



leon preguntó lo que pensaba de ambos, dijo: «Cimarosa pone la estatua en el teatro y el pedestal en la orquesta, y Mozart hace lo contrario.»

El austriaco Haydn, Miguel Angel de la música, hizo una revolucion en la parte instrumental, que hasta entonces habia sido considerada como secundaria y como acompañamiento de la música vocal. Aprovechando la grande habilidad de sus compatriotas en el uso de los instrumentos músicos, creó la sinfonía con la perfeccion que dió á las diversas combinaciones de orquesta, y aún más todavía con descubrir la verdadera forma de las frases, de los periodos, de las dimensiones, convenientes á la música aislada de la poesía; forma en que se necesita suplir la palabra con una combinacion música que excite en el auditorio el sentimiento que el maestro se ha propuesto inspirar. Tal era la unidad del motivo, es decir, la eleccion de una fórmula melódica, ó solamente rítmica, que contuviese los gérmenes de acentos, los cuales se fueran desarrollando originados los unos por los otros, de suerte que el compositor pudiese sobre su tema ostentar todas las riquezas de la armonía, de la modulacion y de la sonoridad de la orquesta. Esta unidad sin monotonía es imposible en el drama por los frecuentes cambios de situacion; pero la música sin la letra necesita repetir muchas

veces las fórmulas melódicas á fin de que el auditorio pueda comprender la expresion que encierran y el sentimiento del compositor. Por lo demás, Haydn habituado, como dice Gretry, «á pintar sin objeto y sin ser guiado por el lenguaje peculiar de los distintos caracteres,» no tuvo buen éxito en los dramas, pues en ellos le era necesario someter sus ideas á las del poeta. Decia que á Inglaterra debia su fama, que no pudo obtener en su patria sino muy tarde: cosa muy comun.

Sus atrevimientos, sus acentos extraños y sus artificiosas transiciones, pervirtieron á los que trataron de imitarlo, los cuales llegaron por último á sofocar el canto con el acompañamiento rebuscando dificultades y pompas artísticas. Beethoven, de Bonn, tal vez sobrepujó en sublimidad á Haydn y Mozart; pero tanto él como Cramer carecen de unidad y naturalidad, y sustituyen los productos de su capricho á las más acertadas reglas. Así, despues que Gluck y Gretry meditaron la letra, buscaron su expresion rítmica, la declaracion natural, y la tomaron por base del canto, la música acabó por desprenderse totalmente de la letra, é invadió hasta la iglesia, donde habia tenido nacimiento. En Maver el canto continuó subordinado al acompañamiento; y se desterró el recitado, como se habia desterrado de los bocetos la línea recta.

## CAPITULO XII

### Ciencias.

Las matemáticas, poderosísimo instrumento analítico, se perfeccionaron hasta un punto increíble. Las discusiones suscitadas entre Newton y Leibntz acerca de la prioridad de sus descubrimientos, dividieron á los matemáticos del continente y á los ingleses, los cuales afirmaban que nada podia añadirse á las teorías de Newton; y habiéndose interrumpido con este motivo la recíproca comunicacion de conocimientos, experimentos y opiniones, la teoría de las fluxiones contribuyó poco á aumentar el imperio del espíritu humano sobre las combinaciones cuantitativas, hasta que las obras de los grandes matemáticos continentales vencieron al cabo las preocupaciones nacionales de los isleños y dieron origen á los trabajos de ilustres sabios. La *Harmonía mensarum* de Cotes, la *Miscelánea* de De Moivre, son honrosas excepciones. Es alabado tambien el *Método de los Incrementos*, y lleva su nombre una fórmula que sirve para explicar el desarrollo de cualquiera funcion. Maclaurin expuso ingeniosamente la doctrina del análisis; pero el teorema que lleva su nombre ha sido restituido á Stirling. El metafísico Berkley opuso varias objeciones al sistema de las fluxiones y al principio de los límites, deduciéndolas de la imperfeccion del lenguaje; pero D'Alembert demostró en el sentido más sencillo la aplicacion de la teoría de los límites, y asignó leyes

generales al movimiento de los sólidos y de los líquidos.

Julio Fagnani fué el primero que estudió las diferencias no reducibles á la cuadratura de las secciones cónicas, las cuales se refieren á la rectificacion de las elipses, de la hipérbola y de la lemniscata, y demuestra que dado un arco de esta curva, que es del cuarto grado, puede determinarse un arco de la elipse y otro de la hipérbola, que sumados son iguales á ella. Lorenzo Mascheroni, de Bérgamo, redujo al mero uso del compás todas las cuestiones de geometría elemental, presentando al mismo tiempo un conjunto de proposiciones enteramente nuevas, entre las cuales son especialmente dignas de atencion las que se refieren á la division del círculo. No falta quien elogie tambien sus investigaciones acerca del equilibrio de las bóvedas. El padre Gnido Grandi demostró geoméricamente los teoremas acerca de la logística y la logarítmica, y mediante ciertas curvas correlativas por él imaginadas, ayudó á resolver difíciles problemas sin el cálculo diferencial, y fué admirado por Newton y por Leibnitz. Nombrado matemático del gran duque, mostró su ingenio para la hidráulica.

Jorge Vega imprimió tablas de logarítmicos (1783 y 96), calculadas hasta con diez decimales: valiése de las de Vlacq, y refiere, que al paso que en Europa se habia agotado la edicion de éstas,



se hacia una reimpression de ellas en el palacio imperial de la China. No debemos pasar por alto las tablas de Gaspar Prony en diez y siete gruesos volúmenes todavía inéditos, calculadas segun la division decimal de la circunferencia del globo, que contienen los logaritmos de doscientos mil números, cien mil senos, otras tantas tangentes, unos con catorce, otros con veinticuatro cifras decimales y con cinco columnas de diferencia.

Finalmente, sujetáronse tambien al imperio de las reglas matemáticas los sucesos ó acaecimientos eventuales. Ya Pascal y Fermat habian intentado aplicar á los juegos de suerte el cálculo de las probabilidades, y despues Huyghens, determinando las combinaciones segun la analogía. Jacobo Bernoulli trató con más extension de este asunto, y luego Laplace lo redujo á cálculo, aplicable á multitud de nociones que salen de la esfera de una certidumbre absoluta, tratando de inquirir las contingencias futuras y de arrebatár la probabilidad de todos los acontecimientos á la casualidad, nombre que sólo expresa la ignorancia de las causas ó de todos los efectos. Ayudado de diez principios, intentó someter al raciocinio la esperanza, evidenciar la falsedad de ciertas ilusiones y preocupaciones vulgares, particularmente en los juegos, y patentizar que la prudencia es un cálculo, en el cual se tienen en cuenta hasta las particularidades más fugaces, que luego no recordaremos despues de haber fundado en ellas nuestras resoluciones. Fourier añadió á este cálculo el cómputo de las condiciones de desigualdad; Condorcet lo aplicó á los votos de los magistrados en las causas criminales; otros lo aplicaron á la lotería, y despues á las apuestas, en cuyo ramo se han distinguido principalmente los ingleses, á los empréstitos, á las anualidades y rentas vitalicias, á las elecciones, á los contratos de seguros; en suma, á una infinidad de problemas políticos y económicos.

La generalidad y simetría de que tenía necesidad el análisis de Euler, se hallaron en Monge y en Lagrange. Gaspar Monge de Beaune tiene el mérito singular de haber creado la *Geometría descriptiva*, concibiendo la teoría

y juntamente la práctica de las operaciones que resultan de la combinacion de las líneas, de los planos y de la superficie en el espacio; así como de la generacion de las cantidades geométricas considerada en las proyecciones de las líneas nació la geometría descriptiva, del mismo modo, considerándola en sus intersecciones, nació la geometría de las transversales debida á Carnot.

Lacroix recopiló y publicó los trabajos de muchos matemáticos acerca del cálculo diferencial ó integral. Lhuillier intentó elevarse á la parte metafísica de este cálculo, reduciendo todas sus circunstancias á la consideracion de los límites; y finalmente, Luis Lagrange, natural de Turin, publicó su «Teoría de las funciones analíticas.» Examinando Lagrange á la edad de 19 años la obra de Euler acerca de los insoperímetros, satisfizo los deseos de este insigne matemático presentando un método de cálculo independiente de toda consideracion geométrica, y logró generalizar á todos los problemas de mecánica el teorema del mismo Euler acerca de la nueva propiedad del movimiento de los cuerpos aislados («Principio de la mínima accion.») Euler proclamó los descubrimientos de su jóven émulo, con el nombre de «Método de las variaciones;» y habiéndose atraído Lagrange con este motivo la admiracion de toda Europa, siguió cultivando con ahinco las matemáticas sublimes. Franco y sencillo en su trato, «filósofo sin estrépito,» como lo apellidaba Federico II, impulsó á la envidia respeto, ya que no estimacion. En su «Teoría,» atento siempre á generalizar los principios, se remontó á la metafísica de las funciones primitivas y derivadas, reduciéndolo todo á investigaciones algebraicas elementales, separando del análisis toda idea de infinitésimos, de fluxiones, de límites, y despojando las fórmulas de las construcciones complicadas que tanto perjudican á la elegancia y uniformidad de las resoluciones. Así mereció ser apellidado el Racine de los matemáticos, por haber asociado la elegancia de las formas á la generalidad del método y á la unidad de los conceptos, de tal manera, que su estilo se tiene por clásico en la ciencia.

Habiendo publicado Gauss (1801) sus «Inves-



tigaciones aritméticas,» acompañadas de un método original para la resolucion de las ecuaciones que tienen un número primo por exponente de su grado, prendóse Lagrange de este trabajo, y reformando los principios que anteriormente habia establecido para la resolucion general de las ecuaciones, mejoró la teoría del matemático alemán, haciéndola independiente de las ecuaciones, y librándola de los inconvenientes de las raíces ambiguas.

La «Historia de las matemáticas,» de Montucla, á pesar de los varios errores que contiene y de sus muchas omisiones, es un precioso monumento; en el prefacio, sobre todo, se encuentran ideas muy juiciosas. El veronés Pedro Cossali (1815), en su laboriosa «Historia del álgebra,» no ménos cansada por la rudeza del estilo que por las continuas divagaciones, ha reparado sin embargo, los desvarios en que incurrió Montucla al hablar de Italia.

Los ingleses, respecto de la dinámica se atuvieron tambien á la letra de los principios, aunque las cuestiones más complejas que surgieron despues no pudieron resolverse sistemáticamente por los mismos medios y en la misma forma de donde resultó el buscarlos más generales y proporcionados.

A principios del siglo pasado, caso raro entre matemáticos, ocurrió una disputa acerca de los principios relativos á las fuerzas vivas, esto es, al modo de calcular la fuerza de los cuerpos puestos en movimiento. Los matemáticos alemanes, italianos y holandeses, adoptaron la opinion de Leibnitz y Bernoulli, mientras que los ingleses se atuvieron á los métodos antiguos; mas como ambas partes llegaban, aunque por diferente camino, á un mismo resultado, todo podia reducirse á una mera cuestion metafísica, y tanto daba calcular las fuerzas por el cuadrado de la velocidad, como por las velocidades simples. D'Alembert cortó las cuestiones relativas al cálculo de las fuerzas reduciendo los más intrincados problemas de dinámica á meros problemas de estática.

Otra discusion se suscitó acerca del principio de la mínima accion, proclamado por Maupertuis y atribuido por otros á Leibnitz ó á König. La mecánica de Euler ofrece el conjun-

to de investigaciones analíticas mejor elaborado que hasta entonces se habia visto.

Lagrange demostró cuán fecundo era el principio de las velocidades virtuales descubierto por Galileo, fundando en él su *Mecánica analítica* (1788); y combinándolo con el de D'Alembert y con el cálculo de las variaciones, lo aplicó á todas las circunstancias del equilibrio y del movimiento, y redujo su teoría á fórmulas generales, cuyo simple desarrollo ofrece las ecuaciones necesarias para la resolucion de esta clase de problemas.

Por lo tocante á la balística, Belidor, que pretendia reducir todos los problemas á la teoría de la parábola, fué refutado por Benjamin Robins, el cual calculó mejor la resistencia del aire; pero Hutton alcanzó mayor exactitud todavía disparando los cañones contra péndulos balísticos (1790). Este problema de las trayectorias ha sido uno de los más agitados, por lo mismo que es muy difícil, y Borde intentó resolver todos los problemas de balística, especialmente el del verdadero alcance de las diferentes piezas de artillería. Luego que La Hire hubo determinado experimentalmente la fuerza de todos los músculos, Lambert y Coulomb extendieron sus investigaciones, suministrando medios de calcular la cantidad de accion ó la fuerza de hombres y caballos.

Jacobo Vaucanson, célebre por sus autómatas, inventó y perfeccionó máquinas para hilar seda. Habiendo llegado á entender los artesanos de Lyon de Francia que pensaba simplificar el telar, lo apedrearon; y él, en venganza, inventó una máquina que hacia tejidos labrados de flores, movida por un asno. Sabida es la manera que tuvo luego Jacquard de resolver el problema.

Con respecto á la hidrostática, Newton no habia explicado bien por qué razon la cantidad de agua que sale por un caño estrecho, abierto en el fondo de un cilindro, llega apenas á las cinco octavas partes de la que deberia caer con arreglo á los principios teóricos. Daniel Bernoulli, D'Alembert, Euler y Lagrange estudiaron este problema, pero sin conseguir la conformidad del cálculo con la experiencia.

Mejores resultados se obtuvieron en la apli-



cacion de los principios hidrostáticos á la arquitectura naval. Duhamel logró establecer en Francia una escuela de esta clase; Oliver perfeccionó todo género de construcciones navales, y varió la forma de la quilla y la distribución de las baterías en las fragatas. D. Jorge Juan y de Bouguer contribuyeron con nuevas luces al progreso de este ramo; y aunque el último no sabía matemáticas, simplificó las teorías hidráulicas y demostró un teorema sumamente útil acerca del centro de gravedad de los cuerpos flotantes (*metacentro*). La arquitectura hidráulica de Belidor es un tesoro de máquinas y de investigaciones: la naval se mejoró en la guerra de la independencia americana, en la que se colocó artillería en buques pequeños y el *Real Luis*, francés, llevaba piezas de cuarenta y ocho.

Smeaton hizo varios experimentos acerca de la acción de los fluidos en los molinos, deduciendo una teoría que después completaron Lagerhjelm y Forselles (1811-1815). Los experimentos de Coulomb sobre los *atritos* fueron confirmados por los de Tredgol y por otros muy recientes del capitán Morin. Bossut estudió la resistencia del agua en los canales estrechos. vory logró al cabo simplificar la complicada fórmula de Laplace, acerca de la atracción capilar, y Pessuti la hizo inteligible aun para aquellos que apenas hayan saludado la ciencia. El antedicho Bouguer trató nuevamente la teoría de las elevaciones medidas con el barómetro; Deluc corrigió después los defectos de los instrumentos, y Ramon determinó, por último, el coeficiente constante que lleva su nombre.

Los italianos pueden gloriarse de haber hecho buenas aplicaciones en esta ciencia. El bolonés Domingo Guglielmini hizo progresar con su obra de *La naturaleza de los ríos* la práctica de la hidrometría, y fué buscado para arreglar el curso de algunos ríos y decidir varias controversias. Leonardo Jimenez, siciliano, á quien consultaban los venecianos para todas sus obras hidráulicas, publicó en Florencia una nueva *Colección de autores que han tratado del movimiento de las aguas* (1766). El conde Jacobo Riccati, veneciano, aplicó sus muchos conocimientos matemáticos á los ríos de su país

á las lagunas, y rivalizando en estudios con Bernoulli, Leibnitz y Vallisnieri, dió un *Ensayo acerca del sistema del universo*. Entre sus hijos, todos muy aplicados al estudio, distinguiremos á Jordano, gran arquitecto, matemático y músico.

Zendrini, natural de Brescia, sugirió á los mismos venecianos la idea de edificar sus famosas murallas, la manera de mejorar el puerto y el aire de Viareggio y de Rávena, y abogó por Ferrara en su acaloradísima cuestión con Bolonia acerca de la dirección del Rhin, cuestión que también dió mucho que hacer á Eustaquio Manfredi, poeta y astrónomo. Los cálculos de los cuatro tomos de sus efemérides son obra de sus hermanas Magdalena y Teresa.

El milanés Antonio Lecchi escribió acerca de los canales navegables y en la «Hidrostatica examinada en sus principios» (1765), que es la obra más completa que poseemos sobre esta materia, evita los cálculos para atenerse únicamente á la práctica. Su compatriota Pablo Frisi, que escribió sobre varios puntos de matemáticas y astronomía, trabajó mucho también en la hidrostatica y en la canalización. Los venecianos Riccati aplicaron sus grandes conocimientos matemáticos á los ríos y lagunas de su patria rivalizando en sus estudios con los hermanos Bernoulli, con Leibnitz y con Vallisnieri. Juan Poleni, también veneciano, ilustró con eruditos comentarios á Frontino *De aqueductibus*, y á Vitrubio, y fué de los primeros en descubrir empíricamente las leyes del flujo de las aguas reconociendo la contracción de las vetas y la relación que existe entre los tubos, los agujeros y la altura del líquido.

Ya la Condamine y los demás mártires de la ciencia, habían medido el meridiano; y hemos visto los cuidados que emplearon para determinar exactamente la figura de la tierra. Para comodidad de los gobiernos hizo que se extendieran las redes trigonométricas, y por este medio se midieron arcos de meridiano en diversas latitudes. Maskelyne y el baron de Zach determinaron la atracción que ejercen las montañas, y Cavendish averiguó la densidad media de la tierra. En Kieff se había levantado un grandísimo sector para observar el paso de



las estrellas; y Jacobo Bradley, cuando ayudado por Molineux estudiaba allí la paralaje de una estrella fija, observó que se inclinaba primero al Mediodía y después volvía al Norte por una declinación de cuarenta segundos. Este fenómeno le condujo de hipótesis en hipótesis hasta sospechar que aquellas apariencias provendrían del movimiento progresivo de la luz combinado con el de la tierra. De este modo descubrió la aberración de las estrellas, demostrada después en los ensayos de Simpson, y la nutación del eje de la tierra, proveniente la primera de la velocidad finita de la luz, y la segunda de la gravitación. Bradley había sido auxiliado por Römer, que ya antes por medio de constantes observaciones acerca de los eclipses de los satélites de Júpiter, había llegado á descubrir el movimiento progresivo de la luz y á medir su velocidad. Después de haber descubierto Bradley la aberración de las estrellas y la nutación de la tierra, parecía imposible que nuevos descubrimientos viniesen á cambiar la faz de la ciencia, que se redujo desde entonces á determinar la verdad exactamente.

Kepler había adivinado que los movimientos de los astros debían estar relacionados entre sí por medio de leyes sencillas; pero faltaba buscar una causa física bastante para hacer correr líneas curvas á los planetas, y fundar en esta causa, no ya en cielos sólidos el principio de la conservación del mundo, extendiendo á las revoluciones sidéreas los dogmas fundamentales de la mecánica de los cuerpos. Esto fué lo que hizo Newton.

Extendiendo á toda la materia la ley newtoniana de la gravitación, patentizábase que los planetas no sólo son atraídos por el sol, sino que se atraen también recíprocamente; por donde conocieron los astrónomos, que con las curvas de Kepler no podrían nunca representarse exactamente los movimientos de los cuerpos celestes que la astronomía mitológica había concebido regularísimos en su carrera, al paso que semejante complicación de fuerzas los perturbaba perpétuamente. Newton había tratado de señalar leyes á algunas curvas, pero los problemas que trataba de resolver no eran solubles con el algoritmo de su tiempo. Ca-

landrini, profesor de matemáticas en Ginebra, ayudando al arreglo de la edición que los jesuitas hicieron de los *Principios* de Newton, mejoró la teoría de éste acerca de la luna; después Stewart, profesor de Edimburgo: siguiendo un método puramente geométrico, descubrió el verdadero movimiento de la línea de los abscisas, y Walmesley dió el análisis del movimiento del apogeo lunar.

Si un astro, la luna, por ejemplo, gravita únicamente hácia el centro de la tierra, describirá una elipse; pero si al mismo tiempo es atraído por el sol, se aumentarán ó disminuirán las dimensiones de la órbita primitiva, resultando de aquí una complicación que á primera vista parecerá desorden. Esta consideración dió origen al *Problema de los tres cuerpos*, no tratado ni aun siquiera analíticamente por Newton, y que por primera vez resolvió Clairaut, abarcando todos los movimientos subordinados de la luna, confirmando más y más la sencilla ley de la gravitación, y desarrollando el principio de las perturbaciones. Sabedor de esto Euler, emprendió las mismas investigaciones por diferente método, y obtuvo idénticos resultados, como sucedió luego á D'Alembert, Mayer y Simpson.

De este modo se conquistaron hasta las partes menos accesibles del campo abierto por Newton, distinguiéndose en tal empresa, además de los sabios mencionados, Lagrange, Laplace y otros varios, que al compás que se extendían y generalizaban los procedimientos del cálculo analítico, completaron la teoría de la atracción, examinando las mareas, las desigualdades lunares, el movimiento de los cometas y la verdadera figura de la tierra, con lo cual quedó victoriosamente asentada la ley de la atracción.

Entonces se trató de perfeccionar las tablas lunares, tan importantes para averiguar las longitudes en el mar; y salieron bastante exactas las de Clairaut, y más las de Mayer, de Gotinga, que fueron compradas por la sección de longitudes de Londres y publicadas en 1770, bajo la dirección de Maskelyne.

Del descubrimiento de la precesión de los equinoccios, debido á Hiparco, se deducían dos