

nes, y sus experiencias; produce para mayor exâctitud nuevas máquinas y nuevas experiencias, y se vale tambien de las inventadas por otros, las refina, y perfecciona con alguna mejora suya; y sus *Elementos matemáticos de la física* son el primer curso, que pueda llamarse lleno y completo, en que se hayan visto en todos los ramos de aquella ciencia substituidas demostraciones y experiencias á hipótesis y conjeturas, y tal vez tambien el curso mas sólido é instructivo que tenemos aun al presente. La teoría de las fuerzas era una parte de la nueva física, de la qual nada habian dicho los antiguos, y poco aun los modernos. S'Gravesande la trató con mucha profundidad, se dedicó á desenvolver la naturaleza, la generacion, y la destruccion de las fuerzas, sus diferencias por las precisiones, sus medidas, sus acciones, y quanto pertenece en general á las fuerzas, y fué el padre y maestro de esta importante parte de la física (a). Agitabase entonces ar-

(a) *Elem. &c.* lib. II.

dientemente la cuestión de las *fuerzas vivas*, de que hemos hablado ya : Leibnitz fué el autor de la nueva medida de dichas fuerzas: Bernoulli, Poleni, y algunos otros eran los valerosos sostenedores : s'Gravesande, primero contrario de la nueva doctrina, examinando despues mas atentamente toda la teoría de las fuerzas, la juzgó tan razonable, y bien fundada, que confesó abiertamente con filosófica ingenuidad su creído error, y se esmeró en inventar nuevas experiencias, y en dar mas fuertes apoyos á aquella combatida opinion, en adquirirla nuevos sequaces, y compensar con importantes servicios el agravio que por algun tiempo la habia hecho. La teoría de la percusion deducida de aquí, nuevos descubrimientos, y nuevas verdades, nuevas pruebas, mayor fuerza, ó claridad, ó alguna nueva ventaja acarreada á cada punto de la física, son los méritos que han hecho respetar hasta ahora á s'Gravesande como el autor de una nueva física, y hacen aun el día de hoy que se estudien sus libros como los mas clásicos y magistrales en esta vastísima ciencia. Las lecciones de Desaguliers,

y de s'Gravesande hicieron conocer á los doctos la verdadera física, é inspiraron en todos la estimacion y el gusto á ella. Pero la física de aquellos dos maestros estaba fundada sobre las matemáticas, y apoyada con las demostraciones geométricas, no menos que con las experiencias, necesitaba de las luces de las ciencias exâctas, y por ello muchos, antes que sentir las espigas de las matemáticas, querian quedar privados de los frutos de la verdadera y útil física. Era pues preciso un nuevo ingenio, que sin el estorbo de cálculos, y de figuras geométricas explicase la física con mayor claridad y sencillez, y que tratando, por decirlo así, físicamente la física, hiciese mas fácil, y mas inteligible el estudio de la naturaleza. Este fué el físico Muschembroek, quien instruido con las lecciones de s'Gravesande, de Boerahave, de Desaguliers, y de Newton, y provisto de sagaz ingenio, y de infatigable aplicacion, poseia profundamente toda la física, y estaba en estado de comunicarla facilmente á los otros. Así lo hizo completamente en su *Ensayo de física*, donde exponiendo con claridad y sim-

Muschem-
broek.

simplicidad los fundamentos, y los primeros principios de aquella ciencia, é ilustrándolos con exemplos, y con fenómenos particulares, tuvo la gloriosa suerte de poder instruir á los estudiosos, y dar tambien á los doctos nuevas y útiles luces. Este ensayo fué ciertamente una gran ventaja para toda la física, y no solo propagó su estudio, sino que comunicó nuevas luces á casi todas las materias. Pero tal vez le dió aun mayor auxilio. Muschembroek con algunas investigaciones particulares, con las quales supo producir mas originales descubrimientos: y por lo que mira á la física general solo la Disertacion sobre la coherencia de los cuerpos, sobre la qual habian escrito Galileo, Mariotte, Leibnitz, Varignon y otros muchos, está tan llena de nuevas luces, que basta á elevarlo entre los mas ilustres físicos, y los mas beneméritos en aquella ciencia. El uso continuo, y la larga practica de máquinas y de experiencias le presentaron mil ideas para mejor ejecutarlas, y le hicieron mas avisado y cuerdo en sacar las conseqüencias; y no se fiaba enteramente de las experiencias de otros,

como ni aun de las suyas propias, ni se atrevia á sacar de ellas conclusiones, ó establecer principios, sino habia podido repetir las á su arbitrio, y variarlas de modos diversos. Esta cautela y precaucion le hizo descubrir y corregir no pocos errores de otros filósofos en las experiencias, y muchos mas en las deducciones, y le dió derecho para erigirse legislador y maestro del arte de experimentar. Su oracion sobre el modo de hacer las experiencias (a) es el código de las leyes de este arte tan preciso para los filósofos, y un nuevo y precioso regalo hecho por él á la física. La invencion de nuevas máquinas, y de nuevas experiencias, como diremos mas adelante hablando de la física particular, sus comentarios sobre las experiencias de la Academia del Cimento, donde ha esparcido nuevas luces, y propuesto varios descubrimientos, en suma todas sus gloriosas y utiles fatigas sirven para hacer inmortal en los fastos de la física el nombre de Muschembroeck. La física newtoniana, la

Tom. VIII. Nn fí-

(a) *Orat. de meth. inst. exp. phys.*

física experimental, la severa y exácta física quedó establecida y fixada con las experiencias, y con las lecciones de Keil, de Hauksbeo, de Desaguliers, de s' Gravezande, y de Muschembroek; pero necesitaba aun de un nuevo talento, de un ingenioso y ameno filósofo, que la perficionase, la adornase y hermosease con aquellas gracias que pudiesen hacer amable su severidad, é inflamar en su estudio á las personas mas graves, y á las mas delicadas. Vino á este fin Nollet, elegido por la naturaleza para divulgar y hacer patentes á todos los hombres sus secretos, é inspirar en todos el amor á su estudio. En su física todo es orden, claridad, precision y elegancia: dócta y juiciosa la eleccion de las questões, limpia y pura la exposicion, clara la descripcion de las experiencias, que deben servir para la decision, justa la explicacion de los efectos que resultan de ellas, todo en suma diligente y exácto, todó culto y gentil, todo esplendido y luminoso. ¡Que íntimo y profundo conocimiento de todos los fenómenos de la naturaleza! ¡Que justa y elegante explicacion! En lugar de demostraciones mate-

te-

Nollet.

temáticas, que él no hace mas que indicar, substituye pruebas de experiencias, que tienen la ventaja de sujetar al juicio de los sentidos las verdades intelectuales, y de hacerse comprehensibles á mayor número de lectores. De la solucion de las quëstiones propuestas hace docta y útil aplicacion á los fenómenos de la naturaleza, y á las operaciones de las artes, y hace mas amena y apreciable, mas curiosa é instructiva su doctrina. En las mismas máquinas, y en las mismas experiencias busca las mas agradables formas, sin alterar en un ápice sus qualidades esenciales; y estos adornos son, por decirlo asi, las flores con que él presenta amena y agradable la severidad de la física, y la hace amar de todos. En efecto de Nollet puede formarse la época de la general propagacion de la física experimental; despues de sus lecciones se han hecho comunes, no solo á las escuelas públicas, sino tambien á muchas casas particulares, los gabinetes de máquinas, y los cursos de experiencias; en fin á las mugeres, y á toda clase y condicion de personas se han extendido los conocimientos

tos de física, y Nollet ha sido para la física, como Buffon para la historia natural, el manifestador de sus secretos, y el propagador de su imperio: y solo esté mérito, dexando á parte el de sus muchos descubrimientos, que mas pertenece á la física particular, le elevará á la gloria de ser contado entre los padres y maestros de la verdadera física, y como uno de los que tuvieron mas parte en sus adelantos.

Matemáticos ilustradores de la física.

A estos diligentes físicos, que indagaban y confirmaban con las experiencias las verdades físicas, se deben añadir los matemáticos, que por otra parte los seguían con demostraciones algebráicas, y geométricas; y así comunmente los cálculos y las figuras han descubierto verdades que primero han insinuado, y despues han confirmado é ilustrado las experiencias y las observaciones. Los descubrimientos de la mecánica, de la hidrostática, y de gran parte de la astronomía, que ya hemos insinuado en otra parte, no son mas que conocimientos de leyes y de fenómenos de la naturaleza, que pertenecen á la física general; y los grandes nombres de

de Bernoulli , Maupertuis , Clairaut , Euler , d'Alembert , y tantos otros famosos geómetras entonces alabados , podrian tener aqui lugar para coronar gloriosamente la lista de los físicos que ahora hemos nombrado. Con las ingeniosas y doctas fatigas de estos , y de otros físicos y matemáticos , la física general , objeto antes de vanas cavilaciones , y de opiniones litigiosas , se ha hecho fecunda de útiles verdades , y de seguras teorías importantes para las artes y las ciencias. Dexando para los metafísicos , y para los ociosos especulativos el buscar los principios que constituyen la extension , y el decidir de la infinita divisibilidad de los primeros elementos de la materia ; quantos curiosos fenómenos de la naturaleza y quantos prodigiosos hechos de las artes , pertenecientes á lo poroso , divisible , y extenso de los cuerpos , no han descubierto é ilustrado los físicos modernos ? Con mil exemplos , y con infinitas observaciones se ha encontrado ser la atraccion propiedad general de todos los cuerpos , qual la creyó Newton , y general igualmente se ha reconocido , y demostrado en las grandes

dis-

distancias la ley fixada por él de seguir la razon inversa de los quadrados de las distancias, é igualmente se procura decidirla tal en las inmediaciones, y en las contiguidades, y explicar con ella muchos fenómenos de los cuerpos terrestres, como exâctamente se explican todos los de los celestes, aunque la complicacion de las circunstancias haga muy dificil la decision. Derivar de los fenómenos de la naturaleza, dice Newton (a), dos ó tres principios generales del movimiento, y despues explicar como provengan de estos principios las propiedades, y las acciones de todas las cosas corporeas, seria un gran adelantamiento en la filosofía, aunque las causas de estos principios quedasen desconocidas, y esto es lo que han hecho, y todavia continuan haciendo los físicos modernos; y en efecto nos han manifestado muchas verdades, que habian estado enteramente ocultas á nuestros mayores por haberse empeñado en descubrir las causas de los principios, sin buscar los fe-

(a) *Opt. quaest. ult.*

fenómenos, con que establecer tales principios, ni las explicaciones que de estos podrian sacarse. Mientras los físicos ahora nombrados procuraban verificar con las experiencias algunos fenómenos, y de estos derivar algunos principios, Mairan, Mairan. no menos diligente físico que profundo geómetra, queria por otro camino informarse en las operaciones de la naturaleza. Presentabase un fenómeno á su contemplacion, y él escudriñaba sus relaciones y respetos, desenvolvía sus conexiones, seguia sus diferentes partes, y todo lo comprehendia en su mayor amplitud, y en toda su extension. ¿Exâmina la formacion del yelo (a)? ¿Busca la causa general del frio en el invierno, y del calor en el estío (b)? Se eleva hasta el sol calculando la vibracion, la dispersion, y la fuerza de sus rayos en los diversos tiempos del año, y en los lugares diversos de la órbita de la tierra; se interna en el centro de esta, produciendo alli un fuego que ex-

(a) *Dissert. sur la glace.* (b) *Acad. des Sc. an.*
1718, 1721.

extiende su ardor hasta la superficie , y combinando la actividad de este calor con el que proviene de los rayos del sol , explica con exâctitud y claridad quantos fenómenos de calor y de frio se observan en todas las estaciones , y en todos los puntos del globo terráqueo , y forma una teoría que ha producido otras bellísimas en las manos de Buffon (a) , y de Baylli (b). La naturaleza de las sales , y de los líquidos , la evaporacion y el hervor , y otras muchas teorías físicas se han sometido á sus diligentes y enteramente filosóficas investigaciones. La aurora boreal solo era para los otros físicos un simple meteoro ; mas para él es un fenómeno cósmico , que pertenece á la constitucion general del universo , y que lo deriva de la *luz zodiacal* descubierta por Cassini , la qual se compone de las partículas luminosas expelidas por el sol con su rotacion , y atraida por los cometas forma su cola , ó su barba ; atraida por la tierra la auro-
ra

(a). Suppl. &c. tom. IV. en 12. (b). *Lettr. sur l'orig. des Sciences.*

ra boreal; y hace de este modo importante la teoría del sol, de los cometas, y de la tierra, enlaza mucha parte de los cuerpos celestes, y dá muchas luces á toda la astronomía física (a). La reflexiõn de los cuerpos parecia no ser susceptible de alguna nueva discusion; pero en sus manos vino á hacerse una teoría general y luminosa, que aclara los cuerpos reflectibles, los planos que los reflectan, y los correspondientes ángulos de incidencia, y de reflexiõn, con quien se deben reflectar, y hace que la refraccion sea un caso particular de la reflexiõn; se conforma con la naturaleza de la luz, y con el estado de los fluidos, con la dióptrica, y con la catóptrica, y se comunica á todas las ciencias (b). Tambien la física, por decirlo asi práctica, ha recibido de él algunas mejoras. El inventó un barómetro para las experiencias del vacuo, mas simple, y mas manejable que el comun, y ha sido adoptado de los físicos. La toesa, que ha

Tom. VIII.

Oo ser-

(a) *Traité phys. et hist. de l'Aur. bor.* (b) *Acad. des Sc.* an. 1722.

servido para las exáctísimas medidas que se requieren en las operaciones geodéticas, y para otras importantes maniobras, ha sido regulada y refinada por él. El determinó con el mayor cuidado y escrupulosidad la justa y precisa longitud del péndulo en París, para que fuese correspondiente á la de las otras partes del globo; y solo el ver las infinitas miras, y la suma sagacidad que empleó en esta determinación, basta para que se le tenga, como es en realidad, por uno de los mas atentos y pacíficos observadores, y mas sutiles y felices inventores, de que pueda gloriarse la física.

Estado
presente
de la física.

Después de Mairan, y de los físicos experimentales antes alabados, no ha hecho la física tan ruidosos progresos; pero no ha carecido de gran número de cultivadores, y se gloria de muchos descubrimientos. Las ciencias parece que todas quieren ahora unirse con la física, y contribuir á su engrandecimiento, y todas le dan muy nobles profesores que contribuyen á ilustrarla. El ingles Guillermo Jones quiere que haya quatro especies de filosofía; mitológica, médica, experimental,

tal, y sagrada, y que todas deban ser conocidas de quien quiera comprehender la física en su debida extension; y hace ver con muchos exemplos, que la teología tiene con ésta una alianza mas estrecha de lo que comunmente se cree (a). Si hemos de decir la verdad ni la física sacra de Vales, ni la de Scheuchzero mas erudita, y mas completa, ni otros tratados semejantes de otros escritores físicos, ó teológicos han acarreado á la física tales ilustraciones, que se deba inspirar á los filósofos un estudio semejante: y créemos que tales investigaciones hechas cautamente mas pueden contribuir á la literal ilustracion de los libros sagrados, que á los verdaderos adelantamientos de la física. De las otras ciencias naturales recibe ésta mayores ventajas. Los naturalistas Wallerio, y Buffon han producido sistemas físicos mas ingeniosos que verdaderos; pero que sin embargo han sido fecundos en descubrimientos, ó á lo menos en experiencias, y

Oo 2

de

(a) *Ensayo sobre los principios de la Filosofía natural.*

en observaciones, que sin ellos jamas hubieran ocurrido á los filósofos (a). También al presente trabaja Marivetz con mucho empeño para promover y sostener, aunque hasta ahora haya encontrado pocos secuaces, un nuevo sistema conciliador de muchas opiniones, que parecian discordes entre sí, y destructor de algunas otras tenidas comunmente en mucho aprecio, y con este fin se interna en profundas meditaciones, y en curiosas investigaciones de los fenómenos, y de las fuerzas de la naturaleza. La física experimental por medio de Atwood, Maghellan y otros muchos ingeniosos físicos y doctos artifices ha reducido á tal perfeccion las máquinas y las experiencias, que casi hacen olvidar la mayor parte de las inventadas y usadas por los celebrados maestros. La química se ha unido tan estrechamente con la física que la sigue en todas sus investigaciones, y se presta fielmente á todas sus especulaciones: los mas celebres fí-

(a) *Waller, del origen del mundo, y de la tierra en part. Buffon epoc. de la nat.*

físicos son al presente químicos, y con operaciones químicas se resuelven las principales quëstiones de la física. La matemática se vá uniendo mas y mas á la física, y ahora el algébra, la geometría, y toda la matemática pura tiene por objeto la matemática física, y consagra todos sus esfuerzos al mayor adelantamiento de la misma. Mientras la Grange, la Place y todos los mas célebres matemáticos procuran ilustrar matemáticamente la física, Monge y Charles provistos de todos los auxilios de la mas sublime matemática se han dedicado á tratarla físicamente, y presentarle todos los subsidios de los cálculos, y de las experiencias, de los discursos matemáticos, y físicos. No solo el peso de los diversos líquidos, no solo las diferentes especies de ayre, sino todas las partes de la física reciben de Brisson y de Sigaud de la Fond algunas nuevas ilustraciones. Priestley, Kirvan, Crawford y otros Ingleses; Marat, Lavoisier, Bertolon y otros Franceses; Achard, Ingenhousz, Volta, Fontana, Senebier, van Swinden y otros muchos de otras naciones enriquecen cada dia la física con nuevos descubri-

mientos; y creandole, por decirlo así, nuevos ramos, y nuevos géneros de conocimientos le dan mayor amplitud y extension, y la hacen mudar de aspecto. Pero todos estos pertenecen mas que á la física general, á la física particular, y á la química; así que reservamos el hablar de ellos para quando tratemos de esta ciencia como vamos á hacerlo.

CAPITULO II.

De la física particular.

Física
de los anti-
guos.

La física antigua, estando aun en su infancia, habrá tenido que reducirse á las observaciones de los fenómenos, y dexar la decision para los posteriores mas ilustrados. En todas las ciencias, pero mas particularmente en la física, son precisas muchas observaciones para poder fixar una verdad, y desterrar la multitud de errores que comunmente la preceden. Pero los antiguos filósofos no supieron guardar tan justa moderacion: tuvieron poca paciencia para observar, y sobrada prisa y presuncion de decidir; así que saltos de las

las precisas observaciones no hicieron mas que levantar sobre simples probabilidades, ó sobre frívolas apariencias congeturas y sistemas, vanas resultas de quien en vez de estudiar la naturaleza procura adivinarla. Séneca entre los latinos (a), y entre los griegos Plutarco, ó quien sea el autor de los libros sobre las opiniones de los filósofos (b), que están entre sus obras, nos dan los mas extensos cursos de la física de los antiguos, y mas distintamente nos manifiestan quales fuesen las materias que trataban en sus debatidas quëstiones, y quales las diversas opiniones que tenian sobre aquellas materias. Ciceron (c), Sexto Empirico (d), Laercio (e), y otros griegos y romanos nos han transmitido en varias materias algunos pensamientos de aquellos filósofos, y nos hacen formar alguna idea de la infinita diversidad y extrañeza de sus modos de pensar. Tal vez no hay verdad alguna que ellos no la hayan columbrado, ni tan extraño absurdo que

(a) *Quaest. natur.* (b) *De placit. phil.* (c) *Tusc. De fin. De nat. Deor. al.* (d) *Pyrrhon. Hypot.* (e) *De vitis philos.*

que no lo hayan propuesto ; y los groseros errores con que suelen ir acompañadas las mismas verdades , prueban bastante que estas no son frutos de las observaciones , sino meras producciones de la casualidad , ó felices encuentros de la imaginación de aquellos filósofos. De quanto nos ha quedado de sus obras no hay parte alguna que pueda pertenecer á la física particular , fuera de su meteorología. Sabemos por Laercio (a) que Demócrito escribió sobre la calamita , sobre el fuego , y sobre otros puntos de física particular ; y algun otro físico de aquellos tiempos , y mas aun alguno de los posteriores , habrá descendido á asuntos semejantes. Pero todos sus escritos han perecido , y solo han llegado hasta nuestros días las obras de Aristóteles , y dos cartas de Epicuro. Aristóteles habla largamente de los meteoros , y hace tambien mencion acá , y acullá de algunas propiedades del ayre , y de los otros elementos , y tropieza alguna vez con la verdad de algunas cau-

Demócrito.

Aristóteles.

(a) In *Democr.*

causas, y otras muchas cae en errores los mas groseros: el recibir por principio que el calor y el frio son activos, la humedad y la sequedad pasivos, y pasar despues á explicar tantos fenómenos, muestra bastante quàn poco fundadas fuesen las razones de su física (a). Epicuro es el otro filósofo griego, de quien tenemos obras físicas (b); y estas hacen ver con quanta indiferencia y frialdad son miradas por él las quèstiones de la física particular. Escribe á Herodoto una carta, que abraza todas sus opiniones sobre las cosas naturales; es un compendio de toda la física (c), y en ella no propone mas que una doctrina general sobre la naturaleza; le recomienda que ésta la comprehenda bien, y que la tenga presente en el animo, y poco ó ningun-cuidado le dá que haga estudio alguno sobre las cosas particulares (d). Escribe á Pitocles distintamente sobre los meteoros; y aqui es donde ma-

Tom. VIII. Pp ni-

(a) *Meteor.* lib. IV, cap. I. (b) *Epist. ad Herod. et ad Pyt. apud Laert. in Epic.* (c) In princ.

(d) In fin.

nifiesta menos aprecio de la exâctitud física; abraza confusamente todas las opiniones; junta los errores con las verdades; procura solo amontonar sobre cada meteoro muchas causas naturales, y poco se cuida de la verdad ó falsedad con tal que obtenga la moralidad de apartar del ánimo el temor y la turbacion. Mas doctamente que todos los antiguos trata Séneca de los meteoros; propone las opiniones de los otros filósofos, y añade las suyas propias; combate algunas falsas, y confirma otras verdaderas con nuevas razones inventadas por él; refiere algunas observaciones suyas, y de otros, y da un ligero ensayo de sólido discernimiento de las verdades físicas. ; Pero que compasion no causa aquel filósofo, ó por mejor decir la antigua filosofía, al verla apoyar algunas opiniones verdaderas sobre razones falsísimas, y seguir no pocos pensamientos irracionales con el mismo ardor con que abrazaba otros justísimos correspondientes á la mas exâcta y severa física! No se vacila entre lo falso y lo verdadero, quando se tiene bien comprehendida la verdad, ni se dexan suscitar opiniones fal-

falsas, quando son bien conocidas las verdaderas. Los antiguos profririeron y aun conocieron algunas verdades de la física particular; pero como no las fundaban sobre justas observaciones, ni las determinaban con precisión, quedaban en meras opiniones, que con facilidad eran destruidas por otros, y no podian ser miradas como verdaderos descubrimientos que debiesen merecer el asenso de todos los físicos. Tenian tambien los antiguos algunos conocimientos de física particular; pero los tenian mas por la práctica que por la teórica, y se servian de ellos para uso de la medicina, de la agricultura, y de las artes; pero no los aplicaban á las especulaciones de las ciencias, ni formaban de ellos teorías filosóficas. Y generalmente puede decirse que la física particular ha sido poco, y mal conocida de los físicos antiguos. En los tiempos baxos ocupados los ingenios en dialecticas y metafísicas ineptias, no habia filósofo alguno que pensase en investigar los fenómenos de la física particular, ni aun que creyese que tales objetos pudiesen merecer la atencion de los filósofos. Hacia mitad del

Físicos
modernos.

siglo pasado el ingles Guillermo Gilber-
to en su obra sobre la Calamita examinó
con diligentes experiencias y observacio-
nes muchos fenómenos del magnetismo,
y del electricismo, buscó las causas, pro-
puso teorías, y pudo llamarse el primer
autor de física particular. Cardano y Por-
ta entraron en muchos puntos particula-
res del estudio de la naturaleza; pero fal-
tos de aquella justa desconfianza, y de
aquel crítico miramiento, que son pro-
pios de un filósofo, no merecieron el nom-
bre de físicos, ni tuvieron influxo alguno
en el adelantamiento de la física particular.
Lo tuvo, sí, Galileo, aunque ocupado en
investigaciones mas generales, pudiese
atender poco á disquisiciones particulares,
y Verulamio, que ha dexado muchísimas
útiles observaciones, y experiencias, aun-
que no reduxo materia alguna á un con-
veniente tratado. Siguiendo los pasos de
estos, se vió á una noble tropa de físicos
buscar su gloria en la investigacion de al-
gunos particulares fenómenos de la natu-
raleza; y Torricelli, los Académicos del
cimento, Boile, Guericke, y otros muchos
creyeron emplear dignamente sus filosó-
fi-

ficas fatigas en verificar el peso, y la elasticidad del ayre, la imposibilidad de comprimir el agua, el electricismo de varios cuerpos, y otros puntos semejantes, y se propagó entonces el honor y el estudio de la física particular, que despues se ha ido aumentando mas y mas, y ha seguido constantemente haciendo en todos sus ramos mayores progresos. Para dar de esto una breve noticia, pero con alguna claridad y distincion, nos apartaremos un poco del método que hemos guardado hasta ahora en los otros capítulos, y tomando distintamente algunos ramos particulares, seguiremos parte por parte los adelantamientos, que en cada uno de ellos ha hecho la física.

El ayre es uno de los elementos que tienen mas parte en todas las operaciones de la naturaleza, y por ello lo han estudiado mas los físicos. Dexando aparte las diversas opiniones que sobre su naturaleza han seguido los filósofos, queriendo unos que el ayre sea el principio universal de todos los cuerpos, quitandole otros todo propio ser, creyendolo solo compuesto de particulas de tierra y de agua,

pen-

Del ayre.

Gravedad
y elasticidad del ayre, reconocidas por los antiguos.

pensando otros que se forma de partes ramosas y ganchosas, otros de lisas y redondas, y otros imaginandolo de otros modos, pero sin que alguno deduzca ni pueda deducir mas que arbitrarias conjeturas; solo diremos, que los antiguos, aunque no todos, conocieron ya dos propiedades del ayre, que despues han sido olvidadas por muchos siglos; á saber gravedad y elasticidad. Aristóteles conoció el peso del ayre, y dió por prueba un cuero que estando hinchado, ó lleno de ayre, pesa bastante mas que vacío (*a*), y aseguró que el ayre abandonado á sí mismo, no sostenido por el agua, ni oprimido por el fuego, caeria al lugar del agua, y no subiria al del fuego (*b*). Séneca habla bastante de la tension, y de la elasticidad del mismo ayre, para hacernos ver que no era desconocida á los antiguos esta propiedad suya (*c*). La fuente llamada de Eron, la estatua de Memnon, el eolipila, y tantos otros inventos y máquinas de los antiguos, fundadas sobre la elasticidad y

(*a*) *De caelo* lib. IV, cap. IV. (*b*) *Ibi*. cap. V.

(*c*) *Natur. quaest.* lib. II, cap. VI, &c.

y sobre el peso del ayre, dan claro testimonio de sus conocimientos en este particular ¿Cómo pues se obscurecieron estas noticias, y quedaron por tanto tiempo dichas propiedades desconocidas y olvidadas de las escuelas peripateticas? ¿Cómo al producirlas de nuevo Galileo, Torricelli y otros modernos, fueron tan nuevas para los aristotélicos, y causaron tal maravilla en los animos de todos, que parecieron errores intolerables, é insufribles novedades, y excitaron la bilis filosófica de los escolásticos, acerrimos defensores de la doctrina del adorado Aristóteles? A mí me parece que en la práctica de las artes los conocimientos de aquellas propiedades del ayre jamas han dexado de estar en uso: las trompas, las escopetas de viento, las máquinas que se describen de Alberto Magno, de Regiomontano, y de otros filósofos y mecánicos de los tiempos baxos pueden ser una prueba evidente. Y sino las conocieron los escolásticos únicamente adictos á la física de Aristóteles, pueden encontrar alguna excusa en la incertidumbre y obscuridad de la doctrina de su maestro. Aristóteles es

cier-

Porqué
negada por
los escolás-
ticos.

cierto que dice que el ayre es pesado y grave, pero envuelve esta asercion con tal xerga de doctrina sobre la gravedad y ligereza absoluta y relativa, sobre los cuerpos graves, y cuerpos ligeros, sobre los mas graves y mas ligeros, y sobre tantos otros puntos inutilis, que no es de maravillar que se escapase á la penetracion de sus lectores, no muy atentos ni muy inteligentes. El quiere que sola la tierra sea grave, y el fuego solo ligero, y que el agua y el ayre gocen de ligereza y gravedad, y sean mas graves y mas ligeros; y como el agua es mas grave que el ayre y el fuego, y solo mas ligera que la tierra, y el ayre al contrario mas ligero que el agua y la tierra, y solo mas pesado que el fuego; asi el agua participa mas de la gravedad que de la ligereza, y el ayre al contrario de ésta mas que de aquella: y él en efecto llama con frecuencia graves la tierra y el agua, y ligeros el ayre y el fuego. Esta doctrina de Aristóteles, poco útil y poco verdadera, se halla expuesta obscuramente por él en todo un libro (a); pero

(a) *De Caelo* lib. IV.

ro la ligereza del ayre y el fuego está claramente repetida muchas veces acá y acullá; así que los escolásticos, sus secuaces, abrazaron esta idea mas facil y llana, y dexaron la doctrina mas intrincada y obscura; se acordaron que Aristóteles contaba el ayre entre los cuerpos ligeros en compañía del fuego; no buscaron si le daba ó no algun peso; lo contaron como ligero, y le negaron absolutamente la gravedad. Asi tambien no hablando Aristóteles de la elasticidad del ayre, y no siendo los escolásticos, por la falta que entonces habia de libros, y por su deseo de sutilizar con los propios pensamientos, muy amantes de la lectura de otros filósofos que Aristóteles y sus comentadores, no pudieron formar en sus escuelas una teoría, ni retener una clara noticia de esta propiedad, aunque explicada por Séneca con extension, pero no siempre con exâctitud. Preciso es pues venir á tiempos mas baxos para conocer mas justamente estas y otras propiedades del ayre. Sin registrar los libros de Aristóteles, ó de otros filósofos, solo con exâminar los hechos de la naturaleza, qualquiera podia cono-

Conocida
mas justa-
mente por
los moder-
nos.

Gravedad
del ayre
comparada
con la del
agua.

cer que el ayre no carecia enteramente de peso : ni puede negarse que los filósofos modernos que se distinguian de los escolásticos, y sabian pensar por sí mismos, hayan dexado de conocerlo. Galileo, Mersenno, Cartesio, y otros muchos aseguraron expresamente el peso del ayre, y aun empezaron á determinarlo, comparandolo, aunque con poca exâctitud, con el de el agua. Galileo creia poderlo suponer como 1 á 400; los Académicos Florentinos lo encontraron en una experiencia hecha por ellos como 1 á 1179, bien que en otras encontraron alguna pequeña variedad (*a*). Muschembroek (*b*) nos da una lista de las graduaciones diversas que han encontrado los filósofos en el parangon del peso del ayre con el del agua : y no solo se observa gran diferencia entre las determinaciones de autores diversos, como de Galileo $\frac{1}{400}$, de Mersenno $\frac{1}{1300}$, de Riccioli $\frac{1}{10000}$, sino tambien entre las de uno mismo hechas en tiempos, y en circunstancias diversas, viendose variar en

Boi-

(*a*) *Saggio d'esp. &c.* part. II. *Esp. var.*

(*b*) *Ibi. Addit.*

Boile desde $\frac{1}{1228}$ hasta $\frac{1}{814}$, y en Homberg de $\frac{1}{630}$ á $\frac{1}{1087}$. Las variaciones de densidad, y las varias impurezas del ayre y del agua que se pesan, hacen imposible una medida constante, y difícil una justa determinacion. Nollet, de las graduaciones diversas establecidas por los otros, establece una media como de 1 á 900; y otros comunmente quieren suponerla como de 1 á 800, ó 850. Conocian pues los filósofos el peso del ayre; y Galileo pensó tambien en valerse de él para explicar un fenómeno de la naturaleza, y se quiere Su presión. que derivando del mismo el ascenso del agua en el tubo, haya sospechado, que este no pueda pasar, como le hizo observar un jardinero florentin, de 32 pies, porque solo á esta altura de agua se equilibra el peso de una igual columna de ayre atmosférico. Esta que solo fué una simple conjetura, si llegó á ser tal en la mente de Galileo, se hizo una verdadera demostracion en las manos de Torricelli. Este con la invencion del barómetro mudó Barómetro. el agua en un fluido mas pesado, qual es el mercurio, suponiendo que este deberia quedar mas abaxo; y en efecto encontró

que el mercurio no ascendió mas que á 28 pulgadas, las quales cabalmente hacen equilibrio con 32 pies de agua, y por consiguiente tambien con la correspondiente columna de ayre atmosférico. Esta experiencia de Torricelli produjo una gran revolucion en la física, y en el modo de estudiar los fenómenos de la naturaleza. Roberval antes de adherir á la demostracion de Torricelli quiso probar si el ayre realmente gravita sobre los cuerpos inferiores. Los Académicos Florentinos repitieron con singular cuidado la experiencia de Roberval, y concluyeron con él no poderse realmente negar la gravitacion del ayre sobre los cuerpos inferiores. Y porque algunos Académicos eran de opinion que esta gravitacion pudiese ser contrastada con dos experimentos, en la apariencia contrarios, los repitieron atentamente, examinaron sus circunstancias, y confirmaron mas y mas, aún con aquellos mismos experimentos, no poderse poner en duda la verdad de esta gravitacion (a). Por otra via Pascal, valiéndose.

(a) *Saggio, &c. Esper. de Roberval, &c.*

dose del barómetro de Torricelli quiso probar la misma verdad, y lo hizo trasportar de lugares baxos á otros mas elevados, reflexionando que si el ascenso del mercurio en el barómetro se deriva del peso de la columna de ayre que gravita sobre él, siendo en una mayor altura menor, y menos pesada la columna atmosférica que está sobre él, debería ser igualmente menor la elevacion del mercurio; y habiendo en efecto ido por su orden Perrier á la montaña de Puy de Dôme en la Auvernia, encontró que el mercurio en las mayores alturas iba baxando, y que quando al pie del monte se mantenía á 26 pulgadas $3\frac{1}{2}$ líneas, en la cima descendia á 23 pulgadas 2 líneas: y esta misma experiencia repetida en una alta torre de una iglesia de Clermont, y en otras de Paris produjo siempre el mismo efecto (a). La gloria de este pensamiento, sea la que se fuese, la dan todos comunmente á Pascal; y él mismo francamente se la atribuye en su libro del equilibrio de

(a) V. Pascal *Traité de l'équil. des liqueurs.* (a)

de los líquidos ; así que parecería imprudente atrevimiento el querersela disputar. Sin embargo Cartesio en dos cartas á Carcavi, escritas en 21 de Junio y 17 de Agosto del año 1649 (a), expresamente dice que dos años antes sugirió á Pascal el hacer esta experiencia, asegurandole que surtiria el deseado efecto, aunque él no lo había conseguido, y por esto le pregunta á Carcavi si realmente se había puesto por obra esta experiencia, y que suceso había tenido. Y si hemos de decir la verdad la poca buena fé que mostró Pascal en todo el negocio de la cicloide, y en algunos escritos suyos hace bastante verisimil la asercion de Cartesio, aunque no sea de mucha autoridad en materia de propia alabanza, en la qual no podia gloriarse de mucha moderacion. Como quiera que sea esta experiencia, ó sea el que fuese el primer autor, ella ciertamente probó con evidéncia que el ayre tiene su peso, y que para ponerse en equilibrio con los fluidos, los oprime, y los ele-

(a) *Ep.* part. III. ep. LXVII, LXIX. (u)

eleva á una altura correspondiente á su diverso peso. Para mayor confirmacion de esta verdad quiso Boile hacerla sufrir la prueba de su máquina, establecerla con su irrefragable atestacion, y hacer ver si realmente la mayor ó menor elevacion del mercurio en el barómetro depende ó no del peso del ayre que le oprime. Aplicó para esto el barómetro á la máquina, y extrayendo de ella el ayre del modo acostumbrado, empezó el mercurio á descender tanto mas, quanto mayor era la extraccion; y volviendo despues á introducir el ayre, volvió de nuevo á subir el mercurio. Esta prueba repetida muchas veces, y de varias maneras, á presencia tambien de Wren, y de Wallis, no dexó mas lugar de dudar que el peso y la presion del ayre que está sobre el mercurio sea la verdadera y única causa de su ascenso en el barómetro. Mientras la invencion del barómetro, y las experiencias hechas con él llenaban la admiracion, y tenían en agitacion la Italia, y la Francia, Guericke en Alemania vivia del todo ageno de estas novedades, y en su retiro de Magdeburgo, sin tener noticia alguna de las

las experiencias de Torricelli, y de Pascal, probaba por otras vías la presión y el peso del ayre. El mismo refiere (a), que encontrándose en el año 1654 en la Dieta de Ratisbona, el P. Valeriano Magno, Capuchino, le mostró como un invento suyo un barómetro, y el vacuo que se hacia en el mismo, que despues, tanto por un libro del mismo P. Valeriano (b), como por varios otros autores, supo haber sido inventado antes por Torricelli. Pero él entre tanto, llevado de su fecundo y original ingenio, inventaba por sí otras muchas máquinas y experiencias para probar aquella misma verdad. Formó una máquina de dos globos de vidrio con una fistula, donde, extraído el ayre, y metida la fistula en el agua, esta en fuerza de la presión del ayre atmosférico ascendia por la fistula al uno ó al otro globo, segun las diversas miras del experimentador, y examinando hasta que altura subia el agua, encontró que jamas po-

(a) *Exper. nov. &c.* lib. III. cap. XXXIV.

(b) *Demonstratio ocularis, &c.*

podía superar la de 19 ó 20 brazas magdeburguesas, que es realmente la teoría de los tubos, y del barómetro, pero acompañada de circunstancias, que hacen mas y mas clara y evidente la presion del ayre atmosférico (a). Otra experiencia enteramente diversa presentaba mucho mas sensible la fuerza de la misma presion, esto es la de los famosos emisferios magdeburgueses. Estos emisferios vacios internamente de todo ayre, estaban oprimidos del peso del ayre atmosférico con tanta fuerza, que ni 16 ni 24 caballos, ni centenares de libras de peso bastaron para separarlos, ni hubieran bastado mucho mayor número de caballos, ni de libras de peso, si hubiera sido mayor la superficie de los globos, y mayor por consiguiente la columna de ayre que los oprimiese (b). Donde es de observar que la experiencia algo semejante á esta, esto es, de dos planos levigados, ó bruñidos, bien unidos, y muy dificiles de separar se habia

Emisferios
magdebur-
gueses.

Tom. VIII.

Rr

ya

(a) *Demonstrat'io ocularis*, &c. cap. XVII, XVIII, &c. (b) *Ibi*. cap. XXIII, XXIV, &c.

ya hecho antes, y que Cartesio explicaba sus efectos con la gravedad de la columna del ayre que está encima y oprime (a), como lo hacia Guericke para sus emisferios. De este modo la gravedad y el peso del ayre no bien entendido, ni bastante conocido por Aristóteles, ni por los otros antiguos, y obstinadamente negado por los aristotélicos posteriores, fué por diversas maneras puesto en su verdadera claridad, y sólidamente fixado por los filósofos modernos de Italia, de Francia, de Inglaterra, y de Alemania.

Elasticidad
del ayre.

No estudiaron menos los mismos para conocer íntimamente, y hacer clara y sensible la elasticidad del mismo ayre. Esta, conocida confusamente por los griegos, y por los romanos, y no enteramente borrada de la mente de los hombres en los tiempos posteriores, reguló á los mecánicos en la invencion de algunas máquinas ingeniosas, y sirvió tambien á los mismos filósofos para la formacion de los sistemas, y para la expli-
ca-

(a) *Epist.*, part. II. ep. XCVI.

cación de los fenómenos de la naturaleza. Pero el conocimiento que aquellos tenían de esta elasticidad, no era mas que una vaga y confusa noticia de observarse en el ayre alguna facultad de condensarse y rarefacerse. El verse esto principalmente por medio del calor y del frio, dió motivo á los modernos para fabricar los termómetros, y medir con ellos la mayor condensacion ó raridad del ayre con el mayor frio ó calor. Pero no se habia pasado á exâminar otros fenómenos, y fixarlos con alguna precisa determinacion. Célebre fué, y famosa por la novedad, la experiencia de Roberval, el qual sin calor, y sin otro auxilio alguno extrínseco, con una vexiga que en el vacuo se hincha, é introducido de nuevo el ayre se deshinchâ, hacia ver sensiblemente la elasticidad del ayre, que naturalmente de por sí se condensa y se rareface (a). Esta experiencia fué desde luego mejorada, y reducida de varios modos á mayor

Rr 2 exâ-

(a) V. *Academia del Cimento. Esp. del Roberval*, &c. Boile tom I. exper. IV.

exâctitud por los Académicos Florentinos, por Guericke, por Boile, y por otros; y Boile y Guericke conocieron y demostraron de algun modo la elasticidad del ayre atmosférico condensado y comprimido en las capas inferiores con el peso de las que están sobre ellas, y dilatado por sí mismo en las partes superiores por la natural elasticidad (a); con lo qual la elasticidad del ayre columbrada antes solo confusamente, y únicamente derivada del frio y del calor, ó de alguna externa presion y dilatacion, fué, por decirlo asi, tocada con la mano, y en varios aspectos mirada y reconocida como producida por la sola presion del propio peso y por la naturaleza del ayre mismo. La experiencia de Roberval hizo pensar á los filósofos que debiese darse un grado fixo, mas allá del qual no pudiera extenderse el ayre. Se procuró pues determinar hasta que punto pudiese llegar esta elasticidad. Cartesio no sabia decir, ni aun por conjetura, si el ayre es mas capaz de dilatacion,

ó

(a) Lib. III. cap. XXXIII.

ó de compresion (a), y esta irresolucion que en Cartesio nacia de falta de observaciones, dura aun en los físicos por la diversidad de las muchas que despues se han hecho. Es imposible decidir si el ayre puede rarefacerse mas que condensarse, mientras no se sepa hasta que grado pueda hacerse lo uno y lo otro, aunque las experiencias hechas hasta ahora, hayan llegado á producir una rarefaccion mayor que la condensacion. La primera medida hecha con alguna exâctitud de la dilatacion del ayre fué la de los Académicos Florentinos, los quales en tres diferentes experiencias encontraron tres resultados diversos, ora de 1 á 209, ora de 1 á 182, y finalmente de 1 á 174, y esta última les pareció á ellos, pero falsamente, la medida mas exâcta (b). No agradó á Muschembroek el método de aquellos académicos (c): ni en efecto fué seguida su determinacion por los físicos posteriores. Boile llegó poco despues á

Su dilatacion.

au-

(a) Epist. CIX. part. II. (b) *Esper per conoscere se l'aria*, &c. (c) Ibid. addit. p. 37.

aumentar la rarefaccion del ayre trece mil veces mas que la natural (a). No pudo hacer otro tanto Mariotte; pero produjo una extensión 4000 veces mayor que la del ayre atmosférico en la superficie de la tierra. Muschembroek no se contentó con la medida de Mariotte, ni con la de Boile, aunque tanto mayor; sino que reflexionando sobre las pequeñas burbujas de ayre que en la máquina pneumatica se levantan del agua, y calculando la diversidad de las esferas en que van creciendo, concluyó que la partícula de ayre condensado, de la que se forma una burbuja de media pulgada quando rarefacta es respecto á esta como 1 á 46656000000 (b). Dexo infinitas otras determinaciones, las quales, aunque son entre sí diferentes, como deben serlo, por las diversas circunstancias del ayre, por la variedad de los observadores; y por la diferencia de sus métodos; sin embargo todas convienen en demostrar que el ayre está dotado de una

(a) Mira aer. raref. cap. III. (b) Ubi supra pag. 38.

una inmensa dilatabilidad, á la qual no es facil señalar los límites: y lo mismo puede decirse de su condensacion. Boile y otros físicos del siglo pasado comenaron á condensar el ayre notablemente, y Halley, siguiendo algunas observaciones de la Real Sociedad de Londres, y de la Academia del *Cimento*, concluyó que no hay fuerza capaz de acrecentar mas de ochocientas veces la densidad del ayre sobre la superficie terrestre (a). Pero Ales llegó á reducirlo á tal compresion que solo ocupase $\frac{1}{1838}$ de su volumen (b), ó bien $\frac{1}{1537}$, segun la interpretacion que da á su cálculo Buffon (c); y Amontons, calculando la condensacion del ayre producida por la presión del propio peso de la columna que está sobre él, deduce, que siguiendo de este modo comprimiendose baxo de tierra, á la profundidad de 18 leguas igualaria la densidad del mercurio, y á 19 leguas la del oro, y así iria siempre creciendo mas y mas (d): y aunque

Condensabilidad.

(a) V. Amontons *Acad. des Sc.* 1703. (b) *Stat. des veget.* Append. (c) *Ibi* Not. (d) *Acad. des Sc.* 1703.

Fenóme-
nos de es-
ta elastici-
dad.

los filósofos han encontrado que en los extremos de la rarefaccion , y de la condensacion no guarda el ayre la proporcion con los pesos que lo oprimen que en el estado medio de ella , sin embargo podremos decir fundadamente, que el ayre como es capaz de una rarefaccion superior á quanto nuestra mente pueda pre-
fixar , así puede igualmente reducirse á una casi infinita densidad. Una de las verdades que primero se descubrieron acerca de esta elasticidad , fué su conservacion por mucho tiempo , sin que nada pierda de su fuerza. Los otros cuerpos elasticos si estan mucho tiempo comprimidos pierden, ó á lo menos se disminuye su elasticidad ; pero el ayre, observó Roberval, que despues de haberse dexado en una escopeta de viento condensado por 15 ó 16 años , conservaba el mismo ímpetu en rarefacerse , ó la misma elasticidad ; lo que ha sido despues confirmado por Desaguliers, y por otros físicos posteriores, bien que Nollet cree que rara vez podrá darse que las valvulas cierren el ayre harto constantemente para conservar tales escopetas cargadas por mucho tiempo

po

po (a). No del ayre condensado y comprimido, sino del rarefacto quiso Boile exâminar con mayor cuidado si la virtud elastica duraba constante é igual por mucho tiempo, y aunque una contraria combinacion de varias circunstancias no le permitió decidirlo con seguridad, sin embargo los pequeños ensayos que llegó á hacer, le manifestaban bastante que se conservaba entera é ilesa sin conocerse disminucion (b). Mas ingenioso y mas importante ha sido el descubrimiento de la ley que sigue el ayre atmosférico en su condensacion. Boile solo la insinuó acá, y acullá; pero Mariotte con las experiencias y el raciocinio determinó como ley de la naturaleza, que el ayre se condensa á proporcion del peso que lo oprime, y resolvió con esta ley muchos curiosos problemas de física (c), y mostró que el ayre atmosférico que respiramos, está en un grado de densidad qual la tendria un ayre comprimido por 28 pulgadas de

Tom. VIII. Ss mer-

(a) *Leçons de Phys. exp.* t. III. lez. X. (b) *De durat. virt. elast. aer. exper.* (c) *De la nature de l'air.*

mercurio. Posteriormente se ha encontrado esta ley de Mariotte no enteramente conforme á todas las circunstancias del ayre; pero ella bastó para dirigir á los físicos en la investigacion de otras mas exáctas. Ademas de la gravedad, y la elasticidad han dado los físicos al ayre la fluidez, que Boerahave creyó poder poner en duda (a), pero que nadie se la puede disputar. Algunos le han querido atribuir tambien humedad, otros calor, y otros otras propiedades, que ni han sido bastante demostradas, ni son tan fecundas de verdades físicas, que merezcan largos discursos.

Físicos
ilustradores
del ayre.

Todas estas propiedades, singularmente las dos primeras, han merecido al ayre una particular atencion de todos los físicos. Boile y Mariotte pueden ser mirados como los ilustradores del mismo, y como los primeros maestros de la aerología. La máquina pneumática dió campo á Boile para descubrir muchas verdades pertenecientes á aquel elemento, y

pa-

(a) *El. chem. De aere.*

para hacernos ver quales sean sus propiedades y sus fuerzas , y quanta parte tenga en la vida de los animales , en la conservacion del fuego y de la llama , en la robustez, y en el vigor de todos los cuerpos naturales ; toda la naturaleza parecia tomar un nuevo aspecto , quando se veía por él obligada dentro de su máquina á desnudarse del ayre de que la vemos revestida ; y alli realmente comparecia el ayre como en su propio trono armado de su poder , soberano y árbitro de la vida y de la muerte de todos los cuerpos naturales , director de la naturaleza , animador del universo. Las infinitas experiencias , y las muchas miras que sobre el ayre ha dexado Boile , han guiado á los físicos posteriores para penetrar mas intimamente en el exâmen de todos los fenómenos de sus propiedades. Mariotte las ha mirado con ojos mas filosóficos , nos ha dado algunas harto mas precisas determinaciones , ha buscado las causas , ha derivado de ellas muchos fenómenos , ha propuesto ingeniosas explicaciones de algunos efectos , y ha formado un tratado metódico de la naturaleza , y de las pro-

piedades de este importante elemento (a). En la contemplacion del mismo se han ocupado intensamente los Académicos de Paris, que parecen elegidos por la naturaleza para sus confidentes, y reveladores de sus misterios. Los ingeniosos y útiles inventos que imaginó Amontons de un molino de fuego, y de un nuevo termómetro, lo conduxeron á nuevas y profundas investigaciones, y á sutiles determinaciones sobre la elasticidad, y sobre las fuerzas del ayre. Se propuso exâminar quanto aumente el calor en el ayre la fuerza de elasticidad, y encontró que un igual grado de calor produce siempre la misma fuerza elastica en las masas de ayre comprimidas por el mismo, ó por un peso igual, aunque dichas masas sean desiguales; y que tanto en grandes como en pequeñas masas de ayre el calor del agua hirviendo da un aumento de fuerza elastica de poco mas de un tercio de la que tiene el ayre sobre la superficie de la tierra; esto es, que si este, segun la sobredicha ley

(a) *Oeuvres* tom. I, *De la nature de l'air.*

ley de Mariotte, condensado por el peso de la columna atmosférica que gravita sobre él, tiene una elasticidad capaz de sostener una columna de 28 pulgadas de mercurio, inflamado con el calor del agua hirviendo, podrá sostener otra de 38 pulgadas (a). Pero despues internandose en mas individuales investigaciones, y siguiendo mas de cerca los pasos de la naturaleza, descubrió que quanto mas condensado estará el ayre, tanta mayor fuerza le dará el mismo grado de calor; y asi como la densidad del ayre sigue la proporcion del peso que lo oprime, asi podrá decirse que el aumento de elasticidad, producido por el mismo calor, será proporcionado al mayor peso comprimente; y que si el calor del agua hirviendo aumenta cerca de un tercio la elasticidad del ayre atmosférico, ó del ayre comprimido por un peso de 28 ó 30 pulgadas de mercurio, y lo hace capaz de sostener una columna de diez pulgadas mas, ó de 40 pulgadas de mercurio, de cerca de

(a) *Acad. des Sc.* 1699.

de un tercio será igualmente el aumento que producirá el mismo calor en un ayre comprimido por el peso de 60 pulgadas de mercurio, y podrá este sostener una columna de 20 pulgadas mas, ó de 80 pulgadas de mercurio: así que la misma porción de ayre con el mismo grado de calor tendrá mas ó mehos fuerza elastica, á proporcion que estará mas ó menos condensado, y segun será mayor ó menor el peso que lo oprime. Del mismo modo tambien en un ayre igualmente condensado un calor mayor podrá aumentar mas y mas la fuerza de la elasticidad. Pero todo esto es en el caso que el ayre comprimido no tenga espacio para rarefacerse; porque de otro modo quanto mas podrá dilatarse, otro tanto se minorará su elasticidad, ó, mejor diré será menor su presion contra los cuerpos circunstantes, puesto que la rarefaccion del ayre es lo mismo que esta presion, el efecto de su elasticidad (a). Estas teorías de Amontons le presentan nuevas miras físicas.

(a) *Acad. des Sc. an. 1702.*

sicas, y encuentra en ellas el medio de hacer sensible, y de reducir á cálculo la causa de los mas violentos terremotos. Si el ayre se condensa proporcionalmente á los pesos que lo comprimen; si en razon de tales pesos crece su elasticidad; si esta se aumenta aun mas, segun el mayor calor que la promueve, ¿que incomprehensible condensacion y elasticidad no tendrá el ayre en las profundidades subterráneas, donde está comprimido por tan enormes pesos, é inflamado por calores incomprehensiblemente mayores del que hasta ahora hemos calculado del agua hirviendo? ¿Que es de admirar que á un tal ímpetu y empuge del ayre rebienten los mares, se rasguen los montes, se eleven los valles, se abran cavernas, se revuelvan pedazos de la superficie de la tierra, se trastorne la faz de nuestro globo (a)? Jamas va solo un descubrimiento, y puede justamente decirse, que el ser fecunda es esencia de la verdad. Las teorías de la elasticidad del ayre llevaron á la Hire á la

(a) *Acad. des Sc. an. 1703.*

la explicación de los efectos de la polvora, del tiro de los cañones, de la subida de los cohetes, del estallido de los rayos, y de los truenos, de la violenta salida del agua de alguna fuente, de muchos curiosos fenómenos de la naturaleza y del arte (a). Las *lágrimas batavicas* hicieron pasmar á los filósofos hasta que pensaron en reducir sus prodigios á esta elasticidad. En beneficio de la respiracion, de la salud, y de la humanidad ha reducido Desaguliers estas poderosísimas propiedades del ayre, y con el auxilio de los conocimientos físicos sobre el mismo ha inventado los ventiladores, y otras máquinas que han librado de la infeccion del ayre á los hospitales, y otros lugares, donde la concurrencia de muchas personas lo hacia peligroso.

Aplicacion del barómetro á la medida de los montes y de la atmosfera.

Con las noticias de la gravedad y de la elasticidad del ayre se elevaron otros á medir la altura de los montes, y á reducir á cálculo la densidad y la elevacion de la atmosfera. Las experiencias de Pascal,

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1702. (a)

cal, y de otros muchos hicieron ver que el mercurio, el qual en los llanos al nivel de la mar está el barómetro á la altura de 28 pulgadas; en los sitios mas elevados está mas baxo, y se minora su altura en el barómetro, al paso que crece la de los sitios donde se hace la observacion. Por el descenso pues del mercurio se podrá conocer la elevacion de un monte, ó de un sitio alto, y por este descenso en tal elevacion podrá deducirse la altura de la atmosfera. Pero para esto es preciso fixar exáctamente que altura se requiere para que el mercurio descienda una linea: y en esto se ve desde luego notable discrepancia en las observaciones. Muschembroek nos presenta una larga lista de muchas de estas, hechas en Francia, en Inglaterra, en Suecia, en Holanda, y en Alemania, y encontrandolas todas diversas forma una tabla de las diferentes alturas que han sido precisas para producir el descenso de una linea en el mercurio (a). Nosotros remitiendo los lec-

Tom. VIII.

Tt

to-

(a) *Tentamina, &c. Exper. primo in Gallia, &c. Additam.*

tores á este lugar de Muschembroek, solo reflexionaremos con él, y con los otros físicos, que la diversidad de los tiempos y de los lugares de las observaciones, necesariamente debe producir diversidad en el peso y en la elasticidad del ayre atmosférico, y por consiguiente no pequeña diferencia en los resultados. A estas dificultades, nacidas de las variaciones de la atmosfera, añade Nollet (a) las que provienen de la delicadeza de las observaciones, tratandose de señalar con precision y exâctitud en un tubo, no siempre perfectamente igual por dentro, á traves del vidrio que produce alguna refraccion, donde una pequeña coesion del mercurio, y la misma figura esferica de sus partes perjudica á un exâcto equilibrio los estrechos límites de una justa linea. Asi que no debe causar admiracion que se hayan encontrado notables variedades en tales medidas. Pero sin embargo, por el atento cotejo de tantas observaciones han creido los físicos poderse tomar justamente la altura entre diez y

Proporcion
del descenso
del mercurio
con
la altura de
los montes.

(a) Lex XI.

doce toesas, ó entre 60 y 70 pies por el descenso de una línea. Cassini, que á la finura de la vista medidora juntaba la práctica de freqüentísimas observaciones en casi todos los montes de Francia, empezadas despues del año 1670, y continuadas hasta ya entrado este siglo, calculaba por el primer descenso de una línea el intervalo de 61 pies, el de 62 por la otra línea; y así á cada línea de descenso aumentaba un pie mas en la altura; y Maraldi confrontando esta regla con los resultados de las observaciones del mismo Cassini, de la Hire, y de otros; la encuentra siempre bastante justa, y conforme á las medidas geométricas tomadas por otra parte de tales alturas (a). Mariotte ateniendose á su principio fixado con algunas experiencias, de que las condensaciones del ayre son segun la proporcion de los pesos que lo comprimen, estableció encontrar por una progresion geométrica las diversas alturas de ayre que corresponden á cada línea de mercurio, y des-

Tt 2 pues

(a) *Acad. des Sc.* an. 1703.

pues para facilitar mas el cálculo mudó esta progresion geométrica en otra aritmetica, y la aplicó á las observaciones de Pascal, ó de Perrier, y á una de Cassini, sin notable variacion de resultados. Pero Jacobo Cassini fundado en estas y en infinitas otras observaciones del mismo Cassini, su padre, y de otros muchos, combatió la ley de Mariotte, y confirmó la de su padre, y de Maraldi, y con una tabla de cálculos de la una y de la otra, y de los resultados de las observaciones hizo tocar con la mano la verdad de sus razones (a). Con los cálculos de Cassini se miden con bastante exâctitud las alturas de los montes, como ademas de las pruebas dadas por Jacobo Cassini, y por Maraldi (b), lo demuestra claramente de Luc (c). Pero para la medida de la altura de la atmosfera de ningun cálculo podemos tener seguridad, no sabiendo en que proporcion se rareface el ayre á medida que se disminuye su masa. Mariotte,

Dificultad para determinar la altura de la atmosfera.

ate-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1705. (b) *Loc. cit.*

(c) *Recher sur les modif. de l'atmosph.*

ateniendose á la proporcion fixada por él de la densidad del ayre con los pesos que lo comprimen, determinó á 15 leguas la altura de la atmosfera. Pero la ley de Mariotte se observa solo en las densidades medidas del ayre, no en las extremas : el ayre muy condensado no recibirá con igual aumento de peso igual acrecentamiento de condensacion ; y en las alturas superiores, quando será poco el peso que lo comprima, se dilatará mucho mas, como sucede generalmente en los cuerpos elasticos, y con la separacion de un peso menor recibirá mucha mayor rarefaccion : ni se puede con razon alguna determinar fundadamente que proporcion siga en todos los estados diversos su elasticidad, y por consiguiente en vano se querrá determinar por este medio la altura de la atmosfera. Fontenelle, observando que en las experiencias de las condensaciones del ayre hechas por Mariotte, renovadas por el jóven Cassini, y con mayor diligencia y sagacidad repetidas por Amontons, se guarda con bastante exâctitud en el ayre condensado en los tubos la ley de Mariotte, y que esta

ta falta en el ayre atmosférico al llegar á una altura bastante notable, como se ha visto en las observaciones de Cassini, y de los otros, conjetura no sin razon, que hay alguna diferencia entre el ayre libre y el ayre encerrado en un tubo, ambos igualmente rarefactos (a): y este seria á la verdad un notable descubrimiento sobre el ayre atmosférico, si se comprobase bien con los hechos. Pero Amon-ton que empezó á darnos algunas luces con sus experiencias, murió antes de llevarlo á la debida ilustracion; ni sé que despues haya salido otro con mayor felicidad en reducir á demostracion esta ingeniosa conjetura. Otro camino tomaban los astrónomo-físicos para medir la atmosfera, y de la duracion de los crepúsculos arguyeron su altura, debiendo aquellos durar tanto mas, quanto mas elevada sea la atmosfera que nos reflecta aquellas partículas de la luz solar. Keplero se valió de este método, pero sin saberlo reducir á la debida perfeccion (b). La Hi-

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1705. (b) *Astr. opt.* cap. IV.

Hire (a), y Halley (b), lo siguieron con las mas prudentes miras, y con las mas sutiles cautelas, y determinaron á 15 ó 16 leguas la altura de la atmosfera. Pero sin embargo posteriormente Mairan la subió á muy superior elevacion, y le dió una extension de 200 y mas leguas (c).

La figura de la atmosfera dió tambien campo á las disquisiciones de los físicos, que no contentos con señalar la altura en los sitios de sus observaciones, quisieron determinarla por todos los puntos de nuestro globo. Observó Richer en la Cayena que el mercurio jamas superaba las 27 pulgadas y una linea, quando en el observatorio de París pasaba á veces de las 28 pulgadas; y por estas observaciones de Richer sospecharon algunos que en la mayor inmediacion al equador fuese menor, y quedase mas baxa la atmosfera, y que por consiguiente el ayre, comprimido por una menor columna, elevase menos el mercurio en el barómetro. De una

Figura de
la atmos-
fera.

(a) *Acad. des Sc.* an 1713. (b) *Trans. phil.* 1686. n. 181. 1719. n. 360. (c) *De l'aurore boreal.*

una contraria observacion de Wallerio sacó el jóven la Hire la misma consecuencia. Wallerio en las minas de Falun, y sobre la montaña Grufriisberget, estando el mercurio á la altura de 27 pulgadas 5 líneas, observó que una línea de mercurio no importaba mas que 10 toesas, 1 pie y 6 pulgadas; y la Hire confrontando esta observacion con las francesas, las quales todas dan mayor altura á cada línea de mercurio, concluye deberse creer mas condensado el ayre de Suecia que el de Francia, y deducirse de aqui que sean mas altas las columnas de ayre atmosférico, ó mas alta la atmosfera en Suecia, que en Francia (a). Pero estas razones no tienen mas que una ligera apariencia, y son contrastadas por otras contrarias, tal vez mas fuertes, y por esto no han podido inducir á los físicos posteriores á dar á la atmosfera aquella graduacion de alturas que las sobredichas observaciones parecen indicar, y la figura de la atmosfera queda mas incier-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1712.

cierta y obscura que su misma elevacion tan variamente confusa. Antes de dexar esta materia recomendaremos una nueva observacion que sobre la atmosfera ha hecho Toaldo, y que de algun modo habia sido antes insinuada por Buffon (a), y despues con nuevas observaciones y razones ha sido confirmada por Chimine-
llo. De una larga serie de observaciones meteorológicas, que por muchos años hizo en Padua Poleni, las quales prueban que el barómetro se resiente de un modo sensible en la accion de la Luna del apogeo al perigeo, de las sizigias á las quadraturas, sacó Toaldo una variacion, que llama *mensual*, en el barómetro y despues pasó á buscar una *diurna*, y á formar su *fluxo y refluxo* en el ayre de la atmosfera como se observa tantos siglos ha en el agua de la mar. Y si Frisio, reconociendo, en las observaciones meteorológicas que Lambert hizo en Norimberga, por 11 años, y en las de Poleni en Padua por 36, indicadas variaciones en la at-

Fluxo y
refluxo de
la atmos-
fera.

Tom. VIII.

Vv

mos-

(a) *Hist. nat.*, &c. tom. II. art. XIV. ed. in. 12.

mosfera correspondientes á los puntos lunares, no cree que aquellas observaciones sean, ni puedan ser de tal exâctitud que pueda concluirse con seguridad las pretendidas variaciones atmosféricas (a); Toaldo no por esto se acobarda, da solución á las oposiciones de Frisio, y á otras que se le podrian hacer, responde á todo, y con repetidas y diligentísimas observaciones suyas y de Chiminello, que merecen todo credito, establece aquellas constantes variaciones; y si al principio no conoció ser mas que una al día, despues encontró aun dos particularmente en algunos dias de ciertos puntos lunares (b). De estas dos mareas atmosféricas no solo ha confirmado posteriormente Chiminello la verdad con mayor aparato de argumentos, de observaciones, y de calculos, sino que tambien se ha internado á buscar las causas físicas, que con no poco fundamento ha creído poder presentar al publico (c).

Quan-

(a) *Cosmogr.* lib. III. cap. II. *Append.* (b) *Hist. de P. Acad. de Berlin* an. 1778. (c) *Acad. di Padova* tom. I.

Quanto hemos dicho hasta ahora de las propiedades y de los fenómenos del ayre, todo versa sobre el ayre atmosférico: no conocian otro que éste los físicos, y de este observaban los efectos, y buscaban las propiedades. Ales descubrió otra especie de ayre diverso, de otras qualidades, de otros atributos, de otras virtudes, y produjo para él una nueva aerología: el ayre fixo, explicado y desenvuelto por Ales, ha necesitado nuevos instrumentos, nuevas experiencias, y nuevas miras, y por decirlo así, ha hecho nacer una nueva física. Todos los cuerpos contienen mas ó menos cantidad de ayre, que atenuado, dividido, y puesto entre las moleculas del cuerpo, se encuentra allí como fixo y oprimido, y se puede por consiguiente disolver, y separar de varios modos. Este ayre, que por el estado en que se encuentra dentro de los cuerpos, se llama fixo, fué ya conocido por los químicos y físicos, y particularmente Van Helmont, Boyle, y Mariotte manifestaron tener un conocimiento bastante justo, y supieron encontrarlo en algunos cuerpos. Pero como Ales lo exâ-

Ayres facticios.

Escritores de estos ayres.

Ales.

minó con mejor vista y lo manejó con método mas fino, es reputado por su inventor, y tiene la gloria de ser venerado como creador de este nuevo ayre. El en efecto descubrió en todos los cuerpos líquidos y sólidos, animales, vegetales y minerales, en el tártaro, en las piedras de la vexiga, y en todos los cuerpos una porcion de ayre encerrado y condensado; encontró el modo de extraerlo, dió el medio para medirlo, describió muchas propiedades suyas, algunas comunes con el ayre atmosférico, otras enteramente diversas; manifestó muchos de sus particulares efectos, hizo ver en algunos cuerpos la virtud de producirlo, en otros de observarlo, y lo probó todo con varias y oportunas experiencias las mas completas que tenemos aun ahora, como dice Lavoisier (a); inventó instrumentos, propuso métodos, estableció teorías, y echó los fundamentos de una ciencia particular de este nuevo ayre (b). Pero Ales, pro-

(a) Opusc. phys. et chim. tom. I, cap. III.

(b) *Stat. de veget.* cap. VI.

profundo meditador, y diligentísimo experimentador era mas apto para la invencion, que para la exposicion de la verdad: su libro hecho para los amantes de la verdad la mas desnuda, y no para ser leído agradablemente, sino para ser atentamente estudiado, es una coleccion de una infinidad de hechos utiles y curiosos, cuyo enlace no se descubre á primera vista, y supone en sus lectores penetracion de ingenio, y multiplicidad de conocimientos, que no son comunes á muchos y por consiguiente sus descubrimientos, como dice su mismo traductor Buffon (a), no produxeron aquel efecto que hubieran producido si hubiesen sido presentados con otro método; y su doctrina no causó tanto ruido, ni se adquirió tantos sequaces, como mereee su novedad, solidez, y utilidad. Sin embargo se empezó á tratar algo mas de este ayre, aunque baxo de otros nombres diversos, y á conocerse mas intimamente algunas propiedades suyas; y Brown-

rig

(a) Prefaz.

rig (a), Venel (b) y algun otro, siendo antes reconocido solo por nocivo, empezaron á aplicarlo á usos saludables. Lavoisier (c) da una bastante justa y completa idea de la teoría de Black y de Jacquin, de los trabajos de Saluzzo pertenecientes á esta materia, de las experiencias y descubrimientos de Cavendish, de la teoría de Mayer, destructora en gran parte de la antes alabada de Ales, de Black y de Macbride, de la doctrina de Crans, de Smet, de Rouelle, de Beaume y de algunos otros; y nosotros remitiendo á aquel docto autor los lectores que deseen tener distinta noticia de esto, dirigiremos nuestro discurso hacia el famoso Priestley. Los primeros físicos ilustradores del ayre fixo no tenian de este bastante claras y precisas ideas; su mismo padre y maestro Ales, falto de las noticias necesarias, y de los mas finos instrumentos, no sacó siempre justos los resultados de sus experiencias, y calculó con

(a) *Philos. transact.* tom. LV. (b) *Mem. present. á l' Acad. des Sc. de Paris* vol. II. (c) *Opusc. phys. et chym.* tom. I: *Precis, hist. sur les eman. elast.*

con sobrada restriccion los productos, confundió vagamente el ayre fixo con el atmosférico, no supo distinguir bastante las propiedades, y las diferencias de uno y de otro, y no llegó, en suma, á adquirir la posesion de aquel ayre, del qual fué el descubridor, y por decirlo asi el creador. El dominio y la posesion de éste le ha tocado algunos años despues á su paisano Priestley, el qual es justamente mirado como el maestro de toda la nueva aerología. Su genio industrioso y constante le ha hecho encontrar nuevos instrumentos, y nuevas operaciones, nuevos aparatos, y nuevos procedimientos con que refrenar un cuerpo tan libre, tan escurridizo y deleznable, constreñirlo y encerrarlo en sus vasos, moverlo y transportarlo á su arbitrio, hacerlo visible, manejarlo, dividirlo, y hacer de él rigurosísima anatomía, quando parecía una extrema sutileza el conocer su existencia. De este modo ha podido encontrar tantas especies diversas de ayre, exáminar las propiedades comunes á todas, y las particulares á cada una de ellas, presentarlas de un modo sensible y seguro, y ha-

Priestley.

cer-

cerlas conocer á sus lectores. De sus vasijas, de sus recipientes, y de sus vasos han salido el ayre fixo, el ayre nitroso, el ayre deflogisticado, el flogisticado, el inflamable, el ácido, el alkalino, y tantas otras especies diversas de ayre, y han venido á manifestar muchos secretos, que la naturaleza tenia ocultos en las cales, en los metales, y en tantos otros cuerpos naturales; y Priestley produciendolos, manejaendolos y dirigiendolos oportunamente á fines utiles, puede ser mirado como un nuevo Eolo, padre y gobernador, arbitro y dios de estos nuevos ayres (a).

Ayre fixo. El ayre mefítico de algunos sitios, y de algunos cuerpos era ya antes reconocido por nocivo á la vida de los animales: Priestley ha encontrado generalmente todo ayre fixo dañoso á la conservacion de los animales, de los vegetales, de la llama y de los colores; pero tambien lo ha descubierto capaz de comunicar al agua comun el gusto acidulo de algunas mine-

ra-

(a) *Exper. ed osserv. su differ. spezie d' aria; ed Esp. su diff. vani della fisica &c.*

rales, y darle así artificialmente aquella fuerza y actividad que estas reciben de las manos de la naturaleza. Macbride, Percival, y otros medicos han reconocido en el ayre fixo algunas virtudes medicinales: la produccion de este ayre se ha hecho util para la curacion de las enfermedades putridas, de las piedras de la orina, del cancer, del escorbuto, y de otros males, y el descubrimiento de Priestley es muy salutifero y benéfico, y se hace siempre mas importante para la humanidad. El descubrimiento de la acidez que el ayre fixo comunica al ayre ha excitado entre los físicos una cuestión bastante agitada. Priestley su inventor, apoyandose en las experiencias de Hey, la cree natural, é intrinseca al ayre fixo, y quiere que él mismo sea una especie de ácido natural, ó un ácido de un género particular, y suyo propio, ó como lo llama Bergman, un ácido aereo fundado en las experiencias hechas por Hey (a); y de

Tom. VIII.

Xx

es-

(a) *Exper. ed osserv. su differ. spezie d' aria*, Append. *Dettaglio d' alcune sper.* &c.

esta opinion son igualmente Achard (a), y otros muchos. Pero Fontana, examinadas con mas atencion las experiencias de Hey, y las razones de Priestley, y hechos por él nuevos y mas decisivos experimentos, concluye que aquella acidez deba creerse no innata, sino extrangerá al ayre fixo; y como este ingenioso físico no sabe tocar materia alguna sin enriquecerla con nuevas luces, pasa á demostrarnos que el ácido vitriolico está en el ayre fixo en un verdadero estado de disolucion; que por esto puede creerse que aquel ácido en el ayre fixo sirva de grande auxilio en muchas enfermedades, quando tan poco sirve el ácido vitriolico aun disuelto en el agua; que hay en el ayre atmosférico y saludable un principio de ácido volatil natural, y que puede encontrarse un instrumento, que nos indique en el ayre la mayor ó menor salubridad, y presenta al estudio de los físicos otras curiosas é importantes

(a) *Acad. de Berlin an. 1778. Mem. sur la desfog. de l'air flogist.*

tes verdades (a). No menos que del ayre fixo es ilustrador Priestley de tantas otras especies de ayre, que han ocupado á casi todos los físicos de nuestros dias. Pero ¿cómo es posible seguir uno por uno el ayre flogisticado y el deflogisticado, el ayre nitroso, el ayre alkalino, la numerosa familia de los ayres ácidos, y los infinitos descubrimientos que sobre cada uno de estos ayres han hecho Priestley, Cavendish, Lavoissier, Fontana, Landriani y tantos otros?

Solo el ayre inflamable, que tanto ruido ha hecho en estos dias, fixa algun poco nuestra atencion. De casi todos los metales, y semimetales, y de las sustancias animales sacaba Priestley con el auxilio de los ácidos el ayre inflamable, el qual se muestra ser diferente del comun por el olor, por la ligereza, por el mefitismo y por otras qualidades; y es verdaderamente inflamable, porque se enciende, y se inflama acercandolo á la luz. Omito las disputas agitadas por los físicos.

Ayre inflamable.

Xx 2

si-

(a) *Ricerche fisiche sopra l' aria fissa. Descr. é usi d' alcuni strom. per misurare la sal. dell' aria.*

sicos sobre la accion que el agua exercita contra el ayre inflamable, quando entrambos se mezclan en un mismo vaso, sobre la mayor ó menor conservacion de este ayre, y sobre otros puntos semejantes; y paso á los descubrimientos de Volta en esta materia, que le han merecido un distinguido crédito. El fue el primero que sacó naturalmente de los canales, de los fosos, de los rios, de los lagos, de los lugares cenagosos y lodosos una pronta y copiosa cantidad de este ayre, y nos dió de este modo un ayre inflamable natural. El ha inventado nuevos aparatos, para recoger, y manejar mejor el ayre inflamable. El ha encontrado ser no una, sino muchas y diversas las especies de este, y ha señalado á cada especie sus propiedades y diferencias. El ha descubierto tantas nuevas verdades sobre este ayre que de algun modo se hace superior al mismo Priestley, quien parece quererle reconocer en esta parte como maestro (a). Célebre es no solo en

S. XX

to-

(a) V. *Lettere su l'aria inflam. Lett. al sig. Priestley &c. Let. al sig. March. Castelli &c. ed altri.*

toda Europa, sino en América, y en todas partes, donde se conoce la verdadera física, el pistolete eléctrico de ayre inflamable, que ha inventado y reducido á uso este ingenioso físico (a). A él tambien atribuye Scopoli la invencion de otras máquinas, de otras observaciones, y de otras teorías, que acarrean mas y mas gloria á su nombre, y hacen la ciencia aerológica mas curiosa é importante (b). Para mayor celebridad del ayre inflamable, y para mas noble ilustracion de la doctrina del ayre han venido en estos dias los globos aerostáticos, los
 Globos aerostáticos.

quales han desaparecido muy presto sin haber producido á la física, y á las otras ciencias las ventajas que se esperaban. A los dos hermanos Montgolfier, no menos apasionados á las ciencias físicas, que á los conocimientos pertenecientes al arte de hacer el papel, por lo qual han dado tan-

to

(a) *Lett. al sig. March. Castelli sopra un moscheo é pistola d' aria infiammabile.*

(b) *Dizion. di Chim. del Muquer. art. Ari ainflammabile.*

to credito á su fábrica de Annonay, se debe la invencion de esta célebre máquina, que primero la hicieron con el ayre inflamable, y despues mas simplemente con el ayre rarefacto con el fuego. La mayor ligereza del ayre inflamable sobre la del atmosférico, y la facilidad con que se elevó un tafetan lleno de aquel ayre conduxo á aquellos industriosos hermanos á un tan nuevo é inesperado descubrimiento, y habiendo hecho primero alguna prueba privadamente, despues en Junio de 1783 la expusieron á los ojos de todos, é hicieron elevar en el ayre un voluminoso globo de mas de 30 pies de diametro á preséncia del pueblo que lo miraba. Llegó desde luego á Paris la noticia de la máquina volante de Annonay, y el docto físico Charles, auxiliado de los dos hermanos mecánicos Robert se empeñó en dar un espectáculo semejante al pueblo de Paris. El ayre inflamable de Montgolfier era producido simplemente por el hecho de encender la paja mojada como el medio mas facil, y menos costoso; ayre que despues ha merecido el estudio, y las especulaciones del docto físico

co Achard. (a) Charles no sabiendo cosa alguna de las operaciones de Montgolfier, pensó, como era mas obvio en formarse el ayre inflamable con una disolucion metálica que lo hacia harto mas ligero, y ayudado para tan costoso gasto de una compañía de varios otros, hizo en el Agosto siguiente con el ayre inflamable metálico un globo aerostático de 12 pies de diámetro, que se elevó con una ligereza, ó fuerza capaz de levantar consigo el peso de 40 libras. Otro globo mas grande, y capaz de llevar por el ayre un peso de 700 y mas libras hicieron luego en Septiembre los Montgolfiers: algunos otros se dedicaron á formar semejantes globos: el célebre y desgraciado Pilatre de Rocier fué el primero que se atrevió á montar en él, y elevarse por el ayre; no pocos otros se empeñaron en seguir su valeroso exemplo; y todos fueron poseídos del entusiasmo de aquella nueva invencion: los físicos y los químicos buscaron los medios de producir un ayre mas

y

(a) Acad. de Berl. an. 1782.

y mas ligero , y menos costoso ; los matemáticos se aplicaron á calcular los movimientos de estos globos ; y los globos aerostáticos ocuparon el pensamiento y la atencion de todos. Ello era ciertamente un portentoso y maravilloso espectáculo el ver al hombre , que con sus coches pisa la tierra , y surca con las navés las olas del mar , superar igualmente con los globos aerostáticos las regiones del ayre , y caminar por todas partes como en triunfo , dueño del universo. *Nil mortalibus arduum est.* No es del objeto de nuestra obra el formar aqui la historia , y mucho menos el elogio de estos globos ; y solo diré á nuestro propósito , que ellos excitaron á los físicos á estudiar mas atentamente las propiedades diversas del ayre ; que dieron materia á varias doctas obras físicas y matemáticas acerca de su composicion , y de su movimiento ; que produxeron una nueva ciencia , justamente llamada aerostática , y cultivada por los doctos geómetras , hasta por el grande Euler , y que finalmente á toda la doctrina del ayre dieron nuevas luces , y utiles ilustraciones y hubieran sido muy ven-

tajosos á casi todas las otras ciencias, y aun tal vez á la sociedad, si tan presto, y casi en su nacimiento no hubieran sido abandonados. Si solo el ayre inflamable ha dado materia para tantos, y tan famosos descubrimientos, no ha sido inutil y esteril el estudio de las otras especies diversas de ayre. ¿Quántas bellas experiencias y observaciones no han hecho sobre los ayres saludables Priestley (a), Landriani (b), Achard (c), y algunos otros físicos? Landriani, ademas nos ha hecho el regalo de un instrumento deseado de otros, y aun imaginado por alguno; pero solo por él executado, para medir la salubridad del ayre, y ha formado el primer *eudiometro*, que realmente merezca el honor de este nombre, y que ha podido servir de exemplar á Maghellan (d), á Achard (e), y á otros que han enriquecido la aerología con nuevos eudio-

Otros ay-
res.

Tom. VIII. Yy me-

(a) L. c. e *Lettere al Landriani* &c. Opusc. di Milano vol. XVII. (b) *Ricerch. su la salub. dell' aria.* (c) *Acad. de Berlin* 1778. (d) *Lett. 10 Dr. Priestley.* (e) *Acad. de Berlin* 1778.

metros. ¿Qué espacioso campo de nuevos descubrimientos no ha sido tambien el ayre deflogisticado para Priestley, Cavendish, Lavoisier, Fontana, Achard, y otros físicos? Fontana ha descubierto ademas un nuevo ayre, llamado por él *regio* (a). Milly ha enriquecido esta nueva aerología con otro ayre animal, ó de un gas dimanado del cuerpo humano, que ha sido confirmado y aprobado por Lavoisier (b); y casi todos los físicos y químicos modernos van á competencia para encontrar nuevos ayres, ó algun nuevo fenómeno, ó nueva propiedad en los que ya se han encontrado; y nosotros tendríamos materia para muchos gruesos tomos, si quisieramos seguir todos los descubrimientos que han hecho y continuan haciendo en tales ayres los doctos modernos. Pero lo dicho hasta aquí podrá bastar para dar á conocer quales sean los sutiles estudios de los físicos de nuestros dias, y quantos progresos haya hecho en poquísimo tiempo la nueva aerología, bos-

(a) Mem. della Soc. Ital. tom. I. (b) Acad. des Sc. an. 1777.

bosquejada primero por Ales, y despues enteramente formada y acabada por Priestley, y enriquecida y adornada con nuevas luces por tantos otros celebres físicos. Por fortuna de la física estas pequeñas especulaciones están en manos de doctos filosofos, no menos agudos para ver todo peligro de deslumbramiento y equivocacion, que sinceros y zelosos del honor de las ciencias, para no proponer como descubrimientos sino las conocidas é incontrastables verdades, é ingeniosos y prudentes para hacer visibles, y palpables sus invenciones. La extremada sutileza en materias tan poco sensibles, el excesivo amor á la novedad, y el deseo y vana ambicion de hacer descubrimientos, que es la opinion dominante de los físicos modernos, podrian por otra parte hacer temer que se tomen alguna vez por nuevas verdades las visiones de una ambiciosa fantasia, y se miren como resultados de las experiencias los efectos de la preocupacion. Seria pues de desear que nuestros físicos, sin formar tanto empeño en encontrar siempre descubrimientos propios, se contentasen á las veces con

confirmar y consolidar los de otros, y librarlos de las dudas, y de la incertidumbre, de que sus autores no los han podido sacar. ¿Quánto mas util no seria el encontrar las virtudes medicinales del ayre fixo, decantadas de muchos, pero no creidas de todos, que no afanarse para encontrar un qualquier descubrimiento, que muchas veces no sirve mas que para borrar algun otro, y él mismo es no pocas veces en breve tiempo olvidado? Con el conocimiento de tantos ayres, y de tantos atributos suyos se podrá ahora examinar mejor el ayre atmosférico, y querrian muchos que se hiciera mas estudio para conocer bien el ayre natural, de que estamos circundados, y que tanta parte tiene en la salud pública, y en toda la sociedad, que no para anatomizar tantos ayres facticios, que se necesitan recipientes, alambiques, ácidos y otros medios para sacarlos de las sales, de los metales, y de varios cuerpos donde la naturaleza los tenia ocultos. A tantos puntos como hemos tocado del ayre, deberian aun añadirse el sonido y los vientos, que pertenecen al mismo. Pero como es tan vasta

y copiosa la materia de este capítulo, lo poco que hemos dicho del sonido quando hemos hablado de la acustica, y lo que diremos de los vientos en la meteorología, nos podrá dispensar de tratar aquí de ellos con mas extension; asi que dexando por ahora el ayre, entraremos á contemplar brevemente el fuego, y á dar una ligera noticia de la pirología.

El fuego, animador de todos los cuerpos, y espíritu y vida de todo el universo, justamente ha ocupado en todos tiempos la meditacion de los filósofos. Los Persas, y otros antiguos contemplando la irresistible fuerza de que goza el fuego, y las muchas, y grandes ventajas que nos proporciona, le erigian altares, y lo adoraban como Dios. Los mismos Griegos y los Romanos lo miraban como cosa sagrada, y lo trataban con religiosa veneracion. Los filósofos hacian grande uso del fuego para sus sistemas físicos, y para la explicacion de los fenómenos de la naturaleza. Eraclito, é Ipasio lo querian como primer principio, y último término de todos los cuerpos, de quien de algun modo hayan nacido los otros elementos,

Del fuego.

y

y en quien venga á fenecer todo el universo (a). El sol y las estrellas, segun la opinion de casi todos los antiguos filósofos, no son mas que fuego (b). Una composicion de fuego creia Demócrito que fuese el alma racional (c). Platon llamaba al calor una llama que sale de los cuerpos (d); y todos en suma recurrían al fuego para explicar las operaciones de la naturaleza. Pero viniendo á alguna precision en describir sus propiedades, ninguno ha sabido hablar de ellas con la debida exactitud. Todos, segun el punto universal de aquellos tiempos, de internarse en los principios de la naturaleza de todas las cosas, se empeñaron en descubrir la del fuego; y algunos quisieron que fuese compuesto de particulas piramidales y puntiagudas, otros de esféricas y redondas, otros pensaron que el fuego fuese formado del ayre mas y mas rarefacto, otros al contrario que él fuese el primer principio de don-

(a) Lucret. *De rer. natur.* lib. I, Plut. *De solat. phil.* lib. I, c. III. (b) Plut. *ibid.* lib. II. c. XIII. (c) *Ibid.* lib. IV, c. III. (d) *Ibid.* lib. I, c. XV.

donde se derivase la formacion del ayre mismo, y de todos los cuerpos; y de este modo se dividian en varias opiniones acerca de un punto, sobre el qual jamas podian encontrar mas que simples conjeturas. Pero de las propiedades del fuego, que verdaderamente podian conocerse con las experiencias y observaciones, ó no dixeron mas que cosas obvias y comunes, ó imaginaron otras falsas. Todos los antiguos abrazaron generalmente la ligereza como una propiedad del fuego en sumo grado; luz, calor, y sequedad, són los atributos que igualmente le daban todos, y generalmente ninguno nos presentaba mas que una idea comun y trivial, y aun á veces poco justa, de aquel elemento. No nos han instruido mejor de sus qualidades los filósofos modernos mientras han seguido, como los antiguos, las conjeturas de su ingenio, y no han buscado la verdadera y segura guia de los hechos. ¿Qué nos enseñan Patricio, Cárdano, y otros reformadores de la antigua filosofía con negar al fuego toda sustancia, y hacerlo solo una modificacion de las partículas del cuerpo caliente,

te, ó encendido? Cartesio entró como filósofo á exâminar la naturaleza del fuego, su propagacion, su alimento, y otros fenómenos, que llaman justamente la atencion de los filósofos; pero adicto siempre á su sistema, quiso aplicar á todas las cosas los globitos y las partículas de sus tres elementos, y dió una explicacion mas de poeta que de filósofo (a). Boile fué el primero que miró el fuego en su verdadero aspecto, obligandolo con la fuerza de sus experiencias á descubrir sin reserva sus propiedades; pero el libro donde desenvolvía plenamente esta materia, no ha podido ver la luz pública, y no tenemos mas que algunas pocas experiencias suyas, las quales, sin embargo son los primeros descubrimientos, que pueden llamarse tales relativos al fuego. Casati con su voluminosa obra sobre el fuego no hizo mas que empezar á mostrarlo en varios fenómenos, y excitar los estudios de los otros filósofos para aplicarse mejor á exâminarlo (b). Boerahave, sin

(a) *Princip.* part. IV. n. LXXX. y sig. (b) *De igne* disert. phys.

sin imaginarias especulaciones, buscando sus verdaderas propiedades, y probandolas con hechos, se ha hecho clásico y magistral en esta materia (a). Amontons (b), Mairan (c), Muschembroek (d), Nollet (e), y algunos otros han hecho nuevas experiencias y observaciones, y producido nuevos descubrimientos. La Academia de las Ciencias de Paris propuso por argumento de premio la question de la naturaleza del fuego: pero aunque fueron tres las disertaciones premiadas, y estas tuvieron por autores no menos que á Eulero, Loceran de Fiesc, y Crequi, no por ello se ha hecho mas manifiesta, ni ha sido mas conocida la naturaleza de aquel elemento. Los químicos y físicos modernos Crawfort, Marat, y otros muchos procuran dar nuevas luces á la doctrina del fuego. Entremos nosotros á recorrer brevemente con tal qual distincion algunos

Tom. VIII. Zz pun-

(a) *Elemen. chem.* tom. I. (b) *Acad. des Sc.* an. 1699. al. (c) *Ibi.* an. 1719. y *Diss. sur la place.*

(d) *Ess. de phys. c. Tentam. exper. nat. &c*

(e) *Lez XIII. XIV.*

puntos particulares, y procuremos conocer mejor los descubrimientos de los físicos en esta ciencia.

Gravedad
del fuego
negada por
los anti-
guos.

La ligereza y la gravedad del fuego ha sido un argumento de especulaciones de los físicos antiguos y modernos. Demócrito, Platon, Aristóteles, los estoicos, y en suma toda la antigüedad, viendo elevarse siempre el fuego sobre todos los otros cuerpos, lo creían naturalmente ligero, y que por sí mismo se dirigiese á lo alto; y esta opinion de los antiguos se conservó inconcusa en las escuelas, sin que en tantos siglos ocurriese á ninguno el pensamiento de dudar de ella. El primero que puso en duda aquella opinion universal fué, segun parece por el testimonio de Casati (a), el autor de las *Disertaciones De terra, machinis mota*. Pero el primero que realmente hizo el descubrimiento de la gravedad y del peso del fuego, no fué otro que el ingenioso y atento Boile, el qual con repetidas experiencias la probó de varios mo-

Reconoci-
da por los
modernos.

(a) Diss. ter. *De ignis loco*. VIX. LXXI. 301

modos y llegó con diligente delicadez á medir su cantidad (a). Los Académicos florentinos pesando en una balanza dos barras de metal, una de las quales estaba caliente, vieron elevarse esta en la balanza y comparecer por consiguiente algo mas ligera que la otra fria. Pero esta experiencia, aunque confirmada por otra semejante de s' Gravesande no ha obtenido de los físicos aquel credito, que se merecen comunmente las otras experiencias de aquellos diligentes y cautos académicos. Casati, aunque poco práctico en el arte de hacer las experiencias, encontró ya á esta una justa excepcion, y despues el maestro de este arte Muschembroek hizo ver de varias maneras su insubsistencia (b). Pero Boile, ora aplicando planchas, ora limaduras de diferentes metales, ora otras materias, ora sirviendose de horno de reverbero, ora de otros, variando y repitiendo de modos

Zz 2 di-

(a) *Exper. nova; De flamma ponderabilitate.*

(b) *Orat. De meth. instit. exp. XX, Essai de phys. c. XXVI.*

diversos las experiencias; probó con tanta evidencia el aumento del peso producido por el fuego en las materias calientes, que ningun mediano físico pudo refutar sus experiencias, ó negar los resultados de ellas. La dificultad y repugnancia de dar peso á un cuerpo tan ligero, como en todo se manifiesta el fuego, hizo pensar á muchos que el aumento de peso en los cuerpos calientes pudiese derivarse no del mismo fuego, sino de las particulas eterogéneas envueltas en él. Du Clos, Homberg y otros muchos para quitar tambien esta duda se valieron del fuego purísimo de los rayos del sol recogidos en el espejo ustorio, y encontraron que con este igualmente se aumentaba el peso en la materia á que se aplicaba.

Esfera del
fuego.

La supuesta ligereza del fuego dió motivo para otra opinion, no menos comun á todos los antiguos, de la existencia de una esfera, ó de un sitio propio, y casi motivo del fuego en la parte mas elevada de la atmosfera, á la qual se dirigiese éste naturalmente, y por esto se elevase sobre todos los otros cuerpos. Pe-

ro

ro de la universal creencia de esta elevacion de la region del fuego, se pasó despues al contrario á colocarlo en el sitio mas baxo y profundo, ó en el centro mismo del globo terraqueo. El ver tantos volcanes, que de lo interior de la tierra vomitan fuego, y tantas cavernas y profundidades de donde á veces salen llamas, ha hecho creer que existia un fuego subterráneo y central, del qual son aquellos fenómenos manifestas evaporaciones; Quando, y por quien se empezase á esparcir esta opinion, no me atraveré á determinarlo. Gassendo decia ya en su tiempo ser opinion comun, y generalmente recibida, que habia baxo de tierra no solo calor, sino fuego y llama (a). No adhierié él á esta opinion, y solo cree esparcido en el cuerpo de la tierra el fuego ó calor, como lo está en los cuerpos animales. Entre tanto Casati (b), Kirker (c) y otros muchos físicos del siglo pasado reconocian abiertamente un fuego subterráneo y central.

(a) Tom. II. *De globo tell.* cap. VI. (b) Tom. I. diss. IV; y tom. II, diss. I. (c) *Iler. subterr.* (a)

ráneo, y señalaban su asiento en el centro de nuestro globo. Pero el triunfo del fuego central estaba reservado para este siglo, quando ha tenido por apologistas y sostenedores no menos que á Mairan, Buffon y Bailly. Mairan no solo ha renovado esta opinion, sino que la ha sostenido con tantas razones, y apoyadola sobre tan exâctos cálculos, que puede ser mirado como su verdadero autor, y el inventor ó padre del fuego central. La pequeña variacion en el calor del estio, y del invierno, que Amontons (a) encontró no ser mas que como 60 á 51 $\frac{1}{2}$ ó en razon de 8 á 7, quando el calor producido por solos los rayos del sol deberia variar á lo menos como 66 á 1, el constante é igual temperamento en las profundas excavaciones, y en las aguas de la mar, las mismas excepciones de esta constante igualdad, y varios otros fenómenos, que él ingeniosamente sabe referir á su intento, todo le presenta el fuego central, y lo hace en sus manos instrumen-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1702.

mento eficaz, y activo cooperador de la naturaleza (a). El sistema de la formacion de nuestro globo, como de todos los planetas, y de su frialdad conduce necesariamente á Buffon á reconocer el fuego central, y sabe valerse de él diestramente para la ingeniosa explicacion de muchas misteriosas operaciones de la naturaleza (b). Los cálculos y las razones de Maïran, y de Buffon reciben nueva fuerza con las sutiles reflexiones, y con los eruditos y eloqüentes discursos de Bailly (c): la mente del lector deslumbrada de los rayos del ingenio; y de las luces de la eloqüencia de aquellos tres célebres escritores, y comprimida del respeto debido á nombres tan ilustres se dexa llevar de sus discursos, y de su autoridad, y voluntariamente se sujeta á reconocer y abrazar el fuego central, que ellos presentan con tanto esplendor. Pero quando calmado el ardor de la imaginacion se reflexiona sobre

(a) *Diss. sur la glace* c. XI, XII, XIII. (b) *Epoq. de la nat. & Introd. à l'hist. des minér.* (c) *Lett. sur l'orig. des Sc. &c.* Lett. IX y X.

bre varios supuestos no considerados en los cálculos, y sobre mil fenómenos, ó no vistos, ó artificiosamente omitidos, y pasados en silencio por aquellos autores, desaparece el convencimiento, se dá lugar á muchas dudas promovidas por los físicos posteriores (a), y se desea ver mas atentamente exâminado el temperamento interno, y externo de nuestro globo, mejor discutidas las causas que lo producen, y tratada con mas exâctitud esta materia.

Virtud expansiva del fuego.

Ahora volviendo á las propiedades del fuego, Boerahave toma por la principal y distintiva la dilatacion y expansion, que en todos los cuerpos produce mas ó menos el fuego (b). Esta habia sido ya conocida por los físicos anteriores; pero no la consideraron como tan universal, ni pensaron en determinarla con alguna exâctitud. Los académicos florentinos probaron con algunas experiencias la rare-

fac-

(a) V. Mr. Romé de l'Isle *L' action du seu centr.* &c. ; Mr. Royon *Le Monde de verve* &c. *Lett. à Mr. le Comte de Buffon* &c. &c. (b) *Elem. Chem. tom. I. De igne.*

faccion producida por el fuego en el vidrio, y en los metales (a); Boerahave manifestó esta dilatacion en otros muchos cuerpos solidos y fluidos, y con repetidas y decisivas experiencias llegó á fixar algunas leyes acerca de unos y de otros. Encontró que los líquidos quanto menos densos, y mas ligeros mas se rarefacen con el mismo fuego, que los cuerpos solidos se dilatán segun todas las dimensiones de su magnitud, y tambien segun su densidad ó raridad; que la expansion vá creciendo en el cuerpo al paso que recibe este mas fuego; pero que quando llega á un cierto grado proporcionado á los diversos cuerpos, por mas que se aumente el fuego no recibe ya incremento alguno; y así estableció algunas reglas, que han espargido no pocas luces sobre esta materia. Harto mas que Boerahave, y que todos los otros ha contribuido Muschembroek á la mayor ilustracion de la misma. Célebre es el instrumento inventado por él para medir con facilidad, y con preci-

Pirometro.

Tom. VIII.

Aaa

sion

(a) *Saggio &c.* part. II.

sion las rarefacciones de varios cuerpos con mas ó menos fuego, llamado por esto *pirometro*; y no pueden alabarse bastante las sutiles miras, y las sagaces precauciones con que usó su pirometro, y se manejó en sus experiencias para no separarse de la mas justa exâctitud (a). Con este fino instrumento, y con su magistral destreza se aplicó con empeño á medir la rarefaccion, que el fuego produce en diversos cuerpos, y despues de repetidas experiencias verificó de algun modo, y reduxo á las debidas limitaciones las leyes de Boerahave, determinó los grados de rarefaccion, que cada uno de los cuerpos puestos á prueba recibia en varios tiempos con una, con dos, ó con mas llamas, con el calor del agua hirviendo, y con el de algunos metales en el acto de derretirse; observó quales fuesen los cuerpos mas prontos para mostrar la dilatacion, quales los mas capaces de recibirla mayor, quanto contribuyese para ello el gordor, y la figura de los mismos; y

(a) *Tentam. experim. I. c. Additam.*

y descubrió muchas nuevas verdades, que merecen la atención de los físicos, pero que sería sobrado largo el quererlas referir aquí, y nosotros, remitiendo los lectores al mismo autor, hablaremos de otras propiedades del fuego que no podemos pasar en silencio, y son la luz y el calor. Los físicos antiguos todos creían, que del mismo fuego proviniesen la luz y el calor, y reputaban masas de fuego el sol, y todas las estrellas, porque las veían vibrar rayos de luz. Bacon de Verulamio observó alguna diferencia entre la luz y el calor, qual es que poniendo en una sala por algun tiempo una tea, ó qualquier fuego, desde el primer momento comunica á toda la sala la misma luz que en todo lo demas del tiempo, y el calor va creciendo, y ni aun retirando el fuego se pierde enteramente (a). Hook recibió en una lente los rayos de la luna, y formaron en su foco una luz vivísima, pero no produxeron calor alguno sensible, ni aun

Diferencia
entre la luz
y el calor.

Aaa 2 sup ol ben

(a) Nov. org. lib. II, pag. 343.

en el termómetro: y esto tambien fue confirmado con las experiencias en la Academia de Paris (a). En los fosforos se veia la luz, y no se sentia el calor; y asi otros fenómenos, podian hacer temer, que fuese diverso el principio de donde procedian la luz y el calor. Sin embargo, los doctos físicos creian poder formar la luz, como dice Boerahave (b), por prueba segura de la presencia del fuego. Pero Boerahave, relevando esta y otras diferencias, concluyó que hay fuego muy activo sin luz alguna, y muy brillante luz sin calor. Los físicos, y los químicos posteriores, aunque convienen todos en encontrar notables diferencias entre la luz y el calor, no todos quieren reconocer diversidad en su principio, creyendo algunos que baste una diversa modificacion, y que como dice Nöllet (c), el fuego y la luz, considerados en su principio, formen una sola y misma substancia diferentemente modificada. Sea de esto lo que se fuere, una cuestión seme-

jan-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1699. (b) *L. c.*

(c) *Lez. XIII.* 442. 389. 13. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000.

jante ha servido de estímulo á los químicos, y á los físicos para reflexionar mas atentamente sobre diferentes fenómenos de la luz y del calor, y esta multiplicidad de diferencias ha hecho que se conocieran mejor uno y otra. Marat ha recogido con particular diligencia todos los cabos de estas diferencias (a); y Fontana ademas ha unido algunos efectos diversos entre sí, y á veces aun opuestos, no solo de la luz y del calor sino tambien de la llama y del flogisto (b). No pensamos seguir individualmente todas las cosas, y trataremos solo algunos puntos particulares para dar alguna idea de los estudios de los físicos en aquellas materias. Los fósforos son los cuerpos en que se quiere que mas claramente se vea la luz, y no se sentia el calor, y merecen por ello alguna particular atencion. Dexemos el fuego de los Sacerdotes hebreos en Persia, de que habla la historia de los Macabeos (c), y que algunos quieren que fuese un fósfo-

Fósforos.

(a) *Rech. phys. sur le feu.* (b) *Mem. della Soc. Ital.* tom. I. (c) Lib. II, c. I.

ro : dexemos otros fósforos , que se pretende fuesen compuestos por Fernel , y por otros físicos , pero que no son bastante ciertos , y viniendo á hechos mas seguros y auténticos , tomemos la primera noticia de este fenomeno del año 1602 , quando el boloñes Vicente Casciarolo , calcinando una piedra del monte Paterno , cerca de Bolonia , con la esperanza de encontrar en ella plata , descubrió que tenia la propiedad singular , y entonces creida única , de ser luminosa en la obscuridad , y encontró el primero y mas famoso fósforo que se conozca , qual es la famosa *piedra de Bolonia*. Bien pronto supo sacar Galileo filosófica ventaja de este casual descubrimiento ; y encontrandose en Roma en una noble junta de doctos filósofos decidió con el fósforo de Bolonia la cuestión , entonces obscura é irresoluble , de si era ó no substancia la luz , que los peripatéticos solo creian accidente (a). Fortunio Liceto , Mentcelio , y algunos otros , escribieron extensamente

(a) V. Targioni *Notizie dell' Ingr. &c.* tom. I , pag. 45 y sig.

te la historia de este fósforo , y la piedra de Bolonia fué por mucho tiempo el único fósforo que conocian los físicos. Balduino , despues de muchos años , en un tratado intitulado *Aurum aurea* , puso al fin la descripcion de un fósforo inventado por él , y llamado *ermetico* , que tiene mucha semejanza con la piedra de Bolonia. En 1669 , segun Vogel (a) , y segun otros en 1677 , buscando Brandt en la orina la piedra filosofal , encontró una nueva especie de fósforo diverso del Boloñes , el qual al contacto solo del ayre se inflama , mientras que el boloñes no mas luce , y jamas arde. Brandt vendió á caro precio á Crafft el secreto de su fósforo : pero Kunkel , á quien debia dar parte Crafft , y proditoriamente lo tuvo oculto , supo descubrirlo por sí mismo , con su propio estudio , y tuvo la gloria de que dicho fósforo pasase á los posteriores con su nombre , y fuese llamado *fósforo de Kunkel*. Boile , habiendo visto el fósforo llevado á Inglaterra por Crafft,

y

(a) Inst. Chem.

y oído apenas que se sacaba de una substancia perteneciente al cuerpo humano, supo formarlo por sí mismo, y lo participó á la Real Sociedad de Londres (a). Homberg perfeccionó el fósforo de Kunckel, y encontró el secreto de amalgamarlo con el mercurio, y despues tambien inventó un nuevo fósforo de sal y de cal viva. La Academia de Paris hizo exâminar por tres doctos Academicos Hellot, du Fay, y Geofroi, todas las operaciones de los fósforos; y du Fay en 1730, y Hellot en 1737 descubrieron todos los misterios con que hasta entonces los químicos habian tenido ocultos los fósforos; y singularmente du Fay descubrió muchos nuevos cuerpos fosfóricos, explicó muchos modos de hacerlos, y trató magistralmente toda esta materia. Pero Bolognia, primera patria de aquellos lucientes cuerpos, tenia todo derecho para pretender ser su principal ilustradora; y en efecto Beccari ha hecho tantas observaciones acerca de los fósforos, y ha inventa-

(a) *Trans. fil. an.* 1680. n. 96.

tado un tan bello modo de hacerlos, ha descubierto tantos nuevos cuerpos fosforicos, ha escrito tan doctamente de todos, y ha trabajado tanto con tanto ingenio, y con tanta felicidad, que justamente puede ser tenido por maestro de este curioso, aunque no muy importante, punto de física (a). Los químicos y físicos posteriores han continuado en estudiar los fósforos, y singularmente Margraff (b), y al presente Lavoisier (c), han esparcido sobre los fósforos muchas y nuevas curiosas luces. Los fósforos eran objeto de admiracion y de divertimiento; pero jamas habian sido reducidos á algun uso provechoso. Recientemente en estos años, Peila y Challaut, han sabido formar pequeñas candelillas que se encienden por sí mismas, y que tal vez pueden ser de alguna utilidad (d). Antes de levantar la mano de los fósforos no será

Tom. VIII.

Bbb

age-

(a) *De quam plur. phosph. nunc primum delet.* Ac. Bon. tom. II. part. II. (b) *Acad. de Berl.* 1742, 50.

(c) *Acad. des Sc.* 1777: y *Op. sc. phys. et chym.* tom. I, c. IX. (d) *V. Opusc. scelti di Milano* tom. V.

Piroforo.

agene del presente argumento el hacer mencion del *piroforo* de Homberg. Este, manejando los escrementos humanos con la mira de sacar de ellos un aceyte para fixar el mercurio con la plata, encontró que un mixto de esta materia, y de alumbre, que él habia destilado, quando se sacó fuera la torcida, se encendió, y continuó ardiendo; y este mixto fué llamado por él *piroforo*, y después por los demás *piroforo* de Homberg (*a*). El jóven Lemery substituyó á aquella materia asquerosa la miel, la arina y el azucar, y ahora comunmente con solo azucar y alumbre se trabaja el *piroforo*. Y aun Lessay de Suvigny ha pensado en substituir al alumbre qualquier sal que contenga ácido vitriolico (*b*). Pero baste ya de fosforos, y de *piroforos*, y sigamos en considerar la luz y el calor. Nosotros, al tratar de la optica, hemos hablado de la luz con aquella brevedad que exígia la copia de las materias, y ahora nos abstendremos de

(*a*) *Acad. des Sc.* an. 1711. (*b*) *Memori. des corresp. de l' Acad. des Sc.* vol. III.

de hacer ulteriores discursos : solo añadiremos una propiedad de la luz , descubierta y probada por los físicos modernos, que es la de su influencia sobre todos los cuerpos naturales. En 1779 ha publicado Ingenhousz sus *experiencias sobre los vegetales*, y en ellas ha hecho ver la influencia que tiene la luz sobre la produccion del ayre que nos suministran los vegetales. El mismo pensamiento revolvía en la mente el infatigable Priestley quando vió salir á luz los descubrimientos de Ingenhousz (a). Al mismo tiempo hacia Senebier muchas experiencias con el mismo objeto ; y repetidas despues estas con mayor diligencia, y aumentadas con las luces de Ingenhousz ha publicado en 1782 sus *memorias físico-químicas sobre la influencia de la luz solar* para modificar los seres de los tres reynos de la naturaleza , singularmente los del reyno vegetal. Pero repitiendo ulteriores investigaciones , y nuevas expe-

Influencia
de la luz
sobre los
cuerpos na-
turales.

Calor.

Bbb 2 rien-

(a) *Sper. ed Osseer su diff. rami della fisica* tom. III. Sez. II.

ciencias ha dado nuevos resultados en 1783, y otros tambien mas recientes en el próximo pasado 1788; y aunque Scheele, Bertolet y algunos otros hayan hecho sobre este punto otras observaciones, Senebier deberá ser mirado como el proveedor y maestro de la influencia de la luz. Es cosa agradable el ver con quanta diligencia y primor ha sabido dividir los efectos del calor de los de la simple luz, y como demuestra, hasta llegar á la evidencia, quanto influya la luz en los animales, en los minerales, y principalmente en los vegetales; y nosotros remitimos los lectores á las mismas obras de aquel docto físico, mientras pasamos á contemplar el calor como una propiedad del fuego, sobre lo qual se han ocupado mucho los físicos, y han hecho en estos dos siglos pasados muchas curiosas observaciones, é ingeniosos descubrimientos.

Calor. Verulamio con su penetrante ingenio propuso varias experiencias para encontrar sobre la naturaleza, y sobre las propiedades del calor, y de los cuerpos calientes muchas verdades que él quiere llamar *positivas y negativas, comparativas*

y exclusivas, y algunas de estas verdades han sido ya decididas por los físicos posteriores, y él mismo nos dexó muchas sutiles observaciones, que pueden ser miradas como las primeras luces sobre esta materia (a). Los descubrimientos de Newton sobre los colores han hecho tambien descubrir algunas diversidades de la comunicacion del calor en los cuerpos diversamente coloridos; y ya Boile habia observado que un espejo de marmol negro no era capaz de hacer arder en su foco un leño por mas que estuviese por mucho tiempo á los rayos del sol. El mismo Boile ha dexado tambien algunas nuevas y muy justas observaciones sobre la introduccion, ó incorporacion del foco, y sobre la propagacion del calor (b). Algunos descubrimientos sobre el calor hizo tambien Amontons (c) á fines del siglo pasado; y otros á principios de este Homberg, Geoffroi, Reaumur y algunos otros. Pero Boerahave se internó mas en esta materia, y sobre la comunicacion del calor á los cuerpos

(a) *Nov. Org. lib. II.* (b) *Detecta pēnet. vitri á pond. part. flammæ al.* (c) *Acad. des Sc. an. 1699.*

pos de colores diversos, sobre los cuerpos, en quienes mejor se propaga, sobre el calor producido con los espejos, y sobre varios otros puntos propuso muchas reflexiones que la mayor parte han sido abrazadas, otras limitadas y corregidas, y alguna tambien desechada por los químicos y por los físicos (a). Muschembroek (b), Mairan (c), Nollet (d) y Buffon (e), han puesto á mas clara luz las propiedades del calor conocidas por los otros físicos, y han descubierto otras nuevas. Los modernos físico-químicos distinguen el calor *oculto*, el *sensible*, y el *absoluto*, ó *especifico*, y sobre cada uno de ellos han hecho algunas sutiles observaciones. Crawford (f) Scheele (g), Lavoisier (h), Acard (i) y otros célebres físicos de nuestros dias han ilustrado con nuevas observaciones y experiencias, y

(a) Loc. citat. (b) *Essai de Phys.* tom. I. (c) *Acad. des Sc.* 1719, y *Diss. sur la glace.* (d) *Lez XIII, y Ac. des Sc.* an. 1748. (e) *Introd. á l'Hist. des Miner.* (f) *Sper. ed Osserv. sul calore anim.* &c. (g) *Sper. ed Osserv. so pra l'aria ed il foco* (h) *Ac. des Sc.* 1777. (i) *Acad. de Berlin* 1784, 1785, al.

siguen ilustrando de varios modos la teoría del calor. Nosotros solo diremos que al calor, y á la dilatacion de los cuerpos producida por él, debemos la invencion del termómetro, como hemos dicho antes, y que el termómetro ha sido casi el unico medio, con que se ha podido conocer, y determinar con exâctitud el calor, y venir en conocimiento de muchas operaciones de la naturaleza. Otra ingeniosa y laudable invencion supo sacar del mismo principio Amontons. Habia molinos de ayre, y molinos de agua, pero no los habia de fuego. Amontons reflexionando la fuerza y prontitud, con que el fuego obra sobre el ayre, pensó que con el fuego podia calentarse, y dilatarse con tal fuerza el ayre inmediato que bastase para hacer dar vueltas á una rueda con los caxones llenos de agua, y equivaliese á lo menos á la fuerza de 39 caballos (a). De otra máquina para levantar el agua con la fuerza del fuego, imaginada mucho antes por el Marques de

Máquina
de fuego.

Wor-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1669.

Worcester, y expuesta en sus *Centurias de invenciones* publicadas en 1663, habla largamente Desaguliers, y quiere derivar de esta la famosa máquina, que despues Sarary supo executar felizmente, y aplicarla á enxugar, y secar las minas (a). Recientemente Perrier aprovechandose tambien de la fuerza del fuego en la dilatacion del ayre, trabaja gloriosamente con una bomba de fuego de ingeniosa y muy útil invencion suya, y provee de agua por este medio á todo Paris con la mayor facilidad. Los Ingleses Boulton, Watt, y el hermano del célebre físico Priestley el artista Wilkinson hacen igualmente uso de esta bomba con increíbles ventajas para todas sus manufacturas, y la accion del calor y del fuego con tantos descubrimientos, y con tantos instrumentos producidos por ella se hace siempre mas importante á las ciencias, á las artes y á toda la sociedad. Muchos medios para comunicar el calor y tambien para encender el fuego han sido

(a) *Cours de Phys. exper.* tom. II, pag. 544 y sig.

do conocidos por los antiguos, y por los modernos, y casi todos los físicos han hablado de ellos con mas ó menos extension. Nosotros dexando aparte los de las frotaciones, de las efervescencias y de las fermentaciones, sobre los quales habria mucho que decir, insinuarémos solo uno que ha sido mas recientemente descubierto, y que ha acarreado muchas ventajas á la química, y despues á la física y á las otras ciencias. Este es el de los vidrios convexôs, los quales han producido maravillosos efectos, y han proporcionado á los físicos el poder contemplar muchos cuerpos naturales en varios aspectos, en que no los presenta la simple naturaleza, y á que no sabia reducirlos el arte. Los espejos ustorios eran conocidos, y aun adoptados para varios usos desde la antigüedad; pero la química poco podia servirse de ellos, ni podia usarlos sino para muy pocos efectos. Como eran espejos cóncavos, que quemaban por reflexion, era preciso que los rayos reflexos se uniesen de abaxo arriba, y que arriba estuviesen su foco, y se tuviesen al reverso y al ayre las materias que se querian exponer

Espejos ustorios.

á dichos rayos; y como estas al sentir el ardor del fuego empiezan á fundirse, y cayendo abaxo se apartan del foco, y salen del centro de la actividad del calor, se fundian, sí, con semejantes espejos los metales, y otros cuerpos durísimos, pero pocas otras experiencias podian hacerse con ellos. Vidrios convexôs que quemasen por refraccion, hubieran presentado á las materias que se habian de quemar una mas cómoda situacion, y hubieran servido para muchas y seguidas experiencias. Pero los vidrios convexôs entonces conocidos eran á lo mas de quatro ó cinco pulgadas, y para los usos científicos de la física se necesitaban vidrios de dos y mas pies de diametro; y para usar tales vidrios, ademas de la dificultad de cortarlos tan grandes, habia tambien la de fundir una masa de vidrio tan desmedida sin que se rompiese ó al salir del horno, ó al enfriarse. Superó estas dificultades Tschirnaus, y trabajó espejos ustorios de vidrios convexôs de tal magnitud que tenian dos, ó tres pies de diámetro. Las maravillas de estos vidrios, y los increíbles efectos causticos de estos nuevos hornillos causan-

saron grande estrépito en toda la Europa literaria, y la Academia de las Ciencias de Paris dió de ellos repetidas descripciones en su historia (a). Habia entre los físicos muchos incrédulos, que no querian dar fe á los prodigios referidos; pero habiendo adquirido el Duque de Orleans uno de estos vidrios, hizo la prueba el docto químico Homberg, y los portentosos efectos reconocidos por un tan grande hombre obtuvieron el credito universal. Este dió parte de sus observaciones á la Academia de las Ciencias (b); y habiendose opuesto á una de ellas Hartzoecker, le dió oportuna respuesta, y la sostuvo victoriosamente Homberg (c); y las repetidas experiencias de varios otros físicos hicieron ver mas y mas lo que justamente habia concluido aquel docto químico, esto es, que por medio de tales vidrios no solo se podian hacer grandes progresos para ilustrar los principios de la química, sino que podía ser aquella una puerta

Ccc 2 abier-

(a) An. 1699, 1700. (b) *Acad. des Sc.* an. 1702.

(c) An. 1707.

abierta para una nueva física, como lo habían sido los microscopios, y la máquina pneumática (a). Hartzoeker hizo otro espejo de vidrio convexô aun de mayor diámetro; otro de forma, y de construcción diversa ha inventado posteriormente Frudaine, y los vidrios convexôs han ocupado utilmente á algunos físicos, y han sido ventajosos instrumentos de importantes descubrimientos en las artes, y en las ciencias. El espejo cóncavo de Villeté, y los varios efectos de este, y de otros espejos cóncavos, diversos en parte de los convexôs, como tambien los espejos planos de Buffon, unidos y dispuestos de modo que pudiesen formar un foco distante con calor bastante vivo; y verificar la posibilidad de los efectos de los espejos ustorios de Archimedes, podrian darnos asunto para un largo discurso: pero ¿cómo hemos de seguir todas las cosas en una materia tan vasta, y tan copiosa, como el fuego de quien dice Muschembroek (b) que jamas se dirá bastante, ni se

(a) Ibid. an. 1702. (b) Loc. citat.

se podrá agotar jamás. Sin embargo no podemos pasar enteramente en silencio las fatigas de los físicos acerca del flogisto, que tiene tanta analogía con el fuego, y que siempre ha sido tenido por un verdadero fuego, llamado por los físicos ya fuego *elementar*, ya *oculto*, ya *fixo*, ya *combinado*, ya con otros nombres diversos. Los físicos modernos han empezado á distinguir el flogisto del fuego; y Scheele (a), Crawford (b), Scopoli (c), y otros muchos toman afirmativamente el flogisto como una substancia singular, y como un principio diferente del fuego, y aun tal vez contrario. Fontana ha recogido diversos capítulos de distincion entre la luz, la llama, el calor y el flogisto (d); y Senebier igualmente parangona, y distingue de varios modos el flogisto, el fuego, la llama, la electricidad, y la luz (e). Sobre la naturaleza del flogisto

Flogisto.

(a) *Diss. sul fuoco e su l'aria*. (b) *Teor. del fuoco elem.* (c) *Annot. al Diz. di chim. del Macquer. V.* Flogisto. (d) *Mem. della Soc. Ital.* tom. I. (e) *Mem. phys. Chim. &c.* tom. III.

son muy diferentes las opiniones de los físicos, queriendo unos sea un compuesto de fuego, y de tierra, otros una tierra inflamable, otros la luz misma fijada en un gran número de compuestos, y otros otras muchas cosas diversas (a). Muchas son tambien las propiedades del flogisto, que los físicos han procurado desenvolver de diferentes modos. Bergman ha hecho varias experiencias para determinar quanta sea la cantidad de flogisto, que se encierra en cada metal (b). Stahl (c), y otros muchos quieren que la sal sea lo que tenga mayor afinidad con el flogisto. Beattie (d) busca esta afinidad en la tierra siliciosa; y otros en otras materias. El flogisto se extrae del ayre, y se introduce en el mismo, y de dos diversas maneras obra en el ayre puro, como nos dicen los físicos aerológicos. Del flogisto se quiere que dependan los colores, y sus infinitas variedades, como doctamente ex-

(a) V. Scopoli loc. cit. (b) *Diss. de quant. flogist. in met.* (c) *Exp. et obs. chym.* (d) *Man. de Chym.*

explica Opoix (a). Al flogisto atribuyen los químicos y los físicos otras muchas propiedades; y de todas las cosas quieren llamar causa y principio al decantado flogisto. Pero á nosotros no nos toca el desenvolver estos puntos, y tal vez hemos hablado de ellos con sobrada extension, quando nos quedan que tratar tantas otras materias, y ahora llama nuestra atencion el agua, que no nos presenta menos abundante materia que el ayre y el fuego.

Los antiguos han hablado del agua, Agua. mas que del ayre y del fuego; pero ni aun sobre ella han sabido dar mas que opiniones, conjeturas, é imaginaciones. Tales, el primer físico de la Grecia, quiso formar todas las cosas del agua, y por todas partes encontró esta en la composicion y en la resolucion de todos los cuerpos (b). La fluidez y la frialdad son consideradas por los físicos antiguos como propiedades esenciales del agua. Plutarco (c) refie-

re

(a) *Osserv. fisico-chym. su colori*. V. *Opusculi scelti di Milano* tom. XXV. (b) *Laert. in Talete Plut. de plac. phil. I.* (c) *De primo frigido*.

re la gran cuestión, que se agitaba entre los antiguos, sobre que elemento debiese llamarse el *primer frígido*, y qual fuese el principio de todo frio. Empedocles y Estrabon daban al agua esta propiedad y aunque los estoycos eran de diversa opinion, y se inclinaban mas al ayre que al agua, Plutarco se declara tambien con los otros mas antiguos por el agua; y confirma esta opinion con los testimonios de Homero y de Esiodo, y trae en su favor toda la antigüedad. Otra cuestión acerca del agua vemos en el mismo Plutarco tratada con calor por los antiguos, á saber si el fuego ó el agua sea mas cómodo y util á la sociedad; y esta discusion, en apariencia solo económica, le hacia examinar con alguna mayor atencion los atributos físicos propios del agua (a). El origen del mar, y lo salobre, y las mareas de sus aguas han ocupado desde el tiempo de Anaximandro, y de Anaxágoras las meditaciones de los físicos (b). Vemos en Aristóteles, que los físicos ante-

(a) *¿Aqua ne an ignis sit, utilior?* (b) Plutarc. *De plac.* lib. III, cap. XVI, XVII.

teriores á él habian hecho sus disquisiciones acerca del origen de las fuentes, y habian señalado la causa mas obvia, y mas simple, y la mas verdadera, haciendolas nacer de las lluvias, nieves, granizos y rocios que caen en la tierra (a). Las inundaciones del Nilo y las particulares propiedades de algunas fuentes, y de otros ríos han sido examinadas, y atribuidas á diferentes causas por muchos antiguos filósofos (b). Se vé en suma que el agua, y sus diversos fenómenos excitaron la curiosidad de los físicos antiguos, y llamaron su atencion. Pero sin embargo como sus decisiones eran conjeturas del propio ingenio, no resultados de las experiencias y observaciones, no nos han dado mas que meras opiniones, ni en esta mas que en las otras partes de la física han dexado algun verdadero descubrimiento, ni hecho ningun laudable adelantamiento.

A principios del siglo pasado empe-

Elasticidad
del agua.

Tom. III.

Ddd

z6

(a) *Meteor.* loc. cit. XIII. (b) *Lucre* lib. VI.

Plut. de plac. phil. lib. IV. c. I, al.

zó á ser contemplada el agua con ojos filosóficos, y examinada con los oportunos medios de diligentes experiencias. La primera propiedad del agua, que ha sido considerada de este modo, es cabalmente su elasticidad, en la qual parece que pusiesen la mira los antiguos quando buscaban la causa de los saltos que da sobre el agua una piedrecita que se arroja obliquamente. Tertuliano conoció que el agua no estaba dotada de mucha elasticidad, ni podia comprimirse hasta el grado á que llega la compresion del ayre; pero sin embargo creia que fuese capaz de sensible compresion, y quiso hacer la prueba: llenó de agua un globo de plomo, lo aplanó á golpes de martillo por los dos lados, y después lo apretó tambien con el tórculo, hasta que se vió rezumarse el agua, y calculando quanto menor fuese el espacio comprehendido en la figura formada con esta compresion, de lo que lo era en la esférica, concluyó que otra tanta debiese ser la compresion de que era capaz del agua (a). Mas evidente apareció

(a) *Nov. org.* lib. II, §. XLV.

ció esta elasticidad en la experiencia de Boile, el qual batiendo tambien con el martillo un globo semejante, y aguje-reandolo despues con una aguja, vió sal-tar el agua hasta la altura de dos ó tres pies (a). Estas experiencias de Tertulia-no, y de Boile parecian pruebas con-vincentes de la elasticidad del agua; pe-ro se veian destruidas por otras contra-rias, que estaban hechas con mas exâc-titud, y debian ser de mayor peso. Los Académicos Florentinos repitieron con mayor diligencia, y con mas prudentes cautelas la experiencia de Verulamio, y con otras experiencias mas delicadas por medio de la presion del ayre y del mér-curio procuraron ver si podía comprimir-se el agua; pero por eficaces que fuesen los medios adoptados para este fin, jamas pudieron obtener del agua el mas ligero indicio de compresion, aunque no por esto se atrevieron á negar la posibili-dad de comprimirla con otros experimen-tos (b). Esto negaba, no sé con quanta

Ddd 2 ra-

(a) *Exper. phys. mech. nov.* (b) *Saggio &c. Esper. in torno alla compr. dell' acqua.*

razon Maygioti; pero se le opuso Hon-
 rato Fabri, pretendiendo demostrar la
 elasticidad del agua con el salto que da
 de un vaso, en el qual, estando ya lleno,
 se introduce artificiosamente con fuerza
 nueva agua (a). Así que quedaba incier-
 ta y dudosa aquella elasticidad, hasta que
 Muschembroek repitiendo las experien-
 cias, y encontrandolas conformes á los
 resultados de las Florentinas, observan-
 do la dificultad de llenar enteramente de
 agua el globo, como creia haberlo hecho
 Verulamio, quedando siempre en él mu-
 chas partículas de ayre encerradas, y atri-
 buyendo á la elasticidad del estaño, ó
 de la materia del vaso los efectos obser-
 vados por Boile y por Fabri; quitó en-
 teramente al agua toda sensible elastici-
 dad; y si acaso se observa alguna, quie-
 re que no deba atribuirse al agua sino á
 las partículas de ayre que siempre que-
 dan en ella; y su doctrina ha obtenido
 de los posteriores un consentimiento bas-
 tante universal (b). Esta, por decirlo así,
 in-

(a) Phys. tr. n. lib. II, *De el prop.* 217. (b) *Ten-*
tam. exper. &c. luogo Additam. illa enim ni. resq.

inelasticidad del agua prueba la dureza de sus partículas, reputada tan grande por Muschembroek, que en nada cede á la dureza del diamante (a). Buffon reflexiona oportunamente sobre la diferencia que hay entre el agua y el ayre en punto de la elasticidad. El agua, que tomada en masa no puede comprimirse, y es inelastica, reducida á pequeñas partes, ó vapores adquiere suma elasticidad, al contrario el ayre sumamente elastico en masa, no lo es quando dividido en pequeñas partículas se encierra en los cuerpos (b). Y no solo de la elasticidad, sino tambien de la fluidez ha sido de algun modo despojada el agua por los físicos modernos. La fluidez se ha creido siempre una propiedad del agua; pero sin embargo Mariotte (c), Nollett (d), y otros modernos quieren que el estado natural del agua sea la consistencia, y solidez, y que como todos los otros cuerpos fundibles,

Fluidez.

(a) *Tentam. exper. &c. luogo Additam.* (b) *Intr. á l'Hist. des Min.* part. II. (c) *Des. nouv. des eaux* &c. I. part. I. disc. (d) *Lez. XII.*

bles, solo se haga fluida por medio del calor: bien que esto no quita que no pueda con bastante razon mirarse la fluidez como una propiedad suya, y que no sea en efecto llamada fluida por los mismos modernos. Estos han examinado mas intimamente la fluidez del agua, quando los antiguos se contentaban con reconocerla sin pensar en hacer ulteriores investigaciones. Los modernos observando que el agua al menor calor se hace fluida, han determinado que el grado de calor necesario para la vegetacion de las plantas baste para mantener en el agua la fluidez (a): y Boerhave quiere que el agua al descender el calor á los 32 grados del termómetro de Farenheit no conserve ya la fluidez, sino que se haga consistente, y se convierta en yelo (b). Respecto á la misma fluidez observó Newton (c), que el péndolo con igual velocidad oscilaba en el agua, tanto que fuese caliente como fria, y de esta experiencia concluye Boer-

ra-

(a) V. Macquer. *Dict. de Chym.* (b) *Elem. chem.*

(c) *Opt. quest. XXVIII.*

rahave (a), que el agua conserva siempre la misma fluidez, y no crece esta por mas que se aumente el calor desde la disolucion del yelo hasta el hervor. Pero Nollet (b) juiciosamente se opone á Newton, y á Boerahave, y suponiendo con todos los físicos, que el agua caliente se pone harto mas fluida que quando está fria, con razon pretende, que de la misma experiencia de Newton deba deducirse lo contrario de lo que cree Boerahave, y probarse en el agua caliente mayor fluidez; puesto que la materia del péndolo, sea la que se fuese, debia dilatarse con el calor, y ocupar mayor espacio; y si eran iguales las oscilaciones del péndolo en el agua caliente y en la fria, señal es que era mayor en la caliente la fluidez, quando un mayor volumen oscilaba con igual facilidad. El agua, que parece un cuerpo tan debil y mole, se ha encontrado tener fuerzas que no se podian imaginar. Una cuña introducida en una rueda de molino y remojada con agua,

Fuerzas
del agua.

(a) Loc. cit. (b) Lez. XII.

una cuerda mojada, y otros cuerpos ayudados con la fuerza del agua producen efectos que únicamente dependen de esta, y son tan desmedidos y superiores á toda inteligencia, que todavía no han sabido los físicos encontrar la razon aunque haya sido buscada por la Hire, y por otros matemáticos y físicos. Boerhave con repetidas experiencias ha reducido á clases los cuerpos que siempre, y con qualquier grado de calor, que se dé al agua, son disueltos por esta, y hace ver en ella la fuerza solutiva de las sales, de los cuerpos salinos, de los terreos, y de los sulfureos quando están unidos á los alcalinos. Varias otras fuerzas han encontrado los físicos en el agua en su estado natural; pero es infinitamente mayor su eficacia, si se reduce á vapores. Los antiguos conocieron ya esta actividad de los vapores, y la invencion del eolipila, y los efectos que obtuvieron con el mismo, prueban quanto conocimiento tuviesen de la fuerza del agua reducida á aquel estado. Papin hácia fines del siglo pasado inventó una máquina llamada el *digestorio*, donde sin otra fuerza que la de dichos vapo-

Fuerza de
los vapores.

res encerrados en una marmita llegaba á disolver, y ablandar los leños, el marfil, y los mas duros cuerpos, y reducir en blanda pasta, y en una especie de jaletina los huesos, y á producir portentosos y utiles efectos (a); efectos que Nollet justamente se lamenta, de que hayan quedado abandonados, y olvidados, quando podian ser tan útiles á las ciencias, y á la sociedad (b). Con la fuerza de tales vapores se han hecho mover grandes máquinas como hemos dicho antes, obrar á las bombas, y formar fuentes; y es tan grande y poderosa esta fuerza que se reputa superior á la de la polvora. Muschembroek ha querido hacer la prueba, y fixar un seguro parangon; y despues de repetidas experiencias ha encontrado que con trece granos de agua reducida á vapores hacia volar un peso once veces mayor del que habia levantado á la misma altura con otros tantos granos de polvora (c); y esta fuerza de los vapores como observa el mismo Muschembroek (d), es mas ó menos fuer-

Tom. VIII.

Ece

te,

(a) *La maniere d'amollir les os. &c.* (b) *Lez. XII.*

(c) *Ess. de Phys. tom. I, De l'eau.* (d) *Ibi. (a)*

Peso del
agua.

te segun que el agua está mas ó menos caliente, y obrará con una violencia quatro ó cinco veces mayor, si se le da al agua un calor mayor del que se requiere para hacerla hervir. El peso del agua jamas ha sido puesto en duda, y antes bien Aristóteles, y los otros físicos lo han asegurado abiertamente; pero el determinarlo, el fijarlo, el compararlo con el de otros cuerpos, el establecerlo en justa medida no ha sido tentado mas que por los modernos. Boile creía que todas las aguas fuesen poco mas ó menos del mismo peso. Pero esta opinion ha sido contradicha por todos los físicos, los quales no solo han encontrado de peso diverso algunas aguas de sitios distantes, sino que muchas veces en un mismo lugar se encuentran aguas bastante diferentes en la gravedad. El mismo Boile hace mencion de un rio cuya agua pesa una quarta parte menos que la comun de Inglaterra (a). Para determinar pues qual sea la gravedad específica del agua se toma comunmente el agua de

(a) De usu phil. exper. part. II.

de lluvia, ó la que se derrite de la nieve, ú otra que sea de igual peso, y esta se encontró en la Real Sociedad de Londres comparada con el oro como 4909 á 250 ó $19\frac{1}{2}\frac{50}{50}$ á 1, que viene á ser quasi 20 á 1. Muchembroek (a), Nollet (b), y algunos otros han dado tablas de las diversas gravedades específicas de los cuerpos, tanto fluidos, como sólidos; pero recientemente Brisson ha ilustrado mas completamente esta materia en una obra toda empleada en exâminar generalmente la gravedad específica de los cuerpos, que es el resultado de cinco á seis mil experiencias hechas por mas de 20 años sobre mas de mil sustancias (c). De este modo todas las propiedades del agua han merecido el estudio y las especulaciones de los físicos modernos; pero tres parece que hayan llamado particularmente su atención, esto es la evaporacion, el hervor, y la congelacion.

El fuego, ó el calor introducido en

Evaporacion.

Ecc 2 el

(a) *Ess. de Phys.* tom. I. (b) *Lez.* VIII. (c) *Pesanteur spécifique des corps &c.*

el agua produce la evaporacion y el hervor, la falta del mismo fuego basta para formar la congelacion. Quando el calor del agua es mayor que el del ayre que lo circuye, el fuego que se separa del agua, lleva consigo las partículas de la superficie, que encuentra expuestas á su empuje, y estas partículas separadas de la masa del agua, y absorvidas por el ayre son lo que llamamos *vapores*. De aquí es que la evaporacion del agua tiene relacion con el calor de la misma. Verulamio hizo ya algunas especulaciones sobre esta evaporacion: observó que el agua de los rios evapora menos que la de los lagos; y menos el agua que ha hervido ya que la que jamas ha llegado á aquel grado de calor. Varias experiencias y observaciones han hecho que los físicos descubriesen que el agua exhala mas quanto mas pura es y simple, y al contrario es mas lenta y difícil la evaporacion quanto mas mezclada está de sales y betunes. Halley quiso probar quanta fuese la evaporacion del agua tan salada como la de la mar, y encontró que en un vaso cilindrico de 7 pulgadas $\frac{8}{10}$ de diámetro, y 4 pulgadas de pro-

profundidad el agua salada en un calor, qual suele ser en el verano, exhaló en un día 6 onzas, que puede reputarse $\frac{1}{3}$ de pulgada de la altura del vaso (a). Aller, presidente de las salinas de los Suizos, hizo por muchos años largas observaciones sobre la formacion de las sales, y sobre la evaporacion de las aguas, y dió de ellas parte á la Academia de las ciencias de París (b). El manifestó ser mayor la evaporacion producida por el calor del fuego, que por el del sol; mayor en el agua natural que en la salada, y tanto menor en esta quanto es mas salada, menor la de la mar, que la de los lagos en igualdad de razones, y enseñó varias otras utiles y prácticas verdades, formó tablas de las diversas evaporaciones en circunstancias y tiempos diversos, y esparció muchas importantes luces sobre este punto de fisica, que pueden tambien interesar á la pública economía (c). Como la exhalacion se forma de las particulas del agua

ex-

(a) *Trans. phil.* n. 189. (b) *An.* 1758, 64.

(c) *Acad. des. Sc.* an. 1764.

expuesta á los rayos del sol, ó á la externa impresion del calor, parece que los vapores solo deban ser proporcionados á la superficie. Pero Muschembroek hizo atentamente la experiencia, y sacó resultados del todo contrarios; puesto que de dos vasos igualmente largos y anchos, pero de doble profundidad el uno que el otro, observó que el mas profundo evaporaba mas que el otro en todos los dias constantemente por varios meses, y aunque no pudo fixar precisamente la diferencia, le pareció que pudiesen ser los cubos de las cantidades evaporadas como la altura del agua. Pero esto le sucedió al ayre descubierto, mientras que en su gabinete jamas pudo observar notable diferencia (a). La mayor evaporacion al ayre abierto que al cerrado ha sido probada con otras experiencias. Halley dice que el agua en un lugar cerrado, donde no entra ni sol, ni viento, en todo el curso de un año no exhala mas que á la altura de ocho pulgadas (b). Boerahave al

con-

(a) *Tentam. exper &c.* part. II. pag. 62. (b) *Trans. phil. I. c.*

contrario en el ayre libre observó que un ayre cilindrico en poco tiempo evaporó toda el agua, y refiere toda la observacion de Kruquio, que recogiendo en un año toda el agua de lluvia, de nieve, de granizo, y de rocío, encontró que se elevaba á la altura de cerca de 30 pulgadas, y que otra tanta cantidad de agua exhalaban los vasos al ayre abierto, aunque en lugar sombrío y quieto (a). La diversidad de la evaporacion en ayres diversos probaba la influencia del ayre en aquella operacion de la naturaleza, y se creía comunmente que la evaporacion jamas se verificaba en el vacuo, sino siempre al ayre, y en los vasos abiertos; pero Eller (b) probó con varias experiencias que aun en el vacuo se ve el mismo efecto. Recientemente ha hecho de Luc nuevas y sutiles observaciones sobre los vapores, y ha sabido sacar de ellas nuevas luces para la meteorología, y para otros puntos de física (c). Hemos insinuado algo la fuerza

y

(a) *Elem. Chem. de Agua.* (b) *Acad. de Berlin*
1746. (c) *Idées sur la météor.*

y actividad de los vapores, y podríamos decir harto mas, y referir varias otras observaciones de los físicos sobre la evaporacion, sino nos lo impidiese la copia de las materias que faltan que tratar.

Hervor.

El hervor del agua tiene mucha relacion con la evaporacion, y ha dado igualmente campo para muchas curiosas investigaciones. El agua, como todos los otros cuerpos, se enrarece y se dilata con el calor, y, como observa Halley, desde el frio de la congelacion hasta el calor del hervorse dilata $\frac{1}{26}$ de su volumen (a), y quando llega á este estado se ve una continua agitacion de las partes, que se elevan, y caen sobre sí mismas, y de este modo se forma el hervor. Este fenómeno del agua y de los otros fluidos es tan obvio y comun, que por su misma trivialidad, y por la costumbre que tenemos de verlo cada momento, no habia excitado la curiosidad de los filósofos. A primera vista parecia que el ayre encerrado en las partículas del agua dilatando-

(a) *Trans. phil. n.* 197.

dose con el calor hiciese elevar el agua tomando forma de burbuja, y despues al desprenderse de ella, esta volviase á caer sobre sí misma; y los físicos sin entrar en ulteriores disquisiciones creyeron que por esto pudiese atribuirse al ayre la causa del hervor, y no hubo ninguno que pensase en hacer mas atento exâmen. Vino finalmente el sagaz Nollet, y empezó á dudar que el ayre pudiese producir un efecto semejante. Con las experiencias de Ales, y con otras suyas calculó la cantidad de ayre que se encierra en los espacios del agua, y con las de Amontons el aumento de volumen que toma el ayre con el calor del hervor; observó los movimientos del agua ó de un licor que hierve sin cesar hasta la perfecta evaporacion; é infirió de aquí no poder provenir del ayre, el hervor; y con varias experiencias del termómetro, y del eolipila demostró esta verdad. Este descubrimiento le estimuló vivamente á hacer nuevas investigaciones, y no pudo dexar de contemplar mas atentamente con varias experiencias todas las circunstancias de este fenómeno, y de investigar con la mayor di-

ligencia la verdadera causa; y despues de mucho tiempo de observaciones y exâmen, en 1748 dió parte á la Academia de Paris, y al público literario de sus nuevos hallazgos. Puesta el agua en diferentes grados de calor observó la figura, la cantidad, los movimientos, y todos los fenómenos de las burbujas, que se elevaban en la misma; y era digno de ver pocas y pequeñas burbujas irse formando en otras mas grandes y mas copiosas, crecer despues en magnitud, y disminuirse en numero, subir la superficie, y rebentarse, aparecer despues pequeños hilos, ó como rayos del fluido, levantarse pequeñas lenguas transparentes de cerca de dos líneas de altura desde la base á la punta, y suceder otros muchos curiosos accidentes, que pueden formar un agradable espectáculo de aquella operacion de la naturaleza, tan sencilla en la apariencia. Exâminó esta no solo en el agua, sino en otras diferentes materias, y ademas de muchas circunstancias particulares, que comparecieron en ellas, encontró que las materias viscosas se elevan mas en el hervor; que las crasas son mas tardas y mas

difíciles para levantar el hervor; y generalmente que las materias que tienen mas disposicion para evaporarse, son tambien mas faciles, y necesitan menos calor para hervir. Viniendo despues al objeto de las investigaciones, que es la causa del hervor, la pone él con fundada probabilidad, no en el ayre que se desprende del agua, ó del licor, sino en los vapores movidos por el fuego que se une á ellos para formar un fluido incomparablemente mas dilatado que la misma agua; estos vapores, ó este fluido mas ligero se eleva y sale á la superficie, y despues se resuelve en el ayre, y asi se forma el hervor (a). Son infinitas las novedades que estas investigaciones hicieron descubrir á Nollé no solo en la teoria del hervor, sino tambien en varios otros puntos que pueden interesar la curiosidad de los filósofos. Nosotros dexandolas todas á un lado concluiremos presentando una conjetura suya que ha dado campo para nuevos descubrimientos. Creian los físicos

Fff 2

que el calor del agua hirviendo fuese un calor constante, que no pudiese alterarse; porque en efecto quando el agua recibe un calor que la hace hervir, no es capaz de otro mayor. Pero Farenheit observó casualmente que el agua necesita de mayor calor para hervir quando es mas pesada la columna de ayre que tiene sobre sí. Thury, y Monnier quisieron hacer la experiencia, y en realidad encontraron que harto mas pronto, y con menos fuego se verificaba el hervor del agua en los altos montes, donde es menor la presion de la atmosfera, que en los sitios baxos, donde es mayor; y se habia ya observado anteriormente que mas facil, y pronto se verifica el hervor en el vacuo, que en el ayre abierto. De aqui pasó Nolllet á concluir que no solo la presion del ayre, sino qualquier otro obstáculo que impide, ó detiene el espancimiento de los vapores retarda el hervor, y aumenta en el agua el calor, y que pueden por este medio procurarse grados de calor harto mas fixos de lo que se conocen, retardando el hervor del agua, ó dando alguna mayor compresion á la superficie, ó mez-
clan-

clandole alguna otra materia, que la haga menos facil á la evaporacion. Esta idea ha sido despues acogida, ampliada y reducida á la evidencia en estos años por Achard, aunque él para nada haga mencion del nombre de su autor Noller.

Achard.

Achard, que ha hecho particular estudio sobre la dilatacion de los fluidos diversos por diversos, y conocidos grados de calor, y con este objeto ha puesto á prueba hasta 44 fluidos, habia hecho repetidas veces mas y mas experiencias para probar la estabilidad del calor en el agua hirviendo, quando la presion de la atmosfera es la misma, pero le ha ocurrido despues que la union de otras substancias, aun de las que no se disuelven en el agua, hace variar el calor mas ó menos segun la naturaleza, y segun la cantidad de las sustancias unidas; y hechas á este fin muchas experiencias, viene á dar bastante exâctas determinaciones, y presenta de ellas extensas tablas (a). Pero despues ha encontrado algunas otras circuns-

(a) Acad. de Berlin an. 1784.

cunstancias que hacen variar el grado de calor que necesita el agua para hervir, y concluye por varias razones no poderse tomar exáctamente como un término fijo el calor del agua hirviendo (a).

Congelacion.

Por causa contraria á la del hervor, y de la evaporacion nace en el agua, y en otros fluidos la congelacion. Los fenómenos del yelo son en realidad portentosos, y merecen la mas seria atención de los filósofos. No podian dexar de ser observados de los antiguos; pero estos, sobrado amantes de especulaciones, y de recónditas disquisiciones, buscaban mas las sutiles teorías, que las simples observaciones, y disputaban si debia tenerse el frio por una cosa positiva, ó solo por negativa (b); si los cristales de roca, y las piedras preciosas eran agua congelada entre la tierra y las piedras (c), y sobre otras recónditas verdades: no contémplaban con ojos filosóficos los fenómenos obvios, no exáminaban con atención los cla-

(a) Acad. de Berlin an. 1785. (b) Plutarco. De primo frig. (c) Plato in Tim.

claros y sensibles accidentes de esta operación de la naturaleza. Galileo fué el primero en reflexionar que el yelo nada sobre el agua, que el agua reducida á yelo ocupa mayor espacio que en su fluidez natural, y que por consiguiente era un error el tener el yelo por agua condensada, quando era al contrario agua rarefacta (a). Los Académicos de Florencia no solo confirmaron estas observaciones, sino que pasaron á determinar quanto creciese el volumen, y tambien quanto se minorase el peso del agua helada; y con repetidas experiencias encontraron que el volumen del agua natural, es respecto del yelo, como 8 á 9; y el peso al contrario puede decirse recíprocamente otro tanto, quando pesando el yelo 25, un volumen igual de agua pesa 28 $\frac{1}{5}$ (b). No contentos con estos descubrimientos pasaron á otras sutiles investigaciones. Se veia rarefacerse y dilatarse el agua en la congelacion; pero no se sabia quanta fuese su fuerza, esto era lo que se obvia fué.

Académi-
cos de Flo-
rencia.

(a) *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, &c.* (b) *Saggio, &c.* pag. 114. ed. IV.

fuerza para superar los obstáculos de su dilatacion. Los Académicos Florentinos encontraron con muchas y varias experiencias, que esta fuerza rompe esferas y otros vasos, no solo de vidrio sino de plata, de oro, y de todo metal el mas duro, y mueve y levanta pesos grandísimos para conseguir su debida rarefaccion; pero reflexionando sobre la desigual coherencia del metal, y sobre varias otras extrínsecas circunstancias, que hacen difícil una justa y precisa determinacion de esta fuerza, tuvieron la precaucion de no llegar á decidir en este punto. Boile probó despues, con una congelacion artificial, que el agua levantaba un peso de 74 libras; pero las experiencias de los Florentinos indicaban tal vez levantar pesos mucho mayores. Huingens, Buot, y otros han hecho hender y romper cañones de hierro, y los cuerpos mas duros y mas consistentes con la fuerza del yelo (a); y las experiencias de los Florentinos que han servido de estímulo para estas, y pa-
ra

(a) V. Du Hamel *Hist. Acad. rég.* lib. I.

ra otras muchas curiosas observaciones, nos han hecho conocer esta portentosa, y á primera vista increíble virtud del agua congelada. Los movimientos del agua, y los accidentes diversos en la de las fuentes, y en otras aguas, y en otros líquidos, las diferencias del yelo natural y del artificial, la diversidad en las materias de los vasos que contienen el agua que se ha de helar, y todos los pasos, las operaciones, y los efectos del yelo en formarse y en conservarse, todo se ve observado por aquellos doctos académicos con una diligencia y sagacidad, que daba mucho peso á sus observaciones, que las hacia en concepto de Mairan, las mas seguidas y bien particularizadas que hasta en su tiempo hubiese en esta parte (a), y que puede servir de exemplo aun á los mas delicados y escrupulosos físicos de nuestros dias (b). Boerahave (c), Muschembroek (d), y otros muchos físicos, han hecho cu-

Tom. VIII. Ggg da

(a) *Diss. sur la glace* part. II. Sez. I. (b) L. c.

(c) *Elem. Chem.* tom. I. (d) *Tentam.* &c. I. c.

Addit. *Ess. de phys.* c. XXV.

dadoso estudio sobre el yelo , y nos han dado muchas nuevas observaciones, y muchas curiosas noticias sobre esta materia ; pero es preciso que todos los físicos cedan en esta parte la primacía al diligente físico y sublime matemático Mairan , el qual ha tomado esta materia en toda su extension y vastedad. ¡ Quan fecunda de bellos descubrimientos no es la mas simple operacion de la naturaleza , quando se presenta á los ojos de un docto observador ! El yelo no es para Mairan un poco de agua congelada dentro de un vaso , y sujeta á los ojos curiosos de los físicos especuladores : en sus manos tiene varias relaciones con todos los cuerpos de la tierra , y viene á ser un fenómeno , que de algun modo abraza todo el sistema del universo. El sol , los fuegos subterráneos , los vientos , las sales , y todos los seres naturales , parecen enlazados con el yelo ; y Mairan nos presenta las relaciones que se encuentran entre ellos y el yelo , y la parte y el influxo que todos tienen en esta operacion de la naturaleza. El recorre la Armenia , la China , y todas las regiones terrestres , entra en las grutas , se sumer-

merge en los rios y en los mares , se mete baxo de tierra , y por todas partes encuentra exquisitos conocimientos para mejor ilustrar la teoría del yelo. Exâmina atentamente la congelacion , y por decirlo asi el derretimiento , contempla todas las aguas , y sus peculiares circunstancias pertenecientes á este propósito , sigue individualmente todos los pasos de la naturaleza en los principios , y en todo el curso de la formacion del yelo , sujeta á su exâmen las mas pequeñas partes , y hace una rigurosa anatomía de este cuerpo , en apariencia tan simple y claro , y sin embargo no bien visto por ninguno antes de él. Los carámbanos que se forman , las figuras que de ellos resultan , las burbujas de ayre que se unen , el volumen que aumenta , todo se presenta á sus físicos y geométricos ojos , todo cede á la penetracion de su ingenio. El yelo , contemplado , y manejado magistralmente por Mairan , es un claro y fiel espejo , donde todos los cuerpos naturales se dexan ver , y donde toda la naturaleza estudiantemente se representa qual es en sí ; y su disertacion sobre el yelo , aunque no ofrez-

ca en el título una obra muy importante es un precioso libro, riquísimo de útiles verdades, y fecundo de curiosos descubrimientos. Despues de haber hablado de Mairan parece que se haya dicho ya todo lo que hay que decir en materia de yelo, y que no pueda haber lugar para hacer mencion de otro autor alguno. Pero la celebridad de los nombres de Ales, y de Nollet, nos obliga á insinuar la disputa que ocupó el estudio de entrambos sobre la formacion del yelo peculiar de los rios. El agua estancada, el agua de los vasos, el agua de los lagos, y generalmente el agua en toda situacion empieza á elarse en la superficie antes que en el fondo, y comunmente á las orillas antes que al medio: solo del agua de los rios se ponía esto en duda, ó antes bien lo negaban muchos abiertamente. Los molineros, los barqueros, los pescadores, y quantos andan por los rios creen que el primer yelo se forme en el fondo, y despues se eleve á la superficie; y el unanime consentimiento de estas personas, y el testimonio del docto Plot, determinaron en 1730 al gran físico Ales á exâmi-

Ales y
Nollet.

nar

nar la verdad de este hecho singular. Por dos inviernos se fué al Tamesis, y observó baxo un témpano de yelo á la superficie de $\frac{1}{3}$ de pulgada otro mas gordo de $\frac{1}{2}$ de pulgada, pero mas esponjoso, y menos sólido, lleno de tierra, de arena, y de otras materias, y concluyó que en el fondo de los rios se forma el yelo, que sube despues arriba y se junta con el de la superficie (a). Por mas respetable que sea la autoridad del sagaz Ales, no quiso Nollet sujetarse á su juicio, y creer buenamente un hecho tan contrario á las leyes de la verdadera física. Exâminó con el termómetro el calor del agua inmediata al fondo, y jamas la encontró fria de modo que llegase al grado de congelacion; quando el yelo de la superficie era de 2, 3, y aun 6, y 8 pulgadas de grueso; observó la naturaleza del fondo, y la de la tierra, y de las materias unidas al yelo, y por estas, y por otras observaciones decidió, que no podía ir el yelo del fondo á la superficie, (y) probó con otras experiencias

-23

que

que estas capas inferiores, ó tempanos unidos con el de la superficie descienden de las partes superiores del rio separados por las olas, y llevados por la corriente. A cuyas justas conclusiones juntó tantas otras nuevas observaciones que del humo de un error vulgar sacó la luz de muchas bellas verdades. Aun al presente despues de tantos célebres físicos vemos ocuparse Blagden en el yelo, y dar á la Real Sociedad de Londres varias nuevas observaciones sobre las diversas substancias que aceleran, ó retardan la congelacion del agua (a), y estudiar otros muchos físicos nuevas experiencias, y nuevos medios para ilustrar esta materia.

Origen de
las fuentes.

Si el yelo ha merecido tanto el estudio de los físicos, no es de admirar que el origen de las fuentes, asunto mas curioso, y mas tiempo ha tratado, haya empeñado tambien su atencion. Aristóteles refiere la opinion de algunos físicos antiguos, que á las lluvias atribuian el origen de las fuentes y de los rios (b). Refuta él

es-

(a) *Trans. phil.* vol. LXXVIII. (b) *Meteor.*
lib. I. c. 13.

esta opinion, y propone una suya; esto es, que el ayre impregnado de vapores en la concavidad de las montañas se resuelva en agua, y de esta agua manen las fuentes (a). Séneca (b) nos da una noticia de las diversas opiniones de los griegos sobre esta materia, y nosotros remitiendo á él á los lectores curiosos, solo hacemos mencion de la opinion de aquellos que suponian haber debaxo de tierra algunos hidrofilacios, de los quales, por ocultos conductos y canales hacian correr el agua para desembocar por las fuentes, y juntandose en rios volver á la mar. Esta opinion adquirió en las manos de Cartesio. Cartesio mayor apariencia de verdad, queriendo él que en fuerza del calor subterráneo se elevase el agua en vapores, y estos despues congelados se uniesen y formasen un cuerpo de agua que no pudiendo baxar por los angostos conductos por donde habian subido los vapores desembocase por las fuentes (c). No bastó la

au.

(a) *Meteor.* lib. I. c. 13. (b) *Quaest. nat.* lib. III.

(c) *Princip.* part. IV.

autoridad de Cartesio para que los mas juiciosos físicos franceses abrazasen esta celebrada doctrina. Mariotte (a), Perrault, La Hire (b), y otros diligentes observadores, no quisieron reconocer otro origen de las fuentes y de los rios, que las lluvias, las nieves, el granizo, y el rocío. Esto lo habian pensado ya los griegos antiguos refutados por Aristóteles; pero estos académicos franceses lo demostraron con las experiencias, y con los cálculos.

Mariotte. Mariotte (c) hace varias observaciones sobre la naturaleza de los montes, sobre los sitios de las fuentes, sobre los lagos, y sobre las otras circunstancias, que pueden dar indicio de tal origen, y encuentra conspirar todo á hacerlo derivar de las lluvias. Y como á muchos parecia increíble que las lluvias, y las nieves pudiesen suministrar bastante agua para tantos y tan copiosos rios; él, examinada con singular diligencia la cantidad de agua, que corre por los rios, y la que

pro-

(a) *Traite du mouv. des eaux* Sec. disc. De l'orig. des font. (b) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1703. (c) L. c.

proviene de las lluvias, determinó con riguroso cálculo, que aun quando una tercera parte del agua llovediza se elevase en vapores inmediatamente despues de la lluvia, y que otra tercera parte se encerrase en los lugares subterráneos, y en las partes superficiales para conservarlas humedas, como se ven comunmente, y que solo la otra tercera parte restante colase por pequeños conductos para formar las fuentes, habria bastante para las fuentes, y para los rios. Halley calculó el agua que cada día se evapora del mar, y la que entra en el mismo de los rios, y mostró ser en mucha mayor copia aquella que esta (a); y aun probó, como dice Clerc (b), que en un día de verano se evaporan del Mediterraneo 5280 millones de toneladas de agua, quando comunmente cada día no entran mas que 1827 millones; y aunque la mayor parte de dicha agua vuelve á caer en el mar en rocío y en lluvia, queda sin embargo mas que bastante.

Halley.

Tom. VIII.

Hhh

pa-

(a) *Trans. phil. an.* 1692. (b) *Phys. lib.* II, c. VII. y VIII.

para conservar las fuentes y los rios. Vallisneri, aunque plenamente persuadido de la verdad de esta opinion, y convencido de la exâctitud de las razones y de los cálculos de sus autores, quiso sin embargo certificarse por sí mismo, consultar los montes, sus pendientes, y sus faldas, exâminar en su origen las mismas fuentes, y tocar con las manos la verdad: las capas de los montes, la condicïon de los terrenos, los sitios de las fuentes, todo le hacia ver con los ojos, no con el pensamiento, como él dice, que no con hornillos, y con alambiques, no con subterráneos arcanos, y con misteriosas operaciones, sino con las lluvias, y con las nieves hace la naturaleza manar las fuentes, y correr los rios (a). Las muchas observaciones meteorológicas, que por todas partes se han establecido en este siglo con la mayor diligencia, han confirmado mas, y mas, que las aguas de las lluvias y de las nieves superan no poco las

(a) *Dell' orig. delle fontane, lez. accad., ed annotazioni.*

las que los rios llevan á la mar, y han hecho mas segura, y mas universal esta opinion del origen de las fuentes. Esta cuestión tan agitada por los antiguos, y por los modernos no es mas que una teórica especulacion, y con toda la fuerza de las observaciones y de las razones, con que los modernos han procurado reducirla á la evidencia de la demostracion, no ha podido salir de los términos de una fundadísima, y muy razonable opinion. La cuestión de la saladura del agua de la mar, que ha empeñado á los filósofos antiguos en disertaciones especulativas, ha excitado á los modernos no solo á teóricas, sino á prácticas y útiles investigaciones. Ya desde el principio de la física griega se ocuparon los primeros filósofos en la contemplacion del agua de la mar, y en la investigacion de la causa de la saladura, y Plutarco nos refiere las diversas opiniones, que sobre este punto inventaron Anaxíandro, Anaxágoras, Empedocles, Antifonte, y Metrodoro (a).

Saladura
del agua de
la mar.

Hhh 2 — Pla-

(a) 1. *De plac. phil.* lib. III, c. XVI.

Platon (a), nos ha propuesto otra opinion, otra Aristóteles (b), y otras otros filósofos. Las opiniones de aquellos no son mas que meras imaginaciones de ociosos especulativos, sin experiencia alguna, ni fundada observacion: y nosotros contentandonos con haber manifestado quanto estudiaron sobre este punto los antiguos, remitimos á los citados autores á quien quiera saber individualmente sus opiniones. No han tenido mas acierto los modernos en señalar la causa de aquella saladura; pero sin embargo sus investigaciones han sido mas útiles por las observaciones que han producido. Ademas de las aguas de la mar hay otras muchas aguas saladas en lagos, en pozos, y en fuentes; pero la saladura de estas, que con bastante claridad se vé derivar de los minerales y de las tierras salinas por donde pasan, es diversa de la de la mar, que unida á las materias creidas de muchos bituminosas, á los vegetables, á los animales, y á otras materias forma un agua, que el

ar-

(a) In Tim. (b) Meteor. lib. II, c. III.

arte no puede imitar. El agua quanto mas calida, tanta mayor porcion de sales disuelve, y tiene en infusion; y esta experiencia ha hecho pensar á los filósofos que el agua marina debiese ser mas salada en los sitios calientes que en los frios; y en efecto se ha encontrado tal en los mares vecinos al equador con preferencia á los polares. En el fluxu del mar, en el agua mas profunda, y en la mas apartada de la playa se ha observado ser mas sensible la sal. Por las experiencias de Marsigli, de Halley, de Ales, y de otros la sal del agua marina se reduce á $\frac{1}{32}$ de su peso, ó á un 3 ó 4 por 100, aunque Wallerio la encuentra de 16 á 17 por 100 (a), y Scopoli dice haber sacado una onza de sal de una libra de agua del mar de Trieste (b). Pero de todos modos la sal del agua de la mar deberá parecer muy poca, quando el agua puede tener en disolucion cerca de la quarta parte de su peso, y aun un poco mas (c). Estas y otras observacio-

(a) *Systb. min.* II. (b) *Diz. di Chim.* annot. (c) V. Macquer *Dict. de Chym.*

Varias
operaciones
para extraer
la sal del
agua de la
mar.

ciones han provenido comunmente del estudio de los físicos para buscar la causa de la saladura de la mar, pero sin embargo esta causa ha quedado, como casi todas las primeras causas, en su misma obscuridad. No es de gran perjuicio la falta de esta noticia, y sería mucho mas útil á la sociedad el conocimiento de un medio facil, y no costoso para desnudar aquel agua de su sal, y de las otras materias que hacen que no sea potable y apta para muchos usos de la sociedad, aunque al contrario sea ventajosa para algunos otros (a). Parece que los antiguos hayan tenido alguna idea acerca de desalar el agua por medio de filtraciones, y de evaporaciones. Aristóteles (b) dice que metiendo en la mar una bola de cera vacía, se introducirá en ella agua, que será dulce y potable. Plinio refiere este modo de desalar el agua marina, y el de tender muchos vellones al rededor de la nave, los quales humedecidos darán agua dulce.

(a) V. Plin. XXXI. cap. VI. (b) *Meteorolog.* lib. II. c. III.

dulce exprimiendolos (a). Pero ni la bola de cera, ni otra alguna filtracion podia quitar al agua su saladura, ni los vellones bastaban para recoger tantos vapores que pudiesen dar una suficiente cantidad de agua, y acarrear alguna utilidad á la navegacion. Porta propuso en el siglo XVI cinco ó seis métodos para obtener el mismo efecto (b), y estos tambien se dirigian á la filtracion, y á la evaporacion; pero de algunos de ellos, cabalmente los que servian para la filtracion, confesaba él mismo que nada le habian servido para su propósito, ni parece que jamás haya reducido á la práctica los otros, aunque mas propios para el intento, ó que jamas haya sacado utilidad alguna. Walcot en el siglo pasado destilando el agua marina en un alambique, y poniendole algunas drogas, sacó un agua que era realmente potable, y le hizo acreedor á un premio del gobierno ingles. Sin embargo bien pronto empezó á conocerse, que no era bastante saludable aquel agua; y Fizz Gerald

(a) O L. c. (b) *Mag. nat.* lib. XX, c. 122

rald propuso una suya, que pretendia fuese muy superior en las qualidades utiles á la de Walcot, y que igualmente mereció la atencion del gobierno. Pero ni aun esta fue abrazada por los marineros, resintiéndose en poco tiempo el estomago del que hacia freqüente uso de ella. Mas célebre se ha hecho en este siglo el agua destilada de Gaulier; pero tampoco esta ha sido provechosa para la salud del que la usaba, y ha sido abandonada como las otras. Estas aguas tenian un cierto espíritu de sal, que las hacia acres, y corrosivas, y causaban por ellos obstrucciones, tumores, y Ales. otras enfermedades. Ales mas filósofo que quantos habian tentado esta util empresa, descubrió este defecto del agua marina destilada, y procuró remediarlo. Hizo por ello proceder á la destilacion la putrefaccion, y la clarificacion; procuró que no fuesen muy intensas las destilaciones, ni saliese en vapores mas de una tercera parte, y tomó otras muchas cautelas, que prueban su sagaz juicio, y su profundo conocimiento de la naturaleza, y le dieron un agua algo mejor que las que habian sacado los otros físicos, pero no produ-

duxeron todo el efecto que se deseaba, y que solo podia esperarse de su diligencia (a). Sin embargo quiso posteriormente Appleby mejorar el método de Ales, y buscó nuevos caminos sin poder llegar nunca al deseado fin (b). Muy célebre se hizo en años pasados el método de Poissonnier y en poco tiempo cayó tambien en abandono: posteriormente se han visto otros muchos que de quando en quando han propuesto nuevos métodos, y se han prometido salir con mas felicidad en su deseo de desalar el agua, pero estos todos comunmente han puesto la mira en el medio de la destilacion. Bartolino, Boile, y algun otro habian observado que liquidandose los pedazos de yelo, que se encuentran en los mares septentrionales, se convertian en un agua bastante dulce. Cook en uno de sus viages hizo llenar toneles de agua dulce sacada del yelo que nadaba sobre la mar; por lo qual creian algunos que la congelacion fuese

Poissonnier, y otros.

Tom. VIII.

lii

un

(a) *Instruct. pour les marin.* (b) *Trans. phil.*
vol. XLVIII. &c.

un medio oportuno para dulcificar el agua; pero sin embargo congelando el agua marina se encontraba despues salada, y creian los físicos que los yelos que daban el agua dulce, fuesen del agua de los rios, que entran en la mar, y de las nieves super-venientes, no de agua realmente marina y salada. Recientemente observó Hosley en algunos pedazos de yelo una division notable de dos partes, una de las cuales aparecia tanto mas salada en la liquidacion, quanto la otra se minoraba, y propuso á la real sociedad de Londres el modo de dividir el agua salada de la dulce por medio de la congelacion, y hacer así mayor copia de sal en las salinas, y lograr agua dulce en la mar (a). Pero este medio no se habia puesto por obra, ni él mismo habia indicado el método de poderlo executar. Mas recientemente ha indicado Lorgna hacer agua dulce de la marina por medio de la congelacion, y en efecto con la continuacion de tres ó quatro congelaciones artificiales ha llega-
do

(a) *Trans. phil.* vol. LXVI.

do á desalar el agua marina de modo que la ha bebido él mismo por algunos dias (a). No sé de quanto uso podrá ser en la mar este método de Lorgna; pero éste junto con tantos otros que hemos nombrado hasta ahora, y tantos otros mas que hemos pasado en silencio, pueden probar suficientemente quan intensos y vivos han sido hasta en nuestros dias los estudios de los físicos para hacer dulce y potable el agua de la mar. Deberia hablarse ahora del *fluxo*, y *refluxo* del agua de la mar, y de otras aguas, que tanto ha ocupado á los filósofos antiguos, y á los modernos, pero lo poco que hemos dicho hablando de la astronomía nos dispensará de hacer ulteriores discursos, y ahora pasaremos á tratar de la meteorología.

Fluxo y
refluxo.

Los meteoros siempre han excitado la curiosidad de los físicos, y en efecto ninguna materia vemos tan copiosamente discutida por los antiguos como la meteorología. Aristóteles escribió gruesos libros sobre los meteoros; Epicuro, y Lu-

(a) *Mem. della Soc. Ital.* tom. III.

Estudio
meteoroló-
gico de los
antiguos.

Ecónomis-
tas.

Médicos.

crecio tambien los han tratado con bastante extension; y Séneca en casi todas sus cuestiones naturales toma á los mismos por objeto de sus especulaciones filosóficas. Tres cosas requiere el estudio meteorológico: observaciones, teorías, y aplicaciones; y todas tres se ven, aunque imperfectamente, tentadas por los antiguos. Las observaciones meteorológicas son útiles á la agricultura, y esto ha hecho que las emprendiesen los antiguos aun antes que se conociese la física. Esiodo manifiesta en algunos pasages de su poema, que entonces se habian hecho ya algunas observaciones meteorológicas para regular las navegaciones, y el cultivo de los campos (*a*); y las observaciones que traen en esta parte Virgilio (*b*), Columela (*c*), y los otros escritores geopónicos manifiestan que habian sido bastante diligentes y atentos los griegos y los romanos en observar los meteoros, y en hacer aplicaciones de ellos. Hipócrates

(a) *Opera et dies.* (a) *Georg.* lib. I, v. 204.

(c) Lib. X, v. 41, et al.

exâminando las enfermedades epidémicas, que habian afligido á la ciudad de Taso, derivó su origen de los vientos, y de la varia constitucion de la atmosfera, y dió por ello una breve historia de los vientos que alli dominaron, de las lluvias, y de la humedad que llevaron consigo; y del calor y del frio formó el primer ensayo de efemerides meteorológicas, é hizo la primera aplicacion de la meteorología á la medicina (a). La religion misma, ó la Religiosos. supersticion, obligaba á los antiguos á contemplar los truenos y los relampagos, á observar las nubes, á escuchar los vientos y las lluvias, y á hacer muchas observaciones meteorológicas. En efecto los Etruscós, que eran particularmente famosos en los ritos religiosos, y en la ciencia augural, obtuvieron tambien distinguido crédito en los conocimientos meteorológicos, singularmente en los que pertenecen á los rayos, como observa Séneca (b). De esta ciencia sacaron dos ver-

da-

(a) *Epidemior.* lib. I. (b) *Quaest. nat.* lib. II. cap. XXXII.

dades : una es , como dice el mismo Séneca (a) , que el romperse las nubes no hace nacer los rayos , sino que al contrario se abren las nubes para dar lugar á la salida de los rayos ; y la otra como refiere Plinio , que los rayos no solo vienen del cielo sino tambien debaxo de la tierra (b) ; bien que despues obscurecieron la una y la otra con falsas y erróneas supersticiones. Ademas de estas observaciones producidas por la religiosa , y por la económica utilidad , había tambien muchas debidas únicamente á la curiosidad filosófica. Aristóteles refiere algunas , y estas, sean falsas ó verdaderas , de todos modos prueban el freqüente uso que entre los griegos se hacía de semejantes observaciones. Muchas refiere tambien Séneca , la mayor parte de ellas de los griegos ; pero otras , y no pocas , de los romanos , y algunas suyas propias (c). Mairan alaba las observaciones , y las descripciones de la aurora boreal hechas por Aristóteles,

Físicos.

(a) *Quæst. nat.* lib. II, cap. XXXII. (b) Lib. II, cap. LII. (c) *Quæst. nat.*

les, y por Séneca, aunque ambos ámbos vivieron en parages muy meridionales, para poder gozar con frecuencia de tales espectáculos (a). Vitruvio (b) refiere la invencion de Andronico Cirrestè, que construyó en Atenas una máquina para hacer con mas exâctitud sus observaciones sobre los vientos. ¿Y no sabemos por Plinio que solo de los vientos publicaron sus observaciones meteorológicas veinte, y mas autores griegos (c)? Las enfáticas reprehensiones en que prorumpe el mismo Plinio (d), contra el descuido, en esta parte, de los filósofos de su tiempo, y las alabanzas que dá á los antiguos, tan diligentes, hacen ver bastante bien la atencion y cuidado que estos ponian en las observaciones meteorológicas, y el alto aprecio y justa estimacion en que ya en tiempo de Plinio estaban tenidos tales estudios de las personas inteligentes. Y es digno de observarse, que si ahora

Pronosticos.

der-

(a) *De l'auror. boreale*, sez. IV. c. II. (b) Lib. I. c. VI. (c) Lib. II, c. XLVI. (d) *Ibid.* 9

dermo estudio meteorológico el haber llegado á formar periodos, dentro de los quales vuelven los mismos meteoros, y suceden sus fenómenos, los antiguos no carecian de esta gloria; puesto que el mismo Plinio hace mencion de un periodo de Eudoxo, que en un entero quadrienio hacia volver á comparecer no solo los mismos vientos, sino todas las vicisitudes atmosféricas (a). El grande estudio que hacían los antiguos para poder adivinar, y pronosticar los futuros meteoros supone una suma frecuencia en hacer atentas observaciones, que tan precisas eran para este fin. Un libro entero escribió Teofrasto para dar razon de las señales, que pueden prenunciar las lluvias (b). Arato (c), Plinio (d) y otros griegos y romanos escribieron igualmente sobre estos pronosticos, y aunque aseguraron muchas cosas enteramente faltas de todo fundamento de verdad, sin embargo hacen ver que el estudio meteorológico

(a) Lib. II. c. XLVII. (b) Laert. in *Theophr.*

(c) *Phoenom.* (d) Lib. II. &c.

lógico habia llamado particularmente la atencion de toda la antigüedad. Y si tanto se empeñaron en hacer las observaciones de los meteoros ; cuánto no habrá sido su estudio en la parte teórica, y en la investigacion de las causas, que era la passion dominante de los griegos? Nosotros no tenemos ya las obras de la mayor parte de aquellos filósofos ; pero por las que nos quedan se puede bastanteamente conocer que fueron muchas las opiniones, y diversas las teorías que inventaron en esta parte. Estudiaron la constitucion de la atmosfera, la division de sus capas, los espacios del ayre, y del eter, las diversas razones de ayres diversos, de ayre cargado de vapores, impuro, y eterogéneo y de ayre puro, simple y desnudo de toda extraña materia, y la patria, por decirlo así, de los meteoros fué mirada por los filósofos antiguos con ojos perspicaces y atentos. Aristóteles cita á Pitágoras, y á Anaxágoras (a); Ciceron á los estoicos (b); Clemente Alexandrino á

Tom. VIII. Kkk Em-

(a) *Meteor.* lib. I, c. III. (b) *De nat. Deor.* lib. II.

Empedocles, de quien trae una obra sobre el eter como la parte de la atmosfera que lo envuelve, y contiene todo (a); y tanto los griegos como los latinos nos atestiguan que desde los primeros principios de la física se han dedicado los filósofos á contemplar la atmosfera, y formar sobre ella sus sistemas. Pero viniendo despues á los mismos meteoros; cuántas opiniones diversas no refieren Séneca, Plutarco, y tantos otros? Aristóteles en muchos libros discute toda suerte de meteoros, y produciendo varias observaciones, sean falsas ó verdaderas, propone sus teorías, y á cada cosa señala atrevidamente la imaginada causa. Las muchas maneras, con que decia Epícuro poderse formar cada meteoro, son otras tantas opiniones que acerca de ellas llevaban los antiguos filósofos. Lucrecio expone la doctrina de Epicuro con una fuerza de razones, y solidez de pensamientos, que dan mas honor á su maestro que sus propios escritos (b), Séneca (c), y Plinio

(a) *Strom.* lib. V. (b) Lib. II. (c) *Quaest. natur.*

nio (a), refieren varios pensamientos de los griegos sobre los meteoros, que muestran en algunos bastante exâctas noticias físicas, y un prudente y juicioso modo de filosofar, y particularmente Séneca añade á veces algunas reflexiones suyas, que podrian parecer dignas de una física mas ilustrada, sino estuvieran juntas con otras muy extrañas é insubsistentes. Pero sin embargo la antigua meteorología estaba aun muy distante de poderse gloriarse de alguna exâctitud y perfeccion: las observaciones se hacian con miras económicas, y con vulgar facilidad, no con sagacidad filosófica, y con las miras físicas que se requerian para la debida exâctitud; y con tales observaciones, con las escasas luces de la física de aquellos tiempos, y con el deseo de los griegos de decidir sobre todas las cosas, y de erigir sistemas sobre qualquier apariencia, ó probabilidad no podian esperarse sólidas y justas teorías; bastaba encontrar en ellas razonables opiniones, é ingeniosas conjeturas; bastaba poder alabar el ingenio de aquellos mis-

Kkk 2

mos

(a) Lib. II.

mos de quienes debian reprobarse las vanas imaginaciones. Muschembroek considerando la infinita variedad de cuerpecillos que ocupan la atmosfera, y la dificultad de conocer los efectos, que pueden causar la multiplicidad de sus combinaciones, prudentemente concluye, que no puede dudarse que los meteoros deben producir un gran número de fenómenos, cuyas causas jamás llegaremos á comprenderlas bien, y sobre los cuales solo podrán hacer los filósofos simples conjeturas (a). ¿Qué es pues de admirar que los griegos no pasasen mas adelante, y solo se detuviesen en sutiles é ingeniosos conceptos, y aun en estos se apartasen muchas veces de un recto y filosófico raciocinio, si los mismos modernos con una física tanto mas ilustrada, y con tantos otros auxilios de que carecian los antiguos, no han sido mucho mas felices en descubrir la verdad, y saber señalar las justas causas de los fenómenos observados, y establecerlas, y solidarlas con incontrastables confirmaciones? En los tiempos

(a) *Essai de phys.* c. XXXVII.

posteriores no se estudiaba la meteorología mas que como una parte de la astrología, se observaban los meteoros, pero solo como presagio de calamidades públicas; y la física, no menos que la astronomía, se hacia servir para regular las predicciones de los ignorantes y atrevidos astrólogos. Así que se encuentran de aquellos tiempos algunas observaciones de fenómenos meteorológicos en las historias civiles, no en los libros de física, ó en los escritos escolásticos; ni podia la meteorología sacar ventaja alguna de los estudios de aquella edad.

meteorológicos de los tiempos baxos.

Galileo empezó á hablar de los meteoros con algun gusto de buena física; y la teoría de los vientos, y algunas proposiciones meteorológicas, que esparce acá y acullá en sus obras, están ya fundadas en observaciones, y presentan una doctrina, no ya como la de los antiguos, de mera especulacion, y de sutiles raciocinios, sino apoyada con hechos, coherente con la sana física, y conforme á muchas verdades prácticas (a). Pero el

Estudios meteorológicos de los modernos.

Instrumentos físicos.

ver-

(a) *Pens. var. Disc. sopra le com. dial. IV. De syst.*

verdadero principio de la moderna meteorología no puede aun tomarse de Galileo, debe referirse algunos años después á la Academia de las Ciencias de Paris. Los termómetros, los barómetros, los higrómetros, los anemómetros, y tantos otros instrumentos que habian inventado los sutiles físicos para señalar exâctamente la constitucion de la atmosfera, prudentemente se hicieron servir para dar una exâctitud y precision á las observaciones meteorológicas, que antes ni aun podia imaginarse. El real observatorio de Paris proporcionaba tantas comodidades, y tan oportunos medios para observar los meteoros, como para contemplar las estrellas. Mariotte, Perrault, Sedileau, y la Hire se aprovecharon magistralmente de todas estas ventajas; y ellos pueden ser llamados los primeros físicos de la moderna meteorología. ¿Quantas experiencias no hizo Mariotte, de quantas observaciones no se valió para conocer bien las lluvias, las nieves, y los vientos (a)? Los

Franceses
cultivado-
res de la
meteorolo-
gía.

(a) *Traité du mouv. des eaux. I. part.*

escondrijos, y las azoteas del observatorio eran sus salas, y sus teatros, donde encontraba las mas sinceras diversiones, y pasaba alegremente las horas, observando el frio y el calor, los vientos y las lluvias, los fenómenos meteorológicos, y los varios accidentes de la atmosfera. Y no contento con esto hacia tambien en la ciudad y fuera de ella, en los llanos y en los montes algunas observaciones, y procuraba adquirirlas por otros de sitios diversos para combinarlas despues entre-sí, y sacar de todas un conocimiento mas exácto de los meteoros, y de los fenómenos que se derivan de ellos. Fruto de aquellas observaciones son las muchas verdades que sobre el agua de las lluvias, sobre las fuentes, y sobre los vientos ha dexado para enseñanza de la posteridad (a). Aun fueron mas asiduos, y mas diligentes los otros académicos Perrault, Sedileau, y la Hire. El luxo de la corte de Luis XIV contribuyó tambien al adelantamiento de los conocimientos meteor-

(a) Traité II. III. disc.

rológicos. Para regular bien las fuentes de los jardines reales quiso Louvois en 1686 que la Hire observase diligentemente el agua que corre de los manantiales de la montaña de Roquencourt, de donde se habían llevado las aguas á Versailles, y mandó despues á la Academia que cada año se hiciesen las experiencias del agua que llevan las lluvias, y de la que se disipa en vapores. Entonces inventó Perrault una máquina para executar con exâctitud estas observaciones. Sedileau las hizo con magistral inteligencia; y la Hire en 1688 empezó á presentarlas á la Academia, y al público, lo que continuó haciendo despues constantemente por muchos años. Y no solo se fixaron en las lluvias los ojos filosóficos de aquellos doctos académicos: Sedileau examinó en el año siguiente la nieve y el yelo, y emprendió varias otras observaciones, quando en medio de su carrera fué arrebatado por una muerte prematura (a).

La

— (a) — V. *Hist. de l'Acad. avant son renouv.* en 1699. tom. II. y X; Du-Hamel *Reg. Sc. Ac. Hist.* (a)

La Hire principalmente puede considerarse como padre y primer maestro de la verdadera ciencia meteorológica. Los párellos, y los arcos iris, las lluvias y las nieves, las fuentes y los ríos, el agua y el ayre, el frío, el calor, el barómetro, el termómetro, la altura, el peso, la humedad, la elasticidad de la atmosfera, y quanto de algun modo puede pertenecer á los meteoros, todo era objeto de su curiosidad, todo era contemplado por él con erudita atencion, todo era llevado con sincera fidelidad al conocimiento del público (a). Entonces se empezó á correr el velo, con que por tantos siglos habia estado cubierta la atmosfera; entonces se empezó á tener justas noticias de lo que todos los días se veia sin conocerse; entonces se empezaron á formar diarios filosóficos de todos los fenómenos meteorológicos, y á exponer la historia de las revoluciones de la atmósfera; entonces en suma nació la meteorología. Estas observaciones, y estas efemerides, he-

Tom. VIII.

LII

chas

(a) *Hist. de l'Acad. depuis 1686 jusqu' á 1759.*

chas por más de 30 años con infatigable constancia por la Hire, fueron después continuadas en la misma Academia con igual celo é inteligencia por Maraldi, y por otros académicos, y repetidas por varios otros por toda la Francia, en la América, y en las mas remotas regiones, y los doctos franceses en todas partes manifestaron el amor á los estudios meteorológicos, que de todos modos promovieron y propagaron, y que aun se ve dominar Ingleses. en nuestros días. No fueron inflamados de menor celo los profundos ingleses para cultivar esta naciente ciencia; y las continuas observaciones hechas por muchos de aquellos nacionales en la mar y en la tierra, en Europa, y en las otras partes del mundo; el riguroso exámen de todos los accidentes atmosféricos que hizo muchos años Derham después del de 1707; y el juicioso cotejo hecho por él mismo de sus observaciones con otras de otros países (a); el convite de Jurin publicado en 1742 á todos los doctos físicos

(a) *Trans. phil. an.* 1732.

cos para hacer en comun semejantes observaciones, y los juiciosos preceptos propuestos por él para executarlas con exactitud y utilidad (a); el empeño del Almirantazgo en promover los adelantamientos de tales estudios, todo prueba que esta parte de la física, igualmente que á la Francia, es deudora de sus progresos á la Inglaterra. Desde principios del siglo se aplicó en Padua el docto Poleni á observar con su acostumbrada diligencia los meteoros, y la constitucion de la atmosfera; y las observaciones que ha publicado, y las luces que ha dado en una carta al sobredicho Jurin (b), y en otros escritos suyos, han sido muy ventajosas para el adelantamiento de esta ciencia. Al mismo tiempo en Holanda, quando en 1727, se padecia una epidemia, quiso Muschembroek, á imitacion del grande Hipócrates, tener cuidado de todas las variaciones de la atmosfera, y combinandolas con las enfermedades que en cada estacion y en cada mes reinaron, pre-

Otros.

LII 2

sen-

(a) Letter. &c. (c) *Trans. phil. an.* 1731.

sentó al público las efemerides meteorológicas de Utrech de 1728 juntas con las nosológicas, y dió el exemplo de juntar la historia de los meteoros con la de las enfermedades, que despues ha sido generalmente abrazado por los físicos modernos (a).

Aurora
boreal.

Observa-
ciones de
los anti-
guos.

La observacion de un meteoro particular produjo una teoría, que acarreó muchas nuevas luces á la física, y en poco tiempo adquirió credito universal. La aurora boreal habia sido bajo otro nombre conocida de algun modo por los antiguos. Aristóteles (b) habla de fenómenos, que ciertamente son auroras boreales, con tales expresiones, que manifiestan haber sido observadas por él mismo. Séneca (c) describe con bastante claridad aquel meteoro; y Séneca y Aristóteles son los únicos antiguos que yo sepa haber observado, y presentado la aurora boreal como un mero fenómeno físico que nada tuviese que ver con futuros eventos,

(a) *Ephem. meteor. Ultraject.* an. 1728. (b) *Meteor.* I, c. IV, y V. (c) *Quaest. natur.* l. I, c. LXV.

tos, ni predicciones. Otros filósofos imaginaron varias causas de aquel meteoro, pero, como dice Plinio (a), siempre considerandolo como anunciador de grandes males; y en los tiempos posteriores aquellos pocos que lo observaron, mas pensaron en los males que creian que prenunciase, que en las causas naturales á que debian atribuirlo. El primero que yo sepa haber hablado de él físicamente, llamandolo aurora boreal, considerandolo como un simple meteoro y buscando causas naturales, sin recurrir á misteriosas y sobrenaturales, ha sido Galileo (b), bien que el hablar él sin apariencia alguna de novedad, y como de cosa que se veia con frecuencia, hace creer que otros muchos hubiesen tratado ya de algun modo de dicho meteoro. Gassendo observó varias auroras boreales, y doc-
tamente describió una de 1621, la primera, como dice Mairan (c), que se haya visto, ú observado, y descripto á sangre

De Gassendo, y de otros posteriores.

(a) Lib. II, c. XXVII. (b) *Disc. sopra le comete.* (c) *De l' aur. bor.* Sez. IV, c. I.

gre fria, pero aun él discurre despues con mucha incertidumbre, y admirado de la novedad, y refiere que todos sus contemporáneos publicaron haber visto en ella mil portentos, y la creyeron una señal enviada por Dios de los daños de guerra que sufrieron despues (a), y en todo manifesta con bastante claridad la obscuridad en que estaba entonces la física acerca de este fenómeno. Zanotti refiriendo una aurora del año 1726 descripta en la Academia de Bolonia por Becari, hace mencion de otra que habia sido observada por Castelvètri á fines del año 1722, ó á principios del siguiente, y dice haber sido esta la primera que compareció en Italia, ó á lo menos la primera de que hubiese quedado memoria; y que el bolonés Manfredi fue el primer astrónomo de Italia, que despues observó una con exâctitud astronómica, y esto no antes del año 1727 (b); y esta raridad del fenómeno, como tambien observa Plinio (c), no

(a) *Phys.* sect. III. lib. II, c. VII. (b) *Coment. Acad. Bon.* tom. I. (c) *L. c.*

no permitia que se viese clara la causa, ni que se tuviesen de este meteoro las noticias que de los otros. En 1726 hizo grande impresion en toda Francia una aurora boreal y esta sirvió de estímulo á Mairan para levantar la grandiosa fábrica de su teoría de la aurora boreal. Galileo, Gassendo, y aquellos pocos físicos que la habian tratado hasta entonces, todos la consideraban como producida por los vapores, ó por cuerpos extraidos de nuestro globo; y por esto Halley la hacia provenir de los efluvios magnéticos, que de la pequeña esfera, ó tierra magnética, que él suponía encerrada en el centro de nuestro globo, se soltaban, y se deslizaban por los polos, ó á lo menos por el polo boreal. Algunos tambien la referian á la luz del sol reflectada por las nieves del septentrion, y arrojada contra la superficie cóncava de las capas superiores de la atmosfera. Pero Mairan tomaba

el vuelo mucho mas alto, é interesaba en la aurora boreal la constitucion general del mundo, ó á lo menos de todo el sistema solar, y examinados todos los fenómenos de quantas auroras boreales lle-

Opiniones
de los físicos.

De Mairan.

ga-

garon á su noticia, medida la altura, observado el color, la figura, y otros accidentes, considerado el tiempo de sus apariciones, y atendidas todas las circunstancias, estableció que no de la atmosfera terrestre, sino de la solar saliese la materia de la aurora boreal, y que esta fuese la luz zodiacal descubierta por Cassini en 1683 que separada de la atmosfera solar, y atraída por la tierra cayese en la atmosfera terrestre mas ó menos profundamente, segun fuese mayor ó menor su específica gravedad. Su vasto ingenio le hizo ver las relaciones de este fenómeno con algunas nebulosas, con las manchas del sol, con los crepúsculos, con la atmosfera de la luna, con la gravedad universal, con la calamita, y con todos los fenómenos del universo, y la historia astronómica, y la civil, la geografía, el álgebra, y la geometría, las experiencias químicas, y las físicas, las observaciones atmosféricas, y las astronómicas, la física y las matemáticas, todo lo hizo él servir para conocer bien la aurora boreal, y hacer importante este meteoro para todo el sistema de la naturaleza.

leza. La hipótesis de Mairan hizo como debía, gran sensacion en los físicos, y en los matemáticos, y muchos se dedicaron animosamente á impugnarla. Pero tuvo la suerte de encontrar un célebre sostenedor en Boscovich, quien en varios escritos la promovió, y defendió, y le añadió nuevos grados de probabilidad por las conseqüencias que sacó de sus observaciones, y principalmente por los cálculos que aplicó á la distancia, en que estaba de la tierra la materia de una aurora boreal observada por él en 1737 (a). Para mayor demostracion de aquella hipótesis faltaba la observacion de alguna aurora en las partes del polo austral, donde debia verse igualmente que en las partes septentrionales; y para suplir estos defectos le fué preciso á Mairan valerse de los sutiles recursos de su ingenio, y de su erudicion. Grischow en 1751 observó en Petersburgo una aurora, que para él era austral (b), y posteriormente otra

Tom. VIII. Mmm O. Graft

(a) *Diss. de aur. bor.* Not. in *Poema P. Noceti*, &c.
Dial. su l' Aur. bor. (b) *Nov. Comm. Ac. Petro.* t. IV.

Graft en 1778 (a), pero estas no eran las auroras australes que necesitaba Mairan para confirmar su teoría. Por fortuna suya navegando el célebre Ulloa en los mares australes, montado ya el cabo de Hornos en medio de una niebla muy densa observó de quando en quando un resplandor, y ciertos rayos de aurora boreal que hicieron creer que aquel fenómeno se veria en el emisferio austral igualmente que en el septentrional, si allá se encontrasen observadores, y no lo impedirían los estorbos de la atmosfera, y que el sistema de Mairan no debia encontrar dificultad por esta parte. Pero sin embargo no todos los físicos quisieron abrazar aquella ingeniosa hipótesis. Eulero propuso una suya; esto es que los rayos del sol hiriendo la tierra hacen levantar de ésta algunas pequeñas particulas á una altura muy superior á la de la atmosfera; y estas partículas heridas por el sol reflektan su luz, la qual forma la aurora boreal (b). Otros mas comunmente han recur-

De Eulero.

(a) *Nov. Comm. Ac. Petro.* tom. XXXIII. par. I.

(b) *Acad. de Berlin* tom. II.

currido á la electricidad, la qual ha sido el refugio de los físicos para explicar éste, y otros meteoros como diremos mas adelante; y esta ha tenido mas sequaces, que la hipotesis de Mairan, y que todas las otras, y puede decirse que ha prevalecido sobre todas, y ha quedado dominante y señora. Pero dexando aparte la teoría de las causas, le queda á Mairan la gloria de haber mejor que ningun otro ilustrado, y descripto todos los fenómenos de la aurora boreal, y todo el mérito para ser llamado el verdadero maestro en esta materia. Otro meteoro debe igualmente á este siglo su ilustracion. El rocío se ha visto en todos los siglos, siempre se ha creido caer del ayre sin hacer de él otro exámen, y jamás se ha observado con filosófica atencion. En la historia de la Academia de Paris del año 1687 se lee que algunos Académicos encontrando debaxo de las campanas de vidrio igual copia de rocío que en los sitios expuestos al ayre, pensaron que el rocío no cayese de arriba, sino que se levantase de la tierra. Pero esta observacion quedó estéril en las manos de aquellos físicos, y

Rocio.

Opinion
de Ger-
sten.

pronto fué puesta en olvido. Despues de principios de este siglo, hacia el año 1728 habiendo Gersten imaginado un sistema para demostrar con la elasticidad del ayre las variaciones del barómetro, y reflexionando que el caer de arriba el rocío debía oponerse á su sistema, se dedicó á observar atentamente este fenómeno, y con muchas y repetidas experiencias pudo concluir, que de la tierra, y de las plantas se levanta realmente el rocío, y no cae del ayre en la tierra como se creia antes (a). Entonces se empezó á reflexionar sobre este vulgar y obvio fenómeno, y se tomó algun seguro conocimiento del rocío. Tres cosas encontró él necesarias para éste: lugar expuesto á los rayos del sol, diferencia notable del calor del día al frio de la noche; y suficiente humedad en el terreno. Examinó el rocío de las plantas, que creia no ser otra cosa que la transpiracion de las mismas.

(a) *Christ. Lud. Gersten Tentam. Syst. &c.* cui adjecta sub finem *Dissertatio Roris decidui errorem ant. et vulg. per observ. et exper. nova excutiens.* Francof. 1733.

mas condensada por el ayre, y encontró en la superficie, y en la extremidad de las hojas pequeñas gotas dispuestas con algun orden; no esparcidas casualmente; y presentó su figura á los ojos de todos: tapó muchas plantas con vasos de vidrio ó de barro, y las encontró igualmente cubiertas de rocío; señal de que éste transpiraba por las mismas plantas, no venia del ayre; é hizo otras muchas experiencias, que dieron á conocer algun tanto á aquel fenómeno vulgar, sobre el qual se reflexionaba tan poco. Muschembroek no dexó ociosas las experiencias y las reflexiones de Gersten. Le pareció que el rocío fuese tal vez el meteoro acuoso menos conocido, y esto le movió á exâminarlo profundamente. (a) Tres especies diversas de rocío quiso distinguir, y sobre cada una de ellas hizo muchas observaciones, y descubrió muchas verdades. El rocío, que sale de la tierra, y de las plantas le presentó muchas diferencias por la copia y por la qualidad, segun los terrenos

De Muschembroek.

(a) *Essai de phys. c. XXXIX.*

y las plantas de donde proviene: variedad en los terrenos humedos, en los secos, en los abundantes de minerales, en los montes, y en los valles: variedad en las yerbas y en los árboles, y en las diferentes especies de árboles, y de yerbas. Observó una gran diferencia en la cantidad del rocío segun las alturas diferentes en que se recibe. Con varias y repetidas experiencias descubrió muy notables diferencias segun las materias diversas de recipientes, y encontró que los vidrios son las materias que mas atraen el rocío, y los metales las que mas lo rechazan. En la misma materia descubrió tambien mayor ó menor atraccion segun los diversos colores con que está pintada, aunque observó que esta diversidad no debe atribuirse á los colores, sino á las materias de ellos; y supo encontrar en el rocío tantas curiosas novedades, que lo que antes solo habia obtenido observaciones vulgares, hizo que fuese un fenómeno capaz de merecer la atencion de los filósofos. Ademas de los rocíos ahora nombrados, que se levantan de la tierra y de las plantas, creyó observar otro, que se

se levanta de la tierra, y esparcido en la atmosfera vuelve despues á caer en la tierra, y se movió á pensar así al ver mojar-se del rocío algunos cuerpos sobre el terrado del observatorio de Utrecht cubierto de plomo, de donde ciertamente no podia levantarse. Las observaciones de Muschembroek excitaron la curiosidad de du Fai, y le movieron á desenvolver completamente esta materia. Repitió todas las experiencias de Gersten, y de Muschembroek, las mejoró de varios modos, añadió otras suyas, y encontro que realmente se levanta el rocío de la tierra, y de las plantas, lo que no puede dudarse, pero que quando está elevado en el ayre se mezcla con él, y arriba, abajo, á todos lados horizontales, y perpendiculares va por todas partes por donde va el ayre con su movimiento de fluctuacion, y no puede decirse con Muschembroek que caiga directamente de arriba abaxo. Las experiencias de Muschembroek manifestaban atraer el vidrio al rocío, y los metales al contrario. Como esta misma diferencia del vidrio y del metal se encuentra igualmente respecto á la electricidad,

De du Fai.

y

y como du Fai habia tambien probado (a), que todos los cuerpos pueden hacerse fosfóricos, excepto los metales, pensó él que pudiese tambien el rocío tener alguna relacion con los fósforos, y con la electricidad. Para este fin hizo la prueba con materias resinosas como electricas, y en efecto las encontró, lo mismo que los vidrios, muy susceptibles del rocío. Repitió de muchos modos las experiencias de esta diversa capacidad para recibir el rocío en materias diversas, y no encontró en ninguna de ellas razon para contrastar la imaginada analogia. Pero sin embargo le hacia nacer alguna duda en contrario el haber observado Ales (b) que mucho mayor copia de rocío cae sobre la tierra humeda, que sobre la seca, mayor sobre el agua que sobre la tierra humeda, y por ello se dedicó desde luego á tentar otras experiencias semejante mas exâctas, y mas precisas; pero diversas extrinsecas circunstancias no le

(a) *Ac. des. Sc.* 1730. (b) *Stat. des veget.*
exp. XIX.

permitieron llevarlas á aquella evidencia de resultados, que pudiese satisfacer su diligente escrupulosidad (a). Pero de todos modos las filosóficas miras, y las exquisitas experiencias de Muschembroek, y de du Fai nos han hecho conocer suficientemente este meteoro de que tan poco se habian cuidado los físicos anteriores. Posteriormente le Roi examinando De le Roi. la elevacion, y la suspension del agua en el ayre, y probando que ésta se hace por disolucion, y que semejante disolucion presenta los mismos fenómenos que la disolucion de la mayor parte de las sales en el agua, entra á hablar del rocío, y de su doctrina sobre esta disolucion, y de varias experiencias suyas concluye que el rocío no es mas que el agua disuelta en el ayre con el calor del dia, y precipitada con el frío de la noche, quando se refresca el ayre baxo el grado de saturacion, y que como antes se creia, cae todo del ayre; y esta doctrina de le Roi, sus estudiadas experiencias, y sus

Tom. VIII.

Nnn

fí-

(a) *Ac. des Sc.* an. 1736.

físicas y químicas teorías han dado algunas nuevas luces sobre la materia del rocio, aun no bastante ilustrada (a).

Vientos. Si tanto ofrece que tratar un meteoro que apenas se ha empezado á observar en este siglo ya adelantado, ¿quanta materia de discursos no nos darian los otros, si la misma abundancia no nos impidiese el exâminarlos distintamente? ¿Quanto no escribieron los antiguos de los vientos, como hemos insinuado arriba? ¿Y quanto igualmente no han ocupado los mismos las investigaciones y la atencion de los modernos? Galileo á principios del siglo pasado, quando se pensaba poco en mirarlos filosóficamente, se atrevió á derivar los vientos regulares y constantes de los mares, del movimiento diurno de la tierra, y si en su teoría no llegó á descubrir la verdad, se apoyó siempre sobre verdaderas observaciones, y enseñó á los otros físicos la justa agudeza y solidez en discutir tales materias (b). Vino despues Ma-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1751. (b) *Dial. IV. de' Sistemi.*

Mariotte, y trató de los vientos con mayor extensión y profundidad. Buscó con este fin varias correspondencias para tener observaciones seguidas en la extensión de 700 á 800 leguas, en muchos sitios de Europa, como de París á Varsovia, de Londres á Constantinopla, y así otros; pero de pocos pudo lograr el complemento de sus deseos. Sin embargo con sus continuas observaciones, y con las que pudo lograr de otros, y con otras que supo sacar de las relaciones de los viages se atrevió á proponer algunas conjeturas sobre las causas de los vientos, expuso varios fenómenos pertenecientes á sus movimientos, y á sus fuerzas, y dió muchas luces sobre esta materia (a). Mariotte entre las causas que él llama principales, trae, como Galileo, por la primera, y la mas poderosa el movimiento de la tierra de occidente á oriente; y esta causa ha sido rebatida por los físicos y matemáticos posteriores, como poco fundada sobre los buenos principios de la constitucion, y

Nnn 2 de

(a) *Traité du mouv. des eaux*, I part. III disc.

de los movimientos de nuestro globo. De Halley. Halley se atuvo principalmente á la accion de los rayos del sol sobre el ayre y agua; y del calor que el sol comunica al ayre y al agua, y de la rarefaccion que en ellos produce, derivó doctamente los considerables fenómenos de los vientos regulares (a). D'Alembert juzga, sí, que el calor del sol pueda tener mucha parte en la agitacion de los vientos; pero no teniendo bastantes principios para calcular la accion de este calor, no cree poder fundar sobre el mismo la teoría de los vientos, y se reduce á determinar los movimientos del ayre, procedentes solo de la atraccion del sol, y de la luna, y abiertamente confiesa, que aun quando se resuelva así el problema, estaremos muy lejos de conocer con certeza el curso, y las leyes de los vientos; pero emplea tanta copia de geometría, y de cálculos, que ha hecho esta obra uno de los escritos mas preciosos de la matemática (b). Mas

(a) *Trans. phil. n. 183.* (b) *Reflex. sur la cause gen. des vents.*

físicamente ilustra Muschembroek este De Mus-
 influxo del calor solar en la produccion chembroek.
 de los vientos, y haciendo mucho uso de
 físicos y de históricos conocimientos lo
 va aplicando tambien á los fenómenos,
 que al parecer podian serle contrarios;
 resuelve juiciosamente muchos problemas
 de algunos vientos particulares, y de otros
 variables; recoge sobre esta materia mu-
 chas noticias de muchos lugares diversos;
 explica mas distintamente muchos fenó-
 menos peculiares á los vientos holande-
 ses, y hace formar harto mas claro cono-
 cimiento de las causas particulares de al-
 gunos vientos, de algunas propiedades
 suyas, y de sus efectos, y harto mas jus-
 ta idea de este meteoro, que la que nos
 habian dado los otros físicos y matemá-
 ticos (a). Buffon habla igualmente de los
 vientos con su acostumbrada eloquencia
 y erudicion; pero juiciosamente conclu-
 ye, que en vano se intentará dar una teo-
 ría de los vientos, y que es preciso redu-
 cirse á trabajar solo para formar una bue-
 na

(a) *Essai de phys.* cap. XLI.

na historia de ellos (a). Richard ha escrito posteriormente en varios volúmenes una historia del ayre, que no es verdaderamente la historia de los vientos, que desea Buffon; pero que puede dar para ella muchas noticias (b). Las observaciones diligentes y constantes de los doctos físicos de toda la Europa, y de las otras partes del mundo, y las fieles y exâctas relaciones de los atentos y perspicaces viajeros son el único medio para lograr todas aquellas luces que se requieren para formar una historia semejante, y para dar el justo conocimiento de los vientos. ¿Quanto no tendríamos que decir sobre la lluvia, la nieve, el granizo, el rayo, el terremoto, y sobre cada uno de los otros meteoros? Pero jamas pondríamos fin á esta materia si de cada uno de ellos quisieramos hacer distinta mencion: y así solo diremos en general y brevemente, que despues que Franklin descubrió y demostró tan pa-

(a) *Hist. nat.* t. II. en 12 ed. de Paris 1752.

(b) *Hist. nat. de l'air et des met.*

tentemente la analogía del rayo con la electricidad ; y mucho mas despues que Beccaria tan fundadamente la extendió á los otros meteoros , y propuso al público su electricidad atmosférica ; y Nollet , y otros físicos procuraron igualmente , aunque por caminos diversos , explicar los meteoros con el electricismo , la física meteorológica ha recibido mucho mayores ilustraciones. Tenemos recientemente una meteorología escrita en dos tomos por de Luc (a) , el qual confiesa que la mayor parte de sus ideas expuestas en esta obra las debe á la teoría de Volta , de las *Influencias electricas* ; y en efecto hace jugar mucho en ella el fluido electrico , del qual habla extensamente. ¿Y quantas luces no podemos esperar en esta materia del mismo Volta , el qual , dueño y árbitro del electricismo terrestre , ha querido tambien manejar el atmosférico , y ha empezado ahora á dar al público una meteorología (b) ?

Estas teorías han hecho imaginar , y
exe-

(a) *Idées sur la meteorol.* á Paris 1787.

(b) *Biblioteca fisica de Europa* tom. I.

executar muchas bellas experiencias y observaciones, y han hecho que se conozcan los meteoros harto mejor que antes; pero la meteorología mas que de las teorías saca ventajas de las diligentes, asiduas y generales experiencias y observaciones, que por todos los ángulos de la Europa, y tambien en muchos sitios de Asia, de Africa, y de América, executan los doctos físicos, y de las quales procuran hacer útiles aplicaciones. Toaldo es en esta parte el príncipe de la moderna meteorología: con la meditacion sobre las observaciones de mas de 20 años de Póleni, y sobre las muchas hechas posteriormente por él mismo, con el exâmen de las de los franceses, ingleses, y otros, y con el mutuo cotejo de todas ha empezado á fixar un periodo, y dar muchas luces para alguna verdadera prediccion de los accidentes atmosféricos, á establecer algunas leyes útiles para la agricultura, y para la economía civil, y á sacar ventajas de los conocimientos meteorológicos (a). El exemplo de Toaldo ha estimu-

(a) *Sagg. meteor. &c. La meteor. applic. &c.*

mulado á muchos, dentro y fuera de Italia á cultivar mas y mas este estudio; y Cotte lo promueve con tanto ó mas ardor en Francia, que en Italia Toaldo. Su *Tratado de Meteorología* publicado en 1774, esparció ya muchas luces sobre esta materia; pero la grande obra que ahora ha publicado en dos volúmenes de memorias para servir de suplemento á aquel *Tratado*, es la obra mas docta, y el tratado mas completo que tenemos sobre la meteorología. Por fortuna hemos visto en estos años formarse algunos establecimientos, que son muy útiles para los progresos de aquella ciencia. Uno de ellos es la Real Sociedad de Medicina de París, la qual en la memoria instructiva que envió á todos los cuerpos académicos, y á todos los médicos, y en que convidó á todos á observar con particular atencion los fenómenos de la atmosfera, ha estimulado el celo de los doctos, que de infinitas partes recibe observaciones exactas, y diarios enteros, y con su auxilio puede formar las completas tablas que vemos en sus volúmenes (a). Mas directa-

Tom. VIII.

Oco men-

(a) Tom. I. II. &c.

mente ha contribuido á los progresos de esta ciencia la Sociedad Meteorológica de Manheim fundada baxo los auspicios del Elector Palatino, y con la proteccion del Duque de Saxonia-Golha. Esta Academia únicamente se propone promover la meteorología, hacer que se hagan observaciones en todas las partes del mundo, cotejarlas despues todas con exâctitud, y poder sacar de ellas seguras consequencias. Con este fin publicó su prospecto en 1780, y explicó sus miras; hizo instrumentos enteramente iguales y uniformes; estampó tablas meteorológicas, y suministró todo lo necesario á los observadores para tener así, con los mismos métodos, y con los mismos instrumentos las observaciones realmente comparables entre sí; y ahora propone premios, tiene correspondencias, y no omite medio alguno que pueda contribuir á la perfeccion de su empresa. „Poco tiempo ha, dice „Buffon (a), que se hacen observaciones „meteorológicas, y harto menos que se

„ hacen con atencion, y tal vez pasará
„ aun mucho mas antes que se sepan em-
„ plear los resultados, aunque son los
„ únicos medios que tenemos para llegar
„ á adquirir algun conocimiento positi-
„ vo sobre este asunto.“ Pero de los es-
tudios meteorológicos de estos pocos años
quiere Cotte que se hayan sacado ya al-
gunos periodos casi ciertos, y otros muy
probables; la diurna, y la mensual varia-
cion de la brújula, casi demostrada; la
periódica variacion diurna del barómetro
puesta á buena luz por van Swinden; úti-
les miras para la medicina y para la agri-
cultura; mejoras notables de los barome-
tros, de los higrómetros, y de los otros
instrumentos físicos que tienen relacion
con los accidentes atmosféricos, y otras
muchas ventajas. Ahora con tantos auxî-
lios, con tantos establecimientos, con tan-
tas luces, y tantos adelantamientos, con
tanto celo y ardor de los cultivadores de
estos estudios podemos esperar que no
tardē mucho á madurar los frutos que
la agricultura, la medicina, la náutica,
y toda la sociedad puede prometerse de
la meteorología mas aun que de la astro-

nomía, si aquella igualmente que esta llega á tener principios ciertos, conocimientos seguros, y demostraciones matemáticas, y puede reducirse á aquel grado de certidumbre á que aspiran sus profesores, y ponerse, como la astronomía, en la clase de ciencia exácta.

Magneto-
logía.

Antiguos
conocedo-
res de al-
gunas pro-
piedades
de la cala-
mita.

Descendiendo de los elementos y de los metéoros á los cuerpos terrestres, el objeto de la física particular que antes ha obtenido alguna ilustracion de los físicos ha sido la calamita. Los antiguos egipcios, como nos manifiesta Plutarco, citando á Maneton (a), conocieron la piedra imán, y su propiedad de atraer el hierro, y aun tal vez la de rechazarlo. Tales, Demócrito, Empedocles, Platon, Aristóteles y otros filósofos griegos, segun el gusto entonces dominante, se pusieron desde luego á buscar la verdadera causa de esta atraccion, y se dividieron en varias opiniones. Epicuro solo produjo dos causas diversas, una de las quales la refiere extensamente Lucrecio (b), y

(a) *De Isid., ca. Osir.* (b) *Lib. VI.*

y la otra Galeno (a). Es harto sutil y mecánica la manera con que Platon hace suceder esta atraccion, como la explica Plutarco (b); y ella prueba que ya en aquel tiempo se habia meditado, y estudiado mucho sobre este fenómeno. A mas de esto observaron tambien los antiguos que el mismo hierro atraido por una parte de la calamita atraia por la otra á otro hierro, y este á otro, y podia de este modo formarse una cadena, como dice Platon, que habla como de cosa notoria y vulgar (c). Algun obscuro é incierto conocimiento tuvieron tambien los griegos de la calamita de tener dos polos diversos: amigo el uno que atrae al hierro; contrario y enemigo el otro que lo rechaza. Vemos en efecto que Lucrecio dice (d) acaecer tambien que el hierro se retire de la piedra iman, que ora huye de ella, y ora la sigue, lo que no puede verificarse de otro modo que presentándole los dos polos diversos. Plinio creia

que

(a) Lib. I. *De nat. fac.* (b) *Platon Quest.*

(c) *In Jone.* (d) *Loc. cit.*

que hubiese una especie particular de calamita, que él llama *Theame*, y la hace venir de la Etiopia, la qual rechaza y aparta de sí todo hierro (a). Pero esto no puede tener apariencia alguna de verdad, sino se toma en el caso ahora dicho; y entonces puede convenir no solo á la calamita de la Etiopia, sino á qualquier otra. No sé quan fundada sea la razon que dá Plutarco de haber los Egipcios aplicado los nombres de calamita y de hierro á los huesos de Oro y de Tífon: esto podría probar que los antiguos Egipcios tuvieron ya algun conocimiento de este fenómeno: y ciertamente manifiesta que los griegos del tiempo de Plutarco no carecian de esta noticia (b). Estos son en mi concepto, los unicos conocimientos, que adquirieron los antiguos con tantos siglos de filosofar sobre la piedra iman; y estos mismos estaban envueltos con muchos mas errores, lo que no puede atribuirse á otra cosa que á su vehemente deseo de internarse en las intimas causas, sin

(a) Lib. XXXVI. cap. XVI. (b) *De Isid. et Osir.*

sin pensar antes en descubrir bien los hechos. Se maravilla Cardano, y se lamenta de los antiguos filósofos, que teniendo á la mano tanta copia de calamita, fuesen tan descuidados en hacer experiencias sobre ella, é ignorasen por lo mismo sus propiedades; la casualidad, ya que no el estudio, les hubiera presentado muchos conocimientos, á los cuales no podía conducirlos el excesivo deseo de especular (a): pero este era el vicio de la física antigua. Vió Lucrecio atraer la piedra iman al hierro opuesto un vaso de cobre, y corre desde luego á buscar la causa en la naturaleza del cobre, quando á pocas experiencias que hubiese querido hacer en otras materias, podia ver que vanamente pensaba referir á la naturaleza particular del cobre lo que era comun á los otros cuerpos (b). Quiere Alexandro afrodiseo averiguar porque la piedra iman atrayga al hierro, y no al contrario vaya este tras la piedra iman, y no piensa exâminar antes con la experiencia la verdad del hecho

Descuido
de los an-
tiguos en
hacer ob-
servacio-
nes.

(a) Lib. un. *De secr.* cap. V. (b) Lib. V.

cho (a). Este era el uso comun de los filósofos antiguos, especular mucho, y observar poco, afanarse en la investigación de las causas, y no cuidarse de verificar antes los hechos; y de aquí provienen tantas adivinaciones, y tan pocos descubrimientos, tantos errores mezclados con algunas pocas verdades. Aun en los tiempos posteriores ha tenido la ciencia magnética mejor suerte que las otras partes de la física. El mas bello y mas util descubrimiento que se ha hecho sobre la calamita es el de sus dos polos austral y boreal que tanto ha contribuido al mejoramiento de la nautica, y éste ciertamente se debe á aquellos tiempos. El primer monumento que tenemos de este descubrimiento es un libro intitulado *De lapidibus*, citado como obra de Aristóteles por Vicente Bellovacense (b), y por Alberto Magno (c), en el qual se lee que un ángulo de la calamita mira al septentrion

Descubrimiento de la dirección polar.

(a) Lib. II. *Nat. quaest.* cap. XXIII. (b) *Spec. nat.* lib. VIII. cap. XIX. (c) *De miner.* lib. II. tract. III. cap. VI.

trion, y el otro al medio día. Ahora no existe, que yo sepa, este libro, ni podemos juzgar de su legitimidad mas que por los pasos que refieren estos autores. Hemos hablado ya en otra parte con bastante extension sobre este punto para podernos ahora dispensar de hacer nuevos discursos, y siguiendo las huellas del gravísimo Tiraboschi hemos atribuido á los árabes aquel descubrimiento, y la suposicion, ó á lo menos la alteracion del libro citado como de Aristóteles, en el qual lo vemos, aunque descripto con poca exâctitud. Ahora solo añadiremos, que para asegurar mas á este libro el origen arábigo, ademas de las dos palabras entonces citadas *Aphron* y *Zoron*, usadas en aquel paso perteneciente á los dos polos, puede dar nuevo peso la palabra *Zibar*, usada en otro paso referido por el mismo Vicente (a), y tres voces arábicas en pocas líneas, aunque alteradas y corrompidas por los que las refieren, pueden hacer harto manifiesto el origen del li-

Recibida
por los an-
tiguos.

Tom. VIII.

Ppp

bro

(a) *Deminer* lib. II. tract. III. cap. XXXIV.

bro que las contiene. Además de que puede observarse que aquel libro trae muchas cosas de la calamita, que pueden creerse errores de los árabes, y jamas han sido anunciadas por antiguo alguno, ¿Donde se lee en los antiguos que hubiese calamitas que atraxeran el oro, la carne humana, y otras materias muy diversas del hierro, como vemos en aquel libro supuesto de Aristóteles? Pero estas atracciones de la calamita se ven descritas en un libro hebreo del R. Abran ben Hannaja citado por Kirker (a), cuyo hebreo dice haberlas leído en los libros de los *sabios*, y los sabios en concepto de los rabinos no eran otros que los árabes, únicos maestros de los hebreos de aquel tiempo. Parece pues que deba creerse que algun árabe fuese autor de aquel libro, en el qual en medio de tantos errores vemos propuesto por primera vez este descubrimiento, y que el descubrimiento mismo, que jamas habia sido anunciado por antiguo alguno tomase igualmente su origen de los árabes. Pero sin

Derivacion
de este descubrimien-

em-

(a) *Magnes. lib. I, c. IV.*

embargo los árabes facilmente podian to de la
 derivarlo de los conocimientos que les doctrina de
 habian transmitido los antiguos. Si estos los anti-
 guos.

enseñaban que la calamita por un lado atrae al hierro, y por el otro lo repele, facil cosa era observar hacia donde se dirigian aquellos puntos, y despues encontrar que realmente mirasen á los dos polos. En efecto tales son los pasos del descubrimiento, que parece indicado por las palabras mismas del Bellovacense (a); *Magnes*, dice, *uno quidem angulo trahit ferrum, ex opposito autem angulo fugat ipsum. Angulus quidem ejus, cujus virtus est trahendi ferrum, est ad zoron, id est septentrionem, &c.* Asi pues habiendo conocido los antiguos que la calamita comunica al hierro que atrae, la virtud de atraer á otro, era natural probar si le comunica ó no igualmente la virtud de volverse á los polos por dos puntos determinados. Pero sin embargo estas observaciones, y estas experiencias manifiestan un espíritu filosófico y reflexivo, que nos

Ppp 2

da

(a) Lib. VIII. cap. XIX.

da mas y mas motivo para atribuir este descubrimiento á los árabes, los únicos en quienes en aquellos tiempos anidase la filosofía, y la contemplacion, y el estudio de la naturaleza. Lo cierto es que desde principios del siglo XIII era ya conocida y usada en la navegacion esta virtud no solo de la piedra iman, sino tambien del hierro tocado con ella. “ La aguja de hierro tocada con la calamita mira siempre al norte; por lo qual es muy necesaria á los navegantes, dice el Cardenal Jacobo Vitry (a). Vicente Bellocense nos explica tambien como se preparaba esta aguja. Despues de haber fregado la punta de la aguja con la calamita la metian en una pequeña paja, y luego en vaso lleno de agua; despues dando vueltas la calamita al rededor del vaso la punta de la aguja seguia su movimiento; y moviendo despues la calamita con mas fuerza y velocidad, la retiraban de pronto, y entonces la punta de la aguja se volvia al septentrion; y alli se fijaba inmutable

(a) *De hist. Hieros.* cap. LXXXIX.

ble para direccion de los navegantes (a). La imperfeccion y rusticidad de esta brújula me hace nacer en el animo una conjetura, que no será agena de este lugar. Se da comunmente la gloria de la invencion de la brújula hácia el año 1300 al amalfitano Flavio, ó Juan Gioja; pero quanto hemos dicho hasta ahora desmiente esta opinion. Sin embargo parece difícil que una tradicion tan universal no tenga ni el mas minimo fundamento, y carezca de toda apariencia de verdad; no se podrá pues pensar que poco contento Gioja del instrumento ahora descripto, y de los otros igualmente rusticos usados entonces en la marina, inventase uno más exácto, mas seguro, mas cómodo, mas propio para todos los usos, inventase en suma una verdadera brújula, que mereciese ser en poco tiempo adoptada de todos, haciendo abandonar todas las otras, y que por esto se adquiriese el credito universal, y generalmente se le diese á Gioja el honor de la invencion de la

Gioja,
creido au-
tor de esta
invencion.

(a) *Spec. natur.* lib. VIII, cap. XL.

la brújula? Puesto que no parece creíble que con la brújula, qual se la atribuye Porta (a), que no era otra cosa que la antes expuesta por Vicente, como notoria y comun á todos los marineros, se pudiese adquirir tanta fama, capaz de levantarse con la gloria de la invención de la brújula. No tiene mas fundamento Cabeo para atribuir á Pedro Pelerin el descubrimiento, ó la primera noticia de la dirección de la calamita á los polos, diciendo que aunque los autores anteriores á él dixeron que la calamita atrae al hierro, pero no que atrae tambien á otra calamita y dieron al hierro tocado con la piedra iman la propiedad de señalar el polo, pero no á la misma piedra (b). Pelerin, como cree Gilberto (c), no floreció hasta el siglo XIV, y en todo el antecedente discurrieron ya muchos sobre la dirección de la calamita á los polos. Además de los autores ahora citados, que todos hablan, aunque obscuramente, y sin exâc-

(a) *Magn. nat.* lib. VII, cap. XXXII. (b) *Philos. magnet.* lib. I, cap. VI. (c) *Tract. magn.* lib. I, cap. I.

exâctitud, de esta propiedad no solo del hierro, sino de la misma piedra, Bruneto Latino en su *Tesoro* dice expresamente que la calamita tiene dos caras, y la una mira, ó vá hacia un polo, la otra hácia el otro; y era muy comun esta noticia en el siglo XIII para deber reconocer con Cabeo por primer autor á Pelerin (a). Pero sin embargo le queda á él la gloria de habernos dado la mas clara y completa descripcion del modo de hacer esta experiencia, y de encontrar exâctamente en la calamita los dos polos como lo expone el mismo Cabeo (b). Gilberto solo nos dice de Pelerin que en su obra se buscan por los polos del cielo, y por el mismo cielo los argumentos de esta direccion de la calamita (c). Yo jamas he leido el libro, ó la carta, ó el opusculo sea el que se fuese de este frances, que trata semejante materia; pero el ver en un pasage traído por Kirker (d), que de algun modo describe la *terrella*; ó el globo

(a) Lib. I, cap. I. (b) Ibid. (c) Lib. I, cap. I.

(d) Lib. I, part. II, theor. X. cap. II.

bo terrestre con sus polos, y círculos meridianos representado en un globo de calamita, y enseña la manera de formar dicha *terrella*, y el observar algun otro punto de su doctrina referido por el mismo Kirker, por Porta (a), por Cabeo (b), y por otros, me hace creer que se internase bastante en la dilucidacion de esta materia, con lo que justamente adquiriese el nombre de maestro de la filosofía magnética, como refiere Cabeo (c); é igualmente nos manifiesta que esta fué tratada con alguna solidez y verdad aun en aquellos tiempos, en que todo el resto de las ciencias estaba envuelto en las tinieblas, y en las sutilezas de la xerga escolástica.

Declinacion de la aguja tocada con la piedra iman.

La física magnética goza de la prerrogativa no comun á ningun otro ramo de las ciencias de no haber en tiempo alguno sufrido interrupciones y descaminos en su cultura. En los siglos XI y XII, siglos de ignorancia y de obscuridad se hi-

zo

(a) *Magn. nat.* lib. VII. (b) Lib. II, cap. III.

(c) Ibid.

zo el gran descubrimiento de la direccion polar; á principios del XVI, quando aun no se conocia la verdadera física, nació el otro tambien importante de la declinacion. Tevenot en su *Itinerario* (a) dice haber visto una carta de Pedro Ad-
siger de 1269, donde se discurre de la aguja que declinaba del septentrion cinco grados. Pero si es cierto que entonces era ya conocida esta declinacion, y no debe darse otra interpretacion á las palabras leidas por Tevenot, es preciso decir que pronto cayó en olvido, puesto que despues no se encuentra mencion alguna de ella hasta el siglo XVI. No sé con que fundamento haya querido Gilberto dar á Cabotto la primacia de este descubrimiento, que se contenta con asegurarlo simplemente (b). Delisle cita un manuscrito de un piloto diepés llamado Criñon, que en 1534 habla de esta declinacion. Fontenelle, refiriendo la historia de los descubrimientos de Delisle

Su primer
inventor.

Tom. VIII. Qqq en

(a) V. Muschembroek *De magnet. exper.* XCVII.

(b) Lib. I. cap. I.

en esta parte, dice, sin alegar tampoco fundamento alguno, que Cabotto fué el primero que lo publicase en 1549 (a). No sé que es lo que escribiese en 1534 Críñon, ni que haya publicado Cabotto en 1549: pero la primera noticia que yo encuentro de dicha declinacion es en la *Historia de las Indias* de Gonzalo Fernández de Oviedo, de 1533 (b), el qual desde 1513 hasta aquel tiempo habia surcado por ocho veces el Océano, y era por ello muy práctico en navegaciones. Este habla con bastante extension de la direccion polar de la aguja tocada con la piedra iman, y de su declinacion, y supone una noticia bastante antigua de este fenomeno, puesto que dice estas palabras, como se leen en Ramusio (c): „ Se cree que el diámetro ó linea, que extendiendose de polo á polo atraviesa en cruz la linea equinoccial, pasa por las islas Astores (Azores), porque jamas se „ en-

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an 1712. (b) *Hist. gen. y nat. de la India.* (c) *Delle Navigazioni*, &c. tom. III.

„ encuentran las puntas de las agujas di-
 „ rectas, y del todo fixas de medio á me-
 „ dio en el polo artico, sino quando las
 „ naves ó carabelas se encuentran en
 „ aquel parage y altura que yo decia.
 „ Y quando salen de este término hácia
 „ estas partes occidentales, maestralizan
 „ una buena quarta, y quando hácia le-
 „ vante gregalizan otra quarta.“ Y todo
 „ esto, como se ve, supone una larga série
 „ de muchas y repetidas observaciones, des-
 „ pues del primer descubrimiento de dicha
 „ declinacion. Esta al principio se creia
 „ como cosa accidental; y Medina (a) la
 „ atribuia á equivocacion de los marineros;
 „ Nuñez ó Nonio la referia á decadencia
 „ de fuerza provenida á la calamita del mu-
 „ cho uso. Pero siempre se encontró cons-
 „ tantemente verificada, y no pudo referir-
 „ se á aquellas, ni á otras causas accidenta-
 „ les. Y así se pasó á señalar dos líneas de
 „ justa dirección, una en el cabo de las
 „ Agujas, y la otra en Canton en la China,
 „ y despues se determinó por el uno y por

Qqq 2

el

(a) Lib. VI. cap. III.

descubiertas hasta su tiempo (a); y aunque no en todas aeierta con la verdad, y da con frequencia justa causa para reprehenderlo á Porta, á Gilberto, y á los otros físicos posteriores que la examinaron mejor, manifiesta sin embargo, que ya entonces se habia adelantado mas en el conodimiento de la calamita de lo que se cree comunmente. Mas se internó Porta en el exâmen de esta materia: recogió eruditamente quantas maravillas pudo encontrar de esta piedra portentosa en los libros, y en las tradiciones vulgares, las puso casi todas á prueba, refutando con filosófico candor las que no encontraba conformes á la verdad, y con sus repetidas experiencias, y asiduas especulaciones descubrió algunas nuevas, que despues han sido confirmadas por los físicos posteriores; y aunque algun defecto en algunas experiencias y observaciones le apartó á veces de la verdad que buscaba, puede sin embargo ser tenido por harto benemérito en la ciencia mag-

Porta.

(a) Lib. unic. *De secr.* cap. V. ma. goll. (a)

(b) *Trat. de magnet.*

netica, y deberá ser respetado como uno de los primeros que han escrito de ella con alguna exâctitud (a). El primer verdadero maestro, el primer físico realmente exâcto, el primero que reduxo á demostraciones científicas la doctrina del magnetismo, fué en aquel mismo siglo Gilberto. Guillermo Gilberto. El exâminó aquella piedra desde su misma cuna, contemplandola en los montes, y en las minas que la producen, desmenuzó sus partes, observó su materia, é hizo de ella una individual anatomía. Consideró una por una sus virtudes, y no se contentó con conocerlas por mayor, sino que quiso seguir distintamente la esfera y extension de su actividad, y la manera con que la ejercitan. Inventó nuevas experiencias, nuevos instrumentos, y nuevos aparatos para hacerlas con exâctitud. Comparó la calamita con el hierro, y la fuerza que tiene sobre éste con la que tiene sobre otra calamita, y la atraccion de la calamita, y del hierro tocado con ella con la de otros cuer-

(a) *Mag. nat.* lib. VII.

cuerpos que atraen; siguió la aguja tocada con la piedra imán en todos sus pasos, y fué en pos de ella por todas las partes del mundo para observar de todos modos quales se habian encontrado sus movimientos, qual la direccion polar, qual la declinacion, y la inclinacion; en suma miró en todos sus aspectos la calamita, la examinó con severidad filosófica, y dió una obra que puede llamarse la primera que se haya escrito en materias físicas con diligencia y exâctitud digna de la filosofía moderna (a). Pero lo que dió mas credito á Gilberto, fué la analogia que encontró muy perfecta entre la calamita, y el globo terrestre; y como formó exâctamente de la calamita una tierra, que llamó *terrella* ó pequeña tierra, ó globo *μικρον*, y que hemos dicho arriba haber sido ya de algun modo conocida en el siglo XIV, é hizo en ella varias experiencias y observaciones, que acarrearón muchas nuevas luces á toda esta materia, quiso que toda

la

(a) *Tract. de magnet.*

la tierra fuese una gran calamita en la qual se viesen los efectos magnéticos, y con esta mútua analogía explicó con bastante felicidad todos los fenómenos de la calamita, y de la bruxula. Esta doctrina de Gilberto fué despues abrazada por Galileo. Galileo; y como todas las cosas en las manos de este grande hombre recibian mayores luces, se vió expuesta por él mas brevemente y con mayor fuerza y claridad (a). Pero en lo que Galileo superó en mucho á Gilberto fué en aumentar la virtud de la calamita por medio de la armadura; puesto que quando Gilberto no habia podido darle mas fuerza que para sostener á lo mas el quadruplo del propio peso, Galileo llegó á hacerle sostener un peso 26 veces mayor que el propio, y 80 veces mas del que sostenia sin armadura. De cuyos fenómenos dió físicas y claras razones, y contribuyó tambien á la ilustracion de la doctrina del magnetismo (b). El tratado de Gilberto,

(a) Dial. III. De sist. (b) Lettera al signior Curzio Picchena.

y la maravilla de los fenómenos magnéticos, que se habian hecho mas conocidos, y comunes excitaron la curiosidad de muchos físicos para discutir esta materia. Cabeo, y Kirker se han hecho Cabeo. particularmente célebres, y muy superiores á los otros escritores para dexarlos confundidos con estos sin hacer de ellos particular mencion. Cabeo en un gran volumen, donde no afirmó proposicion alguna que antes no la hubiese fundado sobre repetidas experiencias, hechas tambien á presencia de otras personas capaces de juzgar de ellas (a), expuso al público todas las maravillas de la calamita, tanto por lo que mira á la direccion polar, como respecto á la atraccion; las verificó con nuevas experiencias y con nuevas observaciones, ó hechas por él mismo, ó adquiridas por medio de otros: contempló atentamente la naturaleza de aquella piedra, y buscó la causa de sus fenómenos, examinó todas las opiniones, corrigió, y mejoró muchos experimentos

Tom. VIII. Rrr *tos*

(a) Praef.

tos y aparejos de Gilberto, y de otros, inventó algunos nuevos, que le parecieron mas oportunos, y mas exâctos, é hizo una obra que aun despues del tratado de Gilberto es respetada como obra original (a). Vasta erudicion, dilatadas correspondencias, viages literarios, ingeniosa industria, é incesante trabajo, presen-

Kirker. taron á Kirker muchas curiosas y útiles novedades, aun despues de tantos descubrimientos de los físicos anteriores. Nuevas experiencias, inauditos resultados, fenómenos aun no resueltos, verdades mal entendidas por otros, errores vanamente abrazados, y muchas paradoxas y muchas curiosidades supo él encontrar en la contemplacion de la calamita, y su vivaz y caprichosa fantasía le formó un cálculo magnético, una geometría, una estática, una astronomía, una magia natural, una geografia, una nautica, todo magnético, levantó un espacioso edificio de todas las ciencias sobre los fundamentos de la calamita, y fabricó un mundo magnético.

(a) *De magnet. philos.*

tico con magnetismo en los elementos, en los mixtos, en las plantas, en los animales, y en todas las cosas, y por todo esparció nuevas luces de verdadera física en medio de los relumbrones de una extraña imaginacion, y de algunos errores de antigua preocupacion (a). Con las fatigas, y con las especulaciones de estos, y de infinitos otros doctos físicos y matemáticos, que todos trataban entonces estas materias, se descubrieron muchas virtudes de la calamita, y muchos fenómenos de la aguja tocada con la piedra iman respecto á la direccion polar; pero aquella portentosa piedra era tan fecunda de maravillas, que como decian los académicos de Florencia, era ciertamente mucho mas lo que faltaba á descubrir que lo que se habia descubierto (b). En los mismos descubrimientos hechos por estos, y por otros físicos anteriores, ó contemporáneos habia aun mucho que verificar: la finura de los instrumentos, la

Rrr 2 exâc-

(a) *Magnes sive de Art. magnet. Opus tripartitum.*

(b) *Saggio &c. Part. II. Esp. della calamita.*

Academia
del Cimen-
to.

exâctitud de las experiencias y de las observaciones, y la prudencia y cautela en las conclusiones, de que aquellos físicos se valieron, aunque eran laudables, y aun maravillosas para aquellos tiempos no podían ser tales que debiesen satisfacer la escrupulosa severidad de los modernos. No se atrevieron á entrar en esta provincia los académicos de Florencia, que hubieran sido los mas capaces de ilustrarla felizmente, y se contentaron con hacer solo tres ó quatro experiencias, á las quales fueron llevados por la casualidad, ó por alguna mira particular (a). Pero estas salieron tan acabadas, y tan exâctas, que el delicadísimo Muschembroek, como él mismo confiesa, no se desdeñó de tomar por norma su método (b). Boile, Poliniere, y los otros físicos experimentales todos quisieron manejar la calamita, verificaron algunos fenómenos, y dieron algunas luces á aquella materia; pero no llegaron á producir tales descubrimientos, que mereciesen particular cre-

(a) Ibi. (b) Tentam. &c. Ibi. *Addit.* (c)

credito en aquella abundancia de maravillas. La real sociedad de Londres, y la academia de Paris, tomaron como uno de los principales objetos de sus fatigas literarias la ilustracion del magnetismo ; y experiencias, y observaciones sobre la piedra iman, y sobre el hierro tocado con ella sobre la atraccion, y sobre la direccion polar ocuparon el estudio, y las fatigas de muchos académicos, y fixaron con frecuencia la atencion de aquellas doctas academias, cuyas actas estan llenas de observaciones, de memorias, de noticias, y de reflexiones sobre fenómenos magnéticos, y sobre sus causas, que han puesto en luz mucho mas clara esta materia, y que sirven de direccion y guia á quantos procuran ilustrarla. Pero aunque es cierto que todos los fenómenos del magnetismo son tan maravillosos, y fecundos de nuevos descubrimientos, que justamente pueden merecer las mas diligentes investigaciones de los físicos, sin embargo la direccion polar ha acarreado tantas ventajas á la navegacion, y se ha hecho tan importante para la sociedad, que á ésta mas que á todas las otras han dirigido-

Académicos de Londres, y de Paris.

Halley.

gido los filósofos sus especulaciones. Halley merece en esta parte sobre todos los otros el grato reconocimiento de los físicos, de los nauticos, y de toda la humanidad. ¿Quántos viages, quantas vigili-
as, quantas fatigas, quantas investiga-
ciones, y quantas meditaciones no ha empleado él para conocer bien las varia-
ciones que sufre la aguja tocada con la
piedra iman? La grande utilidad de esta
en la navegacion nace de su direccion há-
cia el polo; pero esta direccion, como
hemos dicho, no es siempre justa, encon-
trándose casi en todas partes declinar mas
ó menos, y solo en una ó dos líneas es-
tar exênta de declinacion. Si la declina-
cion fuese constante, se podría corregir
con exâctitud, y no acarrearía perjuicio
alguno á la seguridad de la navegacion;
pero los físicos mas diligentes encontra-
ron en ella diferentes variaciones, y en
estas mismas notables variedades. Era pre-
ciso pues procurar conocer estas variacio-
nes, poderlas de algun modo calcular y
fixar, y ponerse en estado de corregir la
declinacion, y á pesar de sus inconstan-
tes variaciones saber en qualquier parte de-

determinar por medio de la aguja la verdadera situacion donde entonces se encuentra el observador. En esta ardua empresa entró valerosamente Halley; de un inmenso caos de observaciones por mar, y por tierra, suyas y de otros, formó un sistema, que aunque solo bosquejado, é imperfecto, sirvió para regular los estudios de los físicos, y aun las observaciones de los navegantes (a). Tiró una carta geográfica, en la qual señaló una linea exenta de declinacion no meridiana, ni circular sino curva irregular, que abraze todo el globo terrestre, y que sea el término donde deban contarse las declinaciones orientales y occidentales; y despues esparció por uno, y por otro lado otras muchas curvas con sus numeros para señalar los grados de declinacion que sufre la aguja en aquellos lugares. Esta carta de geografia magnética fué hecha para el año 1700, y no podía adaptarse enteramente á otros años sino con las debidas reducciones; y por esto queria Halley

(a) *Phyl. trans.* num. 148.

lley establecer un periodo del curso de semejante declinacion; pero la incertidumbre, é inconstancia de aquellas variaciones, y la poca seguridad de las observaciones precedentes no la permitian hacerlo con la conveniente exâctitud. Philips habia imaginado un periodo de 370 años para esta revolucion; y otro Bond de 600 (a): y Halley creyó deberlo extender á 700; pero siempre con duda é incertidumbre. Grande impresion hizo en toda la Europa el sistema de Halley. La Hire y otros académicos esperaron encontrar nuevas luces para la investigacion de las causas de las variaciones magnéticas; y haciendo todas las experiencias de la direccion polar sobre una *terrella* de 100 libras de peso, y de un pie de diámetro, creyeron poder atribuir aquellas variaciones á diversos conjuntos magnéticos, que se encuentran en el globo terrestre (b). Las luces de Halley hicieron que fuesen mas diligentes y exâctas las

ob-

(a) *Treatise long. found.* (b) *Acad. des Sc. an.*
1705, 1708, &c.

observaciones de los físicos, y de los marinos; se procuró dar á la brújula, y á la aguja mayor finura (a), y se introduxo en la física magnética una notable revolucion. Grande fué el descubrimiento que poco despues hizo Delisle de una nueva linea tambien exênta de declinacion, que causó en los físicos nueva mutacion de ideas sobre las variaciones de la aguja (b). Con la meditacion sobre ocho diarios de pilotos diversos debió reformar en parte el sistema de Halley, por lo que mira á las variaciones del nordouest de la parte de acá de la linea, y del nordest de la parte de allá de la misma. Pero sobre las observaciones de un baxel frances que fué á la China por el mar del sur, encontró una linea exênta de declinacion que no es una curva irregular como la de Halley, sino que atraviesa el mar del sur de Septentrion á medio dia como una meridiana. Oviedo fixó la linea sin declinacion en

Tom. VIII.

Sss

las

(a) *Trans. phil. num.* 320, 375. &c. *Acad. des Sc.* an. 1705, 1708 &c. (b) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1710, y 12.

las Azores (a); despues se encontró una linea tal por el cabo *de las agujas* junto al cabo de *Buena Esperanza*, y por Canton en la China. Halley la colocó en las Bermudas por una parte, y por la otra en una linea distante 100 leguas de Canton. Delisle pensó que la misma linea, que Halley hacia pasar por las Bermudas en su tiempo, hubiese pasado en 1600 por el cabo *de las agujas*, y por Canton la que él señalaba 100 leguas distante de allá; así que mientras la primera se movia de levante á poniente, esta última al contrario se habría lentamente inclinado hacia oriente. Despues pasa á sospechar que la linea que se observaba atravesar entonces el mar del sur, hubiese pasado en otro tiempo por las Azores, y se hubiese movido de levante á poniente. La linea de las Bermudas tenia á levante la declinacion de nordouest, y á poniente la de nordest, y del todo al contrario la de la China, pero la linea del mar del sur tenia por ambas partes la declinacion de

(a) *Hist. &c. lib. II, c. XI.*

de nordest. Bellin en 1757 hizo igualmente una carta de las variaciones magnéticas, que la han hecho mas célebre en estos dias las disputas de Monier, y de Cook, y que los españoles, que en 1785 y 1786 hicieron el viage al estrecho de Magallanes, con diligentes y repetidas experiencias encontraron bastante exácta en las inmediaciones de la linea, pero no asi en los sitios mas apartados (a). Otras muchas observaciones, y muchas nuevas reflexiones hacian los físicos y los matemáticos, que introducian algunas novedades y diferencias en el sistema de Halley, pero que muchas veces servian tambien para confirmarlos; y lo cierto es que la doctrina de Halley ha sido, y puede decirse que es aun la guia de los estudios de esta materia. La direccion polar de la aguja debia tener alguna relacion con las longitudes, la inclinacion de la misma parecia tenerla con las latitudes, y algunos aun querian

Declina-
cion de la
aguja.

SSS 2

re-

(a) *Relac. del ult. viage al Estrecho de Magallanes. part. I, pág. 12.*

resolver con ella el problema de las longitudes. Las máquinas para la aguja inclinatoria inventada por Graam, y por otros ingeniosos é instruidos artifices, y las muchas observaciones hechas por Nollet, por Pound, y por algunos otros prueban el empeño que tenían los buenos físicos en conocer bien la inclinacion de la aguja. Este estudio, estos pensamientos, estas investigaciones sobre la inclinacion, y sobre la declinacion de la aguja no impedian que se ocupasen tambien los físicos en exâminar los otros fenómenos de la calamita; y en efecto Hauksbeo, Tailor, Whiston, y algunos otros inventaron nuevas máquinas, y nuevas experiencias; y descubrieron nuevas y muy curiosas verdades para todo lo que mira á las atracciones magnéticas (a). Pero el mas completo, mas exâcto, y mas instructivo tratado sobre todos los puntos de la calamita es la larga disertacion, que sobre la misma nos ha dexado Muschembroek (b). Ello es realmente un dis-

tin-

Muschem-
broek.

(a) *Trans. phil. n. 335, 368, al.* (b) *Disert. de Magnet.*

tinguido mérito de aquel insigne holandés, el que en qualquier materia, que se ha puesto á tratar, haya sabido encontrar novedades importantes, y que en cada una deba ser reconocido de todos por el supremo oráculo, á cuyas decisiones es preciso sujetarse; y ademas es no poca ventaja de la física, que á casi todas sus partes haya él dirigido sus ingeniosas é infatigables investigaciones. La doctrina magnética le debe ciertamente infinitas luces, y aun despues de las fatigas de tantos célebres físicos, y náuticos, que tanto procuraron aclarar las propiedades magnéticas, reconoce deber principalmente su lustre á Muschembroek, y de él recibió su consistente y segura solidez. ¿Qué ingenio, que industria, que arte, que paciencia, que aplicacion en inventar tantos y tan utiles instrumentos y aparejos, en imaginar y executar tan sutiles y delicadas, tan oportunas, y decisivas experiencias? Ya destruye una radicada preocupacion, ya establece una incierta ó vacilante verdad, ya descubre una nueva de ninguno conocida, ya hace nuevos originales descubrimientos, ya en-

II

cuen-

cuentra en los de otros notables mejoras, y esparce por todas partes novedad, descubrimientos, luces, vigor, solidez y estabilidad. La atraccion de la calamita, y del hierro, las materias atraídas, la fuerza de la atraccion, la esfera, y la direccion de su actividad, las enfermedades, por decirlo así, de la calamita, y sus remedios, la direccion polar, la declinacion, la inclinacion, la armadura de la calamita, la construccion de la aguja, quanto pertenece á estas materias, todo se vé tratado por él con su incomparable diligencia y maestria; todo enriquecido con nuevos y mas finos instrumentos, todo ilustrado con nuevas y mas propias experiencias; y no puede tocarse punto alguno del magnetismo en que no deba recurrirse á las luces de Muschembroek y consultar el sacro y veraz oráculo de su disertacion.

Mejoras de
la brúxula.

Pero sin embargo, aun despues de esta han encontrado los físicos en la calamita materia para importantes investigaciones, y se ha visto la inmensa fecundidad del magnetismo, que no pudo ser agotada por la diligencia de tan gran físico, por las fatigas de un Muschembroek.

El

El mejoramiento de la brújula era el grande objeto que llamaba la atencion de quantos podian contribuir á él con sus luces. Alguna cosa hemos tocado en otra parte sobre este punto (a); pero reservandonos para el presente capítulo, como su propio lugar, el dar de él ulterio- res noticias entonces no insinuadas. El compas de variacion para observar en la mar la declinacion de la aguja necesitaba de dos observadores, que precisamente al salir ó ponerse el sol, hiciesen al mismo tiempo en el propio momento dos obser- vaciones diversas; era dificil que dos ob- servadores, en medio de los movimien- tos de la nave, se conformasen perfecta- mente en el momento de la observacion, y no era posible encontrarse todos los dias en situacion de ver distintamente la salida, y la puesta del sol. La importan- cia de la materia estimuló á la Academia de Paris á proponer un premio para la de- bida correccion de aquellos defectos. Los conoció prácticamente Condamine en una

Compás de
variacion.

(a) Tom. I. cap. VII.

navegacion por las costas de Berbería, y de Levante en 1730; y por ello en 1733 propuso hacer algunas variaciones, con las que un solo observador pudiese executar toda la operacion en una sola mirada, y esto en qualquier situacion de la nave, y á qualquier hora del dia, excepto el punto preciso del medio dia. En el año siguiente hizo Godin á este compas de Condamine una simplicísima adición, con la qual lo hizo apto para observar la declinacion á todas horas, no solo del dia, sino tambien de la noche. Otra correccion propuso Meinier; y otros físicos matemáticos inventaron otras mejoras para el compas de variacion, y la aguja de marear, y dieron nuevas luces á la doctrina del magnetismo. Mas ruidosa revolucion sufrió esta hácia la mitad del siglo actual con las nuevas investigaciones sobre las calamitas artificiales. El deseo de aumentar la fuerza directiva de la aguja hizo estudiar el modo de comunicar al hierro fuerza mayor de la que se le habia dado hasta entonces con el auxilio de las mejores calamitas. Knight inventó entonces sus barras magnéticas, y las calamitas ar-

Calamitas
artificiales,

Knight.

artificiales, que sin contacto alguno con la calamita adquirieron una fuerza superior á todas las calamitas, y á todos los hierros tocados con la piedra iman. La importancia, y la singularidad de la invencion excitó la curiosidad de todos los doctos. Folkes, y Jones, á quienes él dió parte de ella, quisieron presentarla á la Real Sociedad de Londres, la qual dió en sus actas un extracto honorífico de las operaciones de Knight (a); y toda la nacion tomaba mucho interes en este ventajoso descubrimiento. Veíanse pedacitos de acero de fuerza mayor y mas duradera que los que se conocian hasta entonces. No habia precision de tener una buena calamita, y por ello se escaseaban las investigaciones y los gastos que freqüentemente costaba su adquisicion. Podian usarse varillas de acero perfectamente duro, y evitar de este modo el trabajo de mudar con freqüencia en las navegaciones la aguja de la brúxula; y si alguna vez las agujas de esta nueva forma tuviesen necesi-

Tom. VIII.

Ttt

dad

(a) *Trans. phil. an.* 1746.

dad de retocarse, podia hacerse con mucha facilidad; quando al contrario vemos en Muschembroek quan largo y enfadoso fuese el tocar perfectamente con la piedra iman las agujas comunes. Todas estas ventajas excitaban mayor deseo en el público de comprehender el artificio de tales varas tocadas con la piedra iman; pero Knight hacia de ello un misterio, y no queria revelar á nadie su importante secreto. Entre tanto le Maire construia en Paris sin misterio alguno calamitas artificiales, harto mas fuertes que las comunes, pegando la barrita de acero que queria tocar con la piedra iman, sobre otra del mismo metal; y Duhamel era muchas veces su compañero en esta simplicísima operacion, y testigo de sus maravillosos efectos. Dos planchas de Knight, como dos preciosas reliquias pararon despues en Francia, una en poder de Reamur, y la otra de Buffon, y estas renovaron á Duhamel la memoria de las calamitas artificiales de le Maire. Desde luego se puso en compañía de este á hacer experiencias de su método en algunas planchas, ó puntas de espada de magnitud diversa,

co-

colocando la una sobre la otra , al modo de le Maire ; la planchita pequeña unida á otra mayor adquiria fuerza atractiva , quando al contrario la grande la perdía ; aumentabase notablemente con esta operacion la fuerza de la plancha tocada con la piedra iman , y se veian varios otros fenómenos , con admiracion de los doctos físicos. Despues de estas experiencias de Duhamel formó le Maire una calamita artificial , que aun llevó mas adelante la fuerza magnética , y que siendo compuesta de 36 planchitas , que todas juntas pesaban seis libras , atraia un peso de 45 (a). Nuevas noticias sobre las calamitas de Knight estimularon á Duhamel á hacer sobre ellas nuevas investigaciones , y en compañía de Antheaume , docto físico , y versado en la perfeccion de la brújula , emprendió nuevas experiencias. El éxito correspondió felizmente á sus deseos , y prosiguiendo en hacerlas , y con la nueva operacion que inventaron para las calamitas artificiales , llegaron á dar-

Antheaume
y otros.

Ttt 2 las

(a) *Acad. des Sc.* an. 1745.

las una fuerza igual, y aun tal vez superior á la de las barras de Knight tocadas con la piedra iman (*a*). Otro método para hacer las calamitas artificiales inventó Michell (*b*); otro Canton (*c*); otro Epino (*d*); y otros, otros físicos y mecánicos, y de este modo se ha ido aumentando mas y mas la virtud magnética, y se han acarreado mayores luces á la magnetología. ¿Quan glorioso no ha sido para esta el verse estudiosamente tratada no solo por los mas ilustres físicos, sino por Lambert (*e*), por Eulero (*f*), por Daniel Bernoulli (*g*), por los mas sublimes geómetras, por los principes de las matemáticas? Singularmente Bernoulli merece el reconocimiento de los físicos estudiosos, porque ademas de haber ilustrado con

(*a*) *Acad. des Sc.* an. 1750. (*b*) *Méthode pour faire des aim. artif.* (*c*) *Maniere de faire des aim. art. sans se servir des naturels.* (*d*) *Diss. sur les aiguilles de bussole.* *Nov. Comm. Petr.* tom. VII. al.
 (*e*) *Acad. de Berlin* tom. XXII. (*f*) *Acad. de Berlin* tom. XIII. *Diss. magn.* (*g*) *Journ. des Savans* an. 1757, al.

con sutiles cálculos toda la doctrina del magnetismo, y particularmente la teoría de la inclinacion de la aguja, se exercitó tambien mecánicamente á este fin, inventando un instrumento para observar mejor la misma inclinacion, que despues ha servido con preferencia de todos los otros, para regular las delicadas observaciones de los físicos posteriores (a). El magnetómetro de le Roi (b), y las experiencias de Blondeau (c), las observaciones de Duhamel, y de Cotte (d), los cálculos de Coulomb (e), y principalmente las experiencias, los discursos, las teorías, y los descubrimientos de Epino (f), y de Lous (g), nos darian copiosa materia para eruditos, y largos tratados, si la misma copia y abundancia no nos obligase á

(a) *Acad. Helv.* tom. III; *Acad. Petro. Nov. Comm.* tom. XIV; *Observ. magnet.* (b) *Mem. sur les montres marines.* (c) *Mem. de l'Acad. de marine* tom. I. (d) *Traité de meteor.* (e) *Mem. Ec. present. à l'Acad. des Sc. par divers. Sav.* tom. IX.

(f) *Tent. Theor. electr. et magnet. Acad. Petrop. Comm. nov.* tom. IX, X, XII, al. (g) *Tent. exper. ad comp. naut. perf.*

á contentarnos con referir solo los nombres de sus autores, y recomendar en general su singular mérito, sin podernos dilatar en las distintas alabanzas, que justamente merecen sus doctas fatigas.

Pero ¿cómo podremos dexar de hacer particular mencion de las infatigables investigaciones, de las profundas especulaciones, de los infinitos descubrimientos, que las experiencias, el estudio, la industria, y el ingenio de Van Swinden han producido á la magnetología (a)? Aquel ilustre holandés, aquel infatigable filósofo, aquel digno sucesor de Muschembroek en honrar la física, y su nación exâminó los fenómenos de la aguja magnética, con una diligencia, sutileza, y perspicacia de que nos dá poquísimos exemplares la historia de las ciencias. ¿Quiere él calcular el movimiento de las agujas tocadas con la piedra imán? Exâmina los principios de qué debe hacerse uso

Van Swinden.

(a) *Tent. Theor. Math. de Phœnom. magnet. ; Recherche. sur les aiguilles aimantées* tom. VIII, *Mem. Sc. pres. à l'Acad. Royale des Sc. &c. &c.*

uso para este cálculo, y los aplica á toda suerte de agujas, á las agujas cuyo eje prolongado pasa por el centro del movimiento, á las agujas que no tienen mas que dos polos, á las que tienen mas, á las agujas puestas perpendicularmente fuera del centro del movimiento, á otras puestas obliquamente, á las agujas lineares, á las planchas, ó á las compuestas de muchas agujas semejantes, á las agujas divergentes, á las agujas curvas, á las agujas de todas maneras, y en todo se vale de exáctos cálculos, repetidas experiencias, varias observaciones, y sólidos racionios. Exâmina el hierro y el acero de que deben hacerse las agujas, el método de tocarlas con la piedra íman, y de exâminar despues de tocadas la fuerza de los polos, su número, y la situacion del centro magnético, el modo de colgarlas en las brúxulas, y de asegurarse de que estan en el verdadero meridiano; en suma, quanto puede pertenecer á las agujas magnéticas, todo lo pesa y lo cierce con el mas escrupuloso y diligente cuidado; todo lo vuelve, y revuelve por todos los aspectos, en todo presenta sinceramente

Variaciones de la
aguja.

la doctrina de los otros físicos, confirma ó corrige, reforma ó mejora sus observaciones, sus métodos, y sus opiniones, inventa nuevos métodos, nuevas experiencias, nuevos instrumentos, propone nuevas teorías, y nuevas leyes, y discute á fondo, plenamente trata, y magistralmente explana y desenvuelve quanto puede contribuir á la ilustracion de su argumento. Las variaciones de la aguja han sido el objeto de las observaciones, de las vigiliias y fatigas de los físicos modernos. Son curiosas las observaciones del Español Don Feliz Cepena, referidas en una obra francesa impresa en años pasados en Paris (a), entre las quales se ve haberse observado, que crece la declinacion de la aguja en los eclipses solares, no en los lunares. Cotte quiere que Hevelio sospechase ya en 1682 alguna variacion diurna de la declinacion de la aguja (b): cabalmente al año 1682 refiere Muschembroek las primeras observaciones

(a) *Espagne litteraire* &c. (b) *Mem. pour servir de suppl. au Traite de Meteor.*

nes de ella, no de Hevelio, sino de Tachard, y de otros jesuitas en el reyno de Siam (a); pero no son estas un monumento bastante seguro para conceder á aquellos doctos misioneros el primer conocimiento de este fenómeno. Mas claro se manifiesta éste en las observaciones de Poleni, el qual observa que la declinacion no es constante en todas las horas del dia, y que la diferencia de una hora á otra, llega á algunos minutos (b). Pero el primero que hizo diligentes observaciones sobre estas variaciones fue Graham á fines del año 1722, y á principios de 1723; y despues Canton en 1756 empezó á hacerlas mas asiduas, y mas exâctas. Asclepi en Roma, y ademas de varios otros en toda la Europa. Blondeau, y principalmente Cotte, y Duhamel en Francia, Celsio y Wargentín en Suecia, y en Holanda Van Swinden han reducido á evidencia esta variacion diurna, bien que hasta ahora no se han

Tom. VIII. Vvv des-

(a) *Diss. de mag.* pag. 156. (b) *Trans. phil.* tom. XXXVII. num. 421.

descubierto leyes estables de ella. No referiré el estudio de los físicos sobre la influencia de la aurora boreal en las variaciones magnéticas, verificada con tantas observaciones en Torna, en Stockolmo, en Tirnau, en Londres, y en otros muchos parages; pero encontrada en todas partes irregular; no las diversas teorías que Epino, Van Swinden, Cotte y otros modernos han propuesto sobre la analogía del magnetismo, y de la electricidad; no del magnetismo médico, que repetidas veces ha llamado la atención de los físicos, y de los médicos, y que recientemente por medio del muy famoso Mesmer ha hecho tanto estrepito en Francia, y en toda Europa; no otros muchos puntos pertenecientes á la magnetología, que nos empuñarían en sobrado largos discursos sin poder dar fin á esta materia; quando llama nuestra atención la electricidad, que tal vez ha sido aun mas fecunda de portentosos descubrimientos que el magnetismo ahora descripto.

Electro-
logía.

Por fortuna du Fai, Dabilard y otros muchos nos han dado dilatadas historias de esta curiosa parte de la física, y sobre
bre

bre todos ha expuesto poco ha Priestley extensamente en varios volúmenes con mucha diligencia, y erudición toda la historia del electricismo. Así que podremos libremente remitir los lectores á estas historias; y por no dexar del todo en silencio un ramo tan importante de la historia de la física nos contentaremos con indicar los principales descubrimientos, donde sin embargo insinuaremos alguna cosa no tocada por aquellos historiadores, y concluiremos finalmente este ya demasiado largo capítulo de la física particular. Notorio es que los antiguos, no solo los griegos, sino los egipcios, los sirios, los romanos, y otros reconocieron en el ambar la virtud de atraer las pajas (a); y del nombre *ἤλεκτρον*, dado por los griegos al ambar ha venido el llamar electricidad á esta virtud atractiva en qualquiera cuerpo que la encontremos. Pero hasta el siglo XVI este fue el único conocimiento que tuvieron los físicos de la electricidad. Al ambar añadieron des-

Vvv 2

pues

(a) Plin. lib. XXXVII, cap. II, y III.

pues el azavache, como provisto de una virtud atractiva semejante á la del ambar, y de estos dos cuerpos, como dice Gilberto. Gilberto (a), escribieron muchos modernos; pero sin presentar experiencias, ni demostraciones, solo con palabras obscuras y vanas, sin ventaja alguna de la filosofía. Pero el ahora citado Gilberto explicó la virtud de estos cuerpos, y la descubrió tambien en otros muchos. La aplicó no solo para atraer las pajas, sino todos los cuerpos sensibles y sólidos, observó muchas circunstancias importantes, hizo oportunas experiencias, y empezó á formar un ramo de física de la doctrina de la electricidad (b). En efecto des-
Cabeo. pues de él trató Cabeo mas extensamente esta materia, aumentó el número de cuerpos eléctricos, encontró muchas razones de diferencia entre las atracciones eléctricas, y las magnéticas, y reformó en algunos puntos la doctrina de Gilberto (c). Paulian (d). se lamenta de los his-

(a) *De magnete* lib. II. cap. II. (b) *Ibid.* (c) *Magnet. phil.* lib. II, cap. XVII, al. (d) *Syst. gen. de phil.* tom. IV. II. cap. XXXVII.

historiadores de la electricidad, porque no han dado lugar á Cartesio entre los primeros físicos eléctricos; y en efecto le atribuye varias nociones originales, y justas que le dan todo derecho para ser colocado entre los primeros maestros de la electricidad (a). Pero ademas de los méritos de Cartesio referidos por Paulian, podremos tal vez con igual derecho darle otro, y derivar de él el principio de las dos electricidades *resinosa*, y *vitrea*, expuesto despues por du Fay, y por otros muchos físicos; puesto que habiendo él explicado el modo de operar del ambar, cera, resina, y otros cuerpos oleosos (b), dice, que todo lo contrario sucede en el vidrio, y entra á buscar en éste la causa de la atraccion (c). Algunas experiencias hicieron despues los académicos de Florencia (d); y algunas mas Boile, el qual las varió de muchos modos, encontró muchas verdades nuevas, y reduxo á una

(a) *Lettr. hist. sur l'Electric.* (b) *Princ. part. IV, CLXXXIV.* (c) *Ibi. CLXXXV &c.* (d) *Saggio &c. part. II; Esper dell' Ambra &c.*

una doctrina mas exácta la teoría del electricismo (a). Pero aun tal vez debe
 Guericke. mas esta ciencia á Guericke, pues que él
 trabajó una bola de azufre, con la qual
 pudo hacer mejor las experiencias, y dió
 con ella una máquina eléctrica, la prime-
 ra que vieron los físicos, y que despues
 ha podido servir de modelo á tantas otras
 máquinas mas, y mas perfectas. Los an-
 tiguos, y tambien los modernos solo co-
 nocian en los cuerpos eléctricos la atrac-
 cion: Guericke fué el primero que des-
 cubrió la chispa, y el pequeño estremecimiento, que despues advirtió mas cla-
 ramente Wall, aunque ni uno ni otro
 formaron aun de ello una justa idea, é
 hizo algunos otros descubrimientos, que
 no han sido reconocidos por los físicos
 hasta muchos años despues (b). En ho-
 nor de la electricidad podemos contar
 Newton. entre sus cultivadores al gran Newton,
 á quien debemos la observacion de va-
 rios movimientos de los pequeños cuer-
 pe-

(a) *Demech. Electr. product.* (b) *Exper. Mag-
 deb. lib. IV, cap. XV.*

pecitos atraídos por el vidrio electrizado, y despues del modo que el vidrio atrae tales cuerpecitos por el lado opuesto, y alguna idea de un fluido elastico comunicado por los cuerpos eléctricos (a). Pero el que empezó á hacer verdaderamente científica la doctrina de la electricidad fué á principios del siglo actual Hauksbeo. El exâminó en varios cuerpos su diversa virtud eléctrica, formó globos de vidrio, de resina, de azufre, y de otras materias eléctricas, y encontró en el vidrio, como ya antes habia observado Cartesio, la virtud mas fuerte y activa que en todos los otros; fué el primero que dió una clara idea de la luz, y de las chispas de los mismos cuerpos, y distinguió en ellos la atraccion, y la repulsion, la propiedad de atraer, y la de esparcir luz, y la diferencia de los globos vacios, y de los llenos de ayre; tomó muchos objetos nuevos en sus especulaciones,

Hauksbeo.

(a) *Optic.* quest XXII. &c. V. Birks. *Hist. of the Soc.* vol. III.

nes, produjo muchos nuevos descubrimientos, nos dió muchas curiosas observaciones, é hizo variar de aspecto á toda la electricidad (a). Pero sin embargo Hauksbee no llegó á conocer la comunicacion del electricismo, ni á distinguir los cuerpos eléctricos por sí mismos, y los eléctricos por comunicacion: solo Grey observó en 1727 que la electricidad se comunicaba rapidamente á qualquier distancia, y despues de algunos años descubrió tambien que no se comunicaba á todos los cuerpos, y que era preciso aislarlos, ó tener sobre los cuerpos idioeléctricos aquellos á quienes se quisiese comunicar; encontró ademas que la electricidad se comunica á los cuerpos animales, á los hombres, y á todos los otros; encontró el modo de conservar por mucho tiempo el electricismo; y en suma hizo experiencias y observaciones para poder con ellas formar alguna teoría (b). Mejor salió en esta parte su contemporaneo du

(a) *Physico Mech. exper.* (b) *Phil. trans. abrég.*
vol. VI, VII, al.

du Fai; el qual estableció el principio de que los cuerpos eléctricos atraen á los que no lo son, y los repelen luego que con la inmediacion, ó con el contacto de los eléctricos se hacen ellos tambien eléctricos. El mismo creyó haber descubierto otro principio de dos especies de electricidad, una vitrea, y la otra resinosa; y aunque este descubrimiento no fué entonces abrazado por los físicos, y despues quedó abandonado por él mismo y por los demas físicos posteriores, le dió sin embargo motivo para hacer muchas curiosas observaciones sobre la diferente electricidad de diversos cuerpos idioeléctricos, y aun despues de algunos años fué renovado por Symmer y por otros muchos (a). Entre los muchos, y varios descubrimientos de du Fai el mas ruidoso fué el de sacar la chispa eléctrica de los hombres, y de los animales. Grey habia encontrado en ellos la comunicacion de la electricidad; pero probandola solo con la atraccion, y con otras

Tom. VIII.

Xxx

se-

(a) *Lett. de Franklin* p. 25. &c.

señales, sin pensar en las chispas: du Fai que tenia por ayudante y compañero en las experiencias á Nollet, fué el primero que sacó las chispas de los animales, y del hombre (a). ¡Qué dulce sorpresa, qué inesperado placer para aquellos dos atentos experimentadores! ¡Qué maravilla para toda la culta Europa! ¡qué revolucion de ideas para los doctos físicos! ¡qué gloria, qué honor, qué credito para la doctrina aun nueva, vacilante y oscura de la electricidad! Mas y mas descubrimientos hacian todos los dias Grey y du Fai, y las muchas novedades y maravillas, que provenian de sus experiencias, estimulaban á todos los físicos á estudiar con empeño este punto. Desaguliers con su acostumbrada exâctitud repitió las experiencias inventadas por los otros, hizo otras nuevas, y aseguró, y aclaró muchas leyes, y muchos principios, que han regulado aun posteriormente la doctrina de la electricidad (b). Boze, Allaman, Watson,

(a) *Acad. des Sc.* an. 1733, 1734. al. (b) *Trans. phil.* an. 1741, 1742, al.

y algunos otros imaginaron modos de mejorar la máquina, inventaron nuevas experiencias, y enriquecieron con nuevas verdades esta parte de la física (a). Una materia tan brillante no podia mirarla con indiferencia el gran físico Muschembroek, y en efecto le acarreo una muy singular ventaja con la invencion que algunos atribuyen á Cuneus, ó á lo menos con las experiencias de la famosa Botella llamada de Leyden, acumulando por su medio mucha mayor electricidad, produciendo, ademas de la atraccion, y la luz mucho mas viva, un fuerte é inesperado golpe, y haciendo así mudar de aspecto, y tomar nuevas formas, y mayor fuerza y actividad todos los fenómenos eléctricos. Gran revolucion causó en las ideas de los físicos aquella botella, y la singularidad del fenómeno agitó mucho sus ingenios para hacerlos pensar en nuevas experiencias, y buscar nuevos resultados. Singularmente Nollet, que se habia ya dado á conocer por

Botella de
Leyden.

Muschem-
broek y
otros.

Xxx 2

sus

(a) Priest. *Hist. de l' elect.* tom. I.

sus observaciones , y teorías eléctricas , abrazó con empeño esta nueva maravilla para extender mas las fuerzas , y la fama de su amada electricidad. Pensó en hacer sentir á centenares de personas á un tiempo el golpe eléctrico que Muschembroek no supo dar mas que á una sola. Comunicó á los páxaros , y á otros animales el mismo golpe , y llegó á darlo tan fuerte que era capaz de quitarles la vida. Encontró que introduciendo el conductor en un vaso de vidrio vacío de ayre se causaba el mismo , y tal vez aun mayor efecto que en la experiencia de Leyden ; y con este , no menos que con los otros experimentos acarreó mucha mayor luz á la teoría de aquel fenómeno. A mas de Nollet se distinguió en semejantes experiencias el médico le Monnier ; y despues de haber probado la comunicacion casi instantanea de la electricidad en la distancia de muchas millas en medio de árboles , de terrenos diversamente cultivados , de agua y de otros cuerpos , probó que la única condicion verdaderamente general para comunicar la electricidad es la proximidad de un cuerpo actualmente eléctrico

co (a). Los Ingleses Warson, Bevis, Wils-
son y otros contribuyeron igualmente al
mayor lustre de este fenómeno; inven-
taron mejoras para la armadura de la bo-
tella, variaciones de las experiencias para
los efectos diversos, y muchos nuevos
descubrimientos sobre la comunicacion
de la electricidad por tierra, y por agua
por lugares humedos, y por otros ente-
ramente secos sin intermediacion alguna del
agua, sobre la celeridad de dicha comu-
nicacion, y sobre otros puntos curiosos;
y todo esto lo probaron con tan exâctos
métodos, y con experiencias tan grandes
y de tanta extension que causaron mara-
villa, no solo á los otros electricistas, si-
no al mismo inventor de aquella expe-
riencia Muschembroek (b). Todos estos,
y otros muchos físicos, no solo hicieron
experiencias, y procuraron adquirir nue-
vas luces sobre el fenómeno de la celebre
botella de Leyden, sino que tambien estu-
diaron profundamente é ilustraron los
otros

(a) *Acad. des Sc.* an. 1746. (b) *Wilson Essai;*
Lett. al pbil. trans. abrig. vol. X.

otros puntos de la electricidad. El descubrimiento de ser los tubos ó globos de vidrio, solamente motores, ó determinadores de la fuerza eléctrica, la circulación completa de la materia eléctrica, la diferencia de las atmosferas de los cuerpos para el libre paso de la misma, y algunos otros descubrimientos hicieron célebres en la historia de la electricidad los nombres de Watson y de Wilson. Le Monnier encontró la comunicacion de la electricidad no en razon de las masas, sino de las superficies, y aun de las figuras (a). Boulangero con mucha diligencia, y exáctitud determinó en diferentes materias el grado mayor ó menor de electricismo, de que eran capaces. Miles, Smeaton, Gordon, y algunos otros acarrearon nuevas luces á todos estos asuntos, nosotros remitimos los lectores á la *Historia* de Priestley, que individualmente los explica todos (b); y nos detenemos solo á mirar distintamente al príncipe de los elec-

(a) *Acad. des Sc.* 1746. (b) *Hist. de l'electr.* prem. part. period. VIII.

electricistas, el famoso Nollet. Ni fatigas, ni gastos, ni molestias, ni dificultades pudieron impedir á Nollet el discutir profundamente todos los puntos pertenecientes á la electricidad. No hay especie alguna de experiencia que él no haya tentado; no hay cuestión á que no haya acarreado alguna luz, ni descubrimiento que no le deba ilustracion, ó ampliacion, y en que no haya tenido alguna parte; y Nollet tanto en sus descubrimientos, como en los de otros fué con razon respetado como el primer doctor, y maestro de la electricidad (a). Olor, calor, atmosfera, atraccion, chispas, golpes, evaporaciones, todo lo observa con repetidas y varias experiencias, exâmina la electricidad en los fluidos, y en los sólidos, en los fósiles, en los vegetables, y en los animales, en los cuerpos eléctricos, por sí, y en los eléctricos por comunicacion considera distintamente todos los efectos, reflexiona las mas pequeñas circunstancias, y por todo esparce los rayos de su agudo

(a) *Recherch. &c. Lettr. Leçons de phys. &c.*

ingenio, y el esplendor de su sublime saber. El expuso las primeras y razonadas ideas del electricismo médico, que despues llevaron sobrado adelante algunos físicos; y á él se debe igualmente el primer conocimiento de la analogía que se encuentra entre la electricidad, y el rayo, que dió despues tan glorioso nombre á Franklin. Lleno de hechos, y bien provisto de experiencias, y de observaciones se resolvió á establecer un sistema, que abrazase todos los fenómenos de la electricidad, y con las dos corrientes de electricidad *afluente* y *efluente*, creyó poder explicar todas las cosas, y soltar las mas indisolubles dificultades. Los fenómenos eléctricos hasta entonces solo habian excitado la admiracion, y tenian pasmados, y suspensos los animos de los filósofos, sin que ninguno se atreviese á entrar en la investigacion de la causa; Nollet fué el primero que intentó hacer inteligibles aquellos arcanos, y buscó físicamente la razon de esto, que parecia un misterio, y un portentó de la naturaleza. Grande estrepito movió en las escuelas, y en las academias el sistema de

No-

Nollet: muchos se declararon partidarios suyos y buscaron nuevas experiencias, y nuevos hechos para ilustrarlo, y para consolidarlo; otros al contrario no lo encontraban bastante seguro, lo impugnaban con fuertes razones, inventaban nuevas experiencias, oponian hechos á hechos, y jamas lo dexaron dominar con firmeza y estabilidad; pero sin embargo el electricismo adquirió siempre con aquella teoría nuevas luces, y debió al sistema de Nollet mayores ilustraciones. Estrepitosos fueron tambien en aquellos tiempos los fenómenos médicos, y los saludables efectos que en muchos producía la electricidad. Parálisis, ciática, y otras enfermedades, que necesitaban de movimiento y calor en los fluidos, singularmente de las partes ofendidas, sentían pronta y notable mejoría con las operaciones eléctricas. Jalaber Sauvages, y principalmente Veratti adquirieron en esta parte mayor crédito, é hicieron por este medio maravillosas curaciones. Pero estas eran claramente coherentes con la teoría de la electricidad; y no como las de Pivati, Bianchi, y otros que pretendían ha-

Efectos
médicos
del elec-
tricismo.

cer obrar los medicamentos con solo meterlos dentro del globo, ó tenerlos en la mano, sin la enfadosa molestia de haberlos de tomar por la boca. Nollet se opuso á estos taumaturgos, y no quiso dar crédito á sus nuevos milagros de la electricidad; igualmente otros por varias partes se opusieron á los mismos, y hasta ahora no ha podido esta práctica médica obtener con nuevos hechos alguna mayor probabilidad.

Entre tanto que en Europa con tanto empeño, y por tantos caminos se estudiaba el electricismo, en los países bárbaros, en las obscuras regiones de la América septentrional un hombre retirado, y estudioso, un físico aun no conocido en la república literaria, el ahora Franklin. tan famoso, y celebrado Franklin, hacia tal vez él solo mas brillantes descubrimientos que los mas célebres físicos de la Europa, y mas que todos extendia gloriosamente el imperio de la electricidad (a). El hizo tocar con la mano la actividad de las puntas para hacer resaltar me-

(a) *Oeuvres de Mr. Franklin* tom. I.

mejor los efectos eléctricos. El sin noticia alguna de la invención de Smeaton en Inglaterra, inventó al mismo tiempo en América la batería eléctrica; y con quadros de vidrio emplomados, ó estañados como se usaban en Inglaterra, produjo efectos mayores, y llevó mas adelante las teorías eléctricas. El usó de tantas maneras el quadro mágico inventado por Kinnersley, y supo sacar de él tales efectos, que de algun modo se lo hizo suyo propio; y ahora es mas conocido con el nombre de Franklin, que con el del mismo Kinnersley su inventor. El formó una rueda eléctrica, *un pez de oro* eléctrico, y otras muchas novedades eléctricas, é inventó tantas nuevas experiencias, varió y mejoró de tantas maneras las ya inventadas, produjo tales efectos, y sacó de ellos tales conseqüencias, que puede decirse que creó de algun modo una nueva electricidad. Con tantos, y tan fundados conocimientos se atrevió Franklin, como Nollet, á componer un sistema al qual debiesen sujetarse todos los fenómenos de la electricidad; y no dos especies de electricismo de naturale-

za diferente, una *vitrea*, y la otra *resinosa*, no dos corrientes de electricidad *afuente*, y *efluente*, sino simplemente *el mas*, y *el menos*, que él llamó electricidad *positiva* y *negativa*; y el equilibrio buscado por la naturaleza en la electricidad, como en todas las otras cosas, bastó á su ingenio para explicar todos los misterios eléctricos; y este sistema hizo abandonar bien pronto el de Nollet, y ha sido casi generalmente abrazado por los otros físicos. Pero lo que ha hecho mas célebre la doctrina de Franklin, y ha asegurado la inmortalidad á su nombre, ha sido la perfecta analogía, asegurada, y consolidada por él entre el rayo, y la electricidad, y el arte descubierto por él de llamar, y conducir el rayo á su arbitrio, y hacerle seguir aquel camino, que quiere prescribirle el docto físico. Es admirable y portentosa la exâctitud y delicadez con que siguió individualmente todas las circunstancias del rayo, y las encontró todas enteramente conformes con la electricidad; así que parecia poderse concluir justamente, que entre el fluido eléctrico, y la materia del rayo hay una

una perfectísima semejanza. Pero Franklin no se contentó con probar con razones la analogía, sino que quiso hacer tocar con la mano la identidad, y mostrar con los hechos que la materia del rayo es realmente materia eléctrica, y que su estallido no es mas que una operación eléctrica de la naturaleza. Con una cometa echada al ayre durante un temporal recibia la electricidad de las nubes, y producía las chispas, y todas las señales, que suelen sacarse con el electricismo artificial. El habia pensado en atraer la materia eléctrica de las nubes con una barra de hierro colocada en sitio oportuno para poder executar todas las experiencias con mas comodidad, y mirar de este modo en todos los aspectos la identidad del electricismo artificial, y del natural. Su idea fué felizmente executada en Francia por primera vez. Los aplausos dados por el Rey de Francia á las experiencias de Franklin, publicadas por Collinson, inspiraron en Buffon, D'alibert, y de Lor el deseo de verificar las conjeturas de aquel sobre la analogía del rayo, y de la electricidad. Con este fin
le-

levantó Buffon en su torre de Mombart una barra de hierro, y Dalibart en una llanura de Marly-la-Ville erigió otra de 40 pies, que se ha hecho mas célebre; porque en esta sobreviniendo un temporal el día 10 de Mayo de 1752, se vieron por primera vez vivísimas chispas, se sintieron fuertes golpes, y se observaron todas las señales de la electricidad. Nueve dias despues se vieron igualmente chispas en la barra de Buffon. De Lor levantó otra semejante, y tuvo los mismos efectos (a); y despues otros repitieron muchas veces la misma experiencia, siempre con igual suceso. De este modo fué plenamente decidida la imaginada analogía, quedando gloriosamente triunfante el perspicaz ingenio, y sólido juicio de Franklin, y la experiencia de Marly fué la dichosa medianera, que unió la electricidad atmosférica con la terrestre, y durará en perpetua memoria, y formará ilustre época en los fastos de la electricidad. Quando Franklin pudo

ma-

(a) *Lettr. de Mr. Franklin, Lettr. de l'Abbé Maceas, Dalibard Acad. des Sc. 1752.*

manejar á su arbitrio la electricidad de las nubes, quiso exâminar qual fuese, si positiva, ó negativa; miró baxo varios aspectos la electricidad de las nubes y del ayre; y en el vasto espacio de la atmosfera abrió á las investigaciones de los físicos un nuevo campo, que fué ya en sus manos, y continuó siendolo en las de otros fertil de importantes descubrimientos sobre la natural y sobre la artificial electricidad. Tantas memorables invenciones, y tantas estrepitosas novedades no apagaron las filosóficas miras del genio de Franklin; quiso él dirigir sus sublimes conocimientos á beneficio de la humanidad, y salvar con ellos las casas y las vidas de los hombres de los estragos del rayo. Con este objeto, habiendo encontrado el modo de llamar con la barra de hierro el rayo de las nubes, ideó tambien conducirlo á donde se disipase sin peligro; y uniendo á la barra hilos metalicos que fuesen aislados á parar debaxo de tierra, formó de ellos oportunos conductores del rayo, que sin dexarlo reventar lo conduciesen directamente á lugares humedos, donde se perdiese sin hacer daño alguno.

A la analogía del rayo con la electricidad añadió tambien Franklin la de la aurora boreal de las nieves , y de otros meteoros. Pero nosotros no podemos seguir distintamente todas las cosas , y solo concluimos que Franklin con sus nuevas experiencias , y con la nueva teoría , con el descubrimiento de la electricidad atmosférica , y de su identidad con la terrestre presentó una doctrina enteramente nueva sobre la electricidad , y produjo una nueva y gloriosa época para la física.

La teoría de Franklin de la electricidad *positiva y negativa* fué comunmente abrazada de los físicos ; pero no fué entendida de todos en el verdadero sentido de su autor , habiendo muchos querido reconocer dos electricidades diferentes donde él no propone mas que una , variando solo aquella *en mas ó en menos* , en mayor , ó en menor copia de la que tiene el estado natural segun la naturaleza diversa de los cuerpos eléctricos que la reciben (a). Sobre esta electricidad , y sobre

(a) Franklin Lett: II. *Opin. et conject. sur les propriétés &c. Ques. et repons. &c.*

bre la capacidad de los cuerpos para recibirla del uno ó del otro modo no se tenían aun los justos conocimientos, y se necesitaban nuevas luces. Todos creían que la cera, la resina, &c: no podían tener mas que la electricidad *negativa*, y el vidrio al contrario solo la tuviese *positiva*; pero Canton, digno ilustrador de Franklin, probó con varias y repetidas experiencias, que la cera puede electrizarse positivamente; y el vidrio negativamente; que alterando la superficie del tubo, y del frotador, se puede producir arbitrariamente la electricidad positiva ó negativa, segun que el uno, ó el otro está mas alterado por la frotacion, y que las apariencias de electricidad positiva ó negativa dependen de la superficie de los cuerpos eléctricos, y de la del frotador (a); y esta materia tratada con bastante dignidad por Canton, recibió aun nuevas experiencias, y nuevas luces del arriba citado Wilson (b). Pero Delaval propuso otra teoría sobre aquellas diferencias de electricidad, queriendo que

Tom. VIII.

Zzz

los

(a) *Phil. trans.* vol. XLVIII. (b) *Ibi.* vol. LI.

los cuerpos tengan mas de la una , ó de la otra , segun mas abunden de tierra , ó de azufre , y que las piedras , y otras substancias terreas pueden por varios medios , principalmente por los diversos grados de calor , pasar á eléctricas de no eléctricas que eran antes. Respondió Canton á Delaval , y la viva disputa que se excitó entre aquellos dos físicos , produjo muchas nuevas experiencias , y descubrió nuevas verdades (a). Canton , siempre atento á promover la doctrina de Franklin , inventó un aparato portatil para hacer mas facil la demostracion de sus principios fundamentales , y poder en todo tiempo hacer á su arbitrio las convenientes experiencias (b). Ademas de haber él exâminado los cuerpos eléctricos le vino gana de recapacitar los que se creian conductores , y como encontró todos los eléctricos capaces de electricidad tanto positiva como negativa , asi tambien observó que todos los cuerpos pueden de algun modo hacerse hasta un cierto punto conductores,

(a) *Phil. trans.* vol. LI. LII. &c. (b) Franklin
Leit. Descript. d'un appareil portatif. &c.

res, y tambien pueden todos al contrario desnudarse de esta propiedad. El ayre, creido incapaz de ser conductor, se hizo de algun modo tal en las manos de Canton, y con sus sutiles é ingeniosas experiencias fué obligado á recibir por comunicacion alguna electricidad, y superar aquella repugnancia que le suponian los otros físicos (a). La atmosfera de los cuerpos eléctricos era un punto que quedaba aun por ilustrar; y ella fué en manos de Canton fecunda de muchas curiosas experiencias y de fenómenos inesperados. El descubrió la ley de los cuerpos eléctricos de introducir una electricidad contraria en los cuerpos metidos en su atmosfera, ó bien sea que los cuerpos metidos en las atmosferas eléctricas de otros cuerpos adquieren siempre una electricidad contraria á la de los cuerpos, en cuya atmosfera se hallan inmersos (b). Pero esta propiedad de la atmosfera, ó de los cuerpos eléctricos está de tal modo ilustrada, y con tantas experiencias, y

Zzz 2

tan-

(a) Franklin Lett. *Exper. electr. par Jean Canton*; *Phil. trans.* vol. XLVIII. &c. (b) *Ibi.*

Wilke, y
Epino.

tantas observaciones puesta á tan clara luz por Wilke y por Epino, que les quedó á estos la mayor parte de la gloria de dicho descubrimiento (a). Estos dos ilustres físicos tenían ademas otros méritos en la doctrina de la electricidad. La electricidad *espontánea*, ó la electricidad producida con la conflacion de los cuerpos eléctricos, desenvuelta y explicada desde su origen por Wilke, fué otro título para la gloria de su nombre en estas materias, y esparció mayores luces sobre la teoría de Franklin de la electricidad positiva y negativa (b). Al formar Epino una teoría del magnetismo, y de la electricidad, y al referir á la academia de Petersburgo la experiencia de los Jesuitas de la China, de la qual hablaremos despues, hizo con vidrios, con metales, y con otros cuerpos nuevas experiencias de esta electricidad (c), y de los descubrimientos de Wilke, y mucho mas de los de Epi-

(a) Wilke Disp. phys. *De electricitatibus contrariis*; Æpinus Tent. Theor. electr. et magn. (b) Priestley Hist. de l' electr. period. X. sez. III. (c) Tentamen &c. Exper. electr. Ac. Petr. nov. comm. t. VII.

Epino quiere tomar Krafft el origen del *electroforo perpetuo*, invencion tan celebrada del Volta (a). Gran estrepito causaron en las academias, y en las escuelas físicas las medias de Symmer, ó bien Symmer. sean los curiosos fenómenos de la electricidad de dos medias de seda, blanca la una, y la otra negra, que él creía procedentes de dos fluidos eléctricos esencialmente diferentes el uno del otro, y probados por él con otros muchos hechos, y con otras experiencias (b). El tratado de Symmer traducido en frances, y aumentado con varias adiciones de nuevas experiencias por Nollet, hizo mas comunes estos nuevos fenómenos de la electricidad, y excitó mas la curiosidad de los filósofos (c). A las experiencias de Symmer y de Nollet añadió otras muchas Cigna, hechas con el vidrio, y con otras materias, pero principalmente con cintas de seda de varios colores; y las cintas de Cigna se hicieron no menos famosas que las

(a) Krafft. *Acad. Petr.* tom. XXII. (b) *Phil. trans.* vol. LI. (c) *Exper. et observ. nouv. concernant l'électricité*, par Mr. Robert. Symmer. &c.

las medias de Symmer, y las unas y las otras hicieron ver quantas ocultas verdades puede sacar un hombre de ingenio de las cosas mas simples y mas triviales (a). En medio de tantas experiencias, y tantos descubrimientos, de tantas luces de teorías eléctricas, compareció Beccaria como juez, sostenedor, y maestro de la electricidad. La máquina, los aparatos, la armadura, el arte, y el modo de hacer las experiencias, todo recibió de él muy oportunas mejoras. No hay experiencia que no haya repetido, variado de modos diversos, y reducido á mayor seguridad, y precision: no fenómeno que se haya escapado á su vista perspicaz; todos, tanto pequeños como grandes son mirados por él con ojos filosóficos volviendolos y revolviendolos en todos los aspectos con la mayor atencion; y no hay punto alguno de electricismo que no sea examinado por él, y enriquecido con alguna util novedad. Los cuerpos aislantes, y los cuerpos cohibentes, las cargas, y las descargas, las atmosfe-

(a) *Miscell. Taurin.* tom. III.

feras eléctricas, y sus propiedades, la acción, y los usos, la medida, los movimientos, las leyes, y todo quanto pertenece á la electricidad ha parecido tomar en sus manos un nuevo aspecto; se han verificado algunos puntos, corregido otros, ilustrado y ampliado otros, todos sujetos á pocos y claros principios, todos puestos en su verdadera luz, y todos reducidos á la debida estabilidad (a). Con empeño tal vez mayor entró tambien á ilustrar el electricismo natural (b). ¿Con quanta diligencia y atencion no pasaba él los dias contemplando, exâminando, y por decirlo así, tocando, y pesando con los ojos, y con las manos los diversos estados de la atmosfera? ¿Con qué sutileza y perspicuidad no observó parte por parte la densidad, el color, y los pasos de las nubes, é hizo de ellas una individual anatomía? ¿Con qué vigilancia no espíó todos los movimientos, y los extraños efectos del rayo, de la aurora boreal

(a) *Electric. artificiale, e nat. Electric. art.*

(b) *Ibi. y Dell' elett. Lettere. &c.*

real, del terremoto, y de todos los meteoros? El con suma sagacidad y destreza supo correr el velo á todos los fenómenos del ayre, y del cielo revuelto y encapotado, superando en esta parte á los otros físicos, que habian aplicado la electricidad á la explicacion de los meteoros, y pensó ademas en exâminar, lo que aun no habia hecho ninguno, esto es, la electricidad de la atmosfera quieta y serena (a); y en todo pudo con suma felicidad, y claridad demostrar todas las circunstancias y qualquier accidente por pequeño que fuera como efecto necesario de la electricidad natural, y reducir despues todas las leyes de ésta á los mismos principios de la artificial. Entonces puede decirse que quedó finalmente establecida, y consolidada la teoría del electricismo de Franklin, la qual propuesta por aquel grande hombre, y sostenida por muchos célebres físicos, parecia que solo esperase la sancion de Beccaria para tener toda su legitimidad. Parecia estar ésta ya enteramen-

(a) *Lett. al Sig. March. di Carrone, y al Sig. Car. Pringle &c.*

mente establecida, y asegurada, quando salieron nuevos fenómenos á contradecirla. Los Jesuitas de Pekin aplicando una lámina de vidrio electrizada á la lámina de vidrio de la brújula, observaron que la aguja se levantaba hácia ésta quedando allí fixa dos, ó tres horas, y despues se separaba, y volvía á caer sobre su propio lugar; pero al retirar de la brújula la primera plancha, volvía la aguja á levantarse, y volvía á caer desde luego, si de nuevo se ponía la dicha plancha. Este fenómeno comunicado á la academia de Petersburgo por los Jesuitas, y en ella al público por Epino (a), fué la admiracion de todos los físicos. Symmer (b), Cigna (c) y otros muchos hicieron en los vidrios algunas otras experiencias, y despues en las medias, y en las cintas de seda, y en otros cuerpos aislantes, y casi todos creyeron ver en tales fenómenos un hecho muy contrario á la teoría de Franklin para poderla aun sostener. Symmer juzgó preciso formar dos especies diversas de electri-

Tom. VIII.

Aaaa

ci-

(a) *Acad. Petrop. Novi comm.* tom. VII. (b) *Phil. trans.* an. 1759. (c) *Misc. Taurin.* tom. III.

cidad para poder combinar estos fenóme-
 nos con los otros conocidos hasta enton-
 ces, y Cigna, aunque pensó que pudiesen
 todos explicarse con sola la electricidad
 frankliniana, no supo encontrar el modo
 de superar la dificultad. Solo Beccaria
 pudo penetrar este misterio eléctrico; en-
 contró en los cuerpos aislantes una nue-
 va propiedad, por la qual, si están con-
 juntos, *readquieren por la separacion la*
electricidad perdida en su union, y por
 decirlo así reivindicán la perdida electri-
 cidad, y quiere por ello darle á ésta el
 nombre de *vindice*; la probó con muchos
 hechos, y con diversas experiencias, y con
 el auxilio de este principio bien estableci-
 do, y fixado por él, encontró el modo de
 conciliar facilmente todos los fenómenos
 con la teoría de Franklin, y puso á clara
 luz, y presentó á los ojos de los físicos
 todo el artificio de las operaciones eléc-
 tricas de la naturaleza, y del arte. A tan-
 tos descubrimientos de la electricidad na-
 tural, y de la artificial se añadieron en-
 tonces las novedades eléctricas de la tur-
 malina, que otros quieren que fuese cono-
 cida por Teofrasto, y por otros antiguos
 con

Turmalina.

con el nombre de *Lincurio*. Leméry mostró á la academia de las ciencias (a) una turmalina, é hizo ver su atraccion; pero sin embargo quedó olvidada, y solo hácia mitad de este siglo se hizo famosa por las experiencias del duque de Noya, y mucho mas por las de Epino, publicadas en la academia de Berlín (b). Le dieron despues mayor crédito la disputa tan agitada entre Epino y Wilson, y las muchas novedades que en ella descubrió Canton, y que despues han ido encontrando otros. Ciertamente debe causar admiracion el ver en tan poco tiempo reducida á tanta perfeccion la parte de la física que pertenece á la electricidad, puesto que mientras las otras partes de la misma en tantos siglos de cultura en muchas escuelas solo han hecho algunos pocos progresos, ésta nacida á principios del siglo presente se ha visto poco despues de la mitad de él haber llegado casi á su madurez; y desde Hauksbeo hasta Beccaria, aun con el atraso de algunos años de interrup-

Aaaa 2 cion

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1717. (b) *Acad. de Berlin* an. 1756.

cion se ha adelantado de tal manera que puede parecer haber llegado ya á su perfeccion; prueba de que no ratiocinios y meras especulaciones, sino hechos, experiencia, y observaciones son los medios para adelantar en la física, y que aquellas partes prosperarán, y obtendrán mayores progresos, que mayor uso haran de tales medios, y mas podrán reducirse á hechos claros, y á sencillas, y decisivas experiencias y observaciones.

Pararayos.

Pero sin embargo, la ciencia de la electricidad no se agotó con los descubrimientos precedentes, sino que siguió andando materia á los físicos para muchas importantes investigaciones, y no fueron inútiles, é infructuosas sus fatigas. Los conductores del rayo habian sido desde el principio propuestos por Franklin; pero no fueron adaptados, ni reducidos á uso común hasta algunos años despues. Dexo aparte la historia de su propagacion en América y en Europa, y en otras partes del mundo; el exámen de su mejor construccion, las disputas sobre la figura de las barras, y las varias experiencias ideadas con este fin acarrearón muchas

lu-

luzes al espancimiento, á los obstáculos, á la fuerza, á los efectos, á todas las operaciones, y á la doctrina toda de la electricidad, y nos darian copiosa materia para una historia, si pudieramos seguir con individualidad todas las cosas. Franklin propuso las planchas elevadas y con punta como los mejores conductores, y al principio todos abrazaron este método. Pero Wilson temió atraer el rayo con dichas planchas, y antes bien juzgó mejor darle solo facil paso con una barra de metal obtusa y redonda á la extremidad (a). Respondió pronto Beccaria, y con muchas experiencias hizo ver claramente ser vano el temor de Wilson de la atracción del rayo, y que es mas conveniente que en las fábricas de mayor extension, para mayor seguridad, se pongan mas barras y con buenas puntas. Mahon ha expuesto doctamente los principios de la electricidad, apoyados en gran parte sobre nuevas experiencias; y aplicandolos oportunamente á los rayos; y á sus conduc-

Mahon.

(a) *Phil. trans.* vol. LIV.

tores, pone á la vista las ventajas de los conductores elevados, y con puntas, y concluye que »el gran número de excelentes observaciones hechas en diferentes países por los físicos de primera clase, como Franklin, Beccaria, Wilke, Henly, le Roi, Achard, Nairne, Ingenhouz, &c. han persuadido plenamente á los mejores jueces en esta materia, que los conductores siempre deben terminar en punta agudísima de metal, y que lo que él ha dicho en aquel tratado, contribuirá de algun modo, á establecer mas solidamente esta importante verdad (a)» En efecto Cavallo (b), Adamas (c), y quantos yo sepa haber escrito sobre ésta materia despues de Mahon todos han dado indubitavelmente la preferencia á las puntas. Bertolon (d) trae muchísimos exemplos de pararayos de varias maneras, que pueden servir de

-
- (a) *Principes de l'electricité, avec une analyse des avant. super. des conducteurs élevés et pointus.* XIX. part. §. 527. (b) *Trat. compl. d'electric.* cap. IX. (c) *An essay on electr. &c.* cap. IX. (d) *De l'electr. des meteoros* sec. part. 1. sez. c. V.

historia de aquellas operaciones físicas, y de las mejoras que se han hecho en ellos, y como todos estos conductores solo sirven para los rayos que vienen de lo alto, él propone uno que pueda preservar del rayo ascendente no menos que del descendente (a). Y no contento con esto presenta defensas semejantes contra los estragos de los terremotos, y de los volcanes, y propone el fabricar para terremotos y para volcanes, como con tanta utilidad se hacen pararayos (b). No es de nuestro proposito el exâminar el mérito ó las dificultades que pueden encontrar estas ideas de Bertolon, que no sé que hasta ahora se hayan puesto por obra con visible efecto : pero seria de desear que los físicos procurasen hacer mas universales tales invenciones, buscar en el electricismo los preservativos contra los daños causados por los meteoros, derivados de la misma electricidad, y librarnos del granizo, del terremoto, y de otros males, como nos han defendido de los rayos, y hacer de este

(a) Cap. VI. (b) Ibi. sez. II. cap. IV.

Confirma-
cion de las
curaciones
médicas de
la electri-
cidad.

este modo al hombre domador de los elementos, regulador de la naturaleza, y Señor del universo. No solo encontraron los físicos en la electricidad un preservativo contra los rayos y los meteoros, sino tambien un remedio contra varias enfermedades de los cuerpos humanos causadas por la naturaleza. Las curaciones electricas antes insinuadas excitaron la atencion de los físicos, y de los médicos; pero la incertidumbre del éxito, que no siempre fué igual, y la aversion á la novedad que siempre tiene mucha fuerza, tenia dudosos, y suspensos á algunos médicos, y muchos despreciaban la decantada eficacia de la electricidad. Se ha visto despues usada por Haen (a), por Gardonne (b), por Mauduit (c), y por otros infinitos, y ahora no queda ya duda sobre su virtud, sino solo sobre la especie de enfermedades diversas, á que deba aplicarse. Vicencio ha escrito una *Historia de la electricidad médica*, á la qual habria mucho que añadir, pero sin embargo bas-

3149

(a) *Ratio med.* (b) *Conject. sur l' élect. médic.*

(c) *Soc. roy. de medecine* tom. II.

basta para hacer conocer la fuerza de la electricidad en varias enfermedades , y el uso que de ella han hecho muchos médicos. En vista de estos efectos nos ha presentado recientemente Bertolon un completo tratado en dos tomos de la electricidad del cuerpo humano en todos los estados de salud , y de enfermedad , y da noticia bastante individual de las varias clases de enfermedades , que han recibido de los doctos médicos notables auxilios por medio de la electricidad , y de los diversos métodos con que debe aplicarse (a). El mismo Bertolon , zeloso pro-

Electri-
cidad ani-
mal.

Vegetable.

Tom. VIII. Bbbb de

(a) *De l'électr. du corps. humain. dans l'état de santé et de maladie.*

de sacar del electricismo las ventajas posibles para la agricultura (a). Y no contento con esto piensa tambien en desenvolver la electricidad de los minerales, y darnos un completo tratado de la electricidad aplicada á los tres reynos de la naturaleza (b). Las investigaciones de Bertolon no han sido llevadas á la profundidad y perfeccion que requiere la importancia de la materia, y seria de desear que los ingeniosos, y sagaces físicos en vez de tantas sutiles é individuales indagaciones en que á veces se empuñan con sobrado ardor, se dedicasen á estas mas prácticas, y mas importantes, que al esplendor de las grandiosas verdades juntan el mérito de la pública utilidad. A los muchos descubrimientos eléctricos, de que hasta ahora hemos hablado, podran añadirse las observaciones sobre el torpedo, y sobre la *anguila temblante*, ó de Surinam, que han aumentado nuestros conocimientos acerca de la electricidad. Al tocar el torpedo se sentia una conmocion semejante

Electri-
cidad del
torpedo, y
de la an-
guila tem-
blante.

(a) *De l' electr. des vegetaux* &c. (b) *Ibi*. Pref.

te á la producida por la botella de Leiden; pero no se pensaba en mirarla como efecto de la electricidad. Adanson encontrándose el año 1751 en el Senegal, donde hay ciertas anguilas que se llaman *temblantes*, y que producen el mismo golpe que el torpedo, hizo de ellas varias experiencias, y por ellas concluyeron los físicos ser eléctrica esta conmocion, y eléctricos los peces que la causan.

A instancias de Alaman, en el año 1757 hizo s'Gravessande gobernador de Esequibo en el Surinam, nuevas experiencias en otra anguila semejante, y encontró los mismos efectos, y aun mas vivos y fuertes que en la botella de Leiden. Perrierio en la *Historia de la Francia equinocial*, y Fermino en la *Descripcion de Surinam* hablan de aquellas anguilas, y de aquellos efectos, pero solo con referencia á otros, sin poderles dar mayor peso de autoridad. Vanderlot, cirujano en la Guayana publicó en 1761 una obrita sobre la *anguila temblante* de aquella colonia, pero sin haber examinado por sí mismo algunos de los fenómenos que describe. Sobre estos hizo poco despues muchas y varias

experiencias el médico Bajon, y concluyó que demuestran perfectamente la electricidad de dicha anguila, aunque añade que jamás ha podido divisar ni chispa, ni atracción (a). Despues de algunos años quiso el Ingles Walsh hacer venir de la América algunas de estas anguilas para executar con sosiego las ideadas experiencias; y con mucho cuidado y muchos gastos pudo finalmente tener cinco, de las quales, muerta una, quedaron quatro vivas y vigorosas para sufrir toda suerte de experimentos. Entonces consiguió hacer ver en todas quatro las chispas eléctricas; pero solo estando el pez en el ayre, no en el agua, é interrumpido el conductor, que toca con la parte superior é inferior del animal (b). Esto parecia que debiese convencer á los físicos de la identidad del golpe eléctrico, y de el del torpedo, y de la anguila; pero sin embargo Termeyer publicó ciertas experiencias, que habia hecho en las anguilas del rio *Saldillo*, desde el año 1766 hasta 1768, las

(a) *Opusc. di Milano* vol. V. (b) *Ibi.* vol. XXVI.

quales pueden causar alguna duda , quando parangonados los fenómenos de la máquina eléctrica con los de la anguila , encontraba faltar en ésta muchos fenómenos de aquella , y en el mismo golpe que parecia ser la unica prueba de esta identidad observaba notables diferencias. Y aunque el haber hecho él sus experiencias antes de tener noticia de los de Walsh le quitó el mérito de verificar las chispas en las circunstancias probadas por aquel ingles , cree sin embargo que las hubiera visto en otras muchas circunstancias de sus experiencias , si en el pez hubiese un fluido eléctrico que produxese tales fenómenos (a). Sin embargo parece que pueden creerse eléctricos los fenómenos de aquellas anguilas , y del torpedo ; pero de una electricidad , que deberá mirarse baxo otros aspectos de los que presenta la máquina eléctrica. Walsh habia igualmente observado que el golpe del torpedo parecia muy diverso del de la botella de Leiden , y tambien del de la anguila , y la

(a) *Exper. è riflessioni &c. Raccolta ferrarese &c. d'Opusc. tom. VIII.*

la novedad de los fenómenos eléctricos de estos peces y de los de la turmalina nos pueden certificar de que podremos encontrar otros muchos en tantos otros cuerpos si los sujetamos todos á un diligente exámen.

Algunos
instrumentos
eléctricos.

Quanto mas se adelanta en la física experimental, mas se conoce la necesidad de usar de mayor precisión en el exámen y en la medida de los efectos, cuyas causas se buscan. Como raras veces sucede que no se encuentren muchas en un fenómeno, por mas simple que parezca á primera vista, asi es de suma importancia el tener medios para discernir las mas pequeñas diferencias, por las quales unicamente puede á las veces la industria de los físicos llegar á manifestar los secretos de la naturaleza. Este motivo determinó á d'Arcy y á le Roi á buscar un medio para medir la fuerza de la electricidad por la de algunos de sus efectos; é inventaron el *electrómetro*, de cuyos principios expuso d'Arcy las razones físicas (a). Pero al

pa-

(a) *Acad. des Sc.* 1749.

paso que se iba adelantando en los conocimientos de la electricidad, crecía la necesidad de mayor finura en la medida de sus efectos; y despues ha inventado Cavallo un electroscope portatil (a), Sausure le ha acarreado nuevas mejoras (b), y Volta lo ha llevado á mayor perfeccion, y ha hecho de él oportuno uso (c). Beccaria, siempre atento á conocer mejor las operaciones del electricismo natural, ha propuesto un *ceraunografo*, ó un instrumento que puesto en un observatorio manifeste descriptas las porciones de los rayos repartidas en este observatorio, señale su número, su tiempo, la fuerza, y la direccion (d); y un anteojo eléctrico para divisar la luz en el golpe del torpedó (e). Nuevo *excitador*, nuevo *matraz*, nuevo *permeómetro*, y nuevo *electrómetro* ha querido construir Marat; y con su método de la cámara obscura espera

(a) *Phil. trans.* vol. LXX. (b) *Voy. dans les Alpes.* tom. II. cap. XXVIII. (c) *Meteor. elettr.*, *Bibl. fisica d' Europa.* tom. I. (d) *Di un Ceraunografo.* &c. (e) *Opusc. di Milano* vol. XIX.

Electrófo-
ro perpe-
tuo.

encontrar un medio para hacer de algun modo visible el fluido eléctrico (a); Ramsdem, le Roi y otros inventaron nuevas formas para la máquina. Pero dexando otros muchos instrumentos eléctricos, que el ingenio de los físicos modernos ha sabido inventar, el *electróforo perpetuo* de Volta llama nuestra atencion por su fama universal. Volta ardientemente dedicado al estudio del electricismo, en el qual se ha adquirido tan distinguido crédito, quando se ocupaba singularmente en aquella parte que pertenece á la *electricidad vindice*, le ocurrió el pensamiento (b) de que la electricidad de las planchas no se extinguiese enteramente por la descarga, como creia Beccaria, y despues encontró un cuerpo que electrizado una sola vez no pierda jamas su electricidad, ó bien sea una *plancha aislante* vestida y desnuda alternativamente de su armadura, la qual conserva constantemente la fuerza vivaz de las señales eléctricas

(a) *Rech. phys. sur l' électricité.* (b) *De vi attractiva ignis electrici, &c.*

á pesar de contactos sin fin; con lo qual pudo añadir á la *electricidad* vináice el nombre de *indeficiente*, y formó así su *electróforo perpetuo*, el qual contiene duracion, facilidad, fuerza, y otras muchas comodidades, que él doctamente describe á Priestley (a). Gran ruido causó en toda la Europa la invencion de Volta, y sus efectos singulares é inesperados, como dice Achard (b) llamaron mucho la atencion de los físicos. El mismo Achard se puso desde luego á hacer uso de ella, y á formar su teoría con repetidas experiencias; y en efecto dió á la academia de Berlin una descripcion del electroforo, y expuso su teoría sacada de las experiencias (c). Llegó á Petersburgo la noticia de este instrumento, y aquella ilustrada, y generosa emperatriz hizo que Kulibin, maquinista ruso, construyese uno de nueve pies de longitud, y quatro y medio de laritud, en el qual la magnitud de los efectos correspondió á lo vasto de la máquina.

Tom. VIII,

Ccce

qui-

(a) *Opuscoli di Milano* vol. IX y X. (b) *Acad. de Ber.* tom. XXXII. (c) *Ibi.*

quina; y Krafft presentó luego á la academia sus investigaciones sobre el origen de aquel electróforo, que él lo refiere á los descubrimientos de Wilke, y de Epino, y su teoría sobre las causas de sus maravillosos efectos (a) Ingenhousz (b), Jaquet (c) y algunos otros escribieron mucho sobre este instrumento: todos los físicos electricistas lo quisieron adoptar, todos los gabinetes de física procuraron enriquecerse con ésta nueva y útil curiosidad, y el electroforo de Volta ha sido en muy poco tiempo de no poca utilidad á la física, y de sumo crédito su autor. Pero éste tiene ademas otros muchos méritos en la ilustracion de la electricidad. La electricidad vindice ha tomado en sus manos un nuevo aspecto con las ilustraciones que le ha dado, y con las novedades que ha descubierto (d). El ha hecho

(a) *Acad. Petrop. Novi Comment.* tom. XXII.

(b) *Nouv. exper. et observ. sur divers objets de physique* II. Mém. &c. Addition à la théorie de l'électr. (c) *Lettre &c. sur l'électrofore perpetuel.*

(d) *De vi attractiva, &c. Lett. al Sig. Priestley, è al Sig. Klinkosch: opusc. di Milano* vol. IX, X, XX, al.

nuevas observaciones sobre la capacidad de los conductores eléctricos, y ha manifestado la novedad de producir tambien un simple conductor, un golpe igual al de la botella de Leiden (a). El se ha interesado en el exâmen de las atmosferas eléctricas, y á la accion y á el juego de las mismas reduce la mayor parte de los fenómenos de la electricidad (b). El nos dá al presente su meteorología, en la qual todo lo deriva del electricismo (c). El, en suma, es uno de los físicos que mas han contribuido á la propagacion, y á la ilustracion de este nuevo objeto de la física y de este nuevo agente de la naturaleza. Y no es Volta solo el docto físico que se emplee al presente en el adelantamiento del electricismo. ¡Quanto no ha trabajado Achard para fixar la celeridad con que los cuerpos de diferentes figuras se cargan del fluido eléctrico, y para encontrar la relacion entre la cantidad que ellos absorben, y la distancia en que están, de un

Cccc 2

cuer-

(a) *Opusc. di Milano* tom. I. in 4. (b) *Ibi.*

(c) *Bibl. fisica d' Europa.*

cuerpo electrizado (a)! ; Quanto para poner mas en claro que la superficie influye mas que la masa para cargar de materia eléctrica los cuerpos de la misma naturaleza, pero de diferente masa (b)! No le basta á Priestley el haber expuesto tan doctamente toda la historia de la electricidad, sino que él mismo ha querido ser objeto de aquella historia; el creador de una nueva aerología ha deseado la gloria de ser promovedor de la electricidad, y con los anillos, ó círculos que contienen los colores del prisma formados por las esplosiones eléctricas sobre la superficie de los metales, y con las conjeturas acerca de la identidad de la materia eléctrica, y del flogisto, y con otras muchas nuevas investigaciones ha enriquecido el electricismo con nuevas y curiosas verdades (c). Van-Swinden, no contento con ser reconocido por señor del magnetismo, ha entrado tambien en los campos de la electricidad por la analogía que hay en-

Van Swinden, y otros.

(a) *Acad. de Berl.* tom. XXXII. (b) *Ibi* tom. XXXVI. (c) *Opuscoli di Milano* vol. VIII. XI, al.

entre el uno, y la otra, y ha relevado de ésta algunas nuevas y curiosas propiedades (a). Brison y Cadet han examinado con varias experiencias la accion del fluido eléctrico sobre las cales metálicas (b). Marat ha hecho nuevas investigaciones sobre la electricidad, y sobre casi todos los puntos quiere fijar nuevos principios (c). Barletti ha dado nuevas luces á la teoría de las puntas eléctricas, y ha expuesto nuevos conocimientos sobre varios otros ramos de la electricidad (d): de Luc (e), Cavallo (f), Adams (g), y otros muchos han ilustrado, y continuan aun ilustrando con nuevas experiencias y nuevos medios diversas partes de la electricidad. Pero nosotros no podemos seguir individualmente todas las cosas; ni aun tenemos tiempo para nombrar distintamen-

(a) *Recueil de Mem. sur l'anal. de l'électric., et du magnet.* vol II. (b) *Acad. des Sc.* an. 1775.

(c) *Rech. phys. sur l'électricité.* (d) *Memor. della società Ital.* tom. I, II. &c. (e) *Idées sur la meteorologie.* (f) *Tratt. compl. d'elett. con isper. originali.* (g) *An essay on electricity.* &c.

mente los mas beneméritos é ilustres autores de esta parte de la física tan vasta, y tan importante; y solo nos detenemos á rogarles que no se contenten con las averiguaciones hechas hasta ahora, sino que se internen en ulteriores investigaciones, que aun deberan ser no menos utiles que deleytables. Las novedades eléctricas que en estos años han manifestado la turmalina y la anguila *temblante*, pueden animar á los físicos á exâminar atentamente otros cuerpos eléctricos de los tres reynos de la naturaleza, con la fundada esperanza de encontrar en ellos otras curiosas propiedades. Y si tantas variedades eléctricas se han descubierto en los cuerpos *idioelectricos*, en el vidrio, en la resina, en la turmalina, en el torpedo, y en otros, ¿por qué no podrá esperarse encontrar igualmente otras muchas en los *anelectricos*, ó en los conductores diversos si para ello se hacen las pruebas correspondientes? La luz eléctrica ha deslumbrado con razon á todos los físicos: pero nadie hasta ahora la ha visto como se debe. ¿Quántas novedades no se podran aun encontrar en las atracciones di-
ver-

versas segun los diversos atraýentes, y los diversos atraídos? La diferencia en el golpe de la botella de Leiden, de la anguila temblante, y del torpedo manifiesta quanto queda aun que estudiar en este sensible efecto de la electricidad. ¿Quántas analogías no podrán igualmente encontrarse entre la electricidad, y otras materias, como se han encontrado de la misma con la calamita, con los fósforos, y con tantos otros cuerpos naturales? La electricidad se vé ya influir en la atmosfera, en los animales y en los vegetales; ella tal vez vendrá á ser el alma del universo, y de ella se verán derivar todas las operaciones de la naturaleza. Pero nosotros nos dexamos llevar de lisonjeras esperanzas, sin reflexionar que abusamos de la paciencia de los lectores deteniéndolos demasiado. Dexemos pues otras muchas materias, que no serian extrañas en éste capitulo, y baste lo dicho hasta aqui para formar alguna idea de los progresos, y del estado actual de la física particular.

Vemos que de principios del siglo Conclusion.

pa-

pasado se puede formar el origen de casi todas las partes de la física, y que en pocos años de observaciones, y de experiencias se han hecho en ella mas adelantamientos que en tantos siglos de racionios, y de meditaciones. La física como la historia se alimenta de hechos, y no de palabras; observaciones, experiencias, geometría, y química son los medios con que ha hecho los rapidos progresos, de que hemos hablado hasta ahora. Y si alguna vez hace uso de una ilustrada y tímida conjetura que puede conducirla á verdaderos descubrimientos; si á veces se vale de un espíritu de analogía, cuyo sabio ardimiento prevée los hechos antes que se los muestre la naturaleza, sin embargo jamás hace de ello sino un uso muy moderado. La observacion es el alma de la física, la qual no es otra cosa que la ciencia de las operaciones de la naturaleza. La experiencia auxilia á la observacion, y quando la naturaleza presenta á la observacion los hechos oscuros, complicados y confusos, la experiencia les quita la mascarilla, los explica, y los pone
ne