cuadradas de qualquier terreno por las pulgadas de altura á que sube el agua en los vasos en que se hace la observacion, se averigua fácilmente la cantidad de agua que cada año suele llover sobre ese pais. Ahora resta medir la cantidad de agua que en el espacio de todo un año corre por los rios principales de ese mismo terreno; y despues combinando el agua de los rios con la de las lluvias, se halla que es mucha mas la de las lluvias que la de los rios.

Silv. ¿Y como se puede calcular la cantidad de agua de un rio caudaloso, como por exemplo el Tajo?

Teod. De esta manera : si el rio tiene puente , se mide en los arcos por donde el agua pasa solo el hueco que ella ocupa : despues se mide la velocidad con que allí corre ; y teniendo conocida la velocidad y el espacio del arco , se conoce tambien la cantidad que corre en un minuto ; y de ahí se calcula para todo el año. No obstante , advierto que la velocidad del agua en la superficie es mayor que en el medio , y en el medio mayor que en el fondo ; y así se debe tomar una velocidad media para calcular la del rio.

Eug. Temo ser importuno ; pero decidme : ¿ como podremos conocer la velocidad del agua ?

Teod. Dexad caer un baston ó qualquier cuerpo ligero ; y viendo lo que ese cuerpo corre en un minuto , se conoce quanta es la velocidad del agua que lo lleva consigo. Supuesto todo esto , vamos á las experiencias. Mr. Mariote emprendió medir el agua que lleva el Sena por París , y compararla con la que allí suele llover ; y halló que el agua de la lluvia excedia ocho veces á la del Sena.

Silv. Con todo no es posible que en Portugal llueva mayor cantidad de agua de la que lleva el Tajo solamente , quanto mas atendiendo al Duero y otros rios que tenemos.

Teod. No es posible ni preciso para el caso presente , porque el agua de esos rios viene de muy léjos : si queremos hacer el cálculo justo , es menester medir todo el

terreno por donde se derraman esos rios, y de donde reciben las aguas y ver si pueden suministrar á los rios tanto caudal como aquí traen. Tambien debeis en el Tajo hacer cuenta solo del agua dulce que esta es la suya, y no de la salada que es agena y del mar. Hecho así el cálculo, siempre hemos de tener el trabajo que todos tienen; esto es, explicar qué se hace de tanta agua como llueve; pero parte se evapora otra vez y sube hácia arriba, parte sirve para nutrir las plantas y animales, parte para conservar la Tierra unida, y parte en fin se va introduciendo por las hendeduras de los peñascos, y entrándose por lo interior de la Tierra; y despues de pasar algun tiempo ya mayor, ya menor, va á salir por una hendedura visible: si es sobre la haz de la Tierra; se llama *fuenta*: si es en concavidad profunda, se llama *pozo*.

Silo. ¿Y como me llevais esa agua á las cimas de los montes donde vemos brotar muchas fuentes?

Teod. Primeramente las fuentes de ordinario no nacen en las cumbres de los montes, sino en los valles ó á la baxada de los montes: muchas hay que brotan en lo mas alto de ellos; pero se observa que quando esto sucede así, hay al lado algun monte mas alto. Los montes de arena ó tierra suelta no tienen fuentes, solo contienen esta agua los que están formados interiormente de diversos peñascos que pueden tener concavidades y como cisternas inmensas: y con efec-

to tenemos en las historias algunos hechos que confirman con evidencia este discurso, y dan á entender que las montañas altas muchas veces son unos grandes depósitos de agua, en cuyas entrañas se juntan para salir continuamente por las hendeduras; lo qual llamamos fuentes. Leemos que en 1678 hubo una grande inundacion en Gascuña, porque se desgajáron unos pedazos de los montes Pirineos; y las aguas que allí estaban guardadas, se derramáron, anegando é inundando los lugares adonde su curso las encaminó. Otra inundacion todavía mayor sucedió en Irlanda en el año de 1680, porque se deshizo una montaña, cuyas entrañas estaban preñadas de agua ¹.

Silv. Esos hechos son convincentes; y dan bastante á entender que las fuentes que perennemente vemos salir de las faldas de los montes suponen grandes cisternas de agua en su interior.

Teod. Ahora bien, las aguas de estas cisternas, despues de varios giros que los aqueductos naturales hacen, á veces van por debaxo de los valles á salir á la cumbre de otro monte distante, pero mas baxo que el primero, en cuyas entrañas se juntó el agua. Otras veces las aguas de la lluvia van allá por debaxo del mar á salir á una isla, y allí brota una hermosa fuente de agua dulce, que tal vez tiene su origen á muchas leguas de distancia.

¹ Buffon, *Hist. Nat.* tom. II. pág. 366.

Eug. Y otras veces brotará junto á la playa ; engaándose todos los que imaginan que su origen es del mar vecino.

Teod. Bien se infiere de lo que tengo dicho que siendo el agua del mar salobre é inferior á las de esas fuentes , no puede ser la misma que despues aparece en ellas.

Silv. Esa opinion es para mí bastante dura ; pero confieso que el argumento de ver á las fuentes seguir ya la abundancia , ya la escasez de las lluvias , me obliga á convenir en ella.

Teod. De aquí proviene que unas fuentes corren inmediatamente despues de las lluvias , otras pocos dias despues ; porque es preciso que se llene la cisterna natural en la concavidad de los montes hasta la altura de la grieta que da comunicacion para las fuentes ; y como con las sequías están mas ó ménos menguadas , y tendrán por debaxo de esas hendeduras mayor ó menor profundidad , por eso se necesitan mas ó ménos dias de lluvia.

Silv. Contra eso me ocurre que , segun tengo especie , las lluvias penetran la Tierra hasta muy corta profundidad ; porque despues de haber llovido mucho , á poco que se cave , se encuentra la tierra seca.

Teod. Mr. de la Hire metió un vaso de plomo doce palmos debaxo de tierra , y al cabo de bastante tiempo conoció que no habia penetrado allá el agua de la lluvia. ¿Veis, Silvio , como yo esfuerzo vuestro argumento? Pero eso solo sucede quando el terreno no

tiene grietas y la tierra está muy apretada; y tambien quando el agua de la lluvia tiene fácil vertiente para otra parte; pero prescindiendo de estas circunstancias, el agua, ya mas, ya ménos, va calando á una profundidad increíble. Nosotros sabemos por el testimonio de los que trabajan en las minas mas hondas, que el agua de la lluvia penetra hasta allá abaxo ¹. Vemos tambien que algunos pozos solo haciéndolos muy hondos, pueden recibir la vena de las aguas de la lluvia que de los terrenos cercanos acuden á tan gran profundidad. Y de aquí proviene el que al principio del invierno por lo comun primero se restauran los pozos que tienen poca altura, y muchos dias despues es quando aparece agua en los mas profundos, porque el agua gasta mas tiempo en penetrar á esa mayor profundidad.

Silv. ¿Y que respondereis á la Escritura donde se dice que al principio del mundo aun no habia llovido Dios sobre la Tierra, pero que la regaba una fuente? Ved ahí tenemos fuente sin lluvia.

Teod. Respondo que ántes que Dios juntase las aguas en las concavidades que hoy llamamos *mar*, toda la superficie de la Tierra estaba cubierta de agua; y solo despues de esta separacion fué quando apareció la tierra firme ó lo que llamamos *Continente*. Esta agua era dulce, despues se hizo salada

¹ Vallisneri, anot. 24 sobre el origen de las fuentes.

por las minas de sal y betun que hay en el suelo del mar, como en otro tiempo dixe. Entónces precisamente habia de haber penetrado el agua á las concavidades que hay en las entrañas de los montes, y de ahí procedian las fuentes como ahora, no obstante no haber llovido.

Silo. Está bien; pero ¿que direis á los lugares en que la Escritura afirma que los rios salen del mar, y entran en él?

Teod. Las lluvias vienen del mar, y teniendo las fuentes su origen en las lluvias, del mar vienen á proceder, aunque no inmediatamente. El Sol levanta los vapores no solo de la Tierra, sino de las lagunas y del mar: los vapores elevados forman las nubes que son llevadas por el viento sobre diferentes sitios, y se resuelven en agua quando los vapores se juntan: y ved aquí como las fuentes y los rios proceden del mar. Ni os parezca difícil que se eleve del mar tanta copia de vapores quanta es precisa para formar los rios que desaguan en él; porque Haleo tuvo la paciencia de calcular la cantidad de agua que el Sol hacia subir en vapores de todo el Mediterráneo, y halló que excedia tres veces á la de todos los caudalosos rios que desembocan en este mar¹.

Eug. Yo solo tengo un escrúpulo, y viene á ser que hay algunas fuentes que corren en verano, y se secan en invierno.

¹ Epist. de Joseph Georg.: *Della vera ed unica origine delle fontane.*

Teod. Esas no tantò proceden de las lluvias como de las nieves derretidas , porque estas con el calor se deshacen y causan el mismo efecto que las lluvias; y con el frio la nieve se endurece , y no penetra á lo interior de los montes , ni puede surtir las fuentes.

Eug. Ahora ya no tengo ningun escrúpulo.

§. III.

De los Terremotos , sus causas y efectos: donde se trata de la elasticidad de los vapores.

Teod. **E**ntremos ahora con el discurso en las entrañas de la Tierra para exâminar la causa de los terremotos , que tanto nos han conturbado estos años pasados , y aun cada dia nos asustan.

Silv. Yo no sé como el susto que causan los terremotos , dexa lugar para observaciones que algunos alegan.

Teod. Persuádome á que muchas cosas que se testifican , son imaginaciones de ánimos aterrados y casi fuera de sí ; y despues se publican por experiencias constantes. En todo es preciso que entre un exâmen prudente. Y á la verdad que por este principio nunca de este terrible efecto natural pueden hacerse observaciones tan exâctas como de otros. Pero por aprovechar el tiempo , y dexando lo que en esta materia pertenece á los Historiadores naturales , solo trataré de lo que

corresponde al Filósofo, é indagarémos qué causa puede hacer semejante sacudimiento. Dexadas aparte las opiniones de muchos Antiguos, que no merecen ser ni seguidas ni impugnadas, tengo por cierto que los terremotos proceden de fermentacion de los minerales, especialmente del azufre. Bien sabido es el experimento del gran Chímico Lemerí, que formó una masa de limaduras de hierro, azufre y agua comun, que pesaba cincuenta libras, y habiéndola metido debaxo de tierra, al cabo de algun tiempo fermentó aquella mezcla de modo que el terreno de encima tembló, se hinchó y salió llama. Á lo ménos no se puede negar lo que por castigo de nuestros pecados hemos experimentado seis años ha, despues de haberlo leído en las Historias, que quando suceden los terremotos, se percibe un olor fortisimo de azufre. En el célebre terremoto de 55 se abrió por varias partes la Tierra, arrojando gran cantidad de una materia negra y betuminosa, que tanto en la llama que arrojaba si la encendian, como en el olor que despedia, indicaba tener gran porcion de azufre: yo tuve un pedazo en las manos, y me aseguré de esto. Aquí cerca de mi casa se abrieron tres grietas de un palmo de ancho cada una, que de parte á parte atravesaban el camino en líneas paralelas: y me contáron que al tiempo del temblor habia salido por ellas gran cantidad de agua que despedia olor de azufre: en los otros que han repetido despues en varios

tiempos , me aseguraron algunas personas , que poco ántes habian percibido un grande hedor de azufre. Quien quisiere leer á Baglivio en la Historia del Terremoto de Roma de 1703 , hallará que ántes de él se sentia un fortísimo hedor de azufre ; y generalmente los paises mas sujetos á este azote abundan de aguas ó minas llenas de azufre y betunes facilísimos de inflamarse. N6sotros en Portugal tenemos muchas Caldas , y el pais abunda bastante de estos minerales , que dan á las aguas el calor , y á la tierra la terrible pension de ser ocasionada á temblores.

Eug. Acuérdome de que quando hablasteis de las aguas minerales ó caldas , tratando de los fuegos subterráneos ¹ , me referisteis varios terremotos , y me dixisteis que siempre habia allí gran porcion de azufre.

Teod. Así es : vamos ahora á ver prácticamente cómo se puede formar el terremoto. Siempre que alguna causa accidental hace que se junten minerales de calidades opuestas , es preciso que fermenten , como sucede con la cal y el agua fria ; y fermentando la materia capaz de eso en las cavernas de la Tierra , necesariamente deben seguirse varios efectos. Primero : si la capacidad de las cavernas no puede contener la materia que con la fermentacion se dilat6 , debe temblar miéntras la materia no se desahoga por alguna parte , ó se apaga. Segundo : una vez encendida la materia en una

¹ Tom. III. Tard. XI. §. VI.

caverna, comunicará el fuego á las inmediatas donde quiera que hallare materia capaz de inflamarse ó alterarse; para lo qual basta qualquier hendedura ó raja; y ya tenemos que se debe extender el terremoto á muchas leguas en un mismo tiempo sensible, como sucede al encenderse la pólvora, que por medio de tenuísimos rastros se enciende á un mismo tiempo sensible en lugares muy distantes. Tercero: síguese que no solo ha de temblar el lugar que está encima de las cavernas que arden, sino todos los circunvecinos á la redonda. Nosotros vimos en Lisboa pocos años ha, quando en la ribera se prendió fuego en uno ó dos barriles de pólvora que estaban enterrados, que hicieron estrago aun en lugares muy remotos, rompiendo las puertas y abriendo ventanas que nunca se habian abierto: un hombre que estaba durmiendo en una banca de la ribera, asimismo fué á parar al medio del Tajo; y cerca de la Catedral me contáron que se habian clavado en la pared unos hierros arrojados por la violencia de la pólvora. Si esto hizo un barril de pólvora someramente enterrado en el suelo; que no harán grandísimas cavidades llenas de estas materias, quando por desgracia se les comunica fuego allá dentro? Vemos que un golpe fuerte dado en el plano de una pared la hace temblar toda, y quanto mas firmes y duros son los cuerpos, mas se propaga por ellos el temblor á distancias considerables: ¿y como no se ha de comunicar por esta grande armazon de la

Tierra, quiero decir, los peñascos que enlazados entre sí, hacen como el esqueleto del mundo material? Yo me persuado á que quando el temblor es de vayven, y guarda un compas igual, lo debemos atribuir no tanto á inflamacion que haya debaxo de nosotros, como á inflamacion que hubo en otro lugar distante que tembló con mayor violencia, y comunicó el temblor hasta el parage en que estamos: por el contrario, quando el temblor es hácia arriba y como á saltos, debemos creer que está debaxo de nosotros la inflamacion que lo causa. La razon de esto es, porque encendiéndose fuego en alguna caverna, ha de suceder lo mismo que en una pieza de artillería, en que el fuego (como ya os expliqué) hace fuerza para dilatarse por todos lados: por eso la parte superior de la caverna ha de levantarse por causa del impulso, y en fuerza del peso se volverá á baxar; y como la inflamacion continúa, vuelve á ser impelida hácia arriba, y así va temblando miéntras dura la inflamacion, la qual á proporcion que se minora ó se aumenta, empuja el techo de esa caverna con mas ó ménos fuerza. Al mismo tiempo las paredes de la caverna serán impelidas hácia los lados; y como no se pueden mover sin impeler todo el terreno que al rededor las sustenta por la parte de afuera, todo ese terreno temblará, pero ha de ser moviéndose hácia los costados, porque en esa direccion es en la que reciben el primer impulso.

Eug. Yo hallo que ese temblor hácia los costados no es tan peligroso.

Teod. Y discurreis bien: solo hay el riesgo de que las paredes se desplomen; pero no es regular que se hundan los edificios.

Silv. Solo tengo contra eso, que en el célebre terremoto de 55 el temblor fué de todos modos, y tenemos testimonios auténticos de que unas veces el vayven era de Norte á Sur. Yo ví una chimenea de la torre de las Necesidades, que quedó inclinada en esa direccion; pero tambien era de Levante á Poniente; y un amigo mio que quedó colgado en una pared altísima, ya desamparada por todas partes, la veia moverse con él violentísimamente hácia los lados; y yo observé despues la pared, la qual se extiende casi de Norte á Sur.

Teod. En ese terremoto, que en Lisboa fué violentísimo, creo que la inflamacion no fué en una caverna sola, sino que el fuego se encendió y comunicó de unas á otras á un mismo tiempo sensible; por eso habia de haber temblor de abaxo arriba y de vayven: quando el vayven proviniese de caverna que quadrase á Norte ó Sur, habia de ser el movimiento en esa direccion; y quando naciese de caverna que quadrase á Levante ó á Poniente, habia de tener direccion contraria.

Eug. En Mafra ví yo en un jardin varias estatuas de mármol que sobre sus propias bases se habian vuelto hácia los lados, y en el frontispicio de la Iglesia de Matociños ví que la cruz que era de piedra, en el ter-

remoto del último de Marzo de 61 , se habia ladeado de manera que no miraba como ántes á la fachada de la Iglesia. He meditado sobre esto, y no sé cómo podia ser el vayven para hacer este movimiento.

Teod. Á mi entender no podia haber ese movimiento sin que juntamente hubiese inflamacion en dos partes, una que quadrase al Norte por exemplo, y otra al Poniente: con el vayven de la primera levantaba la estatua parte de la base que miraba al Norte, y se inclinaba hácia la parte opuesta: entretanto venia el impulso de hácia Poniente; y como era preciso que alguna parte de la base estuviese en el ayre, tomaba segundo vayven para el Oriente. Pero como la estatua balanceando nunca podia tener levantada en el ayre toda la base, pues siempre se habia de apoyar en alguna esquina de ella, por eso el vayven para Levante solo se podia comunicar á una parte de la base y no á toda. Bien veis ahora que moviéndose hácia Levante sola una parte de la base de las estatuas, quedarian vueltas hácia allí ya mas ya ménos, segun que durasen mas ó ménos tiempo los dos vayvenes diversos. De este modo las lámparas de los templos pueden tomar un movimiento en línea circular, como muchas veces acontece.

Silv. Ese es un indicio bien manifiesto de la direccion que el vayven tenia, porque continúan moviéndose mucho tiempo aun despues de acabarse el temblor.

Eug. ¿Y de que procede aquel horroroso

bramido subterráneo que sentimos inmediatamente ántes , ó al mismo tiempo del temblor?

Teod. En toda inflamacion debe haber un gran calor y gran dilatacion de las materias que fueren capaces de eso. El ayre ya sabeis que admite grandísima rarefaccion : el agua tambien se dilata increíblemente quando se resuelve en vapor ; y siendo grande la fuerza con que se dilata el ayre , es mucho mayor el esfuerzo con que pretende dilatarse el vapor caliente. Olvidóseme quando traté del Agua , explicar la enorme fuerza del vapor ; pero ahora que es preciso , os la diré de paso. Una gota de agua resolviéndose en vapor , ocupa un espacio por lo ménos catorce mil veces mayor del que ocupaba ántes ¹.

Silv. Impaciéntome quando oigo como ciertas unas medidas que no se pueden exâminar.

Teod. Yo os diré como las tomo : no queideis con ese escrúpulo. Sabiendo yo geométrica ó prácticamente quanta agua me cabe en una botella de vidrio delgada , y echándole dentro unas quantas gotas , la pongo sobre la lumbre hasta que el agua se seque : como la botella es de estas de vino de Florencia , aguanta el fuego , y al punto de disiparse el agua , vuelvo de repente boca abaxo la botella , y le meto la boca en agua ; la qual sube luego con ímpetu á llenar la

Ee 3

¹ Gravesand. núm. 2127.

botella : entónces la tapo con el dedo ; y á veces queda allí una pequeña ampolla de ayre , otras veces no. El ímpetu con que el agua sube es tal , que ya me aconteció romperse la botella. Vamos á la explicacion: las gotas de agua resolviéndose en vapor, ocupáron toda la botella ; y si no la ocupáron toda , solo el ayre podia ocupar el resto ; pero como yo volví hácia abaxo la boca de la botella , y la metí en agua , la porcion de ayre que dentro de ella hubiese , habia de subir buscando el fondo de la botella entónces vuelto hácia arriba. De este modo quedamos bien seguros de que solo aquella ampolla que allí aparece , es la cantidad de ayre que habia dentro de la botella quando yo la volví boca abaxo : todo el espacio restante lo ocupó el vapor del agua, el qual enfriándose , pierde la elasticidad, y dexa entrar el agua ; y uniéndose con ella, aparece otra vez en forma de agua. Midiendo ahora el espacio que ocupaban esas pocas gotas , y el que ocupaba el vapor del agua, hallamos que es catorce mil veces mayor.

Silv. Estoy satisfecho : continuad lo que deciais.

Teod. Añadamos ahora que el esfuerzo que el vapor caliente hace para dilatarse , es mucho mayor que el de la pólvora. Muschembroek ¹ trae sobre este punto experiencias

¹ Coment. sobre las experiencias de la Acad. del Cimento , part. 2. pág. 61.

decisivas. Ya hice yo un cohete cargado con agua , que puesto en una rueda como las de fuego , la hacia girar con increíble rapidez ; y toda la fuerza nacia del vapor del agua.

Eug. Decidme cómo es ese cohete.

Teod. Tomad un cañon de metal fuerte, bien soldado por todas partes, y que solo tenga en una de las extremidades un agujerito por donde quepa un grano de trigo: poned la rueda horizontal y holgada en el exe, atadle el cañon en la circunferencia en postura horizontal : echadle dentro ménos de la mitad del agua que quepa, y cerrando el agujero con un taponcito de madera no muy apretado, poned debaxo del cohete una vela encendida para hacer que herviera el agua que está dentro, y retiraos un poco. Pasado algun tiempo, el vapor del agua hará saltar el taponcito, y á manera de los cohetes de pólvora hará girar la rueda con gran fuerza hácia la parte contraria, metiendo ruido el vapor que va saliendo del cohete. Algunos ponen el cohete en un carrito ó cureñita de metal muy ligera; y al dispararse el tapon, corre con gran violencia. Yo ya no hago la experiencia de esta manera; porque era tal el ímpetu con que el carrito corria, que se estrellaba con las paredes, y todo se maltrataba con riesgo de hacerse pedazos. Advierto que el cohete puede tener la figura que se quiera: yo tengo uno de cobre de la hechura de una pera: tambien advierto que si pasado algun tiempo no saliere el taponcito, en tal caso

Est. 5.
fig. 5.

lo podeis sacar , no deteniendo de ningun modo el cohete , el qual al punto partirá como una saeta : últimamente prevengo que debeis atar bien el cohete á la rueda. Perdonadme la digresion , pues era precisa.

Silv. Siendo precisa , no se puede llamar digresion.

Teod. Ved aquí , pues , una de las causas del susurro subterráneo que hay en los terremotos ; y tal vez lo será tambien del temblor. Nosotros en las cavernas de la Tierra tenemos agua , tenemos fermentacion de los minerales capaz de resolverla en vapor , el qual caliente hace un asombroso esfuerzo para dilatarse , y por quantas grietas tuvieren esas cavernas , saldrá el ayre y el vapor caliente con grandísimo estruendo , así como sale con gran ruido del cohete que he dicho. Ya veis el que hace el ayre al entrar por las rendijas de una puerta : imaginad ahora en las cavernas de la Tierra el ayre y el vapor forcejando por dilatarse á causa de las inflamaciones que están cerca , y conoceréis el ruido que harán al salir por las grietas de las peñas. En el terremoto de Roma de 703 cuenta Baglivio ¹ que 24 horas ántes se habian secado algunas fuentes , y que en lugar de agua salia ayre silbando. Esto mismo siendo debaxo de tierra , es el susurro que nosotros percibimos. Y no dudo que si no tiene el vapor salida pronta , sea muy capaz de hacer temblar todo el terreno has-

¹ Página 352.

ta desahogarse por alguna parte ; pues , como he dicho , tiene mucho mayor fuerza que la misma pólvora.

Eug. ¿Y como explicais lo de secarse algunas fuentes , y brotar otras de nuevo ?

Teod. Con el violento temblor de la Tierra , así como se rajan las paredes y los peñascos , tambien pueden henderse los aqüeductos subterráneos y naturales por donde pasa el agua ántes de salir á la superficie de la Tierra para formar las fuentes. Ya os dixé que el agua que aquí sale en una fuente , puede haber corrido muchas leguas por debaxo de tierra hasta manifestarse aquí. Supongamos ahora que estos aqüeductos naturales se rajaron , y ved ahí la fuente perdida extrayándose el agua ántes de llegar acá afuera. Pero si faltare aquí el agua , ha de ir á salir á otra parte ; y ahí teneis una fuente nacida de nuevo. Tambien podrá acontecer que la hendedura que se hizo en el aqüeducto corresponda á algun hueco que no tenga otra salida ; y en tal caso , apénas ese vacío se llenare de agua , volverá esta á correr por el aqüeducto antiguo , y de este modo habiendo faltado la fuente por algunos dias , volverá á dexarse ver , y de esto podríamos alegar bastantes exemplos en el terremoto de 55. Del mismo modo se puede explicar el que el agua corra turbia , porque no es maravilla que perturbados los aqüeductos naturales , se llenase de tierra , ó de azufre ó de otra qualquier materia.

Silv. Lo que yo quisiera saber es de qué

modo pudo el terremoto alterar el mar mucho tiempo despues de haber pasado el temblor. Nosotros vimos en Lisboa en aquel terrible y siempre memorable dia de Todos-Santos , que á tres temblores muy grandes que hubo , se siguiéron tres inundaciones del mar. Vimos que en el terremoto del último de Marzo de 61 tambien se siguió alteracion del mar. Decidme vuestro pensamiento sobre este punto.

Teod. Dirélo , mas dexándolo en los límites de mera conjetura. Habiendo grande inflamacion en las cavernas subterráneas , ó grande fermentacion de los minerales , aunque no lleguen á inflamarse , ya se ve que ha de haber alguna gran dilatacion de la materia , sea el ayre , sea el vapor , sea el fuego , ó sea lo que fuere ; y aquella misma fuerza que hace á la Tierra saltar , y causa tan enormes estragos , como vemos , naturalmente ha de elevar todo el terreno que sirve como de tapa á esas cavernas : este movimiento con que todo el terreno superior se levanta hácia arriba , no lo podemos percibir nosotros , así como los que están en un navío no sienten el movimiento con que él sube y baxa estando el mar alterado. Miéntras durare la inflamacion y dilatacion de la materia encendida , está la tierra como hinchada , entumecida y fofa ; pero en serenándose la inflamacion , va otra vez sentándose en su antiguo lugar. Esto á mi entender nada tiene de inverisímil ; supuesto lo qual necesariamente ha de haber vayven

en las aguas del mar. Si el terreno al tiempo del temblor se levantara veinte palmos, el mar se retirará tanto quanto es preciso para baxar veinte palmos, y donde estuviere muy explayado; esta altura importará una distancia muy grande: ademas de eso las aguas en concibiendo movimiento, avanzan mucho mas de lo que corresponde al equilibrio; y aun se retirarán mucho mas de lo que era preciso para conservarse á nivel; pero baxándose el terreno á su asiento, volverán las aguas á buscar su antiguo lugar; y con segundo vayven no solo ocuparán el lugar antiguo, sino que (á manera de péndola que cae, y en fuerza del impulso sube á otra tanta altura) deben subir otro tanto como baxáron, y entrar tierra adentro tanto como retrocediéron y huyéron de las playas; y por la misma causa que las péndolas, deben continuar en estas inundaciones y vayvenes, siendo cada vez menores hasta que se aquieten. Una comparacion tenemos bastante comun: si estando un barreño con agua, lo levantamos algunos dedos por un lado, hará vayven el agua, y se retirará del borde que se levantó; pero en sentándose el barreño, al segundo vayven no solo llegará el agua al lugar antiguo, sino que pasará muy adelante, y rebosará por allí. Así considero yo el mar como un inmenso estanque de agua; que mucho, pues, será que elevándose el terreno que hay sobre las cavernas encendidas, y volviendo á su asiento las aguas, hagan estas vayven, y

ya se retiren , ya avancen hasta recobrar su estado antiguo ?

Silv. ¿Y que me direis del intervalo que hay entre el temblor y la inundacion ?

Teod. El intervalo debe ser tanto mayor, quanto mayor fuere la inundacion ; porque el intervalo no es mas que el tiempo preciso para que las aguas vayan y vengan : quando el temblor fué muy grande , y se levantó el terreno á grande altura , las aguas debian retirarse mucho , tomando un movimiento muy fuerte hácia la parte contraria ; y miéntras este movimiento no se extingue, no empieza el vayven hácia acá , y en este deben gastar las aguas otro tanto tiempo.

Silv. ¿Y que direccion deben tomar las aguas en el vayven ?

Teod. Deben ir desde la parte que mas se levantara , hácia la que se levante ménos ; y en esta misma direccion , pero encontrada, debe venir la inundacion ; mas quando el agua entra por algun puerto adentro , debe tomar la direccion que él le diere. Por eso en el terremoto de 55 se vió venir allá de fuera de la barra una montaña de agua que podia asombrar el ánimo mas constante , y en un momento se viéron las playas todas anegadas ; porque se elevó nuestro terreno mas que el opuesto de la parte de Poniente ; pero acá dentro del rio tomó la inundacion del agua la direccion que las playas y ensenadas-le diéron ; y se observó que en todas se retiró el mar , y en todas creció ; y que donde era el terreno mas extendido y

baxo , fué mayor la retirada , y llegó mas adelante la inundacion de las aguas. Esto es lo que entiendo en este punto. Á quien no agradare este discurso , no lo abrace , que no me hará injuria : cada qual siga lo que mejor le pareciere.

Eug. Á mí me parece muy natural ; pero Silvio ha de decir que esto es pasion. Decidme : ¿ y ántes de los terremotos podremos tener algunos indicios ya en el ayre , ya en las nubes , por los quales podamos precavernos ?

Teod. Ninguno hallo que merezca seria atencion ; y lo que me desengañó de todo punto para no dar crédito á algunos Autores que los traen , fué conocer por experiencia que hemos tenido terremotos con toda especie de tiempos. El terremoto del último de Marzo de 61 fué general en todo el Reyno de Portugal ; y en unas partes estaba el tiempo sereno , en otras corria viento fuerte , en otras llovía , y en otras habia truenos ; por lo qual resuelvo que no merecen ninguna atencion las escrupulosas observaciones de muchos. Pero dexemos ya esta materia , que para nosotros es melancólica. Subamos un poco mas arriba.

§. I V.

De los Vapores y las Nubes.

Silv. ¿ **Y** adonde quereis ir á dar con nosotros ?

Teod. Á visitar la region de las nubes sin riesgo de precipitarnos. Todo este globo de la Tierra (que es una coleccion de sólidos y fluidos de innumerables especies) está continuamente exhalando vapores , no solo con motivo de la fermentacion que unos hacen con otros , sino tambien por causa del Sol, de la corrupcion , &c. De donde se puede inferir que los vapores que suben de la Tierra , y se difunden por el ayre , son de diversísimas especies ; pero todos ellos tiran hácia arriba ; y esto no puede ser sino porque son mas ligeros que él. Quando traté del peso de los líquidos y del ayre , os dixé lo que bastaba para que supiéseis cómo suben los vapores sin embargo de ser pesados. Á algunos se les figuraba que podian subir atraídos por el Sol ; pero no advertiéron que estando el Sol junto al Horizonte del Ocaso , suben los vapores á plomo hácia arriba , debiendo ir entónces hácia el lado , si la atraccion del Sol fuera la causa de que ellos subiesen.

Silv. Supuesto lo que dixisteis , no se puede dudar que suben por ser mas ligeros que el ayre ; y creo que por eso se remontan hasta cierta altura , parándose unos mas abaxo y otros mas arriba , porque deben subir hasta equilibrarse con el ayre ; y como el ayre quanto mas arriba mas ligero es , tambien los vapores que fueren mas ligeros , han de subir mas arriba , y los mas pesados quedarán mas abaxo.

Teod. La dificultad , amigo Silvio , está

en explicar cómo siendo los vapores partes de agua y materias pesadas, se pueden volver mas ligeros que el ayre. Diré en pocas palabras lo que he leído que tenga mas verisimilitud. Dicen que los vapores del agua son unos globos muy pequeños, por dentro huecos como las ampollas de la espuma: así lo muestra la experiencia, si entrando un rayo de Sol en una casa obscura, y poniendo debaxo un vaso de agua caliente observamos con el microscopio el vapor que atraviesa el rayo del Sol, porque claramente se ven ir volando por el ayre las bolitas de agua¹. Además de eso, si las partículas del agua no tienen esta figura, es imposible que se vuelvan mas ligeras que el ayre. Y del mismo modo que las ampollas del xabon son particillas de agua que llevan consigo partículas de otras materias, de las quales reciben la viscosidad que ellas tienen, así debemos juzgar de las partículas del vapor; y ya tenemos como aun de las materias mas pesadas pueden levantarse muchas partículas hasta las nubes.

Eug. Y esas bolitas de agua que forman los vapores; están vacías, ó de qué materia están llenas?

Teod. Ese es el apuro: decir que están vacías, no puede ser, porque en tal caso la fuerza de la compresion del ayre externo las oprimiria y desharia: luego están llenas. Pe-

¹ Derham, *Demost. de la Esenc. y Atribut. de Dios*, lib. 2. cap. 4. anot. 2.

ro ; de que materia? ayre no puede ser, porque entónces no sería esa bolita mas ligera que el ayre ; pues una bolita formada de agua y ayre no puede ser mas ligera que otra igual de ayre solo ; y nosotros vemos que las partículas de vapor son mas ligeras que las del ayre.

Silv. Será el ayre mas enrarecido.

Teod. ¿Y quien le impide que se vuelva á su densidad natural, estando por todas partes rodeado de ayre que pesa?

Silv. Estarán llenas de materia sutil.

Teod. Si es la que todos admiten, y que penetra todos los cuerpos ; como podrá conservarse dentro de esa bola de vapor, y estorbar el que con la fuerza exterior del ayre se deshaga? Nosotros vemos que una vexiga agujereada no mantiene el ayre dentro, si la apretamos con la mano : luego dando todos los cuerpos paso franco á esa materia sutil ; como podrán conservarse las bolas de vapor no teniendo dentro de sí otra cosa, y estando al rededor oprimidas del peso del ayre?

Silv. El caso es mas difícil de lo que yo pensaba.

Teod. Poco ha que os dixé la increíble fuerza elástica del vapor caliente, mucho mayor que la del ayre, y que la de la pólvora. De aquí se infiere que *hay un fluido sumamente elástico, que no es ayre, ni la materia sutil de los Gasendistas, la qual penetra todos los cuerpos.* Esta conseqüencia es innegable supuesto lo que queda dicho;

y como esta materia elástica todavía no tiene nombre propio , nosotros le damos el nombre general de *fluido elástico*. Muchas experiencias que trae Gravesande ¹ convencen la existencia de este fluido ; y ved aquí la materia que en mi sentir puede llenar las bolas del vapor , y dilatarlas de tal forma , que ese volumen resulte mas ligero que igual volumen de agua.

Silv. Mucho mas ligero que el ayre debe ser ese *fluido elástico* ; pero eso no causa tanta admiracion como su grande elasticidad.

Teod. Quando tratemos de los vientos , vereis el fin para que les dió Dios esa virtud. Ahora hablemos de las nubes ; pero ya veis que las nubes no son otra cosa mas que los vapores. El mismo vapor mientras es tan grueso que apenas puede levantarse de la Tierra , se llama niebla , y no nos dexa ver aun los objetos que están á muy corta distancia ; pero llega el Sol , y lo va haciendo mas ligero , porque enrarece sus partículas , y así sube mas : si el viento le disipa , se hace invisible ; pero si se va juntando , es una nube que nos impide la vista del Sol.

Eug. Acuérdome que viajando un dia por unos montes muy altos , desde la falda veia que las nubes ocultaban sus cumbres ; pero llegando mas arriba , me encontraba con una niebla semejante á la que á veces vemos por la mañana en los valles.

Tom. VI

Ff

Teod. Nosotros dentro de la nube ó de la niebla todavía divisamos algunos objetos muy cercanos; pero fuera de ella no podemos ver las cosas que quadran á la otra parte: este es el motivo de que las nubes levantadas en el ayre nos parecen mas espesas que la niebla, siendo en realidad mas raras. Por lo que toca á sus colores, habeis de saber que nacen de la diversa posicion en que reciben y rechazan los rayos del Sol; y tambien pueden provenir de las partículas que los vapores llevan consigo; que por eso unas nubes echan de sí lluvias, otras vientos, otras tronadas. Expliquemos cada cosa de estas separadamente.

§. V.

De las Lluvias, Vientos, Relámpagos, Truenos y Rayos.

Eug. **S**uplícoos que no os apresureis, porque no me incomodará nada el que esta última conferencia se dilate hasta muy tarde.

Teod. No omitiré ninguna cosa precisa. La lluvia no es mas que las partículas del vapor deshechas y juntas unas con otras. ¿No veis como la espuma del xabon deshaciéndose forma un fluido, al mismo tiempo que en el estado de espuma tenia alguna consistencia? Pues así son las partículas de vapor: miéntras se conservan en forma de ampollas, tienen su tal qual consistencia; pero si se juntan unas con otras, y se deshacen,

forman una gota de agua fluida que viene al suelo, y muchas de estas gotas cayendo á un tiempo son las que tienen el nombre de *lluvia*. Cada una de ellas al caer por el ayre, trae consigo las partículas de vapor que encuentra; y de aquí se siguen dos cosas bastante dignas de advertir. La primera es que en verano como las nubes andan mas altas, quando la gota de agua viene cayendo, encuentra mas partículas de vapor, y llega abaxo mas abultada; por eso entónces son las gotas por lo comun mucho mayores que en invierno. La segunda es, que despues de llover se alza el tiempo, y queda el ayre mucho mas claro, porque se lavó y purificó de los vapores; y por esta razon los dias claros de invierno son mucho mas alegres que los de verano.

Eug. Yo creo que los vapores al subir se convierten en lluvia del mismo modo que en la tapa de una taza el vapor del caldo que viene subiendo, se convierte en pequeñas gotas, las quales se ven en la parte interior de la tapa, quando descubrimos la taza.

Teod. Discurreis acertadamente; y ese es un exemplo bastante vulgar, y al mismo tiempo claro. Vamos ahora á explicar la lluvia de granizo y la de nieve. Si el frio es tan fuerte que quando las gotas de agua vienen baxando las congela, llueve granizo, el qual no es otra cosa que agua congelada; pero si el frio hiela los vapores ántes que se forman en gotas grandes de agua, tenemos co-

pos de nieve , que no es mas que el vapor congelado. Ni es preciso que el frio sea acá junto á la Tierra; basta que lo haya en aquella altura donde está el vapor , ó por donde vienen las gotas de agua que se han de congelar. Aquí poco mas hay que saber : ahora vamos á los vientos , los cuales merecen mas atencion. Su multiplicidad y nombres pertenecen á los pilotos. Á nosotros nos basta saber que son 32. Los principales son quatro : *Norte* , *Sur* , *Este* , que tambien se llama *Leste* , y *Oeste*. El espacio que hay entre estos quatro puntos del Horizonte , se divide por el medio , y da otros quatro puntos , de donde salen otros tantos vientos , que son *Nordeste* , *Sueste* , *Sud-oeste* y *Noroeste* , formando los nombres de los dos vientos principales entre los cuales corresponden , v. g. *Nord-Este* es el que quadra entre el *Norte* y el *Este*. Asimismo dividiendo estos ocho intervalos por el medio , se hace lugar á otros ocho vientos , que toman el nombre de los dos que están á los lados , siendo primero en el nombre el mas principal : por exemplo *Nor-Nordeste* es el que quadra entre el *Norte* y el *Nordeste*. Del mismo modo se dividen estos 16 intervalos , y forman otros 16 vientos , que se llaman *quartas*. Y así al que cae entre el *Norte* y el *Nor-Nordeste* , le llaman *Norte-quarta* al *Nor-Nordeste* , y así de los demas. Esto poco os importa. Lo que ahora es de mas utilidad es señalar la causa de los vientos. Ya sabeis que viento es una agita-

cion del ayre , y de aquí se infiere que todo lo que puede agitar el ayre y ponerlo en movimiento , puede causar los vientos.

Eug. Siendo eso así, los vientos tienen muchas causas.

Teod. Decis bien : yo las iré apuntando. Primeramente el Sol es la causa de aquel viento Leste que siempre corre en la Zona Tórrida. La razon es porque el Sol con el calor enrarece el ayre que le quadra á plomo; y como continuamente se mueve hácia Poniente , este mismo ayre que poco ha estaba muy enrarecido , ahora se halla mas frio, y ocupa menor espacio : por tanto debe venir del Oriente el ayre vecino á extenderse por el espacio que este condensándose dexa desocupado ; y como el Sol continúa en moverse siempre hácia Poniente , tambien el ayre le va acompañando. Los Copernicanos dicen que este viento procede del movimiento de la Tierra sobre su exe en 24 horas hácia el Oriente ; y por eso una misma porcion de ayre debe ir pasando sucesivamente por varias regiones , así como quando un barco va navegando hácia el Oriente , el agua corre á lo largo de él para el Poniente.

Silv. Si el fundamento fuera verdadero, yo admitiria de buena gana el discurso.

Teod. Tambien puede el Sol excitar los vientos derritiendo las nieves, ó haciendo resolverse los vapores. Ya sabeis la gran fuerza que los vapores tienen al tiempo de resolverse ; luego si el Sol los resuelve , ya sea derritiendo las nieves , ya haciendo eva-

porarse el agua , ya calentando los mismos vapores que nadan en el ayre , tendrémos viento. Ved aquí por que en verano reynan los Nortes ; y es , porque acercándose el Sol á ese Polo , puede resolver muchas nieves en vapores , y excitar viento : de aquí nace que á la madrugada de ordinario hay una virazon fresca de Levante y á la tarde de Poniente , porque acercándose el Sol mas á una parte que á otra , excita los vapores que en ella están , y resolviéndolos agita el ayre.

Silv. La Luna he observado que tiene particular conexión con los vientos ; porque muchas veces cesan estos al ponerse la Luna , y otras entónces empiezan á soplar.

Teod. Lo mismo se observa en el Sol. Y en eso hay gran diversidad en diversos países por donde he viajado. Pero os diré cómo puede ser. Ya os he explicado el modo con que el Sol y la Luna causan movimientos en las aguas haciendo las mareas ; y me parece que quien puede mover las aguas , por la misma razon podrá mover el ayre. Pero advierto que la misma atraccion del Sol ó de la Luna que estando el ayre quieto le haria moverse hácia el Poniente por exemplo : si él estuviere movido hácia Levante , lo retardará un poco , y servirá la atraccion del astro para amaynar el viento que habia hácia la parte contraria ; mas quando se juntare la atraccion de qualquiera de estos astros con otra causa de viento , causarán un viento fuerte. Pero los vientos recios y co-

mo de tempestad hemos de creer que proceden de la dilatacion de los vapores ó en las concavidades de la Tierra, ó en las nubes. Por lo que mira á las cavernas de la Tierra, refiere Muschembroek y otros, que de algunas sale un viento tan recio, que arrojando en ellas vestidos ó cuerpos semejantes, no pueden baxar; ántes el viento los arroja hácia afuera: y con efecto habiendo en las concavidades de la Tierra agua que con el fuego subterráneo ó qualquier fermentacion se resuelva en vapores, es preciso que estos saliendo con violencia por las grietas de la Tierra, exciten viento. Nosotros tenemos una máquina que se llama *Eolípila*, la qual imita muy al vivo un viento muy recio, y prueba este discurso. Quiero mostrárosla, y hacer experiencia delante de vosotros, que de propósito la habia mandado preparar y ponerla corriente (*estampa 5. figur. 4.*). Ahí teneis una *Eolípila* sobre su braserillo: luego sentireis un viento fortísimo como el de muchos fuelles de herrero si soplaran á un tiempo. Entretanto os diré la fábrica que tiene, que no es mas de lo que se ve. La boca que está al remate del cuello, debe ser muy estrecha; y el modo de echarle agua dentro, es digno de saberse. Mandé poner la *Eolípila* vacía sobre la lumbré, y el ayre interior enrarecido debia salir en gran parte: hice que repentinamente la metiesen toda dentro de agua fria: condensado con el frio el ayre interior debia reducirse á mucho menor espacio; y el peso del ayre

Est. 5.
fig. 4.

externo que oprimia el agua, era preciso que la hiciese entrar por la boca de la *Eolípila*, ocupando de este modo el espacio que el ayre interno habia dexado al volverse á su densidad ordinaria.

Eug. Mirad como ya sopla el viento.

Silv. Y cada vez es mas recio.

Teod. Yo diré la razon. Calentándose el agua interior, se resuelve en vapor, y el vapor caliente sale con fuerza; y como el cuello es encorvado, cae el soplo sobre las ascuas, y hace lo mismo que los fuelles de herrero. Poned la mano al soplo, y vereis como queda rociada de gotitas de agua.

Eug. Así es; pero ¿quien diria que esta agua habia de encender las brasas con tanta fuerza?

Teod. Luego si en una caverna de la Tierra hubiese agua, y esta fuese obligada á resolverse en vapor y salir con ímpetu por las grietas, ahí tendríamos viento muy fuerte.

Silv. No lo podemos negar. Yo estoy pasado viendo la furia con que el viento sale de la *Eolípila*.

Teod. Vamos ahora al que se engendra en las nubes, y es muy comun. Dos exhalaciones, que separadas son muy pacíficas (permitid que lo diga así), suelen ser de tal naturaleza, que si llegan á mezclarse, fermentan haciendo gran ruido, y se resuelven en vapor las partículas capaces de eso: este vapor resolviéndose impetuosamente, perturba el equilibrio del ayre, y le hace moverse con violencia; así como en un estan-

que si meneamos el agua por un lado , empieza á formar ondas , y permanece un rato agitada é inquieta. Lo mismo sucede en el ayre. Ved aquí de qué proceden por la mayor parte los vientos que soplan á ráfagas, los quales duran poco , porque dependen de las fermentaciones que en las nubes se forman á cada paso. Y aquí teneis tambien el origen de las tempestades de truenos. Yo en las tronadas distingo tres cosas , que quiero explicar separadamente , y vienen á ser relámpago , trueno y rayo , y todo proviene de fermentacion que las exhalaciones hacen unas con otras. Vosotros no podeis negar que esta Tierra y todos quantos cuerpos hay en ella , están exhalando continuamente partículas de su propia substancia , las quales se esparcen por el ayre ; de suerte , que no habrá en toda la Tierra cuerpo alguno , cuyas partículas ya en mas , ya en ménos cantidad no tengamos en el ayre. Y quando se juntaren exhalaciones contrarias ; quien podrá estorbar que fermenten y se enciendan? Por eso en verano hay mas tronadas que en invierno , porque con el mayor calor los cuerpos sólidos se desecan mas y exhalan mas partículas. Ved aquí por que las nubes muy obscuras , mayormente despues de grandes calmas , despiden tronadas. Puesto esto, el relámpago , que es una luz repentina que se enciende en las nubes , como la que acá abaxo se ve quando se enciende pólvora suelta , se forma de vapores por la mayor parte de azufre. Esto lo prueba bastante el olor

de dicho mineral que al tiempo de las tronadas está esparcido por el ayre ; y tambien el saber nosotros que no hay materia de mas fácil inflamacion que el azufre , ni la pólvora se inflama sino por el azufre que entra en su composicion. El estampido proviene del salitre ; y ved aquí por que no habrá truenos , si las nubes no tuvieren entre otras algunas exhalaciones de salitre ó materia semejante que pida muy pronta dilatacion quando se inflame.

Silv. Pero la pólvora aunque lleve salitre , si no está apretada , no da estallido ; y yo no veo cómo en las nubes puedan estar oprimidas esas partículas de salitre.

Teod. Es verdad lo que decís ; pero hay muchas cosas que inflamándose , aunque no estén apretadas , dan un grande estallido. Muschembroek ¹ trae un catálogo de estos cuerpos. Tal es el oro fulminante y el oropimente con salitre y sal tártaro : tambien el antimonio diaforético con xabon negro , la pólvora fulminante , el hierro disuelto en agua regia , y mezclado con sal tártaro , y el plomo disuelto en espíritu de nitro. Siempre que hubiere una muy pronta y repentina dilatacion de alguna materia , ha de conmoverse el ayre súbita é impetuosamente ; y ahí tenemos el estruendo del trueno. Ni el estallido de la pólvora apretada es tan grande sino porque se hace repentinamente la dilatacion de la materia , la qual seria mas su-

¹ *Elem. Phys.* §. 1341.

cesiva sino hubiera opresion. Tambien concurre para el estruendo del trueno la repercusion del sonido en los montes , y tal vez en las mismas nubes : por eso las tronadas en los valles son horrorosas, porque qualquier trueno resuena en los montes de una y otra parte , y hace un estruendo muy largo y continuado.

Eug. Pero si el estruendo del trueno procede de esa materia encendida ; por que tarda tanto el trueno despues del relámpago ?

Teod. Ya os dixé hablando del sonido , que eso consistia en que la luz se propagaba en un momento , y el sonido mas despacio ; y que por esta razon , quando disparan una pieza en la torre del Bugio , oimos el tiro mucho tiempo despues que vemos el fogonazo.

Eug. Teneis razon ; y ahora advierto que por esa detencion se puede saber quanto dista de nosotros la nube de la tronada , porque me dixisteis que en cada minuto segundo corria el sonido 324 varas.

Silv. Alabo la memoria , y os doy licencia para emplearos en esas observaciones en tiempo de tronadas : yo no me ofrezco para ellas , porque puede un rayo cortarme la observacion.

Teod. Yo tampoco la haré , aunque confieso que quando llega el trueno , ya no hay peligro de rayo , porque este es mas pronto en caminar que el estruendo.

Eug. ¿Y de qué se forma la piedra del rayo, ó cómo puede engendrarse allá en las nubes?

Teod. ¿Que piedra de rayo? ¿Tambien vos creis en viejas?

Silv. Siempre oí decir, y lo afirma Avicena, que los rayos traian piedra; y yo ví por mis ojos algunas que me mostraron.

Teod. ¿Y habeis visto por vuestros ojos certificacion auténtica colgada de esas piedras por donde constase que habian caido de las nubes en forma de rayo?

Silv. No; pero todos decian que se habian en los parages en que habian caido rayos.

Teod. Y tambien dirian que se metian siete brazas debaxo de tierra, y que cada año subian una braza. Quisiera saber quien al tiempo de la tronada tuvo la curiosidad de ir á notar el lugar cierto en que cayó el rayo, sin errar un palmo: quién puso señal en ese sitio para no perder la memoria de él en siete años: quién midió la profundidad adonde penetraba esa fingida piedra: quién conservó ese terreno sin que nadie lo menease, para que no viniesen á él piedras de otra parte; y quien habia hecho pesquisa de ese mismo parage, para tener certeza de que ántes de caer el rayo no habia allí esa piedra: últimamente, quién al cabo de los siete años aguardó á que acabase de salir de la tierra para que no sucediese casualmente el que se moviese á otro lugar donde no hubiese caido rayo. Qualquiera de estas

circunstancias que faltase , ya no podría pasar en buena conciencia la certificacion de que esa piedra era de rayo. Añádese , que para creer semejante noticia , era preciso que hubiese no una sino muchas observaciones conformes , que hiciesen regla general. Amigo Silvio , no deis crédito á cuentos de viejas.

Silv. Pues si no ¿ que viene á ser el rayo ?

Teod. El rayo no es otra cosa que una llama sumamente activa , que se enciende por la inflamacion de los vapores de azufre , salitre y otras materias semejantes , y discurre por el ayre con una velocidad increíble. El camino que el rayo sigue , no siempre es derecho : en medio da la carrera , tuerce , retrocede , vuelve á proseguir , y hace mil giros en un momento : y de aquí mismo se infiere con evidencia , que no es piedra hecha ascua , pues viniendo disparada con tanto ímpetu , era imposible que sin tropezar en algun obstáculo que la hiciese retroceder , se desviase del camino , y en el ayre libre tomase mil direcciones diferentes.

Eug. ¿ Pues quien da determinacion al rayo para seguir mas una línea que otra ?

Teod. La exhalacion bituminosa que se levanta de la Tierra , en cuya materia prende la llama del rayo , á veces dexa uno como rastro , el qual va haciendo por el ayre varios giros ; y así como en un rastro de pólvora la llama sigue la misma direccion del rastro , del mismo modo hace la llama del rayo. Ya habreis visto que si llegamos una

luz al humo del pábilo de una vela recién apagada, al momento baxa la llama, comunicándose por el humo abaxo al pábilo que estaba humeando, y vuelve á encenderse la vela. Pues no de otro modo el fuego que se encendió en las nubes por la fermentacion que hubo en las exhalaciones de la Tierra, si halla algun rastro de esta exhalacion, echa por ella adelante, y va dando tantas vueltas como aquel rastro tenia. Ved aquí por que unos rayos van hácia arriba, otros vienen hácia abaxo: unos corren horizontalmente, otros van haciendo giros. El Marques Scipion Maffei pretende que todos los rayos se forman cerca de la superficie de la Tierra, y que no caen de las nubes. Pero ha de darnos licencia para dexarle solo, porque no faltan testigos de vista de lo contrario; pues en tronadas grandes si de un lugar eminente miramos á los Horizontes, vemos á cada paso caer los rayos del modo que llevo dicho. No dudo que á veces se encenderá la materia acá abaxo, y seguirá hácia arriba ó hácia donde tuviere direccion; pero de ordinario el rayo es hijo del relámpago, el qual claramente vemos que se enciende en las nubes, testificando tambien los oidos por la detencion del trueno la distancia del lugar donde se inflamó la materia. Esto supuesto, bien se infiere que el viento ahuyenta los rayos, porque es bastante para disipar ó llevarse el rastro de la exhalacion bituminosa en que la llama se prende; y no conviene huir de los rayos, especialmente teniendo vestidos abul-

tados ó huecos , porque el movimiento hace que el ayre venga á ocupar el lugar que dexamos , y esto basta para traer el rayo tras sí ; así como basta para llevar los cohetes encendidos en seguimiento de los que huyen de ellos , que por eso se llaman *buscapies*.

Eug. Ya habia oido yo decir que era mejor estarse quieto , que huir de ellos. ¿ Y que me decís de los admirables efectos de los rayos ?

Teod. Cuéntanse tantos y tan asombrosos, que podemos dudar de muchos de ellos : yo hallo en algunos Autores efectos encontrados. Quien quisiere en esta materia decir mucho , ha de adivinar mas que discurrir. Vámonos á otra en que se puede razonar con mas fundamento.

§. VI.

Del Arco Iris y de la Aurora Boreal.

Eug. ¿ **Y** que materia es esa ?

Teod. El arco Iris : con efecto se sabe de él todo lo que se puede desear , que no sucede esto en muchas cosas. En el arco Iris se pueden distinguir siete colores , que son los siete principales y simples , de que hablamos quando tratamos de los colores ¹ , y son por su orden encarnado, naranjado, amarillo , verde , azul , purpúreo y violado ; pero los mas perceptibles en aquella distancia

son el encarnado , el amarillo , el verde y el azul , confundiéndose el naranjado con el amarillo , y el purpúreo con el azul ; el violado es muy remiso. Quando se ven dos arcos celestes , los colores del inferior son mas vivos , y por eso se llama *Iris primario* : el arco superior se llama *Iris secundario* , y sus colores son mas baxos. Tambien observareis que en el arco inferior los colores están dispuestos de tal modo , que el encarnado queda encima , el azul abaxo ; mas en el arco superior es al revés : luego daré la razon de esto. Ahora vamos á un experimento. Pero dexadme hacer con el lápiz una figura (es-

Est. 5. *tamp. 5. fig. 7.*) Tomemos dos globos ó bo-

fig. 7. las de vidrio *A B* : estando llenas de agua , de tal modo las puedo colgar al Sol , que veamos en ellas los colores del arco Iris. Si yo suspendo esta bola *B* de manera que el rayo que del Sol va hasta ella , y el rayo visual que de mis ojos va á la misma bola (no atendiendo á las refracciones) , hagan un ángulo desde 40 grados y 17 minutos hasta 42 grados y 2 minutos , vereis los colores del Iris primario. Y si pongo mas alta la bola *A* , de suerte que el rayo del Sol y el visual hagan un ángulo desde 50 grados y 58 minutos hasta 54 y 7 minutos , se vuelven á ver los mismos colores ya mas remisos. Aquí en la estampa es fácil dar la razon de este efecto. Vamos á la bola inferior *B*. El rayo del Sol *gr* entrando en la bola llena de agua , se quiebra hácia dentro , y dando en la superficie interior , reflecte ó retrocede , y al

salir, vuelve á quebrarse, y viene á dar á los ojos *m*. Esta segunda refraccion no deshace lo que hizo la primera, porque es hácia la misma parte; y por la misma razon el rayo del Sol se debe dividir en siete rayos de colores, como ya os dixé ¹, y se deben apartar unos de otros, quadrando mas alto el rayo violado ó azul *nn*, porque se dobla mas, y mas baxo el rayo encarnado *ct*, que se dobla ménos. Pero como los rayos se desparraman, no pueden entrar todos á un tiempo en los ojos *m*, y así es preciso ir alzando la cabeza por un pequeño espacio, para recibir en los ojos sucesivamente los colores en que el rayo del Sol se divide. Ved aquí por que no determiné justamente el ángulo que el rayo del Sol debia formar con el visual; porque los rayos de diversos colores hacen ángulos diferentes, mas todos se comprehenden dentro de los límites que he dicho.

Silv. Lo mismo supongo yo que sucederá en la bola superior *A*.

Teod. Lo mismo sucede, mas con su diversidad; porque, como veis, el rayo *re* entra por la parte inferior, y se quiebra: de ahí reflecte dos veces dentro de la bola, y sale por la parte de arriba, doblándose tambien al salir; y como se quiebra dos veces, tambien se divide en rayos de color, que vienen á parar á los ojos *m*; y ya de aquí consta que este ángulo *s*, que el rayo del

Tom. VI

Gg

¹ Tom. II. Tarde VI. §. III.

Sol forma con el visual, es mucho mayor que acá abaxo el ángulo *o*. Tambien se ve la causa de ser estos colores mas remisos, y es que los rayos tuviéron dos reflexiones; y en la bola *B* solo tuviéron una. Por la misma razon de la diversa refrangibilidad de los rayos, el violado debe quadrar mas abaxo, y el encarnado ménos. Y aquí teneis ya la razon por que los colores aparecen en órden inverso en una y otra bola; pues en la *B*, como los rayos se quiebran hácia arriba, el rayo violado *nu* va á dar mas alto que el encarnado *ct*; por el contrario en la bola *A*, como los rayos se doblan hácia abaxo, viene el violado *eu* á parar mas abaxo que el encarnado *si*. Esto que hemos dicho de las bolas de vidrio llenas de agua, se aplica á las gotas de agua que vienen cayendo por el ayre; pues cada una de ellas es una bolita de agua, y los rayos del Sol entran, se quiebran y reflecten del mismo modo que en las bolas de vidrio. Aquí se os muestra de repente la razon de todas las circunstancias del Iris. Mirad estotra (es-

Est. 5. *tamp.* 5. *fig.* 8.) en que se pintan las go-

fig. 8.

tas de agua mucho mas gordas que las otras, para que se pueda delinear el camino de los rayos dentro de cada una de ellas. Ahora ya sabeis por que hay dos arcos Iris, porque tampoco las bolas de vidrio muestran los colores sino en dos determinadas alturas: tambien veis por que los del arco superior han de ser mas remisos; y últimamente por que los colores han de aparecer en ór-

den trocado en uno y otro Iris.

Silv. Tengo contra eso que quando llueve, por todo aquel espacio se debian ver los colores en varias cintas derechas, tiñéndose los rayos en todas las gotas que quadrasen á una misma altura; y no obstante vemos que los colores siempre aparecen en forma de arco.

Teod. Así debe ser; y reparareis que el centro del tal arco si lo considerais cerrado en un círculo completo, tanto corresponderá mas baxo, quanto el Sol esté mas alto; porque deben quadrar en una misma línea el centro del Iris, el centro del Sol, y en el medio la pupila de los ojos de quien observa el Iris. De suerte, que si el Sol estuviere cerca del Ocaso, el arco aparecerá muy levantado, y veremos medio círculo perfecto, quadrando tambien en el Horizonte el centro de todo el Iris, si lo consideramos completo; y advierto que no puede aparecer entónces el Iris sino al Oriente. Ved aquí por que jamas se ve el Iris sino á la parte opuesta al Sol: por la mañana debe aparecer al Poniente, por la tarde al Oriente, al medio dia hácia el Norte, porque entónces siempre nos quadra el Sol á la parte del Sur, y á esas horas debe estar el arco muy baxo; porque tanto debe corresponder su centro debaxo del Horizonte, quanto el centro del Sol quadra sobre él.

Eug. ¿Y qual es la razon de ser preciso que el centro del Sol, el del arco y los ojos quadren en una misma línea?

Est. 5.
fig. 6.

Teod. Es preciso para que los rayos del Sol hagan con los visuales un mismo ángulo. Como el Sol es redondo, tambien debe serlo el Iris, porque solo podemos percibir los colores en aquellas gotas donde los rayos de la vista y los del Sol hicieren aquel ángulo determinado que he dicho. Dexadme formar un diseño (*estamp. 5. fig. 6*). Supongamos que este círculo de arriba *A B C* es el Sol, y que las líneas de puntos son sus rayos. Imaginemos que *a* es el sitio en que están los ojos, y que las rayas que desde *a* van á dar á *m n o p q s r*, son los rayos visuales. Estando los ojos *a* justamente á plomo sobre el centro del círculo inferior *m o q*, es preciso que los rayos visuales en toda la circunferencia formen un mismo ángulo con los del Sol; y por buena consecuencia se infiere que en ninguna otra parte fuera de este círculo *m o q* podrán los rayos del Sol hacer con los visuales este determinado ángulo;

1 Demuéstrase; porque siendo la pirámide cónica *a m n p q* una cónica recta, de qualquier modo que se corte centralmente, resultan triángulos isosceles semejantes: luego los lados harán con las bases ángulos iguales: luego los complementos externos de esos ángulos, para igualarse á los ángulos rectos, serán iguales; y como los rayos del Sol cayendo perpendicularmente sobre la base de la pirámide hacen ángulos rectos, se sigue que al rededor son iguales los ángulos de la superficie de la pirámide con la superficie del cilindro; ó, lo que es lo mismo, los ángulos de los rayos visuales son iguales con los del Sol.

porque si se cayeren del círculo adentro, será el ángulo mas agudo ; y si del círculo afuera , será mas obtuso. Poned , pues , Silvio , una regla derecha en el suelo , y vereis que solo dos puntos de ella tocarán en este círculo , y lo restante quadrará dentro ó fuera : luego solo en dos puntos de esa regla podreis conseguir que los rayos visuales hagan con los del Sol el deseado ángulo. Volved ahora la figura de suerte que los rayos del Sol vayan horizontales , y haced que llueva por todo el parage que ocupa el círculo *m o q* : mantened los ojos en su lugar *a* por línea recta entre el centro del Sol y del círculo opuesto , y echareis de ver claramente como solo en la circunferencia de dicho círculo se halla el ángulo deseado entre los rayos del Sol y los visuales. En las gotas que caen por dentro del círculo , es menor el ángulo : en las que caen fuera de él , es mayor de lo que debia ser. Y ahora conoceréis el motivo por que estando el Sol mas alto , se baxa el Iris, y siempre aparece á la parte opuesta.

Eug. Ahora advierto yo la razon de una experiencia que años ha hicisteis en mi presencia , quando poniéndonos de espaldas al Sol , rociásteis el ayre con un poco de agua, y vimos los colores del Iris en las gotitas que venian cayendo.

Teod. Es la misma : y aquí teneis la razon de algunos círculos luminosos que á veces aparecen al rededor de la Luna y tambien del Sol , quando el ayre está cargado de va-

pores : suelen los tales círculos tener los colores del Iris, aunque en los de la Luna son los colores muy remisos. Como los rayos atravesando las gotas de agua ó vapor pueden doblarse de modo que tomen color, deben causar ahí el mismo efecto que en el Iris.

Silv. Ya he visto muchas veces esos círculos al rededor de la Luna ; y como su luz es mas debil , precisamente han de ser los colores ménos vivos.

Teod. Por último daré fin á la conferencia con la explicacion de la *Aurora Boreal*, que juzgo ser precisa , no solo para complemento de vuestra instruccion , sino tambien para precaver sustos ó sosegar los ánimos en tiempos calamitosos ; pues los terremotos que hemos padecido , hacen tener por funestos hasta los meteoros mas inocentes. *Aurora Boreal* ¹ es una luz que siempre aparece á la parte del Norte , y algunas veces es una nube blanca algo brillante : otras veces tiran á encarnado , otras son negras , pero por la orilla superior despiden de quando en quando unos rayos luminosos , á los rayos van sucediendo otros de humo , ó se les siguen otros luminosos : á veces salen unas columnas brillantes ; pero no suelen tener movimiento tan rápido como los rayos luminosos que he dicho. Quando sucede encontrarse en el cielo dos de estas columnas , forman en el ángulo ó crucero una nube espesa que

¹ Muschembroek , *Elem. Phys.* §. 1315.

á corto rato empieza á resplandecer. Esta luz, así la de las columnas, como la de los rayos unas veces es blanca, otras encarnada y otras azul: lo que causa un gran terror en los ignorantes, es una gran diversion para los que saben de qué procede esto. Las nubes de que hablamos despues de haber ardido, ordinariamente se vuelven blancas, por haberse consumido la materia bituminosa que las hacia obscuras. A veces en el Horizonte debaxo de dichas nubes resplandecientes se ven unos globos de fuego, como observó una vez Zanoti y otros. Hacia el Norte son mas freqüentes las Auroras Boreales que en Portugal. Maupertuis en la relacion del Viage de Laponia quando fué á medir los grados del Meridiano, testifica que las noches eran allí sumamente alegres por las freqüentes Auroras Boreales, que no parecian sino fuegos de artificio.

Silv. Yo no me habia de recrear mucho con su vista, porque de qualquier modo me parece que eso no es bueno.

Teod. Ellas son unas fermentaciones mas mansas que las de los relámpagos que se forman en las nubes. Así como nosotros hacemos por arte unas mezclas que arden prontamente como los cohetes, y otras que arden mas pacíficamente por exemplo los fósforos, que van ardiendo con mucha lentitud: así sucede en las nubes; y por eso ni en el color, ni en la direccion, ni en las mudanzas hay regla fixa mas que aquellas que la fermentacion puede admitir.

Eug. La diversidad de los colores creo yo que proviene de los diversos materiales que se hallan en las exhalaciones, así como los diversos colores en los fuegos de artificio proceden de los diversos materiales que les echan.

Teod. Decis bien.

Eug. ¿Y de que proceden unas como estrellas que yo veo caer á veces por el cielo, y perderse de vista repentinamente?

Teod. Mucha gente del vulgo piensa que son algunas de las estrellas quietas que estaban luciendo, y que despues cayéron y se apagáron. Pero en realidad no son mas que unas porciones de materia bituminosa, que fermentó y se encendió, y fué ardiendo segun la direccion del rastro: acabó de arder, cesó de lucir, y desapareció la llama de la estrella. En una palabra, todas estas luces que aparecen en el ayre, son fermentaciones de materia que se levanta con los vapores de la Tierra, y se enciende; y segun los movimientos y figuras que tienen, les diéron los Filósofos nombres diversos. Aquí poco hay que decir. Y me parece que suspendamos por algun tiempo nuestras conferencias filosóficas.

Eug. Soy contento; y os agradezco el trabajo que por favorecerme habeis tomado, dándome con vuestras instrucciones luz para hacer reflexion sobre las admirables obras de la Naturaleza; y mi curiosidad me hará inquirir lo que no supiere.

Teod. Este es el principal fruto de los es-

tudios, conocer nuestra ignorancia, y procurar remediarla; porque nunca se cura el mal quando se ignora. No es tanta la utilidad que he sacado de esta aplicacion en lo que sé, como en lo que conozco que me falta por saber, que es mucho mas sin comparacion. Por este motivo no he querido tratar del Iman, ni de la Máquina Eléctrica, hoy tan célebre entre los Filósofos: yo tengo una y otra, y varios amigos se han divertido con vosotros en mi casa, viendo sus admirables efectos; pero yo no tengo genio de engañar. De esto á mi parecer se sabe poco: cóncense, sí, ciertas leyes ó reglas que sus efectos observan; pero al querer nosotros dar razon de ellos, luego tropieza el entendimiento con dificultades insuperables. Yo considero estas máquinas como un tormento de los entendimientos, quando otros las miran como diversion de los sentidos. Pero la empresa que tomé, fué instruiros suavemente, y no solo entreteneros: para eso no faltarian amigos; y tal vez no tendríais ocasion mas cómoda para instruiros sin mayores estudios, como la que aquí habeis tenido en mi casa. Una utilidad sé que ya habeis logrado, y es la que yo saqué; esto es, haber adquirido mayor conocimiento de la Grandeza de Dios, reparando con mas cuidado en su retrato que nos dexó acá, que son las criaturas; y por otra parte formar mas vivo concepto de nuestra miseria, flaqueza é ignorancia. Estos dos países el de la Grandeza de Dios en Poder, Sabiduría y Providencia;

y en contraposición el de nuestra vileza, ignorancia y fragilidad son incompreensibles, y jamás se les conocieron límites. Ruegos á uno y otro que procureis siempre reflexionar sobre todo lo que se os ofreciere en este camino de la vida, que Dios dilate por muchos años; porque quien todo lo mira con ojos de Filósofo, siempre estudia, siempre aprende, siempre recrea su entendimiento, y siempre va formando mas alto concepto de Dios, que es el fin para que se nos dió el entendimiento. Baste: y vamos á hablar de otros asuntos que son precisos, ántes que os aparteis de aquí.

FIN DEL TOMO SEXTO.

ADVERTENCIA.

En la última impresion de este tomo que hizo el Autor en Lisboa el año de 1781, siguió los cálculos que en las distancias y medidas de los Planetas hizo Mr. de La Lande despues de las observaciones del paso de Vénus por el disco del Sol ; los quales son muy diferentes de los de Gravesande. Y para que los Lectores puedan tener á la vista unos y otros , se añaden aquí las siguientes Tablas.

Planet.	Diámetro.	Superficie.
Sol.	Tiene casi 113 diámetros de la Tierra, que valen 232.670 leguas portuguesas.	Es poco mas de 12.733 veces mayor que la de la Tierra, y vale 170.139.472.160 leg. cuadradas.
Merc.	Tiene menos de la tercera parte del diámetro de la Tierra, y vale 848 leguas portuguesas.	Casi 6 veces menor que la de la Tierra, y vale 2.259.920 leg. cuadradas.
Vénus.	Tiene poco ménos del diámetro de la Tierra, y vale 1997 leg. portug.	Poco menor que la de la Tierra, y tiene 12.533.117 leguas cuadradas.
Tierr.	Tiene de diámetro 2062 leg. portuguesas: el círculo máximo tiene 6480 leg.	La superficie tiene 13.361.760 leg. cuadradas.
Luna.	Tiene poco mas de la quarta parte del diámetro de la Tierra, y vale 563 leg. portuguesas.	Poco mas de 13 veces menor que la de la Tier. y tiene 995.947 leguas cuadradas.
Márt.	Tiene mas de la mitad del diámetro de la Tierra, y vale 1583 leg. portugues.	Poco menos de la mitad de la superficie de la Tierra, y vale 6.010.518 leg. quadr.
Júpit.	Tiene poco mas de 11 diámetros de la Tierra, y vale 23.503 leguas portuguesas.	Casi 130 veces mayor que la de la Tierra, y vale 1.736.000.072 leg. cuadradas.
Satur.	Tiene poco mas de 10 diámetros de la Tierra, y vale 20.833 leguas portuguesas.	Casi 102 veces mayor que la de la Tierra, y vale 1.364.040.675 leguas cuadradas.

Volúmen.	Peso.	Densidad.
Es 1.435.025 veces mayor que el de la Tierra.	Es 365.412 veces mas pesado que la Tierra.	Es casi 4 veces ménos denso que la Tierra.
Poco mas de 14 veces y media menor que el de la Tierra.	Ignórase.	Ignórase.
Poco menor que el de la Tierra.	No se sabe.	No se sabe.
El volúm. tiene 4.583.083.680 leguas cúbicas.	O	O
49 veces menor que el de la Tierra.	Poco mas de 71 veces ménos pesada que la Tierra.	Ménos densa que la Tierra como 49 es menor que 71.
Casi 3 veces menor que el de la Tierra.	No se sabe.	No se sabe.
1.479 veces mayor que el de la Tierra.	340 veces mas pesado que la Tierra.	Poco mas de 4 veces ménos denso que la Tierra.
1.030 veces mayor que el de la Tierra.	107 veces mas pesado que la Tierra.	Poco mas de 10 veces ménos denso que la Tierra.

De la distancia de los Planetas primarios

Planetas.	Distancia media en semidiámetros de la Tierra.	Distancia media en leguas portuguesas.	Excentricidad de las órbitas de los Plan. en semidiám. de la Tierra, y en leg. portuguesas.
Sol.	O	O	O
Mercurio.	9.397	9.688.466	Semidiám. 1.738 Leguas 1.702.261
Venus.	17.559	18.103.860	Semidiám. 124 Leguas 127.644
Tierra.	24.275	25.028.409	Semidiám. 408 Leguas 420.477
Marte.	36.989	38.135.607	Semidiám. 3.451 Leguas 3.558.539
Júpiter.	126.258	130.172.249	Semidiám. 6.136 Leguas 6.326.430
Saturno.	231.576	238.755.242	Semidiám. 12.917 Leg. 13.317.616

TABLA

De la distancia de los Satélites ó Planetas

Luna dista de la Tierra.	60 semidiámetros	62.153 leguas
Satélites de Júpiter distan del centro de Júpiter.	$1.^{\circ} \quad 5 \frac{2}{3}$ $2.^{\circ} \quad 9$ $3.^{\circ} \quad 14 \frac{2}{5}$ $4.^{\circ} \quad 25 \frac{1}{3}$	semidiámetros de Júpiter.

al Sol, y excentricidad de sus Órbitas.

Distancia mayor y menor en leguas portuguesas.	Diferencia entre la mayor y menor distancia de los Planetas al Sol en leguas portuguesas.
O	O
mayor 11.480.727 menor 7.896.205	3.584.522
mayor 18.231.504 menor 17.976.216	255.288
mayor 25.448.886 menor 24.607.932	840.954
mayor 41.694.146 menor 34.577.068	7.117.078
mayor 136.498.679 menor 123.845.819	12.652.860
mayor 252.072.858 menor 228.437.626	26.635.232

TERCERA.

secundarios á sus Primarios.

Excentricidad Semidiám. $3 \frac{1}{2}$ Leguas 3.437	mayor distanc. 65.590 leg. menor distanc. 58.710 leg.	diferencia 6.874 leguas.
Satélites de Saturno distan del centro de Saturno.	$1.^{\circ} \quad 1 \frac{1}{5}$ $2.^{\circ} \quad 2 \frac{1}{2}$ $3.^{\circ} \quad 3 \frac{1}{2}$ $4.^{\circ} \quad 8$ $5.^{\circ} \quad 23$	semidiámetros del anillo.

*De la distancia de todos los Planetas á la Tierra
reducida á leguas portuguesas.*

Planet.		Leguas portuguesas.
Lun.	dista de la Tier. en la distanc. media	62.143.
Mer- cu- rio.	dista de la Tier. { en la conjuncion inferior	15.339.943
	{ en la conjuncion superior	34.716.875
Vé- nus.	dista de la Tier. { en la conjuncion inferior	6.914.549
	{ en la conjuncion superior	43.132.269
Sol.	dista de la Tierra en la dist. media	25.028.409
Már- te.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	13.107.198
	{ en la conjuncion con el Sol	63.164.016
Júpi- ter.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	105.143.840
	{ en la conjuncion con el Sol	155.200.058
Satur- no.	dista de la Tier. { en la oposicion con el Sol	213.626.833
	{ en la conjuncion con el Sol	263.783.658

TABLA QUINTA.

*Del movimiento de los Satélites al rededor
de los Primarios.*

Saté- lites de Júpi- ter.	1. ^o 1 dia, 18 hor. 27 minut. 33 seg.	Saté- lites de Satur- no.	1. ^o 1 dia, 22 hor. 18 min. 27 seg.
	2. ^o 3 dias, 13 hor. 13 min. 42 seg.		2. ^o 2 dias, 17 hor. 44 min. 22 seg.
	3. ^o 7 dias, 3 hor. 32 min. 37 seg.		3. ^o 4 dias, 12 hor. 25 min. 12 seg.
	4. ^o 16 dias, 16 hor. 32 minut. 8 se- gundos.		4. ^o 15 dias, 22 hor. 34 min. 38 seg.
			5. ^o 79 d. 7 h. 48 m.

Del movimiento de los Planetas en el sistema Copernicano.

<i>Planetas.</i>	<i>Periodo al rededor del Sol.</i>	<i>Rotacion sobre el propio exc.</i>	<i>Inclinacion de la órbita respecto de la eclíptica.</i>
Sol.	En el sistema Ticomico hace una revolucion al rededor de la Tier. en 365 dias, 5 hor. 48 minut. 45. seg.	25 $\frac{1}{2}$ dias.	O
Mercur.	87 dias, 23 hor. 14 min. 25 seg.	No consta.	6 grad. 59 min. y 20 s.
Vénus.	224 dias, 16 h. 41 min. 32 seg.	24 dias, 8 horas.	3 grad. 23 min. 20 s.
Tierra.	365 dias, 5 hor. 48 min. 45 seg.	23 hor. 56 min. 4. seg.	O
Márte.	686 dias, 22 h. 18 min. 27 seg.	24 horas, 40 minut.	1 grado y 52 minut.
Júpiter.	4.330 dias, 8 h. 58 min. 27 seg. esto es, casi 12 años.	9 horas, 56 minut.	1 grado, 19 minut. 10 seg.
Saturno.	10.749 dias, 7 hor. 21 m. 50 s. ó casi 30 años.	No consta.	2 grados, 30 minut. 20 seg.
Luna.	Muévese al rededor de la Tierra en 27 dias, 7 hor. 43 minut. 5 seg. De una Luna nueva hasta otra gasta 29 dias y 12 hor.	27 dias, 7 horas, 43 min. 5 seg.	4 grados, 58 $\frac{1}{2}$ m. en las Lunas llenas y nuev.; pero 5 gr. 17 $\frac{1}{2}$ m. en las quadratur.

ÍNDICE

DE LOS LUGARES DONDE SE EXPLICAN
LAS FIGURAS DE LAS ESTAMPAS
SIGUIENTES.

ESTAMPA PRIMERA.

F igura 1.	pág. 12.
Figura 2.	pág. 42.
Figura 3.	pág. 57.
Figura 4.	pág. 84.
Figura 5.	pág. 95, 98, 102 y 120.
Figura 6.	pág. 97.
Figura 7.	pág. 104.

ESTAMPA SEGUNDA.

Figura 1.	pág. 118 y 120.
Figura 2.	pág. 121.
Figura 3.	pág. 125 y 135.
Figura 4.	pág. 125, 128 y 135.
Figura 5.	pág. 138.
Figura 6.	pág. 150.
Figura 7.	pág. 161.
Figura 8.	pág. 161.
Figura 9.	pág. 165.
Figura 10.	pág. 167.
Figura 11.	pág. 167.
Figura 12.	pág. 186 y 130.
Figura 13.	pág. 219.

ESTAMPA TERCERA.

Figura 1.	pág. 213 y 222.
Figura 2.	pág. 215.
Figura 3.	pág. 234.
Figura 4.	pág. 256.
Figura 5.	pág. 267.
Figura 6.	pág. 270.
Figura 7.	pág. 276.
Figura 8.	pág. 291.

ESTAMPA CUARTA.

Figura 1.	pág. 299.
Figura 2.	pág. 300 y 305.
Figura 3.	pág. 306.
Figura 4.	pág. 318.
Figura 5.	pág. 319.
Figura 6.	pág. 350.
Figura 7.	pág. 352.
Figura 8.	pág. 335.

ESTAMPA QUINTA.

Figura 1.	pág. 363.
Figura 2.	pág. 373 y 377.
Figura 3.	pág. 368.
Figura 4.	pág. 382 y 453.
Figura 5.	pág. 382 y 384.
Figura 6.	pág. 466.
Figura 7.	pág. 462.
Figura 8.	pág. 464.

ESTAMPA TERCERA.

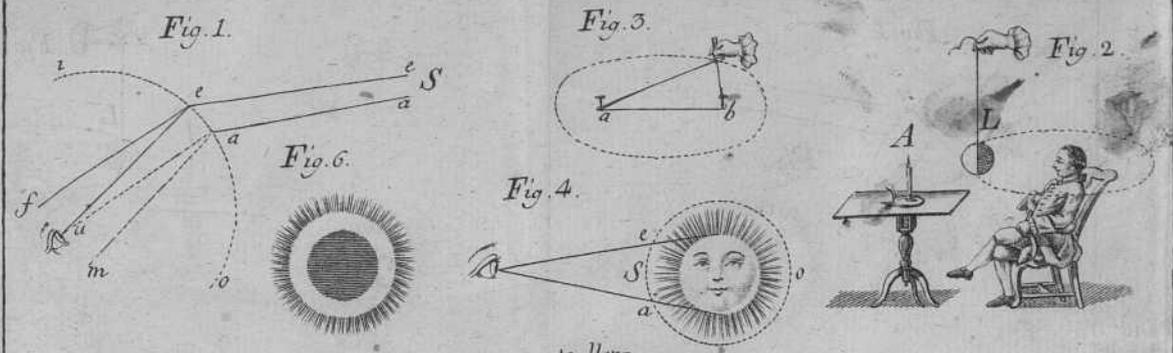
Figura 1	pag. 217
Figura 2	pag. 217
Figura 3	pag. 217
Figura 4	pag. 217
Figura 5	pag. 217
Figura 6	pag. 217
Figura 7	pag. 217
Figura 8	pag. 217

ESTAMPA CUARTA.

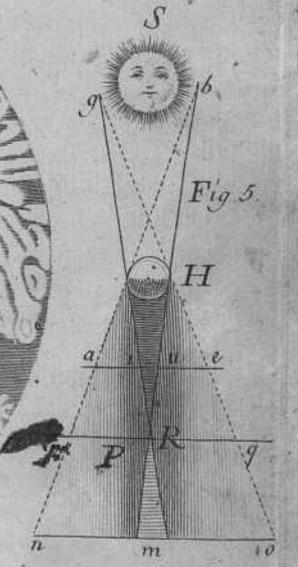
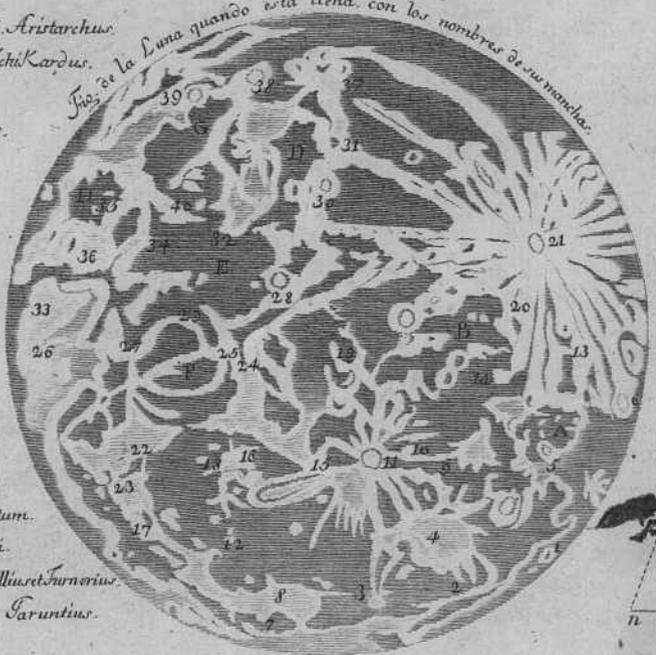
Figura 1	pag. 220
Figura 2	pag. 220
Figura 3	pag. 220
Figura 4	pag. 220
Figura 5	pag. 220
Figura 6	pag. 220
Figura 7	pag. 220
Figura 8	pag. 220

ESTAMPA QUINTA.

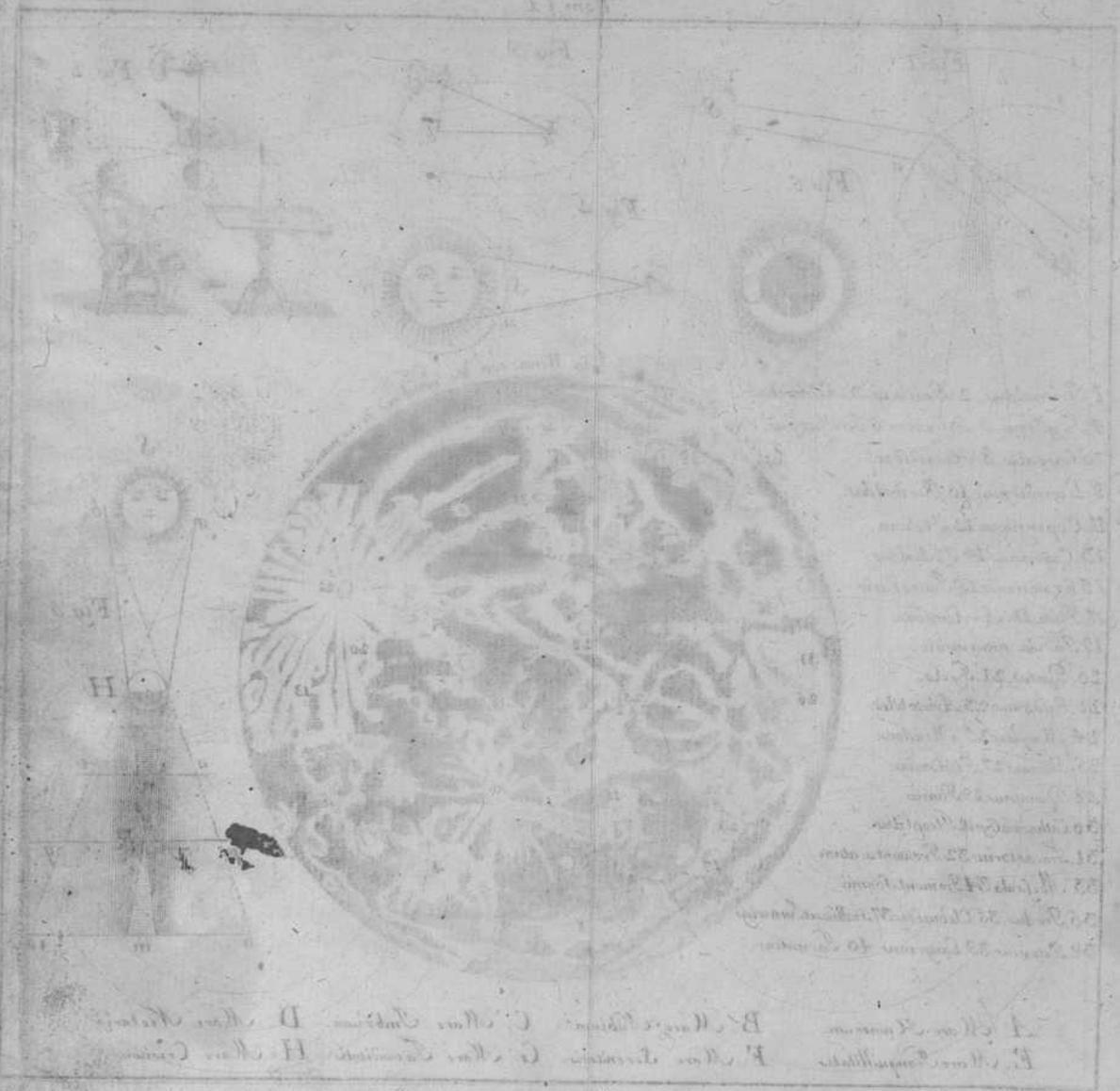
Figura 1	pag. 223
Figura 2	pag. 223
Figura 3	pag. 223
Figura 4	pag. 223
Figura 5	pag. 223
Figura 6	pag. 223
Figura 7	pag. 223
Figura 8	pag. 223



1. Strimaldus. 2. Galilaeus. 3. Aristarchus.
 4. Keplerus. 5. Salsendus. 6. Schickardus.
 7. Harpalus. 8. Heraclides.
 9. Lansbergius. 10. Riccioldus.
 11. Copernicus. 12. Helicon.
 13. Capuanus. 14. Bullialdus.
 15. Eratosthenes. 16. Juno e Caris.
 17. Plato. 18. Archimedes.
 19. Inocula sive medii.
 20. Pitagoras. 21. Tycho.
 22. Eudoxus. 23. Aristoteles.
 24. Manilius. 25. Menelaus.
 26. Hermes. 27. Ptolemaeus.
 28. Dionysius. 29. Plinius.
 30. Catharina. 31. Hipparchus.
 32. Tacquetus. 33. Fromont acutum.
 34. Mesole. 35. Fromont. 36. Sonnius.
 37. Proclus. 38. Cleomedes. 39. Snellius et Turnorius.
 40. Petavius. 41. Langrenus. 42. Saruntius.



- A. Mare Humorum. B. Mare Nubium. C. Mare Imbrium. D. Mare Nectaris.
 E. Mare Tranquillitatis. F. Mare Serenitatis. G. Mare Fecunditatis. H. Mare Crisium.



1. ...
 2. ...
 3. ...
 4. ...
 5. ...
 6. ...
 7. ...
 8. ...
 9. ...
 10. ...
 11. ...
 12. ...
 13. ...
 14. ...
 15. ...
 16. ...
 17. ...
 18. ...
 19. ...
 20. ...
 21. ...
 22. ...
 23. ...
 24. ...
 25. ...
 26. ...
 27. ...
 28. ...
 29. ...
 30. ...

A. ...
 B. ...
 C. ...
 D. ...
 E. ...
 F. ...
 G. ...
 H. ...

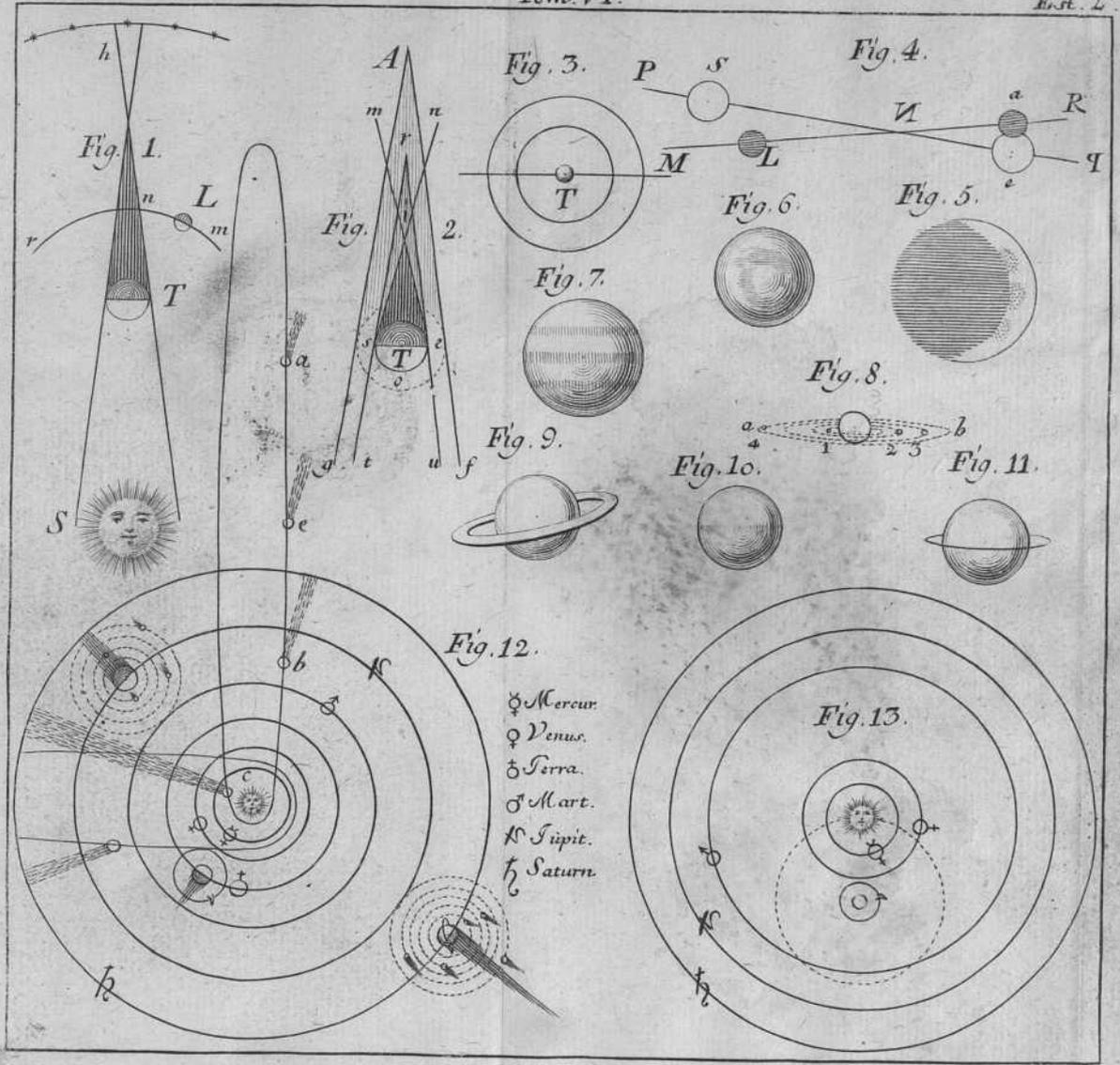
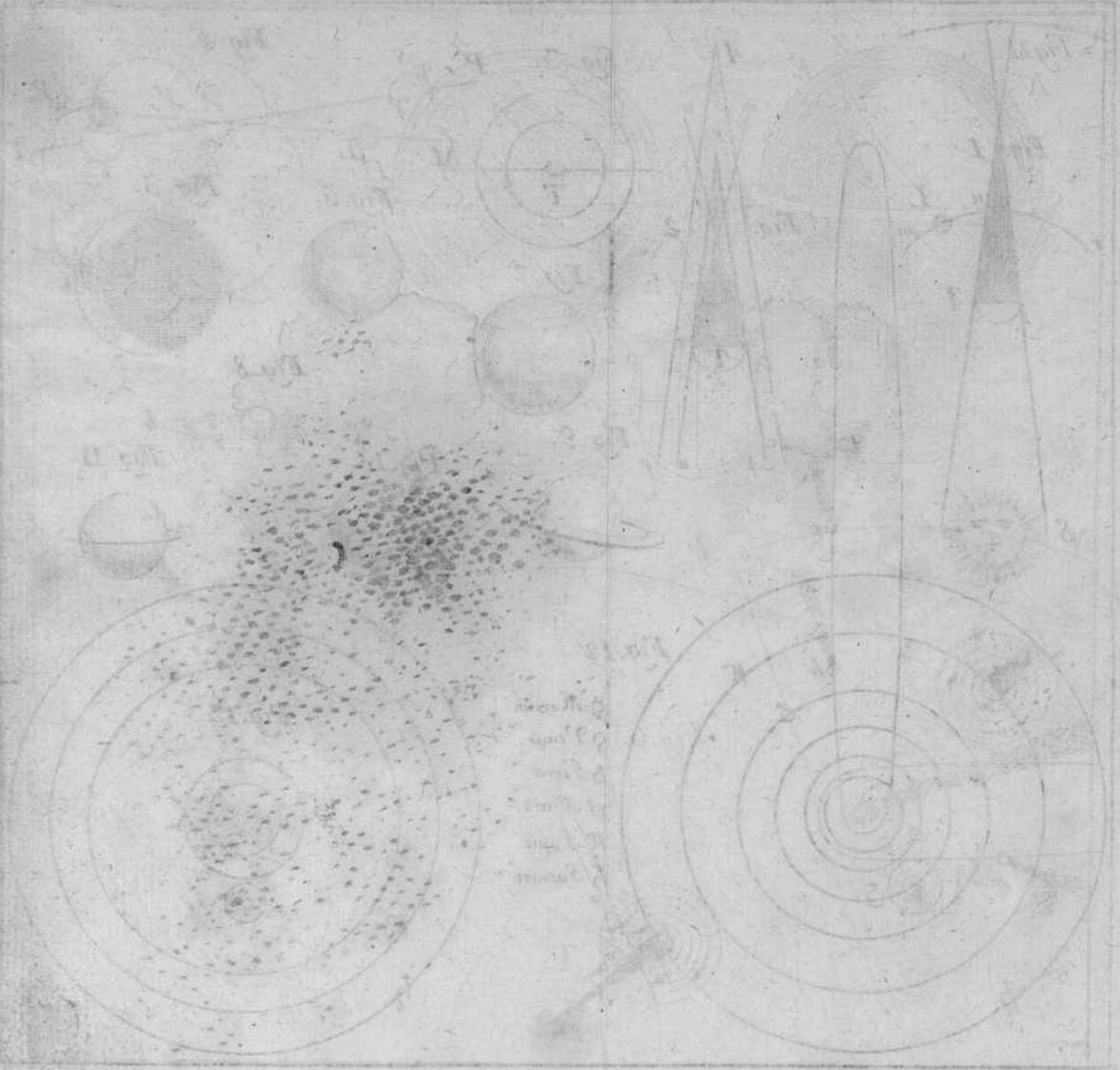
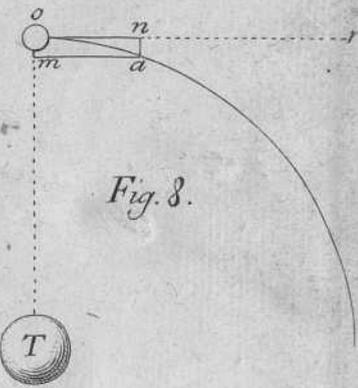
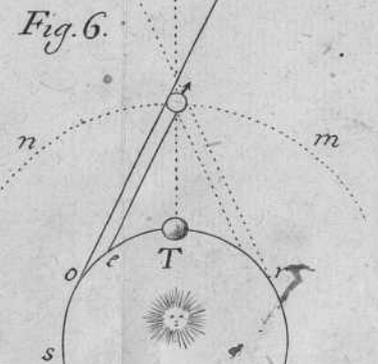
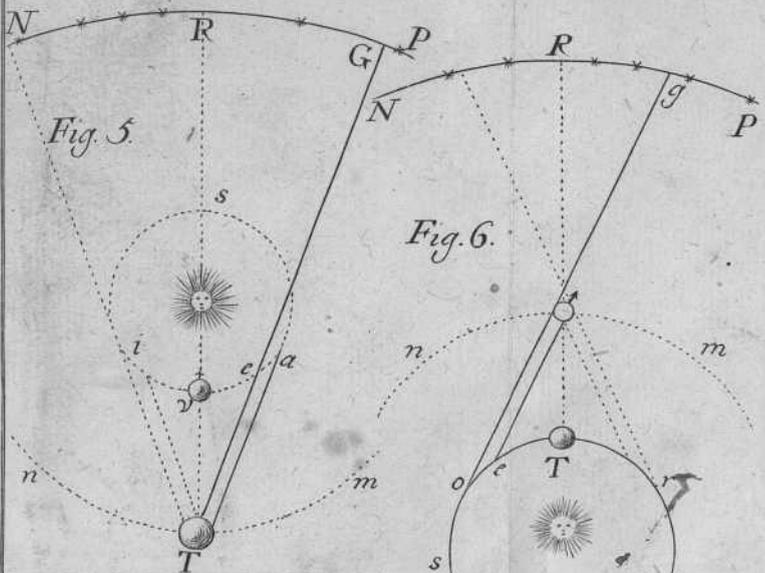
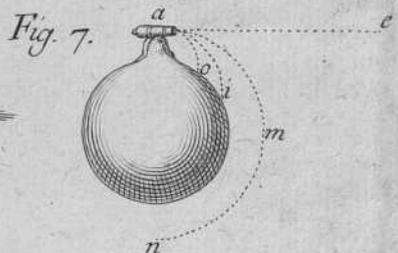
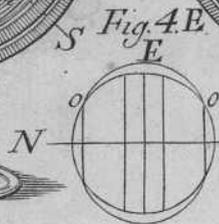
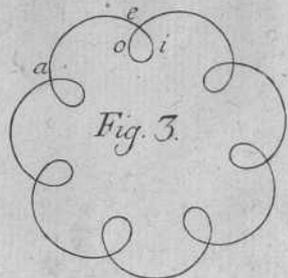
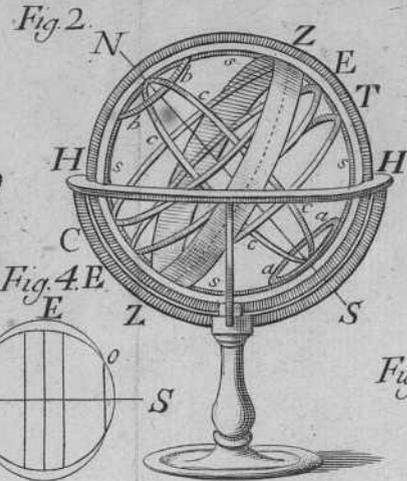
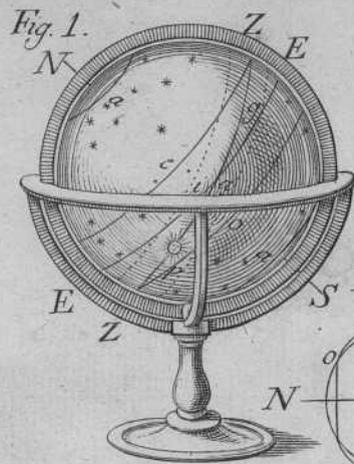


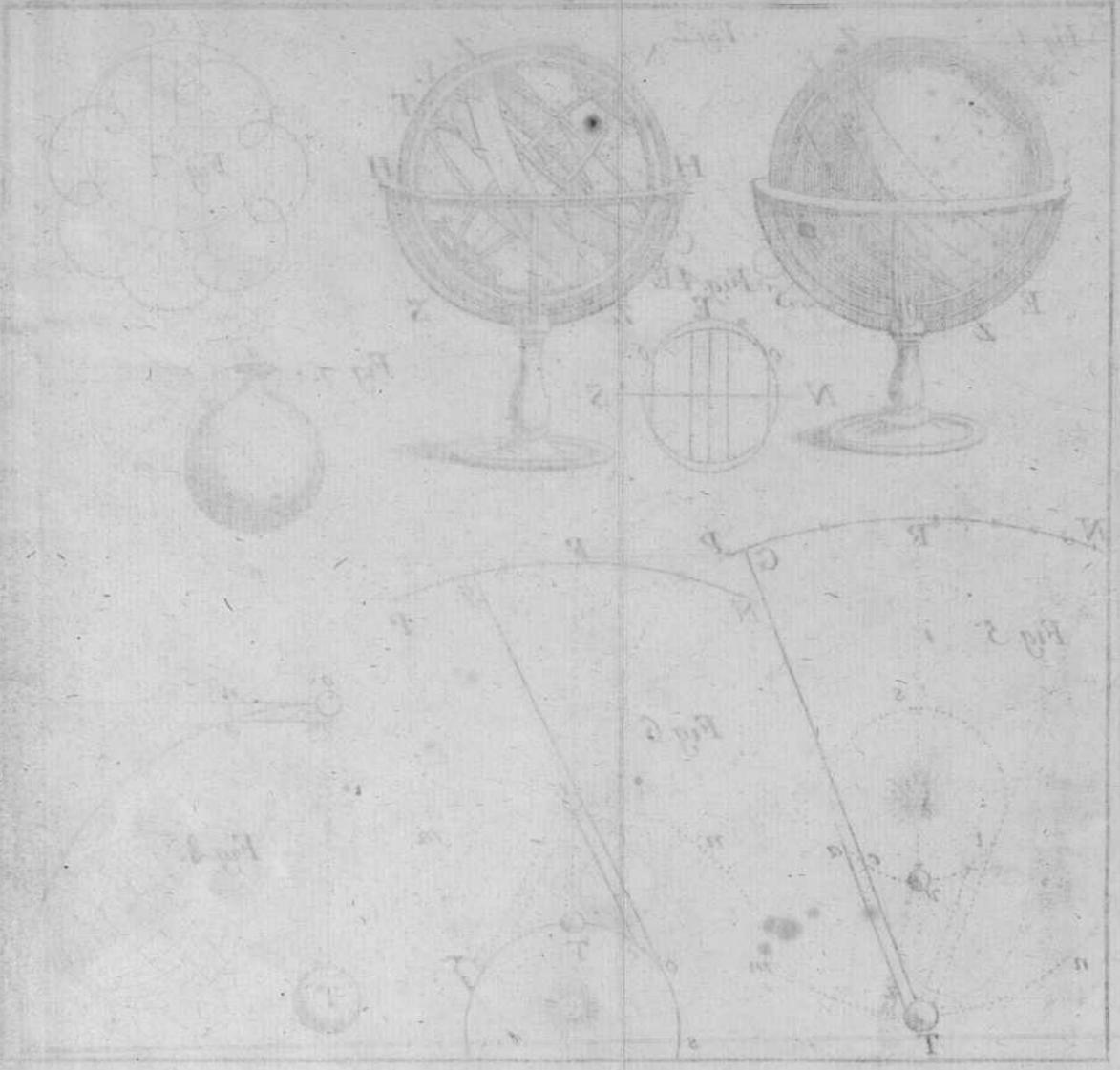
Fig. 12.

- ♀ Mercur.
- ♀ Venus.
- ♂ Terra.
- ♂ Mart.
- ♃ Jupit.
- ♄ Saturn.

Fig. 13.







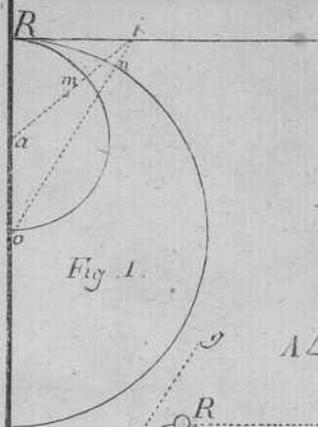


Fig. 1.

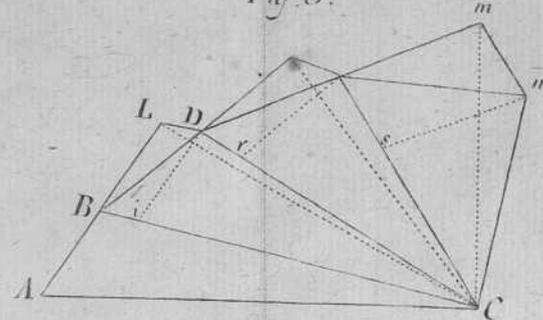


Fig. 3.

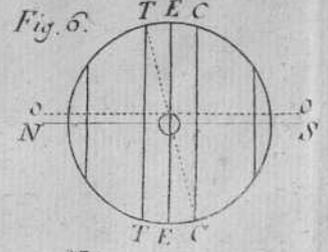


Fig. 6.

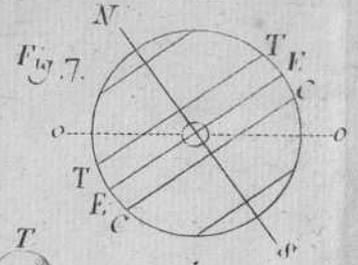


Fig. 7.

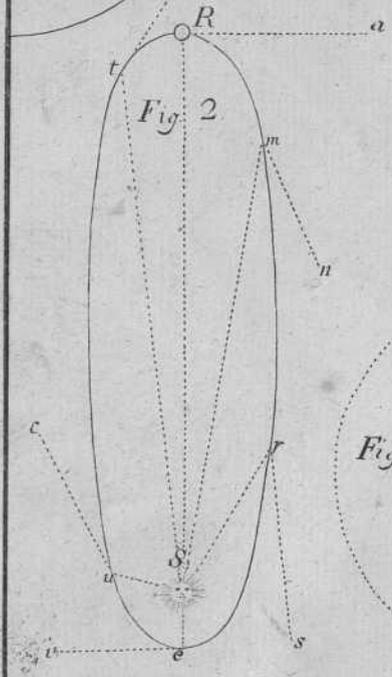


Fig. 2.

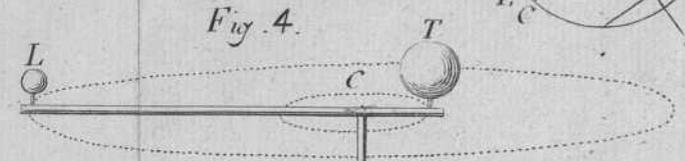


Fig. 4.

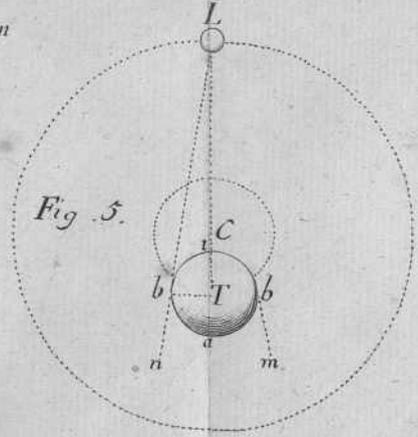
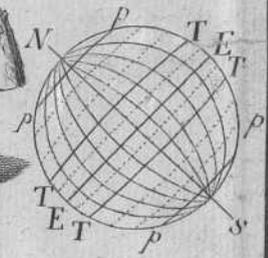
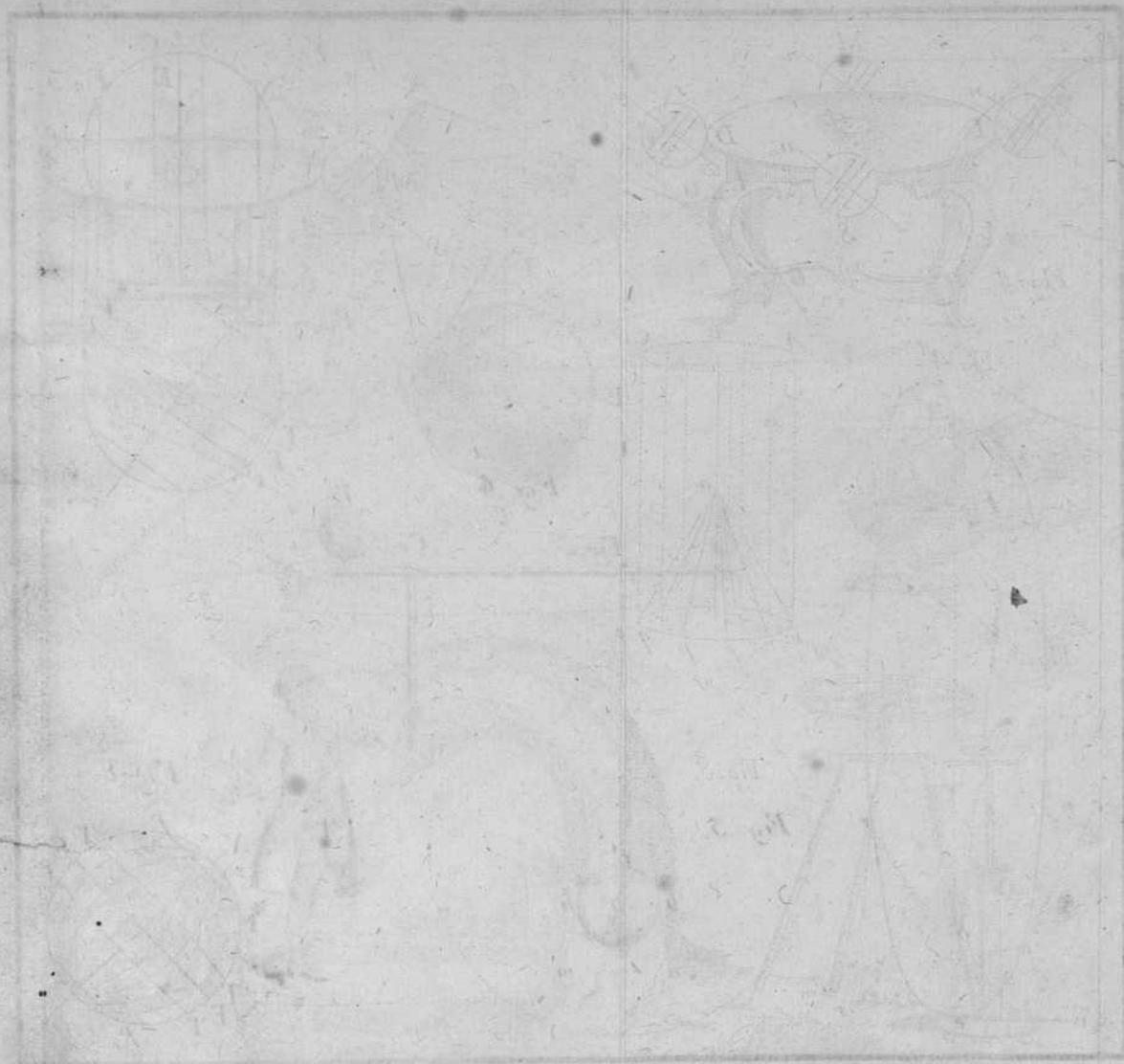


Fig. 5.



Fig. 8.





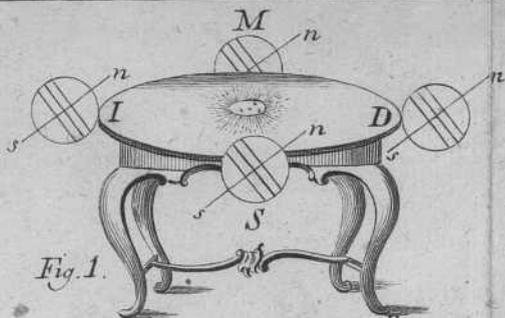


Fig. 1.

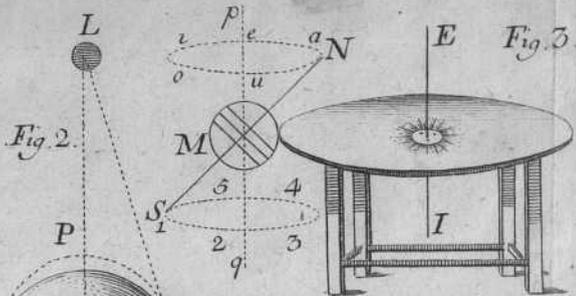


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.



Fig. 5.

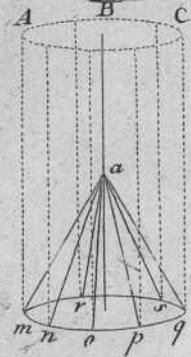


Fig. 6.

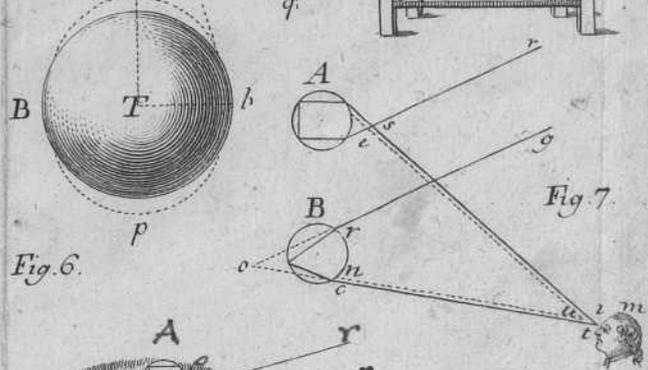
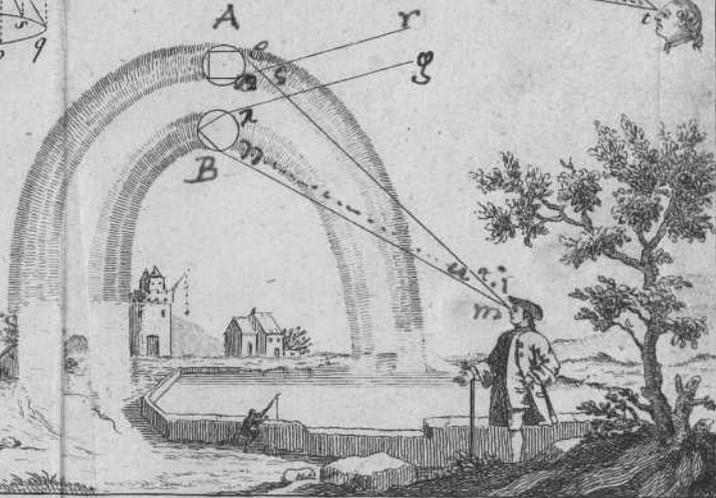
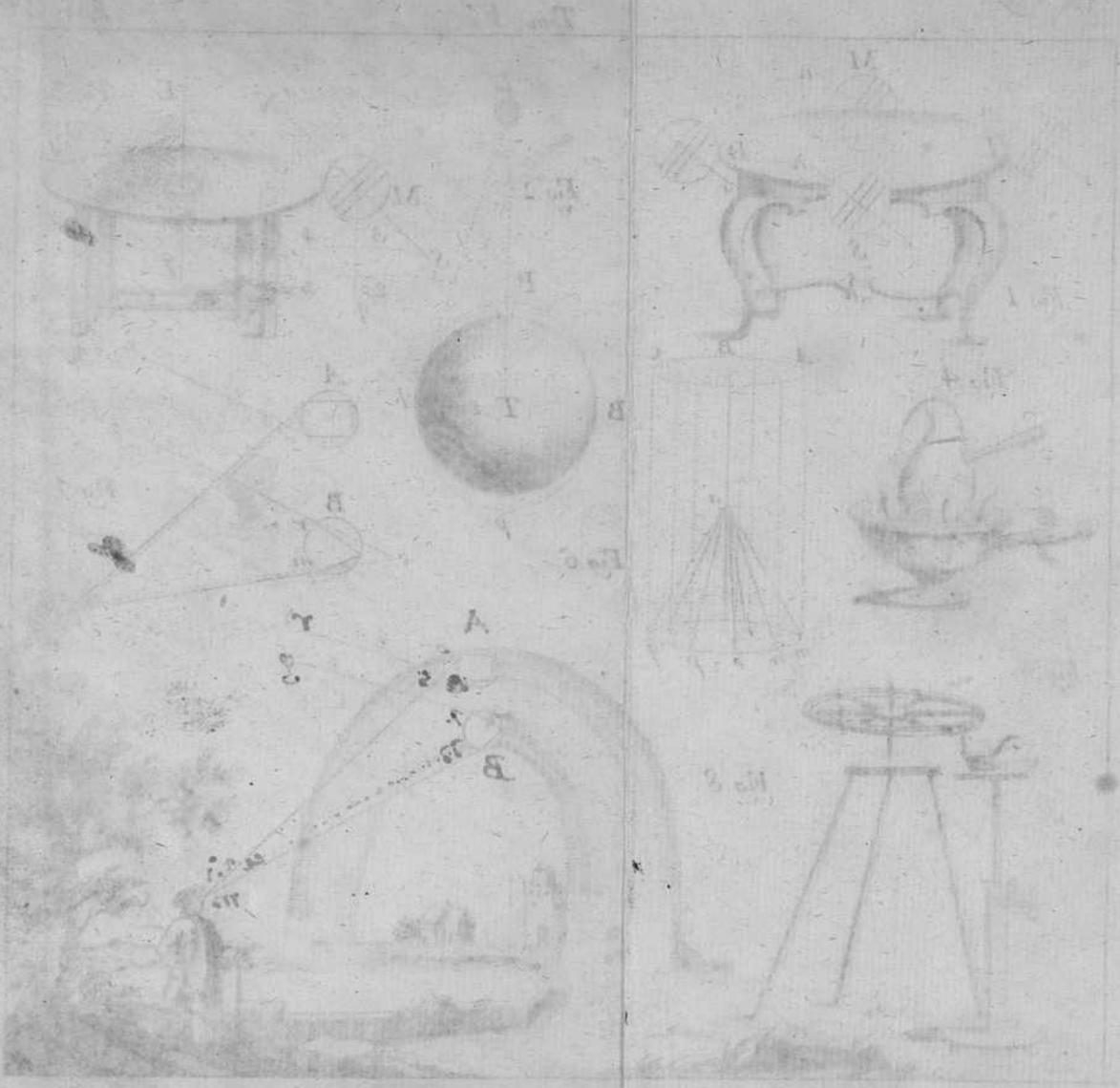


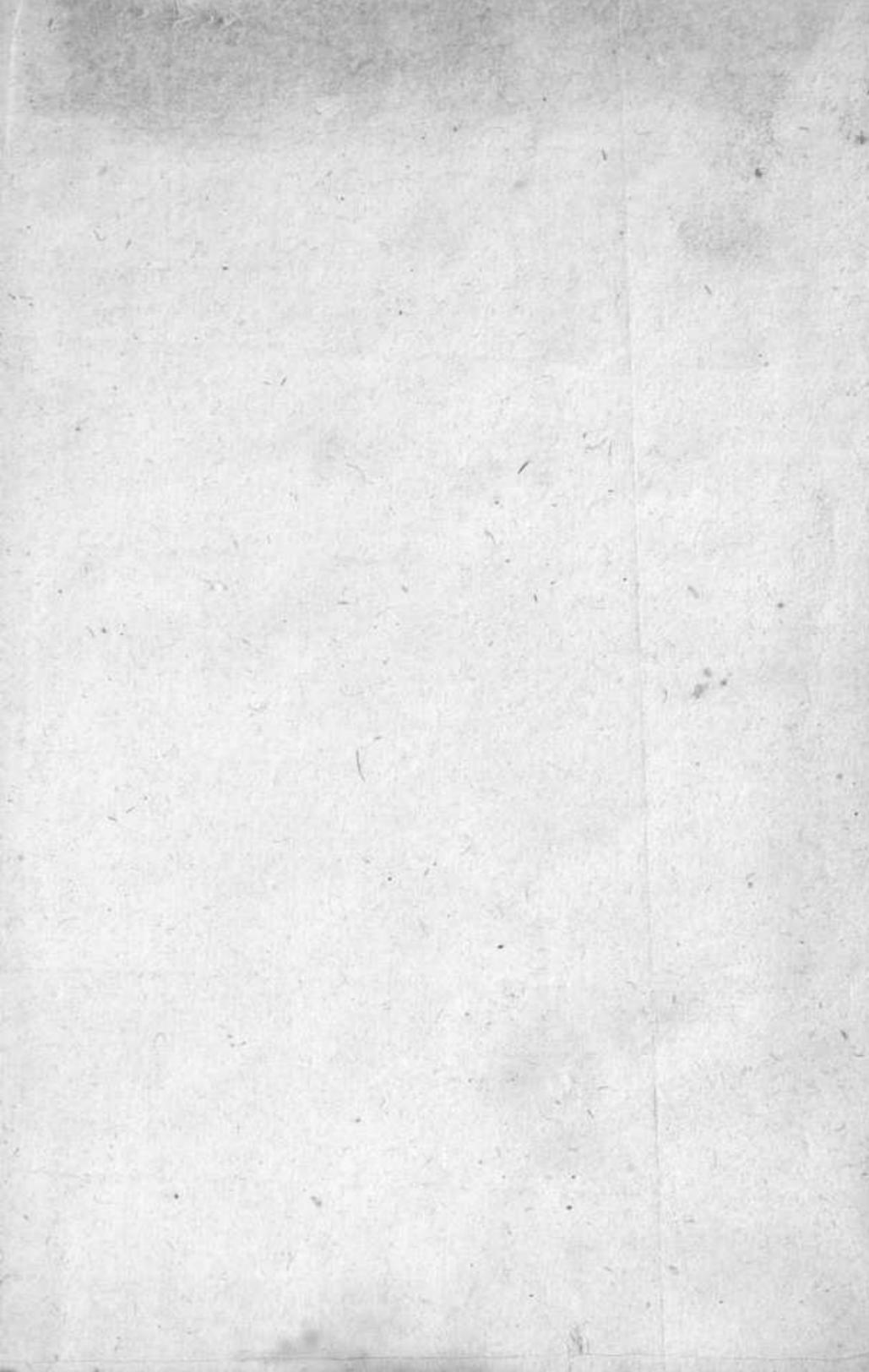
Fig. 7.



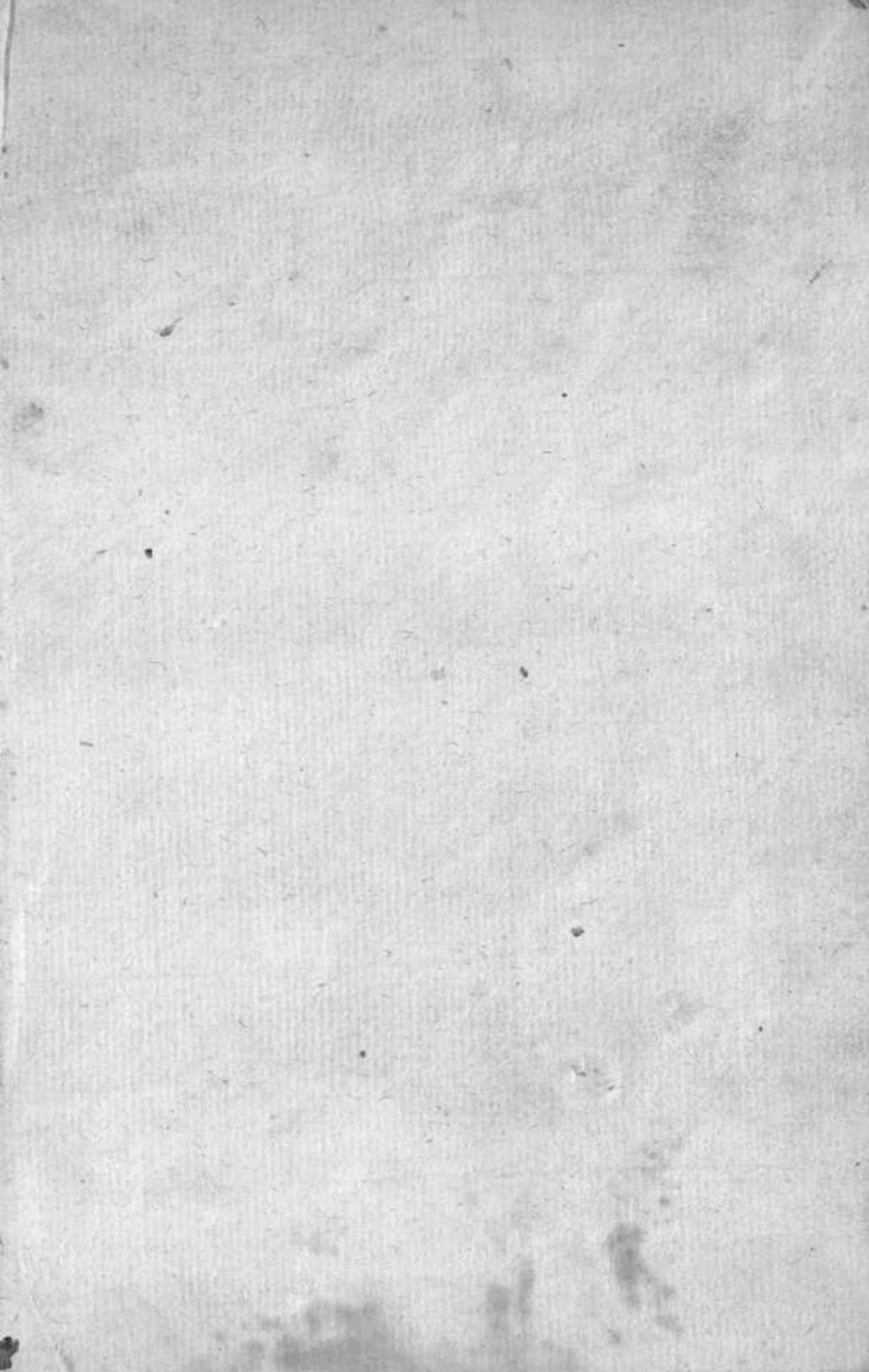
Fig. 8.



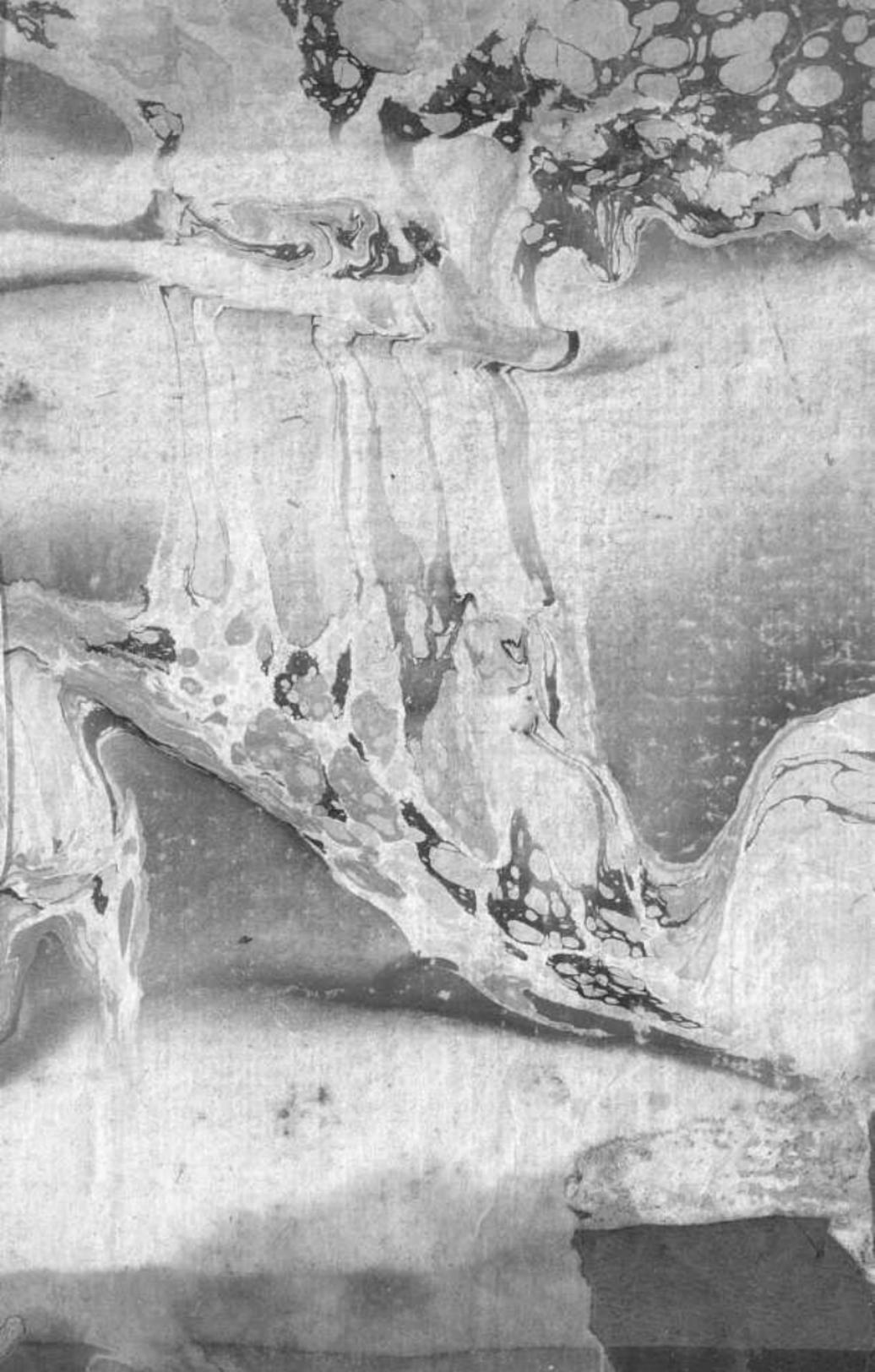


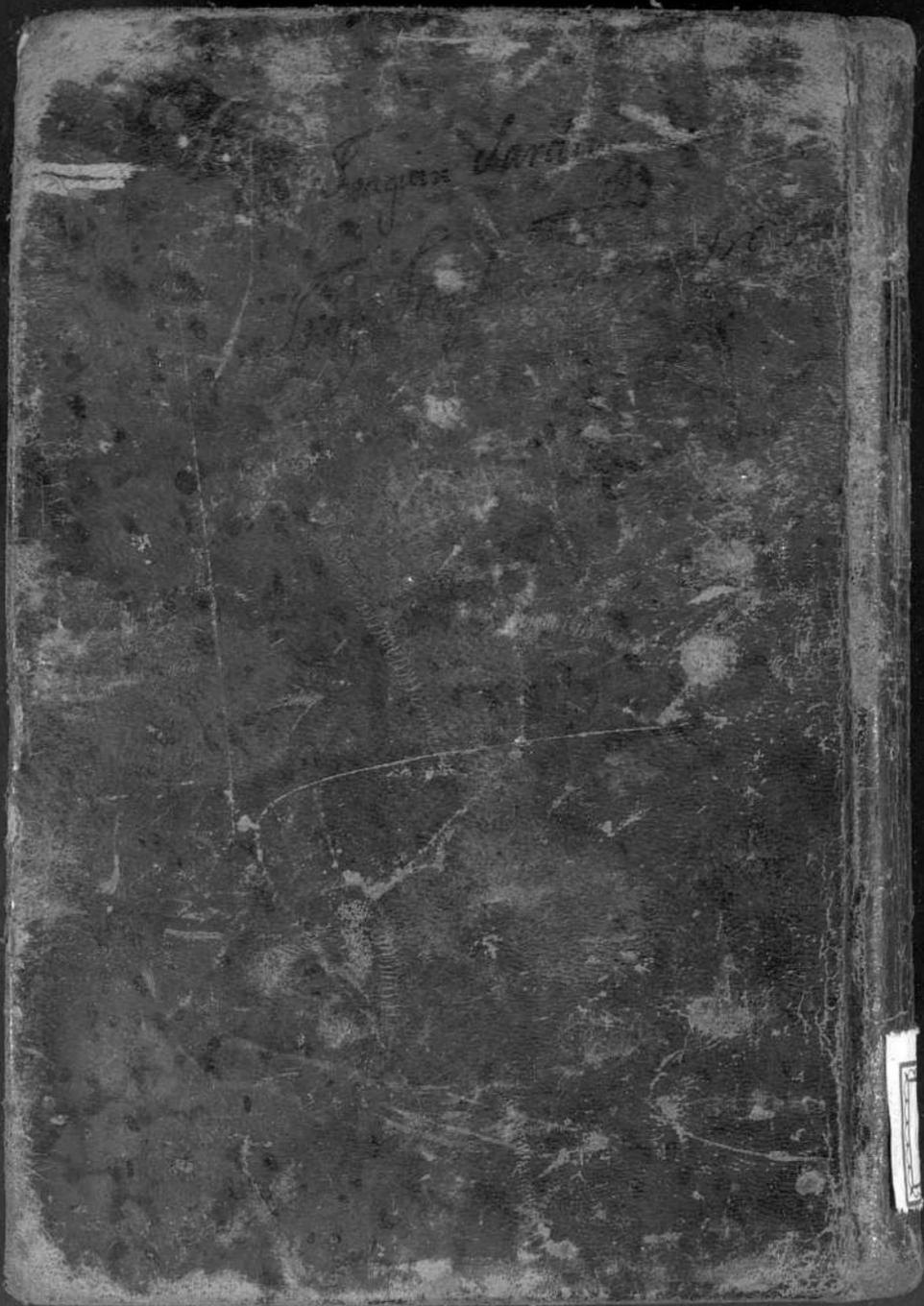












RECREACIO
FILOSOFICA

3191