

Eudoxo (408–355 a.C.), astrónomo y matemático griego que realizó importantes aportaciones en el campo de la geometría y expuso la primera explicación sistemática de los movimientos del Sol, la Luna y los planetas. Eudoxo nació en Cnido (en lo que actualmente es Turquía). Fue discípulo del filósofo Arquitas y estudió con Platón durante un breve periodo.

A Eudoxo se le atribuye generalmente el descubrimiento de que el año solar tiene 6 horas más de los 365 días. Eudoxo también intentó explicar los movimientos del Sol, la Luna y los planetas mediante un modelo del Sistema Solar basado en una complicada combinación de esferas que giran. Su modelo tuvo un relativo éxito en la predicción de estos movimientos. Eudoxo también llevó a cabo importantes descubrimientos en matemáticas; se le atribuyen muchos en geometría, posteriormente incluidos en los *Elementos*, el tratado de matemáticas escrito por el matemático griego Euclides.

Platón nació en el seno de una familia aristocrática en Atenas. Su padre, Aristón, era al parecer, descendiente de los primeros reyes de Atenas. Perictione, su madre, estaba emparentada con el legislador del siglo VI a.C. Solón. Su padre murió cuando aún era un niño y su madre se volvió a casar con Pirilampes, colaborador del estadista Pericles.

De joven, Platón tuvo ambiciones políticas pero se desilusionó con los gobernantes de Atenas. Más tarde se proclamó discípulo de Sócrates, aceptó su filosofía y su forma dialéctica de debate: la obtención de la verdad mediante preguntas, respuestas y más preguntas. Aunque se trata de un episodio muy discutido, que algunos estudiosos consideran un metáfora literaria sobre el poder, Platón fue testigo de la muerte de Sócrates durante el régimen democrático ateniense en el año 399 a.C. Temiendo tal vez por su vida, abandonó Atenas algún tiempo y viajó a Italia, Sicilia y Egipto.

En el año 387 Platón fundó en Atenas la Academia, institución a menudo considerada como la primera universidad europea. Ofrecía un amplio plan de estudios, que incluía materias como astronomía, biología, matemáticas, teoría política y filosofía. Aristóteles fue su alumno más destacado.

Ante la posibilidad de conjugar la filosofía y la práctica política, Platón viajó a Sicilia en el año 367 a.C. para ser tutor del nuevo gobernante de Siracusa Dionisio el Joven. El experimento fracasó. Platón regresó a Siracusa en el año 361 a.C., pero una vez más su participación en los acontecimientos sicilianos tuvo poco éxito. Pasó los últimos años de su vida dando conferencias en la Academia y escribiendo. Murió próximo a los 80 años en Atenas en el año 348 o 347 a.C.

Aristóteles (384–322 a.C.), filósofo y científico griego que comparte junto a Platón y Sócrates la distinción de ser los filósofos más destacados de la antigüedad. Nacido en Estagira (Macedonia), hijo de un médico de la corte real, Aristóteles se trasladó a Atenas a los 17 años para estudiar en la Academia de Platón. Permaneció en esta ciudad unos 20 años, primero como estudiante y más tarde como maestro.

A la muerte de Platón, acaecida en el año 347 a.C., Aristóteles partió para Assos, ciudad de Asia Menor en la que gobernaba un amigo suyo, Hermias, al que Aristóteles sirvió de asesor, casándose además con su sobrina e hija adoptiva, Pitia. Tras ser capturado y ejecutado Hermias a manos de los persas en el 345 a.C., Aristóteles se trasladó a Pella, capital de Macedonia, donde se convirtió en tutor del hijo menor del rey, Alejandro, que para la historia sería conocido como Alejandro III el Magno. En el año 335 a.C., al acceder Alejandro al trono, regresó a Atenas y estableció su propia escuela: el Liceo. Debido a que gran parte de las discusiones y debates se desarrollaban mientras maestros y estudiantes paseaban por el Liceo, este centro llegó a ser conocido como escuela peripatética. A raíz de la muerte de Alejandro en el año 323 a.C. creció en Atenas un fuerte sentimiento antimacedonio, con lo que Aristóteles se retiró a una propiedad familiar en Calcis, en la isla de Eubea, donde moriría al año siguiente.

Obras

Al igual que Platón, en sus primeros años en la Academia, Aristóteles utilizó muy a menudo la forma dialogada de razonamiento aunque, al carecer del talento imaginativo de Platón, esta modalidad de expresión no fue nunca de su pleno agrado. Si se exceptúan escasos fragmentos mencionados en las obras de algunos escritores posteriores, sus diálogos se han perdido por completo. Aristóteles escribió además algunas notas técnicas, como es el caso de un diccionario de términos filosóficos y un resumen de las doctrinas de Pitágoras; de estos apuntes sólo han sobrevivido algunos breves extractos. Lo que sí ha llegado hasta nuestros días, sin embargo, son las notas de clase que Aristóteles elaboraba para sus cursos, delimitados con gran esmero y que cubrían casi todos los campos del saber y del arte. Los textos en los que descansa la reputación de Aristóteles se basan en gran parte en estas anotaciones que fueron recopiladas y ordenadas por sus editores posteriores.

Entre los textos existen tratados de lógica llamados *Organon* ('instrumento'), ya que proporcionan los medios con los que se ha de alcanzar el conocimiento positivo. Entre las obras que tratan de las ciencias naturales está la *Física*, que recoge amplia información sobre astronomía, meteorología, plantas y animales. Sus escritos sobre la naturaleza, alcance y propiedades del ser, que Aristóteles llamó *primera filosofía*, recibieron el nombre de *Metafísica* en la primera edición publicada de sus obras (c. 60 a.C.) debido a que en dicha edición aparecían tras la *Física*. A su hijo Nicómaco dedicaría su obra sobre la ética, llamada *Ética a Nicómaco*. Otras obras esenciales son *Retórica*, *Poética* (que ha llegado a nosotros incompleta) y su *Política* (también incompleta).

Aristarco de Samos (310–230 a.C.), astrónomo griego, el primero en afirmar que la Tierra gira alrededor del Sol. Sólo tenemos constancia de su afirmación a través de los escritos de Arquímedes; ninguna de sus obras sobre ese tema ha sobrevivido. También intentó describir un método de cálculo de las distancias relativas del Sol y de la Luna desde la Tierra. Aunque su método era correcto, sus cálculos no lo fueron debido a la falta de instrumentos precisos.

Tolomeo, Claudio (c. 100–c. 170), astrónomo y matemático, cuyas teorías y explicaciones astronómicas dominaron el pensamiento científico hasta el siglo XVI. También se le recuerda por sus aportaciones en matemáticas, óptica y geografía. Posiblemente, Tolomeo nació en Grecia, pero su nombre verdadero, Claudius Ptolemaeus, refleja todo lo que realmente se sabe de él: 'Ptolemaeus' indica que vivía en Egipto y 'Claudius' significa que era ciudadano romano. De hecho, fuentes antiguas nos informan de que vivió y trabajó en Alejandría, Egipto, durante la mayor parte de su vida.

Almagesto

La primera y más famosa obra de Tolomeo, escrita originariamente en griego, se tradujo al árabe como *al-Majisti* (Obra magna). En Europa, las traducciones latinas medievales reprodujeron el título como *Almagesti*, y desde entonces se le conoce simplemente como *Almagesto*. En esta obra, Tolomeo planteó una teoría geométrica para explicar matemáticamente los movimientos y posiciones aparentes de los planetas, el Sol y la Luna contra un fondo de estrellas inmóviles. Esta obra no incluía ninguna descripción física de los objetos del espacio.

Tolomeo comenzó por aceptar la teoría mantenida de forma generalizada en aquel entonces de que la Tierra no se movía, sino que estaba en el centro del Universo. Por razones filosóficas, se consideraba que los planetas y las estrellas se movían con movimiento uniforme en órbitas perfectamente circulares. Más tarde amplió la teoría en un intento de explicar los enigmas astronómicos que presentaban, por ejemplo, los aparentes movimientos de retroceso de los planetas y las variaciones aparentes de tamaño o brillo de la Luna y de los planetas. Tolomeo planteó que los planetas, el Sol y la Luna giraban en pequeñas circunferencias cuyos centros giraban a su vez alrededor de circunferencias mucho más grandes que tenían su centro en la Tierra. De esta forma, hizo que su sistema se adecuara a la mayoría de las observaciones que habían registrado los astrónomos.

Tolomeo utilizó el término epiciclo para describir la pequeña circunferencia sobre la que, según él, giraban los objetos en el espacio. Para que funcionara la teoría de los epiciclos, tuvo que introducir variaciones en las matemáticas tradicionales. Ésta fue una de las razones por las que el astrónomo polaco Nicolás Copérnico rechazó el sistema de Tolomeo en el siglo XVI y desarrolló su propia teoría heliocéntrica, que establece de forma correcta que el Sol está situado en el centro del Sistema Solar. Aun así, Copérnico mantuvo un elaborado sistema de epiciclos.

Otras obras

Tolomeo también contribuyó sustancialmente a las matemáticas mediante el avance del estudio de la trigonometría y aplicó sus teorías a la construcción de astrolabios y relojes de sol. En su *Tetrabiblou*, aplicó la astronomía a la astrología y la creación de horóscopos. Considerable importancia histórica posee la *Geografía* de Tolomeo, que describe el mundo tal como lo conocía la gente de su tiempo. Esta obra, que utiliza un sistema de latitud y longitud, influyó a los cartógrafos durante cientos de años, pero adolecía de falta de información fiable. Tolomeo también dedicó un tratado a la teoría musical: *Harmónica*, y en *Óptica* exploró las propiedades de la luz, especialmente la refracción y la reflexión. La *Óptica*, solamente conocida por una versión árabe, hace hincapié en los experimentos y en la construcción de aparatos especiales para promover el estudio de la luz y desarrollar una teoría matemática de sus propiedades.

Copérnico, Nicolás (1473–1543), astrónomo polaco, conocido por su teoría que sostenía que el Sol se encontraba en el centro del Universo y la Tierra, que giraba una vez al día sobre su eje, completaba cada año una vuelta alrededor de él. Este sistema recibió el nombre de heliocéntrico o centrado en el Sol.

La cosmología a principios del siglo XVI

La cosmología anterior a la teoría de Copérnico postulaba un universo geocéntrico en el que la Tierra se encontraba estática en el centro del mismo, rodeada de esferas que giraban a su alrededor. Dentro de estas esferas se encontraban (ordenados de dentro a afuera): la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno y, finalmente, la esfera exterior en la que estaban las llamadas estrellas fijas. (Se pensaba que esta esfera exterior fluctuaba lentamente y producía el efecto de los equinoccios).

En la antigüedad era difícil de explicar por cosmólogos y filósofos el movimiento aparentemente retrógrado de Marte, Júpiter y Saturno. En ocasiones, el movimiento de estos planetas en el cielo parecía detenerse y comenzaban a moverse en sentido contrario. Para poder explicar este fenómeno, los cosmólogos medievales pensaron que los planetas giraban en un círculo que llamaban epiciclo, y el centro de cada epiciclo giraba alrededor de la Tierra, trazando lo que denominaban una trayectoria deferente.

El sistema de Copérnico y su influencia

La teoría de Copérnico establecía que la Tierra giraba sobre sí misma una vez al día, y que una vez al año daba una vuelta completa alrededor del Sol. Además afirmaba que la Tierra, en su movimiento rotatorio, se inclinaba sobre su eje (como un trompo). Sin embargo, aún mantenía algunos principios de la antigua cosmología, como la idea de las esferas dentro de las cuales se encontraban los planetas y la esfera exterior donde estaban inmóviles las estrellas. Por otra parte, esta teoría heliocéntrica tenía la ventaja de poder explicar los cambios diarios y anuales del Sol y las estrellas, así como el aparente movimiento retrógrado de Marte, Júpiter y Saturno, y la razón por la que Venus y Mercurio nunca se alejaban más allá de una distancia determinada del Sol. Esta teoría también sostenía que la esfera exterior de las estrellas fijas era estacionaria.

Una de las aportaciones de la teoría de Copérnico era el nuevo orden de alineación de los planetas según sus periodos de rotación. A diferencia de la teoría de Tolomeo, Copérnico vio que cuanto mayor era el radio de la órbita de un planeta, más tiempo tardaba en dar una vuelta completa alrededor del Sol. Pero en el siglo XVI, la idea de que la Tierra se movía no era fácil de aceptar y aunque parte de su teoría fue admitida, la base

principal fue rechazada.

Entre 1543 y 1600 Copérnico contaba con muy pocos seguidores. Fue objeto de numerosas críticas, en especial de la Iglesia, por negar que la Tierra fuera el centro del Universo. La mayoría de sus seguidores servían a la corte de reyes, príncipes y emperadores. Los más importantes fueron Galileo y el astrónomo alemán Johannes Kepler, que a menudo discutían sobre sus respectivas interpretaciones de la teoría de Copérnico. El astrónomo danés Tycho Brahe llegó, en 1588, a una posición intermedia, según la cual la Tierra permanecía estática y el resto de los planetas giraban alrededor del Sol, que a su vez giraba también alrededor de la Tierra.

Con posterioridad a la supresión de la teoría de Copérnico, tras el juicio eclesiástico a Galileo en 1633, que lo condenó por corroborar su teoría, algunos filósofos jesuitas la siguieron en secreto. Otros adoptaron el modelo geocéntrico y heliocéntrico de Brahe. En el siglo XVII, con el auge de las teorías de Isaac Newton sobre la fuerza de la gravedad, la mayoría de los pensadores en Gran Bretaña, Francia, Países Bajos y Dinamarca aceptaron a Copérnico. Los filósofos puros de otros países de Europa mantuvieron duras posturas contra él durante otro siglo más.

Brahe, Tycho (1546–1601), astrónomo danés que realizó amplias y precisas mediciones astronómicas del Sistema Solar y de más de 700 estrellas. Brahe acumuló más datos que en todas las demás mediciones astronómicas que se hicieron hasta la invención del telescopio, a principios del siglo XVII.

Nació en Knudstrup, al sur de Suecia (entonces parte de Dinamarca). Estudió leyes y filosofía en las universidades de Copenhague y Leipzig, en Alemania; durante las noches, Brahe siempre se dedicaba a la observación de las estrellas. Sin instrumentos, excepto una esfera y un compás, consiguió detectar graves errores en las tablas astronómicas de la época y se dispuso a corregirlos. En 1572 descubrió una supernova en la constelación de Casiopea. Después de dedicar algún tiempo a viajar y a leer, el rey de Dinamarca y Noruega Federico II, le ofreció apoyo financiero para construir y equipar un observatorio astronómico en la isla de Hven (hoy Ven). Brahe aceptó su oferta y en 1576 comenzó la construcción del castillo de Uranienborg (fortaleza en el cielo), donde el astrónomo estuvo trabajando durante veinte años.

Después de la muerte de Federico II en 1588, su sucesor Cristián IV, le retiró todo el apoyo e incluso tuvo que abandonar el observatorio. En 1597, Brahe aceptó una invitación para ir a Bohemia del emperador Rodolfo II, del Sacro Imperio romano germánico, quien le ofreció una pensión de 3.000 ducados y un feudo cerca de Praga, donde se iba a construir un nuevo observatorio como el de Uranienborg. Sin embargo, Brahe murió en 1601 antes de que este observatorio se hubiera terminado.

Brahe nunca aceptó totalmente el sistema copernicano del Universo y buscó una fórmula de compromiso entre éste y el antiguo sistema de Tolomeo. El sistema de Brahe suponía que los cinco planetas conocidos giraban alrededor del Sol, el cual, junto con los planetas, daba una vuelta alrededor de la Tierra una vez al año. La esfera de las estrellas giraba una vez al día alrededor de la Tierra inmóvil.

Aunque la teoría de Brahe sobre el movimiento planetario era defectuosa, los datos que acumuló durante toda su vida desempeñaron un papel fundamental en el desarrollo de la descripción correcta del movimiento planetario. Johannes Kepler, que fue ayudante de Brahe desde 1600 hasta la muerte de éste en 1601, utilizó los datos de Brahe como ayuda para la formulación de sus tres leyes sobre el movimiento de los planetas.

Kepler, Johannes (1571–1630), astrónomo y filósofo alemán, famoso por formular y verificar las tres leyes del movimiento planetario conocidas como leyes de Kepler.

Kepler nació el 27 de diciembre de 1571, en Weil der Stadt, en Württemberg, y estudió teología y clásicas en la Universidad de Tübingen. Allí le influenció un profesor de matemáticas, Michael Maestlin, partidario de la teoría heliocéntrica del movimiento planetario desarrollada en principio por el astrónomo polaco Nicolás

Copérnico. Kepler aceptó inmediatamente la teoría copernicana al creer que la simplicidad de su ordenamiento planetario tenía que haber sido el plan de Dios. En 1594, cuando Kepler dejó Tübingen y marchó a Graz (Austria), elaboró una hipótesis geométrica compleja para explicar las distancias entre las órbitas planetarias órbitas que se consideraban circulares erróneamente. (Posteriormente, Kepler dedujo que las órbitas de los planetas son elípticas; sin embargo, estos primeros cálculos sólo coinciden en un 5% con la realidad.) Kepler planteó que el Sol ejerce una fuerza que disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia e impulsa a los planetas alrededor de sus órbitas. Publicó sus teorías en un tratado titulado *Mysterium Cosmographicum* en 1596. Esta obra es importante porque presentaba la primera demostración amplia y convincente de las ventajas geométricas de la teoría copernicana.

Kepler fue profesor de astronomía y matemáticas en la Universidad de Graz desde 1594 hasta 1600, cuando se convirtió en ayudante del astrónomo danés Tycho Brahe en su observatorio de Praga. A la muerte de Brahe en 1601, Kepler asumió su cargo como matemático imperial y astrónomo de la corte del emperador Rodolfo II. Una de sus obras más importantes durante este periodo fue *Astronomía nova* (1609), la gran culminación de sus cuidadosos esfuerzos para calcular la órbita de Marte. Este tratado contiene la exposición de dos de las llamadas leyes de Kepler sobre el movimiento planetario. Según la primera ley, los planetas giran en órbitas elípticas con el Sol en un foco. La segunda, o regla del área, afirma que una línea imaginaria desde el Sol a un planeta recorre áreas iguales de una elipse durante intervalos iguales de tiempo. En otras palabras, un planeta girará con mayor velocidad cuanto más cerca se encuentre del Sol.

En 1612 Kepler se hizo matemático de los estados de la Alta Austria. Mientras vivía en Linz, publicó su *Harmonices mundi, Libri* (1619), cuya sección final contiene otro descubrimiento sobre el movimiento planetario (tercera ley): la relación del cubo de la distancia media (o promedio) de un planeta al Sol y el cuadrado del periodo de revolución del planeta es una constante y es la misma para todos los planetas.

Hacia la misma época publicó un libro, *Epitome astronomiae copernicanae* (1618–1621), que reúne todos los descubrimientos de Kepler en un solo tomo. Igualmente importante fue el primer libro de texto de astronomía basado en los principios copernicanos, y durante las tres décadas siguientes tuvo una influencia capital convirtiendo a muchos astrónomos al copernicanismo kepleriano.

La última obra importante aparecida en vida de Kepler fueron las *Tablas rudolfinas* (1625). Basándose en los datos de Brahe, las nuevas tablas del movimiento planetario reducen los errores medios de la posición real de un planeta de 5 °a 10'. El matemático y físico inglés sir Isaac Newton se basó en las teorías y observaciones de Kepler para formular su ley de la gravitación universal.

Kepler también realizó aportaciones en el campo de la óptica y desarrolló un sistema infinitesimal en matemáticas, que fue un antecesor del cálculo.

Murió el 15 de noviembre de 1630 en Regensburg.

Newton

Sus leyes

Cinemática

La cinemática se ocupa de la descripción del movimiento sin tener en cuenta sus causas. La velocidad (la tasa de variación de la posición) se define como la distancia recorrida dividida entre el intervalo de tiempo. La magnitud de la velocidad se denomina celeridad, y puede medirse en unidades como kilómetros por hora, metros por segundo,... La aceleración se define como la tasa de variación de la velocidad: el cambio de la velocidad dividido entre el tiempo en que se produce. Por tanto, la aceleración tiene magnitud, dirección y sentido, y se mide en unidades del tipo metros por segundo cada segundo.

En cuanto al tamaño o peso del objeto en movimiento, no se presentan problemas matemáticos si el objeto es muy pequeño en relación con las distancias consideradas. Si el objeto es grande, se emplea un punto llamado centro de masas, cuyo movimiento puede considerarse característico de todo el objeto. Si el objeto gira, muchas veces conviene describir su rotación en torno a un eje que pasa por el centro de masas.

Existen varios tipos especiales de movimiento fáciles de describir. En primer lugar, aquél en el que la velocidad es constante. En el caso más sencillo, la velocidad podría ser nula, y la posición no cambiaría en el intervalo de tiempo considerado. Si la velocidad es constante, la velocidad media (o promedio) es igual a la velocidad en cualquier instante determinado. Si el tiempo t se mide con un reloj que se pone en marcha con $t = 0$, la distancia d recorrida a velocidad constante v será igual al producto de la velocidad por el tiempo:

$$d = vt$$

Otro tipo especial de movimiento es aquél en el que se mantiene constante la aceleración. Como la velocidad varía, hay que definir la velocidad instantánea, que es la velocidad en un instante determinado. En el caso de una aceleración a constante, considerando una velocidad inicial nula ($v = 0$ en $t = 0$), la velocidad instantánea transcurrido el tiempo t será

$$v = at$$

La distancia recorrida durante ese tiempo será

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

Esta ecuación muestra una característica importante: la distancia depende del cuadrado del tiempo (t^2 , o t al cuadrado, es la forma breve de escribir $t \times t$). Un objeto pesado que cae libremente (sin influencia de la fricción del aire) cerca de la superficie de la Tierra experimenta una aceleración constante. En este caso, la aceleración es aproximadamente de 9,8 m/s cada segundo. Al final del primer segundo, una pelota habría caído 4,9 m y tendría una velocidad de 9,8 m/s. Al final del siguiente segundo, la pelota habría caído 19,6 m y tendría una velocidad de 19,6 m/s.

El movimiento circular es otro tipo de movimiento sencillo. Si un objeto se mueve con celeridad constante pero la aceleración forma siempre un ángulo recto con su velocidad, se desplazará en un círculo. La aceleración está dirigida hacia el centro del círculo y se denomina aceleración normal o centrípeta. En el caso de un objeto que se desplaza a velocidad v en un círculo de radio r , la aceleración centrípeta es $a = v^2/r$. Otro tipo de movimiento sencillo que se observa frecuentemente es el de una pelota que se lanza al aire formando un ángulo con la horizontal. Debido a la gravedad, la pelota experimenta una aceleración constante dirigida hacia abajo que primero reduce la velocidad vertical hacia arriba que tenía al principio y después aumenta su velocidad hacia abajo mientras cae hacia el suelo. Entretanto, la componente horizontal de la velocidad inicial permanece constante (si se prescinde de la resistencia del aire), lo que hace que la pelota se desplace a velocidad constante en dirección horizontal hasta que alcanza el suelo. Las componentes vertical y horizontal del movimiento son independientes, y se pueden analizar por separado. La trayectoria de la pelota resulta ser una parábola.

Dinámica

Para entender cómo y por qué se aceleran los objetos, hay que definir la fuerza y la masa. Puede medirse en función de uno de estos dos efectos: una fuerza puede deformar algo, como un muelle, o acelerar un objeto. El primer efecto puede utilizarse para calibrar la escala de un muelle, que a su vez puede emplearse para medir la magnitud de otras fuerzas: cuanto mayor sea la fuerza F , mayor será el alargamiento del muelle x . En muchos muelles, y dentro de un rango de fuerzas limitado, es proporcional a la fuerza:

$$F = kx$$

donde k es una constante que depende del material y dimensiones del muelle.

Vectores

Si un objeto está en equilibrio, la fuerza total ejercida sobre él debe ser cero. Un libro colocado sobre una mesa es atraído hacia abajo por la atracción gravitacional de la Tierra y es empujado hacia arriba por la repulsión molecular de la mesa. La suma de las fuerzas es cero; el libro está en equilibrio. Para calcular la fuerza total, hay que sumar las fuerzas como vectores.

Momento de una fuerza

Para que haya equilibrio, las componentes horizontales de las fuerzas que actúan sobre un objeto deben cancelarse mutuamente, y lo mismo debe ocurrir con las componentes verticales. Esta condición es necesaria para el equilibrio, pero no es suficiente. Por ejemplo, si una persona coloca un libro de pie sobre una mesa y lo empuja igual de fuerte con una mano en un sentido y con la otra en el sentido opuesto, el libro permanecerá en reposo si las manos están una frente a otra. (El resultado total es que el libro se comprime). Pero si una mano está cerca de la parte superior del libro y la otra mano cerca de la parte inferior, el libro caerá sobre la mesa. Para que haya equilibrio también es necesario que la suma de los momentos en torno a cualquier eje sea cero.

El momento de una fuerza es el producto de dicha fuerza por la distancia perpendicular a un determinado eje de giro. Cuando se aplica una fuerza a una puerta pesada para abrirla, la fuerza se ejerce perpendicularmente a la puerta y a la máxima distancia de las bisagras. Así se logra un momento máximo. Si se empujara la puerta con la misma fuerza en un punto situado a medio camino entre el tirador y las bisagras, la magnitud del momento sería la mitad. Si la fuerza se aplicara de forma paralela a la puerta (es decir, de canto), el momento sería nulo. Para que un objeto esté en equilibrio, los momentos dextrógiros (a derechas) en torno a todo eje deben cancelarse con los momentos levógiros (a izquierdas) en torno a ese eje. Puede demostrarse que si los momentos se cancelan para un eje determinado, se cancelan para todos los ejes.

Las tres leyes del movimiento de Newton

Con la formulación de las tres leyes del movimiento, Isaac Newton estableció las bases de la dinámica.

La primera ley

La primera ley de Newton afirma que si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto permanecerá en reposo o seguirá moviéndose a velocidad constante. El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero. Si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.

La segunda ley

La segunda ley de Newton relaciona la fuerza total y la aceleración. Una fuerza neta ejercida sobre un objeto lo acelerará, es decir, cambiará su velocidad. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que ésta. La constante de proporcionalidad es la masa m del objeto

$$F = ma$$

En el Sistema Internacional de unidades (conocido también como SI), la aceleración a se mide en metros por segundo cuadrado, la masa m se mide en kilogramos, y la fuerza F en newtons. Un newton se define como la fuerza necesaria para suministrar a una masa de 1 kg una aceleración de 1 metro por segundo cada segundo;

esta fuerza es aproximadamente igual al peso de un objeto de 100 gramos.

Un objeto con más masa requerirá una fuerza mayor para una aceleración dada que uno con menos masa. Lo asombroso es que la masa, que mide la inercia de un objeto (su resistencia a cambiar la velocidad), también mide la atracción gravitacional que ejerce sobre otros objetos. Resulta sorprendente, y tiene consecuencias profundas, que la propiedad inercial y la propiedad gravitacional estén determinadas por una misma cosa. Este fenómeno supone que es imposible distinguir si un punto determinado está en un campo gravitatorio o en un sistema de referencia acelerado. Einstein hizo de esto una de las piedras angulares de su teoría general de la relatividad, que es la teoría de la gravitación actualmente aceptada.

LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

SU PROGRESIVO DESCUBRIMIENTO