



## CAPÍTULO TRIGÉSIMO

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Los grandes problemas de las ciencias exactas, físicas y naturales se habían planteado ya con toda precisión durante el último tercio del siglo décimo-octavo y primera mitad del décimo-noveno, período de alta investigación filosófica y de vivas polémicas, encaminadas á esclarecer los principios fundamentales de aquellas ciencias, y que sirvió de preparación al contemporáneo que vamos á examinar y en que un pormenor mucho más rico, elaborado diaria y afanosamente, sirve de cimiento á una obra menos brillante, pero sin duda más sólida que la del que le precedió. Este período contemporáneo se caracteriza, además, por la aplicación de las conquistas científicas á las múltiples necesidades de la vida humana, en cuya benéfica labor toman parte hasta los varones más afamados por el alto vuelo de sus investigaciones especulativas.

Por lo que toca á las ciencias matemáticas, Francia pierde, durante la segunda mitad del siglo á que nos contraemos, la superioridad indudable sobre todos los pueblos que alcanzara en la primera, no sabiéndose inspirar en el verdadero espíritu de aquellas para crear nuevos derroteros. No por eso la Academia de Ciencias de París deja de continuar presentando un conjunto de nombres verdaderamente ilustres, entre los cuales bastará recordar los de Delaunay, los hermanos Bertrand, Serret, Barré de Saint-Venant y algunos otros, familiares á las personas dedicadas á este linaje de estudios; pero, á pesar de la obra de varones tan eminentes, aquel famoso centro no es ya el foco ó la escuela por excelencia de la ciencia matemática desde que, en otras naciones, surgen individuali-

dades vigorosas, cuya influencia es tan valiosa como la de toda la Academia de Ciencias francesa.

Jacobo José Sylvester y Arturo Cayley, los dos matemáticos ingleses de su siglo, dejaron honda huella en todas las ramas de la ciencia, pero muy especialmente en el Álgebra, debiéndose á ellos la teoría de las *invariantes*, que aunque se hallaba realmente en germen en los trabajos de Lagrange y de Gauss, fué sistematizada por aquéllos y muy especialmente por Sylvester. Y ya que, á nuestro pesar, tenemos que entrar, siquiera sea someramente, en el difícil campo de la algoritmia, permítasenos recordar los importantes perfeccionamientos que la teoría de las funciones elípticas recibió con la consideración de las funciones modulares que introdujo Hermite en mil ochocientos cincuenta y ocho; los resultados obtenidos por Halphen sobre las invariantes diferenciales; la aplicación de la teoría de los grupos á la integración de las ecuaciones diferenciales y al estudio de las funciones definidas por sus ecuaciones, objeto de los famosos trabajos de Henri Poincaré, nacido en mil ochocientos cincuenta y cuatro; los grandes progresos, en fin, realizados en la teoría general de las funciones por Schwarz, nacido en mil ochocientos cuarenta y cinco, Mittag-Leffler, en mil ochocientos cuarenta y seis, y el mismo Poincaré....

Cristiano von Staud, de mil ochocientos cincuenta y cuatro á mil ochocientos sesenta, enriqueció la Geometría con transcendentales concepciones. Para él, el número no es en esta ciencia otra cosa que la pura determinación de un punto, y en este orden de ideas, llegó á dar una representación completa de las imaginarias en Geometría descriptiva. Cremona, célebre profesor de Bolonia, Milán y Roma, creó la teoría de la afinidad de las curvas algebraicas, extendiendo más tarde sus principios á las tres dimensiones. Obra fué también por entonces de varios sabios, vulgarizada por Helmholtz en mil ochocientos sesenta y ocho, la noción de la curvatura positiva, nula ó negativa, de un espacio de  $n$  dimensiones, que llevó á la conclusión de la posibilidad de una Geometría de tres dimensiones, en que se cortaran todas las rectas de un plano y en que la distancia de dos puntos se hallaría sujeta á un máximo determinado. Sin entrar en mayores detalles, señalamos en general, como carácter de la moderna Geometría, el número y alcance de los trabajos encaminados á un género de investigaciones cuya idea fundamental hubiera sido rechazada, sin duda, por la generación precedente, y que no llegaron á abrirse camino sin rudas polémicas y protestas vivísimas por parte de los espíritus apegados á la tradición.

El sistema de la ciencia mecánica quedó codificado en la primera mitad del siglo décimo-noveno, y aún comenzaron á consagrarse los doctos á aplicarlo á la Física y á la Astronomía. En esta vía, han sido grandes los progresos de la ciencia contemporánea. Lamé ha seguido aplicando sus trabajos sobre la teoría mecánica del calor á la de la elasticidad, consiguiendo un nuevo triunfo. Trabajos matemáticos considerables se han

BIBLIOTECA ALFONSO  
 D. A. N. L.  
 CAPITULO TRIGESIMO

realizado en los últimos treinta años del siglo sobre la cuestión de la propagación de las ondas, el estudio de los movimientos de la atmósfera, la teoría cinética de los gases, la acústica, la óptica y el electro-magnetismo: asuntos que abrazan en realidad el campo de la Física entera, y de cuyo desarrollo es de esperar en el porvenir una Física matemática alcanzando una forma racional definitiva, de que hoy carece. En Astronomía matemática, merecen citarse las investigaciones de Maxwell y Peirce, probando la imposibilidad de la existencia de los anillos de Saturno de otro modo que como un conjunto de partes no ligadas entre sí; los progresos en la teoría de los movimientos de la luna y la nueva forma de la hipótesis atómica, así como la de anillos fluidos móviles en un medio fluido también, desarrollada por Z. J. Thomson y que tan alta trascendencia cosmogónica alcanza.

Respecto al grandioso problema de la formación del Universo, la teoría nebular de Kant y Laplace, expuesta en el tomo anterior (capítulo trigésimo), imperó en absoluto hasta la época contemporánea. Modernamente, otra teoría, la llamada meteorítica, intenta sustituir á aquella recabando de día en día mayor número de adeptos. Tal como sir Norman Lockyer la ha formulado en su libro «Lugar del Sol en la Naturaleza», la etapa primitiva ó nebular del desarrollo de los cuerpos cósmicos no fué una masa de gas caliente, sino un enjambre de meteoritos fríos, es decir, de partículas ó pequeñas masas de materia sólida. Estos fragmentos de metal ó de piedra, que precipitándose accidentalmente en la atmósfera terrestre nos dan el espectáculo tan conocido de las estrellas fugaces, caen diariamente, según cálculo del profesor H. A. Newton, en número de unos quince millones en la superficie de nuestro globo, y es fácil inferir el enorme número en que se precipitarán en los límites del sistema solar. Están sujetos estos cuerpecillos, á pesar de su pequeñez, á las mismas leyes de la atracción que rigen los movimientos de los cuerpos celestes, girando en torno del sol, reunidos de vez en cuando en enjambres que se mueven en grandes órbitas elípticas. Semejante materia meteórica debe hallarse esparcida por todo el espacio interestelar y sujeta al influjo de los grandes astros en las zonas cercanas á ellos; pero las partículas alejadas se buscarán entre sí por la atracción mutua y se reunirán en vastas nubes, si son suficientemente numerosas. Llama Lockyer *nébulas* á estas enormes nubes de meteoritos, que se mueven, condensándose la masa entera lentamente, por la fuerza de la gravitación. En sus movimientos, los corpúsculos chocan unos con otros, originando un calor suficiente para volatilizar algunos de sus elementos, particularmente el hidrógeno, que en todas partes se encuentra, haciéndose entonces luminosos. Los trabajos espectroscópicos y fotográficos del citado cosmógrafo le han llevado á la consecuencia de que la temperatura general de las nébulas es baja, y de que ofrecen abundantes detalles de estructura en haces, espirales y bandas curvas, indicadores de que toda la masa nebulosa, cualquiera que sea la materia que

las constituya, ofrece un estado de violenta turbulencia interna. Precisamente en estas dos consecuencias se encuentran las condiciones que reclama la nueva teoría.

Tienen las nébulas que condensarse por la fuerza de la gravitación universal, y conforme se hacen más compactas, los movimientos internos se vuelven más rápidos y más violentas las colisiones, y como consecuencia, se eleva la temperatura de la masa que se condensa. Comenzarán entonces á hacerse gaseosas y luminosas las substancias menos fusibles de las que componen los meteoritos, y la nébula entrará en una segunda etapa de su evolución, convirtiéndose la masa en lo que se llama una estrella roja. Este agregado de piedras calientes, aún sueltas, envueltas en los gases que se han desprendido de ellas, se sigue calentando por virtud del trabajo ulterior de condensación, hasta que la masa entera se hace gaseosa: entonces pasa á constituir una estrella amarilla, á cuyo grupo pertenece el sol. No ha llegado todavía en esta fase al límite de condensación; sino que, obedeciendo á la ley de los gases perfectos, sigue calentándose y haciéndose más brillante conforme se contrae, y cuando alcanza la temperatura más elevada posible, aparece al observador como una estrella de un blanco azulado, cual Sirio, por ejemplo, ofreciendo como rasgo característico de su espectro el predominio de la raya del hidrógeno. Este proceso de condensación, del cual es efecto la temperatura de la estrella, llegará á cierto punto del que no podrá pasar, limitándose entonces á reparar las pérdidas ocasionadas por la continua radiación de calor en el espacio. En pocos millones de años, la estrella azul degenerará en amarilla; luego llegará un momento en que la densidad de ésta sea tal que no consienta mayor contracción, y como el origen de su calor se habrá agotado, se enfriará entonces continua y rápidamente.

La teoría meteorítica tiene á su lado un grupo considerable de astrónomos y físicos, que la aceptan, por lo menos, en sus hipótesis fundamentales; pues en el estado actual de la ciencia, tropieza con grandes dificultades la antigua hipótesis de un gas originariamente incandescente y enfriándose al condensarse, de modo que el sol resultante, aún estando caliente, se debe suponer que posee una temperatura infinitamente más baja que la nébula. Hoy se sabe, por el contrario, que un gas perfecto, al condensarse, se calienta, no se enfría.

En punto á la Astronomía de observación, uno de los descubrimientos que más cautivaron la atención fué el de una multitud de pequeños planetas entre Marte y Júpiter, contándose hasta ciento doce en mil ochocientos setenta. Los singulares canales rectilíneos de Marte, objeto de tantas controversias, tuvieron al fin, por parte de Schiaparelli, una explicación racional y generalmente aceptada. Mas lo que sobre todo caracteriza á esta rama de la ciencia, en la época contemporánea, es el desarrollo creciente de sus medios de investigación y el tomar un carácter internacional, bien manifiesto en la gigantesca empresa de obtener la carta del cielo por medio de la fotografía.

La Física, la ciencia por excelencia del siglo décimo-noveno, ya había alcanzado verdadero esplendor antes del año mil ochocientos cuarenta y ocho, quedando formulada la gran ley que sintetiza toda la disciplina de que tratamos bajo el concepto de la «conservación de la energía». Como complemento de la hermosa síntesis, se formuló también la de la transformación de unos en otros de los fenómenos caloríficos, ópticos y electromagnéticos. Transportados así á la mecánica todos los problemas de la Física, estos se plantean cada vez con un carácter más matemático, y al mismo tiempo que la ciencia parece emprender así una marcha más especulativa, se multiplican por otro lado sus aplicaciones.

Se admitía que ninguna acción mecánica exterior puede ejercerse sin sobrevenir una pérdida de trabajo, que se atribuía á las fuerzas interiores, esto es, á las llamadas resistencias pasivas; pero el descubrimiento del equivalente mecánico del calor reveló que el supuesto trabajo perdido corresponde, al contrario, en gran parte á un aumento de energía, aportado por elementos materiales demasiado pequeños para que su movimiento pueda medirse directamente, aumento que solamente bajo la forma de calor puede hacerse perceptible á nuestros sentidos. El calor se cambia, á su vez, en trabajo mecánico, y de esta suerte la energía correspondiente no se pierde nunca en la Naturaleza. Para enunciar este grandioso teorema de la Mecánica racional; consideremos un conjunto de cuerpos en los que no obre la acción de las fuerzas exteriores. La energía de este conjunto será constante, á condición de descomponerse en otras dos: una actual ó viva, que corresponde á los movimientos de las partes, sonoros, térmicos, luminosos ó eléctricos, y otra virtual, que depende de la posición de cada uno de los elementos del cuerpo. Semejante concepto y los términos para designar estas dos formas de energía se han hecho usuales entre los sabios, y parece increíble á primera vista la influencia que concepción de carácter tan abstracto ha tenido en todo el desarrollo de esta ciencia, incluso en sus aplicaciones que hoy nos son más familiares.

No es, sin embargo, en el estudio del calor, ya poderosamente desenvuelto en la primera mitad del siglo décimo-noveno, según vimos en el tomo anterior, sino en el de la electricidad, donde radican los grandes progresos de la Física contemporánea. Rápidamente se desarrolló la telegrafía, y comenzó á pensarse en la posibilidad, por mucho tiempo conceptuada una quimera, de cruzar el Atlántico con un cable submarino que estableciese la comunicación entre el Antiguo y el Nuevo Mundo. Muchas tentativas infructuosas hicieron creer al público que se trataba de uno de tantos problemas de puro interés teórico, sin aplicación práctica, cuando en mil ochocientos sesenta y seis, el sueño se vió convertido en una de las realidades más maravillosas que haya logrado la inteligencia humana. Aunque obra de muchos sabios, merece citarse especialmente entre ellos á William Thomson, ya conocido antes como hábil matemático, y que luego se distin-

guió como inventor de los aparatos más ingeniosos y precisos para la recepción de los signos telegráficos y de la infinidad de detalles que demandaba el desarrollo de la telegrafía. Se ha dicho, con razón, que no podemos soñar todavía todas las aplicaciones de que será susceptible la electricidad en manos de las generaciones futuras, ni el cambio radical que introducirán en la vida y costumbres de los pueblos; por lo que el período científico de la segunda mitad del siglo décimo-noveno, en que se vencieron los obstáculos y se iniciaron aquellas aplicaciones, dejará memoria gloriosa é imperecedera en los fastos de la Historia.

No menos laboriosa que la de la telegrafía, ha sido la invención del alumbrado eléctrico. Se sabía, hacía tiempo, que la electricidad dinámica se transporta á lo largo de un alambre llevando consigo una fuerza motriz teóricamente ilimitada; por otra parte, desde el descubrimiento de la inducción, debido á Faraday, se conocía el modo de producirse la electricidad por medio del movimiento. Faltaba sólo combinar estos factores en un solo aparato para hacer utilizable aquel agente. Pixú y Clarke resolvieron en teoría el problema en sus máquinas, logrando substituir la pila y, por tanto, el zinc y el ácido, por el carbón quemado en una caldera, es decir, obtener electricidad más barata, aunque no tanto como lo solicitaba la industria, por la imperfección de aquellos primeros intentos. Gramme, ingeniero belga, construyó más tarde el *dinamo* ya práctico, que perfeccionado después por él mismo, ha servido de punto de partida á otros muchos, cada vez más económicos, desde que la invención de los aparatos transformadores, en mil ochocientos ochenta y cuatro, ha permitido emplearlos en las lámparas de incandescencia, de que nos ocuparemos en breve. Lo esencial de la invención de Gramme, ó sea el *dinamo*, consiste en la realización de una máquina de energía reversible, es decir, que si por acción mecánica produce una corriente eléctrica, puede, asimismo, accionada por una corriente eléctrica, originar un trabajo mecánico. Primeramente, no se vió en este descubrimiento más que el medio de obtener la luz eléctrica en condiciones industriales y prácticas; pero no se escapó á la sagacidad de aquel docto que estaba resuelto también el trascendental problema del transporte de la fuerza á distancia, tan anhelado por la industria. Marcelo Desprez determinó por medio de experiencias las condiciones que había que realizar para lograr este transporte, y se pudo en breve utilizar las cascadas naturales para el alumbrado de las poblaciones.

Son innumerables las modificaciones introducidas en los aparatos destinados á producir luz eléctrica con la corriente obtenida en grande por los dinamos, y en pequeño por las pilas ó los acumuladores. Las lámparas eléctricas de arco voltaico suelen emplearse con preferencia para el alumbrado en las grandes poblaciones, obteniéndose con las más perfectas una iluminación constante, á lo cual contribuye la producción de una corriente que no sufra grandes intermitencias en su intensidad. Cuando se disponen las barritas de

