

ter aplicarla, no á qualquier parte del péndolo, sino á su centro de oscilacion; era menester aclarar la hasta entonces obscurísima teoría de los centros de oscilacion. Y he aquí un nuevo campo para hacer Huingens útiles y gloriosos descubrimientos. Cartesio, Roberval y Fabri, estimulados por Mersenno, se habian aplicado á exâminar esta materia; pero habian adelantado muy poco, no habian sabido mirarla por su verdadero aspecto, y confundian el centro de oscilacion con el centro de percusion: solo Roberval llegó á conocer verdaderamente los elementos, que deben entrar en tal investigacion; pero no le bastaron las luces de la mecánica de aquellos tiempos para resolver la cuestión. Huingens, como él mismo refiere (a), fué tambien desde su juventud estimulado por Mersenno á entrar en esta investigacion; pero no supo entonces ni aun encontrar el camino para hacer dicha especulacion. Provisto despues de mayores luces geométricas, y conducido de nuevo á este exâmen por sus meditacion-

(a) *Horol. oscill. par. IV.*

nes sobre las vibraciones de los péndolos, y sobre el deseado relox, la volvió á emprender con mas felicidad: no solo encontró la resolucion de los problemas de Mersenno, que en vano habian buscado los geómetras anteriores, sino que se engolfó en mas profundas investigaciones, se abrió nuevos caminos, se formó mas seguros principios, y descubrió muchas notables verdades sobre los centros de oscilacion, sobre los puntos de suspension, y sobre el verdadero modo de regular las vibraciones del péndolo. La doctrina de Huingens sobre los centros de oscilacion, ha producido despues muchas y muy loables teorías de los Bernoullis, de l' Hopital, de Tailor, de Euleró, de d' Alembert, y de los mas célebres geómetras; y su doctísima obra ha sido fecunda de tantas obras no menos doctas, y tal vez aun mas finas y exâctas. Así al relox oscilatorio debemos un conocimiento mas profundo del descenso de los graves, el descubrimiento de nuevas propiedades de la cycloide, la doctrina de las evolutas, la teoría de los centros de oscilacion, y un notable mejoramiento, no solo

lo de la mecánica, sino tambien de la mas sublime geometría. La utilísima y sublime doctrina de las fuerzas centrifugas, y de todo el movimiento circular, debe tambien de algun modo su origen á aquel fecundo reloj. La fuerza centrifuga de los cuerpos movidos circularmente ha sido siempre conocida de los filósofos, pero jamas atentamente examinada por ninguno. Galileo y Cartesio, hablando de los movimientos de los cuerpos celestes, y tratando acá y acullá de la doctrina del movimiento, han insinuado algunas verdades, que manifestaban tener ellos mas claras y justas ideas de tales fuerzas, que las que habian podido formar los filósofos antiguos y modernos. Pero la verdadera noticia de esta fuerza, los verdaderos principios de esta teoría solo nos han venido de las profundas especulaciones de Huingens. Los justos y precisos teoremas que él ha dexado (a) son la sólida basa, sobre la qual se ha erigido despues la gran máquina de la ciencia de las fuerzas centrales, á la qual puede decirse reducida

(a) *Horol. oscill. part. V.*

la astronomía, y la mas noble parte del saber humano. Tantos descubrimientos, tantas novedades, tantos méritos, elevó á Huingens al alto honor de segundo padre y maestro de la mecánica, que ha reforzado, acrecentado, y perficionado las doctrinas de Galileo en aquella ciencia, y ha sabido encontrar por sí mismo otras nuevas no menos verdaderas é importantes.

Con Huingens, y con Galileo entró ^{Newton.} á la parte Newton á ser legislador y regulador del movimiento. La gran máquina que tenia en la mente de establecer el curso de los cuerpos celestes, de explicar sus mutuas relaciones, y de descubrir la verdadera constitucion del universo, le presentaba una infinita variedad de fuerzas y de movimientos, y le obligaba á examinar mas íntimamente las acciones de estas fuerzas, y la naturaleza de varios movimientos. De tres leyes simplicísimas, conocidas ya en parte por otros filósofos, pero por ninguno bastante explicadas, ni aplicadas á muchos de sus usos, esto es, que todo cuerpo persevera en su estado de quietud, ó de mo-

vimiento uniforme y directo, sino quando las fuerzas impresas le obligan á mudar aquel estado; que la mutacion del movimiento es proporcional á la fuerza motriz impresa, y que se hace segun la línea recta en que se imprime aquella fuerza; y finalmente que en toda accion hay siempre una contraria é igual reaccion, deduxo él muchísimos corolarios, que dan mucha luz á toda la ciencia del movimiento, y le abren paso para elevarse á fixar los movimientos de la luna, de los planetas, y de los cometas, y á contemplan los inmensos espacios del mundo. Como los cuerpos celestes no descienden por líneas verticales, no corren por horizontales, no se mueven por directas, sino que siguen siempre las curvas, se pone Newton á exâminar profundamente las fuerzas que dirigen estos movimientos, y como, y quando deban hacerse estos, y que efectos puedan conuenir á cada uno de ellos. Keplero estableció aquellas dos famosas leyes para los movimientos celestes, que han sido las reguladoras de toda la astronomía, esto es, que los planetas moviendose al re-

de-

dedor del sol describen areas, que son proporcionadas á los tiempos, y que los cuadrados de los tiempos periodicos son como los cubos de las distancias. Newton entra á generalizar estas leyes; prueba que serán proporcionales á los tiempos las areas descriptas por los cuerpos, que giran tirando los radios á un centro inmovible de las fuerzas; que los cuerpos que describen estas areas serán tirados á aquel centro por una fuerza centrípeta; que si describen estas areas tirando los radios al centro de otro cuerpo, de qualquier modo movido, serán tirados por una fuerza compuesta de la centrípeta, y de la fuerza aceleratriz del otro cuerpo; y va exâminando las circunstancias diversas de los cuerpos, que se mueven al rededor de su exe, y demostrando que fuerzas, y de que manera obrarán sobre ellos, qual será el centro, al rededor del qual se mueven los cuerpos, qual la fuerza centrípeta en un círculo, qual en una espiral, qual en una elipse, qual en otras líneas, que velocidades corresponderán en qualquiera de aquellas circunstancias, que espacios correrán, quanto tiempo se nece-

Xx 2

si-

sitará, y generalmente quanto debe considerarse en todo movimiento circular, todo se halla explicado por la vasta mente de Newton, y demostradas todas las cosas con exâctitud geométrica. ¡Que riqueza de sublimes teorías no esparce por todo su generoso espíritu! ¡que inmensa copia de sutilísimas verdades no sale de su fecunda pluma! Encontrar tangentes, describir trayectorias, transformar figuras, resolver difíciles problemas geométricos, son para él ligeros entretenimientos, á que como por diversion quiso aplicar sus mecánicas disquisiciones. La doctrina de los péndolos tratada por Galileo, y por Huingens, recibió aun mayores luces de las diligentísimas experiencias de Newton, y de sus geométricas demostraciones; y se han descubierto nuevas y útiles verdades sobre los tiempos, sobre la velocidad, sobre las fuerzas, sobre las resistencias, y sobre las retardaciones de las vibraciones. Despues de tantos y tan bellos hallazgos de Huingens sobre el isocronismo de las cycloides, ha sabido Newton mostrar su ingenio original exâminando este isocronismo hasta en un medio re-

resistente en razon de los momentos del tiempo, y en razon simple de la velocidad, y dando de él una demostracion geométrica; y ha abierto el camino á Juan Bernoulli (a) y á Eulero (b), para demostrarlo tambien en otras hipotesis mas complicadas. La doctrina de las fuerzas centrales, y de los movimientos curvilineos, puede decirse que es uno de los mas preciosos regalos que ha hecho la geometría á la mente humana, y toda es realmente obra del sublime ingenio de Newton. Pero no es este solo el mérito suyo en la mecánica: es preciso, sí, conocer íntimamente las fuerzas motrices, y las diversas circunstancias de los movimientos; pero esta sola noticia no basta para la exâcta contemplacion de la naturaleza, sino se sabe qual, y quanta resistencia oponen á tales fuerzas los medios, por los cuales deben executarse los movimientos. La ciencia de estas resistencias es otro noble parto de la fecunda mente de Newton.

Al-

(a) *Acad. des Scienc.* an. 1730. (b) *Acad. Petr. nov. Comm.* tom. IV, & *Mech.* tom. II.

Algun ensayo habia dado de ella Galileo en sus diálogos; pero con aquella brevedad que correspondia á una cosa tocada solo de paso, y á un autor que era el primero que trataba una nueva ciencia. Newton en tiempos mas ilustrados, mas provisto de todos los auxilios de la mas fina geometría, y de las mismas proposiciones insinuadas por Galileo, se pone á exâminar las resistencias de los medios, diversas segun las razones diversas de la velocidad de los cuerpos, que en ellos se mueven, diversas segun la diversa densidad de los medios, y diversas igualmente segun la diversa tenacidad y coesion de las partes de tales medios. La resistencia del medio es como el decremento del movimiento que produce en el móvil, y nace de la reaccion del medio, y de su tenacidad. La resistencia de la tenacidad es siempre uniforme y constante; pero la de la reaccion debe medirse segun la densidad del medio, y la velocidad del móvil: quanto mas veloz correrá el móvil, el medio será mas denso, mas particillas de este deberán moverse, mayor cantidad de movimiento comu-

municará el móvil, mayor cantidad perderá, y por lo mismo será mayor la resistencia del medio. Así que Newton con su acostumbrada agudeza y profundidad, se pone á considerar diversas hipótesis de las resistencias de los medios en razon, ó de la simple velocidad, ó del quadrado de la misma, ó parte del quadrado, parte de la misma velocidad, ó tambien de lo sumo de la densidad del medio, y del quadrado de la velocidad; y en cada una determina los espacios que correrá el móvil, la velocidad que perderá, y la línea que deberá describir en su movimiento, y la que servirá para manifestar las fuerzas del movimiento, y las de la resistencia. Como la figura del móvil puede tambien hacer variar mucho la resistencia de los medios, observó igualmente Newton, que resistencia sufriría un cuerpo esférico, y la comparó con aquella á que estará sujeto uno cilíndrico; y de este modo abrió el paso para determinarla con seguridad en los cuerpos de otras figuras. Poseido de estas sublimes y justas teorías entra á exâminar el movimiento circular en los medios

dios resistentes, que parece ser el objeto de sus precedentes investigaciones; y tomando una logaritmica espiral, de la qual supone ya conocidas las propiedades, la va aplicando al giro del cuerpo móvil en las diversas hipótesis de las densidades de los medios, y de las fuerzas centrípetas, y explicando despues quales deban reputarse la fuerza centrípeta, y la resistencia del medio para hacer volver el móvil de una supuesta velocidad en la supuesta espiral. Con este aparato de mecánica y de geometría se animó á subir á los cielos, y fixar con la correspondiente solidez los movimientos de los cuerpos celestes, combatió los vortices cartesianos, los echó á tierra, y los reduxo á la nada, de donde los habia sacado la fantasia de Cartesio; y solo con las dos fuerzas centrípeta y centrífuga obligó á los planetas á seguir las orbitas elípticas que les corresponden, los sujetó irresistiblemente á las leyes de Keplero, y puso en sistema, y en buen orden todos los cielos. Gran revolucion produjo en todas las matemáticas la obra de los *Principios matemáticos* de Newton. Algebra y geometría, mecánica é hidráu-

li-

lica, física y astronomía, tomaron nueva forma por aquel sacrosanto y venerable depósito de verdades científicas. Nueva ciencia pudo llamarse su mecánica, que corrió el velo á todos los secretos de las fuerzas motrices, á todas las verdades de los movimientos curvilíneos, á todos los efectos de las diversas resistencias de los medios, y á otras muchas verdades relativas al movimiento, que aun no eran conocidas, y las aplicó con toda felicidad para explicar los misterios de la física y de la astronomía; y aun mas puede decirse nueva, porque en todo fué conducida por la severa geometría, ni dió el menor paso, ni profirió la mas leve proposicion, que no fuese regulada por sus rigurosas demostraciones. Entonces se introduxo en todas las ciencias la justa exâctitud y verdad; entonces se vió la mecánica dirigida por la geometría, y á veces tambien reducida al álgebra, ser reguladora de las otras ciencias.

El ardor con que entonces se emprendian las discusiones científicas, producía continuamente nuevos descubrimientos mecánicos, y hacia por todas partes

Tom. VII.

Yy

úti-

Otros
geómetras
ilustrado-
res de la
mecánica.

útiles adelantamientos. No señaló Newton la trayectoria, que describe un cuerpo en un medio resistente segun el quadrado de la velocidad; y Juan Bernoulli la encontró, no solo para el quadrado, sino para qualquier razon multiplicada de la velocidad; y Nicolás su hijo, Tailor, Erman y Eulero resolvieron el mismo problema, y dieron mayores luces á toda la doctrina de las trayectorias. Por la doctrina sobre la resistencia de los medios de Newton se movió Huingens á exâminar la logaritmica, y propuso sobre esta algunos teoremas, á los quales dió despues Guido Grandi las correspondientes demostraciones. Llenas están las Actas de la Academia de las ciencias (a) de Memorias de Varignon para dar mas extension á la doctrina newtoniana sobre la resistencia de los medios. Pocas palabras de Newton sobre la curvatura que deberá tener una conoyde para sufrir la menor resistencia posible del medio, excitaron los ingenios de los mas illustres géometras á tratar este problema, hecho célebre

(a) An. 1707... 1711.

baxo el nombre *del sólido de la menor resistencia*; y l' Hopital, Juan Bernoulli y algunos otros encontraron sutilísimas resoluciones, y lo reduxeron á claras equaciones; y Bouguer (a) y Juan (b) ingeniosa y útilmente lo han hecho servir para varios adelantamientos de la construccion de los navios, y de la mecánica náutica. Así que Newton enriqueció la mecánica no solo con los descubrimientos propios, sino tambien con los de otros, y, lo que es aun más útil que los mismos descubrimientos, introduxo en la mecánica la exâctitud de la geometría, é inspiró á sus sequaces el genio geométrico. No pudo en esto competir con él su rival matemático Leibnitz; pero tuvo tambien no poca parte en el adelantamiento de aquella ciencia. La resistencia de los sólidos á la rotura, la resistencia de los fluidos al movimiento de los sólidos, y algunos otros puntos mecánicos recibieron nuevas luces por sus meditaciones. Yy 2 cio

Leibnitz.

(a) *Traité du Nav.* lib. III.

(b) *Exam. mar. teor. prac.* tom. I, lib. II.

ciones. Los problemas mecánicos propuestos por él introduxeron en los sublimes geometrías un grande deseo de sutilísimas indagaciones. Es particularmente célebre el de la *línea isocrona*, porque fué mirada como el primer triunfo del cálculo infinitesimal, y porque sirvió mucho para adelantar los conocimientos de la dinámica. Como para describir una curva, en la qual en tiempos iguales corra un móvil espacios iguales, es preciso conocer íntimamente qual sea en cada punto la fuerza del móvil, quales los efectos que debe producir aquella fuerza en un descenso perpendicular, y quales en uno mas ó menos inclinado, así las resoluciones de un problema tal del mismo Leibnitz, de Huingens, y de Bernoulli sirvieron para enriquecer con nuevas luces la mecánica igualmente que la geometría.

Qüestion de las fuerzas vivas promovida por él. La famosa cuestión de las fuerzas vivas movida por Leibnitz, y abrazada á principios de este siglo por los mas célebres físicos y matemáticos, y ahora abandonada y despreciada como cuestión de voz, excitó grandes deseos de examinar con experiencias, y con cálculos, qual de-

debiese reputarse la verdadera medida de las fuerzas de los cuerpos. Cartesio, y todos los otros tomaban la fuerza de los cuerpos de su mole, y de la simple velocidad. Leibnitz fué el primero que reflexionó sobre la diversidad de las fuerzas *muertas*, ó bien sea de un cuerpo, que solamente pende, y está pronto para moverse; y de las *vivas*, ó bien sea del cuerpo que ya está en movimiento; y determina las fuerzas *muertas* por la simple velocidad, y las *vivas* por el quadrado de la misma (a). Se opuso á la opinion de Leibnitz el abate Conti (b); pero era contrario muy débil para que pudiese causarle gran temor. Respondióle sin embargo Leibnitz (c), y hubo aun alguna nueva réplica de Conti, y nueva respuesta de él; pero la medida, y la denominacion de las fuerzas vivas de Leibnitz no estuvo muy en uso entre los matemáticos, hasta que se puso á defenderla y confirmarla

(a) *Act. Erud. Lips.* an. 1636.

(b) *Nouv. de la Rep. des Lettr.* Sept. 1686.

(c) *Ibid.* Febr. 1687.