

## Historia de la Mecánica y sus leyes

Las primeras ideas claras sobre el universo mecánico en que vivimos fueron dadas por los filósofos griegos. Uno de los más brillantes fue Pitágoras de Samos, quien vivió en Crotona en el sur de Italia y fundó la Escuela Pitagórica. El más brillante representante de esta escuela fue Filolao de Crotona quien nació en 480 a.C. un siglo después de su maestro.

Para Filolao y Pitágoras la Tierra era esférica, no constituía el centro del Universo, y observaron que el Sol, la Luna y los planetas no comparten el movimiento uniforme de las estrellas, sino que cada uno tenía su camino propio. Otro gran filósofo fue Demócrito, nacido en 470 a.C., que desarrolló la teoría atómica de la materia. Para él toda la materia consistía de pequeñas partículas a las que llamó "átomos" que quiere decir "indivisible". Los átomos eran eternos e indestructibles y existían diversos tipos de átomos que explicaban las diferencias existentes entre diversas sustancias. Además de los átomos sólo existía el vacío.

Los escritos de Demócrito no han sobrevivido y sus ideas se conocen por referencias de otros filósofos, algunas de ellas hechas en son de burla, como Sócrates y Platón que las consideraban absurdas y otras de la Escuela de Epicuro que las admiraban. Las ideas de Demócrito fueron totalmente intuitivas y a ellas se opusieron otras igualmente intuitivas de otros filósofos como Sócrates y Platón que para desgracia de la ciencia tuvieron durante muchos siglos más influencia en el mundo.

Epicuro nació en la isla de Samos en 342 a.C. y fundó su escuela en Atenas. Adoptó la teoría atómica de Demócrito para explicar el comportamiento mecánico del Universo que estaba formado por átomos y vacío. Para él, si un cuerpo se mueve, deberá continuar su movimiento a menos que exista un efecto que lo modifique. Esto es el llamado principio de Galileo, redescubierto casi 2000 años después, y una de las leyes fundamentales de la mecánica moderna. También explica que en el vacío, bajo la acción de su peso, los cuerpos pesados y los ligeros deben moverse con la misma velocidad. Dice que para producir el vacío basta separar con rapidez dos cuerpos planos que estaban bien unidos. Esto es lo que hacían los metalurgistas del hierro del Cáucaso y de China al inventar los fuelles y pistones con los que absorbían aire y después lo comprimían al presionar el fuelle. Observó que pequeños cuerpos suspendidos en el aire se desplazan con movimientos zigzagueantes y él lo explicó como producido por choques con los átomos del aire transparente que se mueven continuamente en todas direcciones. Esto se llama actualmente el movimiento Browniano y fue redescubierto el siglo pasado por Brown. Aunque casi nada de la abundante obra de Epicuro ha sobrevivido (escribió unos 300 tratados), uno de sus libros llamado *De la naturaleza de las cosas* fue traducido al latín por un romano que vivió 250 años después, Tito Lucrecio Caro, con el nombre *De rerum natura*, dándole la forma de un largo poema. Es muy probable que Lucrecio haya agregado valiosas ideas al libro original.

Aristóteles (384-322 a. de 1. C.) intentó elaborar una teoría de la Mecánica, pero no hizo ninguna distinción entre las propiedades estáticas, cinemáticas y dinámicas. Aristóteles, maestro de Alejandro Magno, escribió sobre física, pero casi todo lo que dijo fue incorrecto. Sí aceptó que la Tierra era esférica y dio como argumento el que al viajar al norte o al sur se

observan nuevas estrellas en el cielo lo que no sucedería si la Tierra fuera plana.

Mientras que Arquímedes (287-212 AC), fue el verdadero creador de la Mecánica teórica, Nació en Siracusa, Sicilia, y se educó en Alejandría, Egipto. En mecánica, Arquímedes asombró al rey Herón de Siracusa con los sistemas de palancas y de poleas que había ideado. Animado por la fuerza de su descubrimiento, afirmó que si habitara en otro mundo sería capaz de mover éste y, para demostrarlo, diseñó un conjunto mecánico mediante el cual fue capaz de hacer navegar sobre arena a un pesado barco mercante de la flota real con la sola fuerza de su brazo.

En los Principia, Newton sentó los cimientos de la mecánica al describir de forma completa la mecánica de un punto material sometido a fuerzas centrales. Sin embargo no se encuentra en su obra una descripción del movimiento de los cuerpos extensos, ya sean o no rígidos. En el siglo XVIII, conocida la mecánica del punto, comienza a desarrollarse la mecánica del sólido. El 15 de abril de 1707 nace en Basilea (Suiza) el verdadero creador de la mecánica racional: Leonhard Euler. Acogido como discípulo por Johann Bernouilli, publicó más de mil memorias sobre todos los campos de la matemática pura y aplicada. Además de desarrollar su labor como matemático también abordó los campos de las ciencias aplicadas como la balística, la construcción naval o la astronomía.

La primera gran obra de Euler en el ámbito de la mecánica es su *Mechanica, sive motus scientis, analytice exposita* (1736). Esta obra es un tratado de la mecánica del punto material, en el que por primera vez se precisan matemáticamente los conceptos de masa puntual y aceleración. En 1747, en las *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlín*, publica la expresión matemática de la ley fundamental de la mecánica newtoniana, tal como se utilizan en los manuales de dinámica del punto:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_x}{M} ; \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{F_y}{M} ; \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{F_z}{M}$$

donde  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  son las componentes cartesianas de la fuerza resultante que actúa sobre el punto material,  $M$  la masa del mismo y  $(x, y, z)$  las coordenadas cartesianas del punto matemático en el que se encuentra el punto material del que quiere estudiarse el movimiento. La

expresión anterior la solemos escribir hoy en día:

$$\mathbf{F} = M \cdot \mathbf{a}$$

En 1760 publica su *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, en la que define el momento de inercia de un sólido rígido y describe matemáticamente el movimiento de un sólido en torno de un punto fijo (Ecuaciones de Euler).

En los trabajos posteriores de Euler, de Maupertuis, de Daniel Bernoulli, de Joseph-Louis Lagrange (1736-1813) y de Pierre-Simon Laplace (1749-1827), los principios de conservación, junto con los principios de mínimo, se convertirían en los principios fundamentales de la mecánica,

desplazando la mecánica newtoniana pura de Euler y comenzando la fructífera línea de desarrollo de la física-matemática del siglo XIX, que

El 25 de enero de 1736 nació en Turín, Joseph Louis Lagrange. En 1769 fue llamado a la Academia de las Ciencias de Berlín y de allí a la Academia de las Ciencias de París donde realizó lo más fructífero de su obra. Murió en esta última ciudad el 10 de abril de 1813. La

contribución fundamental de Lagrange a la mecánica está contenida en su obra *Mécanique Analytique*, publicada en 1788. La mecánica

analítica no se fundamenta en los principios de Newton o Euler sino en los cuatro principios de conservación de la dinámica conocidos en su

tiempo: conservación de las fuerzas vivas, conservación del movimiento del centro de gravedad, conservación del momento de la cantidad de

movimiento y principio de la mínima acción. Las ecuaciones de Lagrange constituyen una formidable síntesis de la mecánica precedente. Pero

soluciones originales a problemas realmente difíciles, en la obra se encuentran también procedimientos, métodos de cálculo y algoritmos completamente nuevos y que se han convertido en armas fundamentales de la mecánica actual, como el método de variación de las

constantes. Gracias a la mecánica de punto, está dio origen a la mecánica de los fluidos en donde Newton en el segundo libro de los *Principia*

intenta explicar los fundamentos de esta mecánica, aunque no de forma satisfactoria, el comportamiento de los fluidos. Los éxitos para resolver

el problema de los fluidos pertenecen a la familia Bernouilli: Daniel Bernouilli con su *Hydrodynamica*, publicada en 1738, y su padre Johann

Bernouilli, que en 1742 publicó su obra *Hydraulique*. En la primera de las obras citadas, que es sin lugar a dudas la más general, se aplica el

principio de las fuerzas vivas al movimiento de un fluido cualquiera y se establece la relación entre velocidades de las corrientes fluidas y las

La Mecánica Clásica formulada por Newton, Lagrange y Hamilton admitía como hipótesis definidora de su carácter absoluto, no-relativista, la infinitud para la velocidad máxima de propagación de las interacciones. Esta Hipótesis fue modificada por Alberto Einstein a principios del presente siglo introduciendo el relativismo en la teoría de la Mecánica Clásica. La nueva hipótesis es que la velocidad máxima a la que puede propagarse una interacción tiene un valor finito y único:  $c$ . En función de este valor máximo,  $c$ , la transformación de coordenadas válida entre sistemas inerciales no es ya la de Galileo, sino la de Lorentz. La transformación de Lorentz, que sustituye a la transformación de Galileo en la nueva mecánica, elimina el carácter absoluto del espacio y del tiempo: las dimensiones espaciales y temporales varían ahora con la velocidad del sistema en el cual se realizan estas medidas. Las dimensiones espaciotemporales son relativas, relativas a la velocidad del sistema referencial con respecto al cual se miden.

El físico y astrónomo italiano Galileo reunió las ideas de otros grandes pensadores de su tiempo y empezó a analizar el movimiento a partir de la distancia recorrida desde un punto de partida y del tiempo transcurrido. Demostró que la velocidad de los objetos que caen aumenta continuamente durante su caída. Esta aceleración es la misma para objetos pesados o ligeros, siempre que no se tenga en cuenta la resistencia del aire (rozamiento). El matemático y físico británico Isaac Newton mejoró este análisis al definir la fuerza y la masa, y relacionarlas con la aceleración. Para los objetos que se desplazan a velocidades próximas a la velocidad de la luz, las leyes de Newton han sido sustituidas por la teoría de la relatividad de Albert Einstein. Para las partículas atómicas y subatómicas, las leyes de Newton han sido sustituidas por la teoría cuántica. Pero para los fenómenos de la vida diaria, las tres leyes del movimiento de Newton siguen siendo la piedra angular de la dinámica (el estudio de las causas del cambio en el movimiento).

La ciencia de la mecánica como la comprendemos hoy día es el resultado principalmente del genio de Sir Isaac Newton, que produjo la gran síntesis denominada principios de Newton. Sin embargo, muchas personas más han contribuido a su avance. Algunos de los nombres más ilustres son Arquímedes, Galileo, Kepler, Descartes, Huygens, Hamilton, Mach y Einstein.

Muchos son los científicos que han impulsado la nueva mecánica de nuestro siglo, dando pie a dos grandes revoluciones; la de 1905 (Relatividad restringida), provocada por Einstein, a la de 1923 (Mecánica ondulatoria), debida principalmente a Schrödinger. Contrariamente a lo que sugerían las revoluciones de comienzos de siglo, la Mecánica de tipo clásico no es hoy una disciplina agotada. El haber tropezado en este siglo con más paradojas que el total de cuantas había conocido en siglos pasados, le ha servido para adquirir una mejor conciencia de sus límites, de la naturaleza de su método, sin comprometer su esencia. Sin duda se ha convertido en la cantera donde los más modernos recursos de las Matemáticas se conjugan con los de numerosas técnicas experimentales de todos los órdenes. Sin duda, el tiempo de los absolutos de tipo newtoniano ha concluido, y los fundamentos no quedan ya asegurados mediante una metafísica simplista.

Pero en su nueva elaboración axiomática, profundamente marcada por la Relatividad general, esta Mecánica conserva los trazos característicos de la Mecánica clásica. Trabaja sobre los mismos objetos, de los que además estudia la estructura con una mayor precisión, sigue las

sugerencias de la experiencia, proyecta sobre sus problemas la creciente luz del razonamiento matemático y extrae del análisis los materiales útiles para perfeccionar los conceptos abstractos. Pero la Mecánica clásica no ha finalizado su desarrollo y sigue siendo para las otras ramas de la Física a la vez una encrucijada y un modelo privilegiado. Posteriormente en el año 1877 es creado el Fonógrafo. Utilizando un cilindro de estaño como disco, Thomas Alva Edison, en Estados Unidos, grabó y reprodujo la canción de cuna María tenía un corderito. En 1888, Emile Berliner, un emigrante alemán residente en Washington, inventó el tocadisco de plato o gramófono.