

No se dan cuerpos en la Naturaleza que no tengan esta tendencia hácia un punto qualquiera: luego todos los cuerpos de la Naturaleza son *Graves*. Los cuerpos sublunares y la misma luna gravitan hácia el centro de la tierra; la tierra y los demas planetas gravitan hácia el centro del sol; los Satélites de Júpiter gravitan hácia el centro de Júpiter, &c.

GRAVES. (*Centro de los*) (*Véase CENTRO DE LOS GRAVES.*)

GRAVEDAD. Fuerza por la qual todos los cuerpos tienden unos hácia otros.

Todos los cuerpos de la Naturaleza se conducen entre sí como si se atrageran mutuamente, ó como si fueran impelidos unos hácia otros por una potencia exterior; y esta fuerza, sea qual fuere, parece obra en razon directa de las masas, y en la inversa del quadrado de la distancia. ¿Pero se atraen en realidad los cuerpos unos á otros? ¿ó son impelidos los unos hácia los otros por una potencia exterior? Se ignora; pues esta impulsión solo se ha supuesto y jamas se ha probado; no pudiéndose concebir la atracción inherente á los cuerpos como si obrasen fuera de sí mismos y sin intermedio alguno. En efecto, el mismo *Newton* jamas dió la atracción como la causa física de la *Gravedad* de los cuerpos; y solo se valió de esta palabra para enunciar el hecho, y no para darnos razon de él, como lo dice en sus *Princ. Mathem. de la Philos. nat. pág. 7. Edict. de París 1759*. Estas son sus palabras: „Finalmente, yo tomo aquí en un mismo sentido las atracciones é impulsiones aceleratrices y motrices; y me valgo indistintamente de las voces *impulsión*, *atracción*, y *propensión* hácia un centro, porque considero á estas fuerzas matemática y no físicamente: por lo que guárdese el lector de creer que yo haya querido designar con estas palabras una especie de acción, de causa ó de razon Física; y quando digo que los centros atraen; quando hablo de sus fuerzas, no ha de pensar que haya querido atribuir fuerza alguna real á estos

tos centros, que considero como puntos Matemáticos.”

Síguese de aquí que todavía ignoramos qual es la causa física de la *Gravedad* á pesar de haberse ideado muchos sistemas para explicarla; pues ninguno hay que se pueda sostener, y contra el qual no se puedan hacer objeciones á que es imposible responder, por cuya razon no creo deberlos referir aquí, porque esto no haria mas que alargar este Artículo sin ilustrarlo. El lector que desee aprenderlos los hallará en las Obras siguientes: á saber: la de *Gassendi*, el *Ensayo de Física de Musembrock tom. I.*; en los *Principios de Descartes*; en las *Lecciones de Física de Molieres*, y en los *Principios del sistema de los pequeños torbellinos*, por *Launay cap. 10*; en una *Disertacion de Bulfinger* intitulada *De causa Gravitatis*: en la de *Hughens De causa Gravitatis*: en las *Conjeturas de Varignon sobre la pesadez 1691*: en el primer Tomo de las *Obras de Física de Perrault*: en la *Nueva explicacion del movimiento de los planetas por Villemot*: en la *Física celeste de Bernouilli*, Tomo III de sus Obras: en los *Principios Matemáticos de la Filosofía natural*; y en el *Tratado de Optica de Newton*.

Podria decirse que la *Gravedad* es lo mismo que la pesadez; pero hay esta diferencia, que *pesadez* solo se dice de la fuerza particular que hace que los cuerpos terrestres tiendan hácia la tierra; y *Gravedad* se dice de la fuerza por la que un cuerpo qualquiera tiende hácia otro: porque el principio general del sistema Newtoniano se reduce á que la *Gravedad* es una propiedad universal de la materia. (*Véase GRAVITACION Y PESADEZ.*) He aquí las pruebas que se dan de esta *Gravedad* universal.

Todo el mundo conviene en que todo movimiento naturalmente es rectilíneo; de suerte que los cuerpos que en su movimiento describen líneas curvas, deben ser precisados á ello por alguna potencia que les impele continuamente.

De donde se sigue que haciendo los planetas su revo-

lucion en órbitas curvilíneas, hay alguna potencia cuya accion continua y constante les impide salir de su órbita, y describir líneas rectas.

Ademas, los Matemáticos prueban que todos los cuerpos que en su movimiento describen alguna línea curva sobre un plano, y que, por radios tirados hácia un cierto punto, describen al rededor de este punto, áreas proporcionales al tiempo, son impelidos por alguna potencia que tiende hácia este punto. (Véase FUERZAS CENTRALES.) Tambien está demostrado por las observaciones, que los planetas primarios, girando al rededor del Sol, y los secundarios, llamados *satélites*, girando al rededor de los primeros, describen áreas proporcionales al tiempo (Véase LEYES DE KEPLERO.): luego la potencia que les detiene en su órbita, tiene su dirección hácia los centros del Sol y de los planetas. Finalmente está probado que, si muchos cuerpos describen al rededor de un mismo punto círculos concéntricos, siendo los cuadrados de sus tiempos periódicos como los cubos de las distancias del centro comun, las fuerzas centrípetas de los cuerpos que se mueven serán recíprocamente como los cuadrados de las distancias (Véase FUERZAS CENTRALES.): es así que todos los Astrónomos convienen en que esta analogía se verifica con respecto á todos los planetas: luego las fuerzas centrípetas de todos los planetas son recíprocamente como los cuadrados de las distancias en que se hallan de los centros de sus órbitas. (Véase PLANETAS Y LEYES DE KEPLERO.)

Síguese de todo lo que acaba de decirse que los planetas son detenidos en sus órbitas por una potencia que obra continuamente en ellos: que esta potencia tiene su dirección hácia el centro de estas órbitas: que la eficacia de esta potencia aumenta á medida que se acerca al centro, y que disminuye á medida que se aparta de él: que aumenta en la misma proporcion que disminuye el cuadrado de la distancia; y al contrario que disminuye, como aumenta el cuadrado de la distancia.

Com-

Comparando, pues, esta fuerza centrípeta de los planetas con la fuerza de *Gravedad* de los cuerpos sobre la tierra, se hallará que son perfectamente semejantes; y para hacer sensible esta verdad, examinemos lo que pasa en el movimiento de la Luna, que es el planeta mas inmediato á la tierra.

Los espacios rectilíneos, descritos en un tiempo dado por un cuerpo que cae y que es impelido por alguna potencia, son proporcionales á estas potencias, contando desde el principio de la caída: luego la fuerza centrípeta de la Luna en su órbita, será á la fuerza de la *Gravedad* sobre la superficie de la tierra, como el espacio que correría la Luna cayendo durante algun tiempo, por su fuerza centrípeta, del lado de la tierra, suponiendo que no tuviese movimiento alguno circular, es al espacio que correría en el mismo tiempo qualquier otro cuerpo cayendo por su *Gravedad* sobre la tierra.

La experiencia enseña, que los cuerpos pesados corren aquí baxo 15 pies (4871 milímetros) por segundo; es así que el espacio que la fuerza centrípeta de la Luna haría correr en línea recta en un segundo, es sensiblemente igual al seno verso del arco que describe la Luna en un segundo: luego conociendo el radio de la órbita de la Luna, y el tiempo de su revolucion, se conocerá este seno verso.

Calculando, pues, se halla que este seno verso es de 15 pies (4871 milímetros), es decir, que la fuerza centrípeta de la Luna en su órbita, es á la fuerza de la *Gravedad* sobre la superficie de la tierra, como el cuadrado del semi-diámetro de la tierra es al cuadrado del semi-diámetro de la órbita. Puede verse este cálculo con mas extension en el *Lib. III de los Principios de Newton*, y en otras muchas Obras á que remitimos.

Por esta razon la fuerza centrípeta de la Luna es la misma que la fuerza de la *Gravedad*, es decir, procede del mismo principio; de lo contrario si estas dos fuerzas

fue-

fuésen diferentes, los cuerpos impelidos por las dos fuerzas juntamente caerían hácia la tierra con una velocidad doble de la que nacería de la fuerza sola de la *Gravedad*.

Luego es evidente que la fuerza centrípeta, por la que la Luna es detenida en su órbita, no es otra cosa que la fuerza de la *Gravedad* que se extiende hasta allí; luego la Luna ejerce su presión hácia la tierra; luego recíprocamente esta la ejerce hácia la Luna: lo que confirman por otra parte los fenómenos de las mareas. (*Véase FLUXO Y REFLUXO Y GRAVITACION.*)

Este mismo raciocinio puede aplicarse á los demás planetas. En efecto, como las revoluciones de los planetas al rededor del Sol, y las de los satélites de Júpiter y Saturno al rededor de estos planetas, son fenómenos de la misma especie que la revolución de la Luna al rededor de la tierra; como las fuerzas centrípetas de los planetas tienen su dirección hácia el centro del Sol; como las de los satélites tienden hácia el centro de sus planetas; y en fin, como todas estas fuerzas son recíprocamente como los cuadrados de las distancias á los centros, se puede inferir que la ley de la *Gravedad* y su causa son las mismas en todos los planetas y sus satélites.

Por lo mismo, como la Luna ejerce su presión hácia la tierra, y esta hácia la Luna, del mismo modo todos los satélites ejercen la suya hácia sus planetas principales; y los planetas principales hácia sus satélites; los planetas hácia el Sol, y el Sol hácia los planetas. (*Véase GRAVITACION, PLANETA &c.*)

Ya solo queda que saber qual es la causa de esta *Gravedad* universal, ó mútua tendencia, que tienen los cuerpos unos hácia otros.

Clarke habiendo indagado por menor muchas propiedades de la *Gravedad* de los cuerpos, infirió que no es un efecto accidental de algun movimiento ó materia sutil, y sí una fuerza general que el Todo-poderoso imprimió

mió desde el principio á la materia; y que conserva por alguna causa eficiente que penetra su substancia.

S. Gravesande en su *Introducción á la Filosofía de Newton*, pretende que la causa de la *Gravedad* es absolutamente desconocida, y que solo debemos considerarla como una ley de la Naturaleza, y como una tendencia, que el Criador imprimió desde el principio é inmediatamente á la materia; sin que en modo alguno dependa de ninguna ley ó causa segunda; cree que las tres reflexiones siguientes bastan para probar su proposición, á saber:

1.^o Que la *Gravedad* pide la presencia del cuerpo que pesa ó que atrae: así es que los satélites de Júpiter, por exemplo, ejercen su presión hácia este planeta en qualquiera parte que se halle.

2.^o Que supuesta una misma distancia al cuerpo atrayente, la velocidad con que los cuerpos se mueven por la fuerza de la *Gravedad*, depende de la cantidad de materia que se halla en el cuerpo que atrae; y que la velocidad no muda qualquiera que sea la masa del cuerpo que ejerce su presión.

3.^o Que si la *Gravedad* no depende de ninguna ley conocida de movimiento, es preciso que sea algun impulso procedente de un cuerpo extraño; de suerte que siendo continua la *Gravedad*; pide tambien un impulso continuo.

Luego si háy alguna materia que impela continuamente á los cuerpos, es indispensable que esta materia sea fluida y bastante sutil para penetrar la substancia de todos los cuerpos. Pero de qué modo puede un cuerpo que es bastante sutil para penetrar la substancia de los cuerpos mas duros, y bastante enrarecido para no oponerse sensiblemente al movimiento de los cuerpos, puede volver á decir, impeler cuerpos considerables unos hácia otros con tanta fuerza? De qué modo aumenta esta fuerza según la proporcion de la masa del cuerpo hácia el qual el otro cuerpo es impelido? De donde proviene que todos los cuerpos, su-

poniendo la misma distancia y el mismo cuerpo hácia el qual tienden, se mueven con la misma velocidad? Finalmente, ¿puede un fluido que solo obra en la superficie, ya de los cuerpos mismos, ya de sus partículas interiores, comunicar á los cuerpos una cantidad de movimiento, que siga con exáctitud la proporcion de la cantidad de materia encerrada en los cuerpos? *De*
ain Cotes, dando un plan de la Filosofía de *Newton*, va todavía mas lejos, y asegura que la *Gravedad* debe colocarse en la clase de las qualidades primarias de todos los cuerpos, y reputarse tan esencial á la materia como la extension, la movilidad, y la impenetrabilidad. *Pref. ad Newton. Princip.*

Pero *Newton* para hacernos entender que no mira á la *Gravedad* como esencial á los cuerpos, nos da su opinion acerca de la causa; y toma el partido de proponerla por cuestión, como descontento todavía de todo lo que se ha descubierto por los experimentos. Añadiremos aquí esta cuestión en los mismos términos de que él se valió.

Despues de haber probado que en la Naturaleza hay un medio mucho mas sutil que el ayre; que, por las vibraciones de este medio, la luz comunica calor á los cuerpos, padece ella misma accesos de fácil reflexion y accesos de fácil transmision; y que las diferentes densidades de las capas de este medio producen la refraccion, como la reflexion de la luz (*Véase MEDIO, CALOR, REFRACCION.*); propone la cuestión siguiente.

¿No está este medio mucho mas enrarecido en los cuerpos densos del Sol, de las estrellas, de los planetas y de los cometas, que en los espacios celestes que estan vacíos, y que se encuentran entre estos cuerpos? ¿Y este medio, pasando de allí á distancias considerables, no se condensa continuamente mas y mas, y no llega á ser de este modo la causa de la *Gravedad* que estos grandes cuerpos exercen unos en otros, y de la de sus partículas, pues cada cuerpo se esfuerza en alejarse de las partículas mas den-

densas del medio hácia las suyas mas enrarecidas?
 „ Porque suponiendo que este medio está mas enrarecido en el cuerpo del Sol que en su superficie, y mas á la superficie que á una distancia muy corta de esta misma superficie, y mas todavía á esta distancia que en el orbe de Saturno; no veo, dice *Newton*, la razon por qué no se haya de continuar el incremento de densidad en toda la distancia que hay desde el Sol á Saturno, y mas allá.

„ Y aun quando este incremento de densidad fuese excesivamente lento ó débil á una gran distancia, con todo, si la fuerza elástica de este medio es excesivamente grande, puede bastar para impeler á los cuerpos desde las partes mas densas del medio, hasta la extremidad de sus partículas mas enrarecidas, con toda aquella fuerza que llamamos *Gravedad*.

„ La fuerza elástica de este medio es excesivamente grande, segun puede juzgarse de ella por la velocidad de sus vibraciones: porque, por una parte, los sonidos se extienden á cerca de 180 toesas (350 metros) en un segundo de tiempo: por otra, la luz nos llega del Sol en el espacio de 7 ú 8 minutos, y esta distancia es de unas 35000000 leguas; y para que las vibraciones ó impulsiones de este medio puedan producir los sacudimientos alternativos de fácil transmision y de fácil reflexion, deben hacerse con mucha mas prontitud que los de la luz, y por consiguiente unas 700000 veces mas pronto que las del sonido: de suerte que la virtud elástica de este medio, iguales todas las cosas, ha de ser mas de 700000 x 700000, es decir, mas de 490000000000 mayor que la virtud elástica del ayre: porque las velocidades de las pulsiones de los medios elásticos, iguales todas las cosas, son en razon subduplicada de la directa de las elasticidades de estos medios.

„ Como la virtud magnética es mas considerable en las piedras chicas de iman que en las grandes, á proporcion de su volúmen, y como la atraccion eléctrica obra con mas

viveza en los pequeños cuerpos que en los grandes : del mismo modo la pequeñez de los rayos de luz puede contribuir infinitamente á la fuerza del agente ó de la potencia que les hace padecer las refracciones. Y si se supone que el éter (como el ayre que respiramos) contenga partículas que se esfuercen en alejarse unas de otras, y que estas partículas sean infinitamente menores que las del ayre, y aun que las de la luz ; su excesiva pequeñez puede contribuir á la magnitud de la fuerza por la que se alejan unas de otras, hacer al medio infinitamente mas ralo y elástico que el ayre, y por consiguiente infinitamente menos propio para resistir á los movimientos de los proyectiles, é infinitamente mas propio para causar la pesadez de los cuerpos, por el esfuerzo que hacen sus partículas para extenderse." *Optic. pag. 325. (Véase LUZ, ELASTICIDAD.)*

He aqui un resúmen de las ideas generales que parece tuvo *Newton* sobre la causa de la *Gravedad* : y con todo si se examinan otros lugares de sus Obras, se inclina uno á creer que esta explicacion general que da en su *Optica* estaba destinada principalmente para tranquilizar algunas personas á quienes habia chocado la atraccion ; porque este Filósofo, confesando que la pesadez pudiera ser producida por la impulsión, añade que tambien podia producirse por alguna otra causa. Hace mover á los planetas en un gran vacío, ó á lo menos en un espacio que contiene poquísima materia ; observa que la impulsión de un fluido es proporcional á la cantidad de superficie de los cuerpos que hiere ; al paso que la *Gravedad* es como la cantidad de materia, y proviene de una causa que penetra, para decirlo así, los cuerpos ; luego no distaba mucho, á mi parecer, de mirar á la *Gravedad* como un primer principio y como una ley primordial de la Naturaleza ; en una palabra, toda esta explicacion es muy débil, para no decir otra cosa muy vaga y poco conforme con el modo regular de filosofar de su ilustre autor ; y no podemos creer que la propusiese con mucha seriedad. Ademas, parece que *Newton* dió su apro-

bacion al prefacio que puso *Cotes* á la frente de la segunda edición de sus *Principios*, en la que sostiene este Autor, como hemos dicho, que la *Gravedad* es esencial á la materia.

GRAVEDAD. (*Centro de*) (*Véase CENTRO DE GRAVEDAD.*)

* GRAVIMETRO. Instrumento apropiado para medir la gravedad específica de los sólidos y fluidos. Desde que la Química hermanada con las ciencias exáctas ha hecho ver que los fenómenos de las combinaciones producidas ó descompuestas no eran el resultado de qualidades ocultas, sino la destruccion del equilibrio, causada por fuerzas motrices que algun dia se sujetarán al cálculo ; se conoció la necesidad de proceder en los experimentos con tal exáctitud que abrace todas las circunstancias que pueden impedir ó favorecer el movimiento. La gravedad específica de los cuerpos debió entrar necesariamente en estas consideraciones, pues al mismo tiempo que sirve para indicar la naturaleza de los cuerpos, sirve tambien para juzgar de su pureza, de su estado de agregacion, de condensacion y de rarefaccion : todo lo qual se convierte en otras tantas causas inmediatas de movimiento ó de reposo. Por lo mismo importa mucho perfeccionar los instrumentos destinados á medir la gravedad, y tambien hacerlos de un uso bastante cómodo en beneficio de aquellas personas que tienen que manejarlos con frecuencia.

De todos los pesalicores inventados hasta ahora, el de *Fahrenheit* pasa por el mas exácto ; el qual, como sabemos, tiene por principio la comparacion de los pesos en volúmenes constantes. Los que se han construido para medir la densidad por el grado de sumersion pueden servir en los obradores para dar una aproximacion suficiente al intento ; pero, sin hablar ahora de la desigualdad de los tubos ni de la impertinente dificultad de hacer las escalas por observacion, ni tampoco del vacío que dexan los intervalos de las divisiones por mas inmediatas que esten, no son susceptibles