

Breve historia de la Ingeniería Mecánica

Parte I

Oscar Mauricio Barajas Pinzón

Calle 155 No 28A-10 Interior 1 Apto 404. Bogotá D.C. - Colombia.

E-mail: oscar@impsat.net.co

<http://www.oscarbarajas.com/>

INTRODUCCIÓN

Antes de mediados del siglo XVIII los trabajos de construcción a gran escala se ponían en manos de los ingenieros militares. La ingeniería militar englobaba tareas tales como la preparación de mapas topográficos, la ubicación, diseño y construcción de carreteras y puentes, y la construcción de fuertes y muelles. Sin embargo, en el siglo XVIII se empezó a utilizar el término ingeniería civil o de caminos para designar a los trabajos de ingeniería efectuados con propósitos no militares. Debido al aumento de la utilización de maquinaria en el siglo XIX como consecuencia de la Revolución Industrial, la ingeniería mecánica se consolidó como rama independiente de la ingeniería; posteriormente ocurrió lo mismo con la ingeniería de minas.

Los avances técnicos del siglo XIX ampliaron en gran medida el campo de la ingeniería e introdujeron un gran número de especializaciones. Las incesantes demandas del entorno socioeconómico del siglo XX han incrementado aún más su campo de acción; y se ha producido una gran diferenciación de disciplinas, con distinción de múltiples ramas en ámbitos tales como la aeronáutica, la química, la construcción naval, de caminos, canales y puertos, las telecomunicaciones, la electrónica, la ingeniería industrial, naval, militar, de minas y geología e informática. Además, en los últimos tiempos se han incorporado campos del conocimiento que antes eran ajenos a la ingeniería como la investigación genética y nuclear.

El ingeniero que desarrolla su actividad en una de las ramas o especialización de la ingeniería ha de tener conocimientos básicos de otras áreas afines, ya que muchos problemas que se presentan en ingeniería son complejos y están interrelacionados. Por ejemplo, un ingeniero químico que tiene que diseñar una planta para el refinamiento electrolítico de minerales metálicos debe enfrentarse al diseño de estructuras, maquinaria, dispositivos eléctricos, además de los problemas estrictamente químicos.

La Ingeniería Mecánica propiamente dicha reúne todos los conocimientos científicos y técnicos para la dirección de la producción, la conservación y la reparación de maquinaria e instalaciones, equipos y sistemas de producción industrial, así como el estudio tecnológico especializado de diferentes materiales, productos o procesos; la proyección de máquinas herramientas para la industria manufacturera, minera y construcción y otras con fines no industriales como la agricultura. Estudia la proyección de máquinas de vapor, motores de combustión interna y otras máquinas y motores no eléctricos, utilizados para propulsar locomotoras de ferrocarriles, vehículos de transporte por carretera o aeronaves o



para hacer funcionar instalaciones industriales, los sistemas de propulsión para buques, centrales generadoras de energía, sistemas de calefacción y ventilación, bombas, cascos y superestructuras de buques, fuselajes y trenes de aterrizaje y otros equipos para aeronaves, carrocerías, sistemas de suspensión y frenos para vehículos automotores. Estudia el diseño y montaje de sistemas y equipos de calefacción, ventilación y refrigeración; instalaciones y equipos mecánicos para la producción, control y utilización de energía nuclear. Implementa y estudia el diseño de partes o elementos (salvo los eléctricos o electrónicos) de aparatos o productos como procesadores de texto, ordenadores, instrumentos de precisión, cámaras y proyectores; especifica y verifica métodos de producción o instalación y el funcionamiento de maquinaria agrícola y de otras máquinas, mecanismos, herramientas, motores, instalaciones o equipos industriales; el establecimiento de normas y procedimientos de control para garantizar la seguridad y el funcionamiento eficaz.

LA EDAD DE PIEDRA

El hombre paleolítico, compañero del mamut y el reno, vivió siempre asediado por el hielo, que con sólo algunas intermitencias dejó de cubrir el norte y centro de Europa y Asia. Fue pues de diez milenios el periodo durante el cual el hombre facilitó la satisfacción de sus necesidades con el sílex, desconchándolo y retocando sus bordes hasta afilarlo. Emociona pensar que por tanto tiempo empleó la piedra de sílex como su herramienta principal. Se cambió la forma de los sílex, se vio el predominio o la moda de ciertas tallas, hubo épocas en que los sílex



De piedra a herramienta: el sílex fue de gran ayuda al hombre primitivo.

fueron grandes como cuchillos y martillos, otras en que se prefirieron hojas como navajas transparentes, pero siempre el sílex, el sílex duro, impenetrable aunque frágil, tuvo que atender a todos los servicios.

Desde mediados del siglo pasado empleamos tantos nuevos materiales para la industria, tantos artefactos movidos por vapor y electricidad, que acongoja pensar que nuestros antepasados tuvieron que valerse de la piedra pedernal, por miles y miles de años. Con la época siguiente de la piedra pulimentada, ya pudo el hombre escoger basaltos y otras rocas volcánicas para hacer hachas de piedra pulimentada, pero en la época paleolítica sólo el sílex amarillento, de color cerúleo, lechoso, fue utilizado como empleamos ahora los metales y el vidrio.

PRIMEROS ARTILUGIOS MECÁNICOS Egipto, Grecia.

El antiguo Dios de Egipto, Tot, era recordado y venerado como inventor de las matemáticas, la astronomía y la ingeniería. A través de su voluntad y poder, mantenía las fuerzas del Cielo y la Tierra en equilibrio. Sus grandes dotes para las matemáticas celestiales le permitieron aplicar correctamente las leyes sobre las cuales descansaban los fundamentos y el mantenimiento del universo. Así mismo, se dice que TOT enseñó a los primeros egipcios los principios de la geometría y la agrimensura, la medicina y la botánica. Según afirma la leyenda, fue el inventor de los números, de las letras del alfabeto y de las artes de leer y escribir. Era el gran Señor de la Magia, capaz de mover objetos con el poder de la voz, el autor de todas las obras sobre cada rama de la ciencia, tanto humana como divina.

Arquímedes (287-212 AC), notable matemático e inventor griego, que escribió importantes obras sobre geometría plana y del espacio, aritmética y mecánica. Nació en Siracusa, Sicilia, y se educó en Alejandría, Egipto. En el campo de las matemáticas puras, se anticipó a muchos de los descubrimientos de la ciencia moderna, como el cálculo integral, con sus estudios de áreas y volúmenes de figuras sólidas curvadas y de áreas de figuras planas. Demostró también que el volumen de una esfera es dos tercios del volumen del cilindro que la circunscribe.

En mecánica, Arquímedes definió la ley de la palanca y se le reconoce como el inventor de la polea



Tornillo de Arquímedes. Primitiva bomba hidráulica, que en la actualidad ha encontrado aplicaciones en plantas industriales.

compuesta. Durante su estancia en Egipto inventó el “tornillo sin fin” para elevar el agua de nivel. Arquímedes es conocido sobre todo por el descubrimiento de la ley de la hidrostática, el llamado principio de Arquímedes, que establece que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una pérdida de peso igual al peso del volumen del fluido que desaloja. Se dice que este descubrimiento lo hizo mientras se bañaba, al comprobar cómo el agua se desplazaba y se desbordaba.

Arquímedes pasó la mayor parte de su vida en Sicilia, en Siracusa y sus alrededores, dedicado a la investigación y los experimentos. Aunque no tuvo ningún cargo público, durante la conquista de Sicilia por los romanos se puso a disposición de las autoridades de la ciudad y muchos de sus instrumentos mecánicos se utilizaron en la defensa de Siracusa. Entre la maquinaria de guerra cuya invención se le atribuye está la catapulta y un sistema de espejos —quizá legendario— que incendiaba las embarcaciones enemigas al enfocarlas con los rayos del sol.

Al ser conquistada Siracusa, durante la segunda Guerra Púnica, fue asesinado por un soldado romano que le encontró dibujando un diagrama matemático en la arena. Se cuenta que Arquímedes estaba tan absorto en las operaciones que ofendió al intruso al decirle: “No desordenes mis diagramas”. Todavía

subsisten muchas de sus obras sobre matemáticas y mecánica, como el Tratado de los cuerpos flotantes, El arenario y Sobre la esfera y el cilindro. Todas ellas muestran el rigor y la imaginación de su pensamiento matemático.

Herón de Alejandría (c. 20-62 D.C.), matemático y científico griego. Su nombre también podría ser Hero (aproximadamente 18 escritores griegos se llamaron Hero o Herón, creándose cierta dificultad a la hora de su identificación). Herón de Alejandría nació probablemente en Egipto y realizó su trabajo en Alejandría (Egipto).

Escribió al menos 13 obras sobre mecánica, matemáticas y física. Inventó varios instrumentos mecánicos, gran parte de ellos para uso práctico: la aelípila, una máquina a vapor giratoria; la fuente de Herón, un aparato neumático que produce un chorro vertical de agua por la presión del aire y la dioptra, un primitivo instrumento geodésico.

Sin embargo, es conocido sobre todo como matemático tanto en el campo de la geometría como en el de la geodesia (una rama de las matemáticas que se encarga de la determinación del tamaño y configuración de la Tierra, y de la ubicación de áreas concretas de la misma). Herón trató los problemas de las mediciones terrestres con mucho más éxito que cualquier otro de su generación. También inventó un método de aproximación a las raíces cuadradas y cúbicas de números que no las tienen exactas. A Herón se le ha atribuido en algunas ocasiones el haber desarrollado la fórmula para hallar el área de un triángulo en función de sus lados, pero esta fórmula, probablemente, había sido desarrollada antes de su época.



Herón de Alejandría y su Aelípila, primitiva turbina de vapor.

LA INGENIERIA MECÁNICA EN LA EDAD MEDIA

El renacimiento: Leonardo Da Vinci.

El humanismo del siglo XIV trajo consigo un deseo de renacimiento de la mentalidad clásica como reconocimiento a los grandes logros de los griegos y romanos en tiempos de antaño. Sin embargo, el espíritu humano hace a veces sus mayores progresos por los más extraviados caminos. Para conocer a aquellos griegos y romanos, admirables capitanes, estadistas y poetas, hacía falta desenterrar mármoles y descifrar manuscritos, aprender lenguas muertas y otras lenguas (en Florencia se estudiaba el griego como el verdadero camino de la salvación, como el principio de una nueva y esplendorosa Era, como la única manera de conseguir una vida civilizada), estudiar, investigar y comparar. Y he aquí el verdadero renacimiento: no de lo que renació (que no renació nada), sino de las facultades puestas en juego para hacer renacer, que se avivaron con aquel esfuerzo de la mente.

Leonardo Da Vinci nació en Vinci (Entre Florencia y Pisa). Arquitecto, pintor, escultor, Ingeniero y sabio italiano. Heredero de todas las aspiraciones artísticas del *quattrocento* florentino, aporta conclusiones geniales a la investigación de su siglo. A partir del siglo XVI, fue considerado como una especie de “mago”. A pesar de que muchas de sus obras se han perdido o no están acabadas, la significación de su obra es inmensa. Muere cerca de Amboise en el castillo de Cloux (propiedad de la madre de Francisco I) en 1519. Artista y hombre de ciencia, hijo natural de un notario, desde niño sintió ambición de querer abarcar toda disciplina humana; su padre presentó dibujos de Leonardo a Verrocchio, quien pasmado de las aptitudes que aquellos revelaban, aceptó en su taller al joven artista, que sin tregua llenaba cuadernos con croquis directos del natural y caricaturescos esbozos imaginativos de figuras y caras. Buscaba lo bello y lo feo, pretendiendo en todos los casos que perdurara la expresión fugitiva de los afectos anímicos y de las ideas. Colaboró en la pintura “Bautismo de Cristo” de Verrocchio y una de sus obras de la mocedad parece haber sido modelo de una tapicería, destinada al Rey de Portugal: “Adán y Eva cogiendo la manzana”. Por los mismos tiempos hizo la “La Anunciación y La adoración de los Magos” de los Uffizi y el “San Jerónimo” del

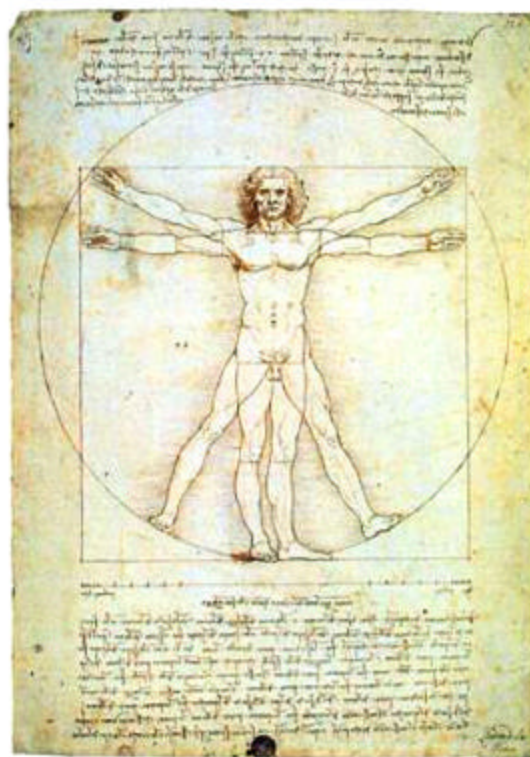


Imagen clásica de los apuntes de Leonardo da Vinci.

Vaticano. Poco favorecido por los Médicis, deja Florencia en 1482; invitado por Ludovico Esforza, llamado el Moro, se traslada a Milán como tañedor de lira, con rara lira en forma de cabeza de caballo, construida en plata y basándose en principios acústicos ignorados hasta entonces. En el certamen en que como tal se presenta, da respuestas muy agudas a diversas preguntas, causando la admiración de la Corte. Al poco tiempo es en Milán el ordenador de las fiestas de Ludovico y de aquellas que los magnates de la ciudad organizan en honor al Soberano; es también el ingeniero de los servicios hidráulicos, evidenciando con ello las aptitudes que expusiera en el memorial que al llegar a Milán presentó a su protector. Decía saber dirigir la construcción de puentes ligerísimos, fácil de poner y quitar, así como tener fácil manera de incendiar, en tiempo de guerra, los puentes del enemigo. Y añadía: “En tiempo de paz creo satisfacer perfectamente, tanto como el mejor, en arquitectura y composición de edificios públicos y privados, y en conducción de aguas de un lugar a otro; también puedo dedicarme a la escultura en mármol, en bronce o en barro, y a la pintura”. Para todo fue aprovechado en los diecisiete años que estuvo en Milán, con lo cual, si de una parte

permitiéronle dar a conocer sus omnímodas cualidades, de otra le dificultaron concentrarse en trascendentales pinturas. Con todo, la etapa milanesa es un periodo de apogeo del arte de Leonardo, y ni la dirección de grandes trabajos hidráulicos, o los proyectos que hizo para el palacio de los Sforza y el tambor de la cúpula de la catedral, o los croquis de innumerables dispositivos militares, no le impidieron realizar dos de sus grandes creaciones pictóricas: “La Virgen de las Rocas, entregado hacia 1490, y el fresco del Cenáculo, terminado en 1497, en Santa María de las Gracias”. Al propio tiempo que en esta última obra, Leonardo trabaja en una gran escultura que en el memorial presentado a Ludovico el Moro se había ofrecido a realizar: la estatua ecuestre del fundador de la dinastía, Francisco Sforza. Con la caída de Ludovico empieza lo que se ha llamado la época errante de Leonardo, que comprende de 1500 a 1516. Así en marzo de 1500 está en Venecia, de donde pasa a Mantua para hacer el retrato de Isabel de Este; en Florencia al año siguiente, compone el cartón de Santa Ana para los servitas, esbozo para el cuadro que posee el Louvre; en 1502, entrado al servicio de César Borgia como ingeniero militar, inspecciona las fortalezas de Rimini, Pésaro, Cesena, Piombino y Siena; en 1503, con la caída del Borgia, vuelve a



Autorretrato de Leonardo da Vinci.

Florencia, donde retrata bellas damas: Ginebra de Venci y Monna Lisa, tercera mujer del comerciante Giocondo, llamada por ello la Gioconda, en cuya efigie de medio cuerpo trabajó el pintor a lo largo de cuatro años. En 1507 viaja por la Lombardía; en 1510 está nuevamente en Florencia; dos años más tarde se halla en Milán y de allí parte a Roma, de donde vuelve a Milán y conoce a Francisco I, quien apreciando su alto valor, se lo lleva consigo a Francia, donde reside el resto de su vida.

Leonardo destacó por encima de sus contemporáneos como científico. Sus teorías en este sentido, de igual modo que sus innovaciones artísticas, se basan en una precisa observación y documentación. Comprendió, mejor que nadie en su siglo y aún en el siguiente, la importancia de la observación científica rigurosa. Desgraciadamente, del mismo modo que frecuentemente podía fracasar a la hora de rematar un proyecto artístico, nunca concluyó sus planificados tratados sobre diversas materias científicas, cuyas teorías nos han llegado a través de anotaciones manuscritas. Los descubrimientos de Leonardo no se difundieron en su época debido a que suponían un avance tan grande que los hacía indescifrables, hasta tal punto que, de haberse publicado, hubieran revolucionado la ciencia del siglo XVI. De hecho, Leonardo anticipa muchos descubrimientos de los tiempos modernos. En el campo de la anatomía estudió la circulación sanguínea y el funcionamiento del ojo. Realizó descubrimientos en meteorología y geología, conoció el efecto de la Luna sobre las mareas, anticipó las concepciones modernas sobre la formación de los continentes y conjeturó sobre el origen de las conchas fosilizadas. Por otro lado, es uno de los inventores de la hidráulica y probablemente descubrió el hidrómetro; su programa para la canalización de los ríos todavía posee valor práctico. Inventó un gran número de máquinas ingeniosas, entre ellas un traje de buzo, y especialmente sus máquinas voladoras, que, aunque sin aplicación práctica inmediata, establecieron algunos principios de la aerodinámica.

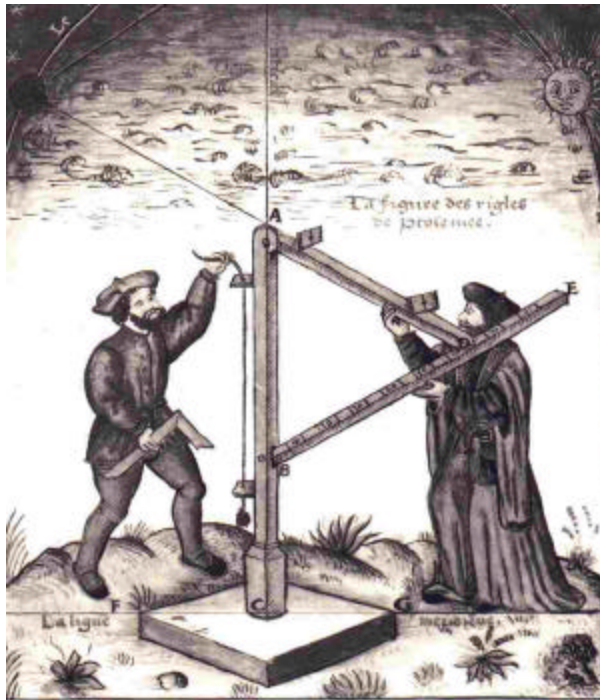
Un creador en todas las ramas del arte, un descubridor en la mayoría de los campos de la ciencia, un innovador en el terreno tecnológico, Leonardo merece por ello, quizá más que ningún otro, el título de *Homo universalis*.

INICIOS DE LA MECANICA CELESTE Kepler y Copérnico.

El desarrollo de la mecánica celeste contribuiría posteriormente al desarrollo de la ingeniería mecánica, en cuanto al entendimiento del movimiento de los cuerpos en el espacio.

Las “Tablas de Tolomeo”, síntesis de la ciencia antigua en astronomía, fueron aumentadas por los árabes y reeditadas por Alfonso el Sabio. Eran listas de posiciones de estrellas que servían para ubicar lugares donde se encontraban los viajeros. En cuanto a estrellas fijas, poco había que añadir a la compilación de Tolomeo; pero los planetas, con sus movimientos erráticos en la inmensidad del espacio, fueron un enigma para los astrónomos antiguos y continuaban siéndolo al terminar la Edad Media.

La explicación no se podía elaborar mientras se persistiera en creer en el sistema planetario geocéntrico, es decir, con la Tierra en el centro; en cambio, el vagar de los planetas quedaba explicado con sólo hacer el mismo sistema planetario heliocéntrico, esto es, con el Sol en el centro. Tal simple enunciado es obra de Copérnico. Recientemente se ha comprobado que ya en la antigüedad Aristarco de Samos y Arquímedes sospecharon que el Sol era el centro del sistema



La observación del cielo produjo un gran avance en las leyes de la mecánica.

planetario. En época de Copérnico, no se había inventado todavía los telescopios, por lo que observaba las estrellas a través de unas rendijas practicadas en las paredes de su casa. Convenientemente colocado dentro de la habitación, espiaba el tránsito o paso de cada estrella por el meridiano, al divisarla por la rendija. La altura, o ángulo sobre el horizonte, la medía con un simple cuadrante. Con estos primitivos y deficientes métodos de observación, invirtió Copérnico casi cuarenta años para observar lo que un astrónomo moderno, provisto de un telescopio ecuatorial, puede observar en una noche. Consignó sus observaciones y conclusiones en un libro que tituló “De Revolutionibus Orbium Coelestium”.

Quien continuó con la obra de Copérnico fue Juan Kepler, quien siendo estudiante manifestó que sentía grandes deseos de “ examinar la naturaleza de los cielos, de las almas, de los genios; la esencia del fuego, el origen de las fuentes, el ascenso y descenso de las mareas, la forma de los continentes y de los mares”. Inició el estudio del número, las distancias y los movimientos de los cuerpos celestes, pero pronto recae en su incorregible imaginación y fantasía, observando que los planetas son sólo cinco, y como habían sido cinco los cuerpos geométricos regulares, era indudable que debía haber una razón divina, causa de esta igualdad y concordancia. El ordenador juicioso de la imaginación de Kepler fue el astrónomo danés Tycho Brahe, quien le decía “ No construyáis una cosmografía fundada en abstractas especulaciones, basadla en los sólidos cimientos de la observación y desde allí ascended gradualmente para averiguar las causas”. Durante varios años, valiéndose de los instrumentos de la época, y con su terquedad para repetir observaciones, Tycho Brahe compiló en Uraniborg – Dinamarca, millares de datos que después sirvieron a Kepler para formular sus famosas leyes, las cuales fueron:

Primera ley: Los planetas describen órbita elípticas alrededor del Sol y éste se halla en un foco de las elipses.

Segunda ley: Las líneas imaginarias que van del Sol a cada planeta recorren espacios iguales en el mismo tiempo.

Tercera ley: El cuadrado del tiempo que emplea un planeta en girar alrededor del Sol es proporcional al cubo de su distancia media al Sol.

LAS LEYES DEL MOVIMIENTO

Galileo e Isaac Newton.

Galileo nació en Pisa en el año 1564. Empezó estudiando para médico en la Universidad Pisana, pero pronto su vocación por las matemáticas y la física le desvió de la medicina. Su primer descubrimiento, la ley del péndulo, lo realizó cuando sólo tenía diez y siete años. Estaba en la catedral de Pisa cuando vio que para encender una lámpara, la retiraban hacia un lado. Al dejar de retenerla, una vez encendida, la lámpara oscilaba como un péndulo, con movimientos que eran cada vez menores, pero de igual duración. A falta de cronómetro, Galileo midió el compás regular de las oscilaciones de la lámpara valiéndose de los latidos de su propio pulso.



Páginas del libro de Galileo, *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, ilustrando principios de la mecánica.

En el año 1586 realizó interesantes descubrimientos de hidrostática, que le dieron celebridad y pronto fue nombrado profesor de matemáticas de la Universidad de Pisa. Allí continuó sus estudios sobre la caída de los cuerpos. Galileo llegó a la conclusión de que la velocidad de un cuerpo al caer depende del tiempo que ha estado cayendo, esto es, que al empezar va despacio y aumenta su velocidad a cada unidad de tiempo, y que los espacios recorridos al caer son proporcionales a los cuadrados de los periodos de tiempo durante los cuales el cuerpo ha estado cayendo. Como se ve en la formulación de estos principios, Galileo podía formular la Ley de la Gravedad, aunque sin darle el carácter de Ley del Universo, que es lo que hace sublime la Ley de Gravitación Universal de Newton.

Mientras el estudio de la estática se remonta al tiempo de los filósofos griegos, la primera contribución importante a la dinámica fue hecha por Galileo (1564-1642). Los experimentos de Galileo sobre cuerpos uniformemente acelerados condujeron a Newton (1642-1727) a formular sus leyes fundamentales del movimiento.

La primera y tercera leyes de Newton del movimiento se usaron ampliamente en estática para estudiar a los cuerpos en reposo y las fuerzas que actuaban sobre ellos. Estas dos leyes se emplean también en dinámica; de hecho son suficientes para el estudio del movimiento de los cuerpos cuando no hay aceleración. Pero cuando los cuerpos están acelerados, es necesario utilizar la segunda ley de Newton para relacionar el movimiento del cuerpo con las fuerzas que actúan sobre él.



Isaac Newton (1642-1727) completó la estructura de la mecánica clásica.

② Nota del editor:

Las partes II y III de esta historia de la Ingeniería Mecánica se publicarán en nuestros números 20 y 21, respectivamente.