



En 1991, con su antigua alumna Margaret Thatcher.

nes sobre la insulina han durado tanto tiempo que la línea que separa a los autores de aquellos que contribuyeron a su resolución es necesariamente arbitraria”.

En su empeño por compartir el mérito, escribió a Walter Sullivan del *The New York Times* que le había atribuido toda la gloria del descubrimiento lo siguiente: “Casi tengo 60 años y tuve muchos honores y fama, el análisis por cristalografía de rayos-X necesita muchos talentos, mucho tiempo, cuidado e inteligencia y es una suerte haber encontrado a tantos jóvenes deseando dedicar años de sus vidas a resolver problemas tan difíciles y fascinantes como el de la insulina”.

A pesar de ello y sin lugar a dudas fue, con su tesón y dedicación, conocimientos, imaginación e inteligencia, la artífice de tal descubrimiento.

A partir de aquel momento numerosos investigadores se dedicaron a tratar de comprender el papel biológico de la insulina, tarea en la que Dorothy no quiso involucrarse. Blundell, Dodson y un visitante americano, Dan Mercola, reflexionaron sobre el significado químico y biológico de la estructura y escribieron un artículo de revisión en *Advances in Protein Chemistry*, que apareció en 1972. El nombre de Dorothy estaba en el artículo, aunque ella no quería, ya que sólo había redactado una introducción preliminar que pensaba ampliar cuando el editor les devolviera el artículo con correcciones. El manuscrito fue aceptado tal cual, convirtiéndose en uno de los más citados de la literatura científica.

Dorothy continuaría trabajando para refinar la estructura. Cuando finalmente se retiró en 1977, el grupo se había disgregado. Blundell en Sussex en 1974, Dodson y Eleanor en York en 1976, y los demás de vuelta a sus países.

Para celebrar los 50 años del descubrimiento de Banting y Best del papel de la insulina en el tratamiento de la diabetes, dió una charla en la Asociación Diabética Americana y su última publicación apareció en 1988 en *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Era un artículo de 87 páginas de 13 autores, en el que se describían con una resolución de 1.5 Å y exquisito detalle todas y cada una de las posiciones de los áto-

mos en la molécula, además de las moléculas de agua que se situaban en los huecos de la proteína. Su principal colaborador en ese último cometido fue Guy Dodson. El trabajo de Dorothy sobre la insulina es quizás la mejor ilustración de que se acercaba a la ciencia con alma de artista.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTSCH MCGRAYNE, S.: *Nobel Prize Women in Science*. Joseph Henry Press, London, 2001.
- CURIE, E.: *La vida heroica de María Curie*. Editorial Planeta de Agostini, Barcelona, 1995.
- FERRY, G.: *Dorothy Hodgkin, A Life*. Granta Books, Londres, 1998.
- FÖLSING, U.: *Mujeres Premios Nobel*. Alianza Editorial, Madrid, 1992.
- DODSON, G.G., GLUSKER, J.P., RAMASESHKAN, S. y VENKATESAN, K. (Editores): *The collected works of Dorothy Crowfoot-Hodgkin*, 3 vols. Indian Academy of Sciences, Bangalore, 1994.
- LEWIN SIME, R.: *Lise Meitner. A Life in Physics*. University of California, Berkeley, 1996.
- SÁNCHEZ RON, J. M.: *Marie Curie y su tiempo*. Drakontos-Crítica, Madrid, 2000.
- SOLSONA i PAIRÓ, N.: *Mujeres científicas de todos los tiempos*. Editorial Talasa, Madrid, 1997.

Rosa M.^a Claramunt Vallespí
Dpto. de Química Orgánica
y Biología

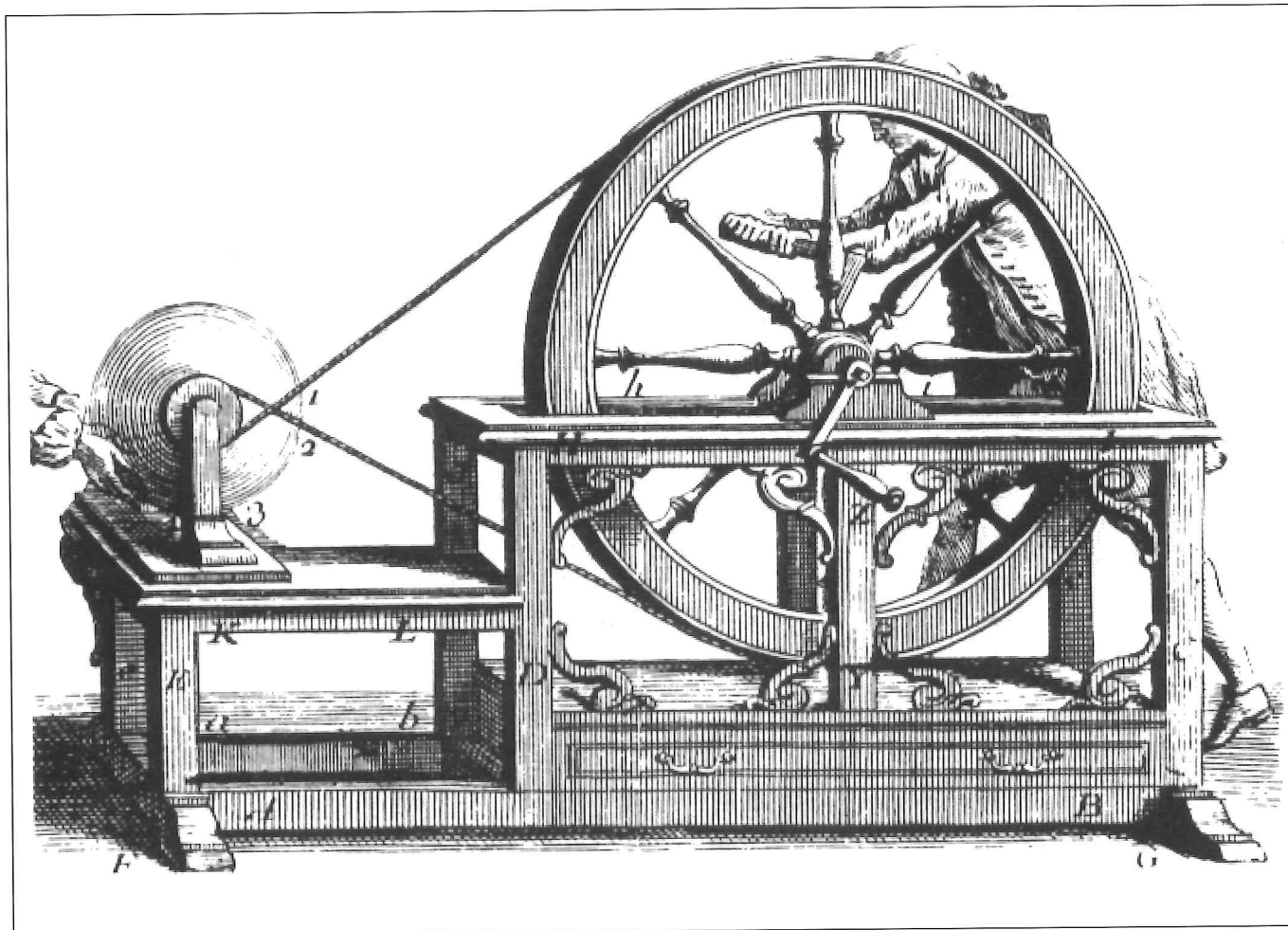
COLABORACIONES CIENTÍFICAS DE OTRAS RAMAS DEL SABER

Matemáticas y Física en la Corte madrileña

El artículo se centra en la enseñanza de las ciencias en un centro de especial relevancia: los Reales Estudios de San Isidro de Madrid. El período elegido, que coincide con el de mayor esplendor de esta institución, y probablemente de la historia de la ciencia espa-

ñola, es el de la Ilustración, aunque se harán referencias a épocas anteriores y posteriores. Analizando este caso podremos extraer algunas conclusiones sobre cuestiones y problemas relacionados con la ciencia ilustrada en general, y, en particular, con el caso español.

Entre estas peculiaridades de la época destaca, como se podrá comprobar, que la enseñanza de la ciencia debía acompañarse, en correspondencia con la imperante filosofía empirista, de demostraciones experimentales que, además, exigían la disposición de



Primer modelo de máquina eléctrica empleada en los RR.EE., según Nollet, Essai (1750).

nutridas y costosas colecciones de instrumentos y aparatos científicos.

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en el año 1770 en Madrid, momento en el que Carlos III llevaba al frente de la Corona española once años. Desde hacía algún tiempo se venía planteando la necesidad de la reforma de la enseñanza, en particular la ofrecida en las universidades, como un elemento más del proceso de modernización del país. Con el nombramiento de Aranda como presidente del Consejo de Castilla (1766) la reforma, que pasaba por la expulsión de los jesuitas, era ya inevitable.

Si atendemos a la situación de las ciencias en los centros universitarios que podían estar afectados por estos cambios, éstas se impartían en la Facultad de Artes, que ofrecían los cursos preparatorios

para las facultades mayores, la de Teología, la de Medicina y la de Leyes. Se trataba, pues, de una universidad adaptada al mercado laboral (las ciencias, por su parte, contaban con escasas expectativas profesionales). Entre los cambios previstos se pretendía introducir una física moderna, que era la que venía impartándose en las universidades de Inglaterra y del norte de Europa. Esta física se llamaría *física experimental*, y contaba con varias ventajas:

- representaba una alternativa frente a la física aristotélica;
- ejemplificaba como ninguna otra rama científica los presupuestos de la filosofía empirista (el principio y el fundamento del conocimiento es la información sensorial) y
- de su estudio podían derivarse, al menos eso se creía, aplicaciones útiles, algo que comenzaba a tenerse en cuenta en la

época en la que se estaban dando los primeros pasos de la Revolución Industrial, eso sí, fuera de España.

Las reformas universitarias fracasaron. Para compensar esta adversidad el Consejo decidió fundar en Madrid en 1770 unos Reales Estudios, cuyo cometido sería poner en práctica los proyectos reformistas. Aquí es donde se incorporarían los estudios actualizados correspondientes tanto a la física experimental como a las matemáticas.

EL PROGRAMA CIENTÍFICO

Según el Decreto de Establecimiento de los RR.EE. era necesario:

Un maestro que enseñe la Física Experimental, a cuya enseñanza nadie podía entrar sin que primero haya sido examinado de Lógica, Aritmética y Geometría. Otro

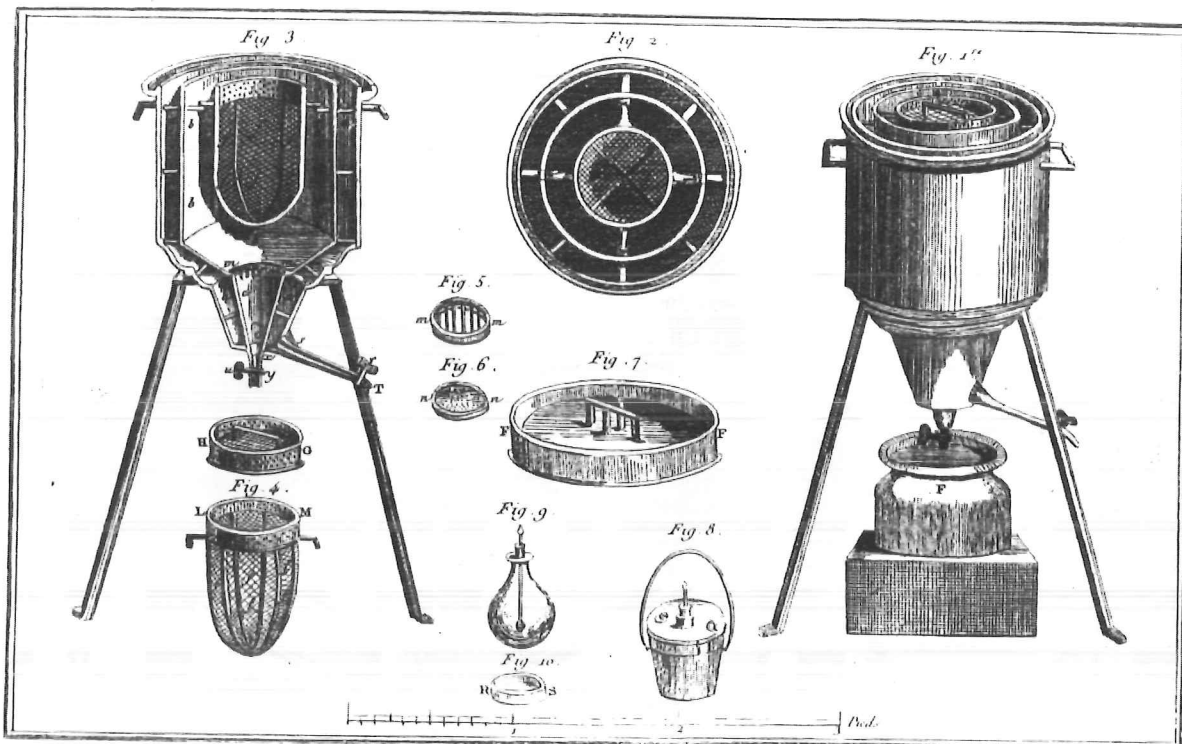


Figura 2. Calorímetro de hielo de Lavoisier y Laplace, empleado en las demostraciones de los RR.EE. sobre determinación del calor específico, según A. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Paris (1789).

maestro que en dos años enseñe por algún compendio las Matemáticas. Otro maestro con el mismo destino, dividiéndose entre los dos maestros las horas y las materias y el compendio, según se ordenare, y debiéndose leer de esta Facultad mañana y tarde, para que puedan los discípulos concurrir a entrambas Aulas, si les conviniere y aprender la Aritmética y Geometría, para entrar en la clase de Física Experimental.

Para llegar a la física, por tanto, era preciso, como antes, cursar la lógica (si bien con contenidos diferentes, como se verá), pero ahora, además, había que estudiar matemáticas. Se trata de un signo claro de cambio. Mientras la física aristotélica no contemplaba la aplicación de las matemáticas, la mecánica se había desarrollado en los siglos XVII y XVIII gracias a la incorporación de estas ciencias exactas. Surgió así la *mecánica racional* (distinguible de la mecánica práctica, que, al menos durante una parte del XVIII, fue cosa de artesanos) y la *mecánica analítica* (resultado de la aplicación del álgebra y del cálculo diferencial e integral), cuya obra culminante fue la escrita por Joseph Louis Lagrange

Mécanique analytique (1788). Esto era lo que ocurría en el ámbito de la mecánica, pero ¿qué pasaba con esos otros campos, como el calor, el magnetismo y la electricidad, asociados también con la física, cuyo desarrollo había dependido exclusivamente de las prácticas experimentales? Para algunos matemáticos ilustrados, como Jean D'Alembert, nunca superarían el nivel puramente experimental. Sin embargo, algunos físicos, como el holandés Petrus van Musschenbroek, que habían recibido tanto la influencia de la tradición continental como de la anglosajona (más inclinada al estudio de la naturaleza mediante los experimentos), defendían una cierta aproximación de la matemática a esa parte de la física. Por esta razón, en sus manuales, empleados en toda Europa (incluyendo a España), recomendaba la utilidad de aprender las ciencias exactas.

Además de la finalidad asignada en el curriculum del estudiante de Física Experimental de los RR.EE., las matemáticas contaban con otros intereses, además de la posibilidad del cultivo por sí mismas. Para su enseñanza en este centro se seleccionaron por oposición a dos profesos-

res, que se encargarían de cada una de las partes en las que se dividía la disciplina, una elemental y otra superior. A continuación se verán algunos detalles de estos estudios.

LAS MATEMÁTICAS DE UNA INSTITUCIÓN ILUSTRADA: DE LA COSMOGRAFÍA A LA MECÁNICA

En el primer curso de matemáticas se impartía aritmética, geometría teórica y práctica, y trigonometría; el segundo curso estaba compuesto de las siguientes partes: aplicación del álgebra a la geometría, secciones cónicas, series, cálculo diferencial e integral, dinámica, estática, hidrostática e hidrodinámica.

Se trataba de unos contenidos muy diferentes de los que se habían enseñado en la etapa anterior al establecimiento de los RR.EE., hecho que refleja los cambios que se estaban produciendo en el seno de esta disciplina. Recordemos que los precedentes de la institución se remontan al año 1625, momento en que se fundó el Colegio Imperial, un centro regido por la Compañía de Jesús. En ese momento ya se habían incorpo-

rado dos cátedras de Matemáticas, una dedicada a la esfera, la astrología, la astronomía, el astrolabio, la perspectiva y los pronósticos, y la otra, a la geometría, la geografía, la hidrografía y los relojes. Por sus aulas habían pasado profesores prestigiosos, como el matemático y astrónomo José de Zaragoza, dedicado a la docencia entre 1670 y 1679, de quien se conserva, entre otros trabajos, un ejemplo de su dedicación a la fabricación de instrumentos científicos; se trata de un compendio de topografía y fortificación, que se encuentra actualmente en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. En el año 1752 se añade una cátedra más de Matemáticas. Para su ocupación se nombra a Juan Wendlingen, jesuita y profesor de Humanidades en Praga. Escribió unos *Elementos de Matemática, Escritos para la utilidad de los principiantes* (1753-56), en cuatro volúmenes, pero su ocupación principal fue la astronomía. Para llevar a cabo esta tarea se le puso al frente de un fondo instrumental traído de Londres, cuyo destino real era el observatorio que se pretendía habilitar en el Colegio Imperial. Muy probablemente, tres telescopios que se conservan actualmente en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (dos de reflexión, de J. Short, y uno acromático de refracción, de J. Dollond) pertenecen a este período. Además de los instrumentos adquiridos en Inglaterra, Wendlingen encargó algún telescopio a la Sección de Óptica de la Fábrica de Vidrios de La Granja, situada en la Carrera de San Francisco, es decir, muy cerca del Colegio. Durante su estancia en el Colegio Imperial, el autor de los *Elementos* realizó algunas observaciones de escasa importancia relacionadas con eclipses de Luna y con los satélites de Júpiter. Fue relevado en 1761 por Christian Rieger, que se dedicó más a los estudios terrenales de la física experimental (en concreto, a la electricidad, de moda en toda Europa) que a las observaciones del orbe celeste.

La expulsión de los jesuitas en 1767 y el establecimiento de los

Reales Estudios, que heredarían el edificio, la biblioteca y el fondo instrumental del Colegio Imperial, significó un replanteamiento, como ya se ha indicado, del programa vinculado a las matemáticas. En definitiva, se trataba de unas novedades estrechamente relacionadas con los cambios que se estaban produciendo en las finalidades asociadas con esta disciplina. En lugar de constituir una herramienta básica de los estudios cosmográficos, que comprendían los ámbitos de la astronomía de posición, navegación, topografía y geografía (es decir, saberes relevantes para los intereses geopolíticos y de control de los territorios de ultramar), se optaba por unos contenidos abiertamente comprometidos con las exigencias de la nueva mecánica surgida en el siglo XVII.

En un principio se siguió un texto compuesto por Antonio Gregorio Rossell (uno de los catedráticos, junto con Joaquín León, de la asignatura), que fue publicado posteriormente en Madrid, en el año 1785, con el título de *Instituciones matemáticas*. Más tarde se adoptaría el texto de Benito Bails, *Elementos de Matemática* (Madrid, 1779). De las *Instituciones* sólo se publicó el primer tomo, el dedicado a la aritmética y a los principios del álgebra, una parte de lo exigido para pasar a las clases de física experimental. Es interesante destacar, además, que el autor expone algunas ideas preliminares, relativas a la "lógica" y a la "metafísica", que están en consonancia con la filosofía empirista dominante entre los ilustrados. Así, en la introducción, dice el autor:

Todas las ideas que adquirimos por medio de los sentidos se llaman singulares,... Al paso que vamos adquiriendo ideas singulares y nos ejercitamos en analizarlas, nos disponemos más y más para la formación de las que llamamos abstractas.

Para llevar a cabo las enseñanzas, por tanto, era imprescindible complementar las clases teóricas con contenidos prácticos. Y para ello, a

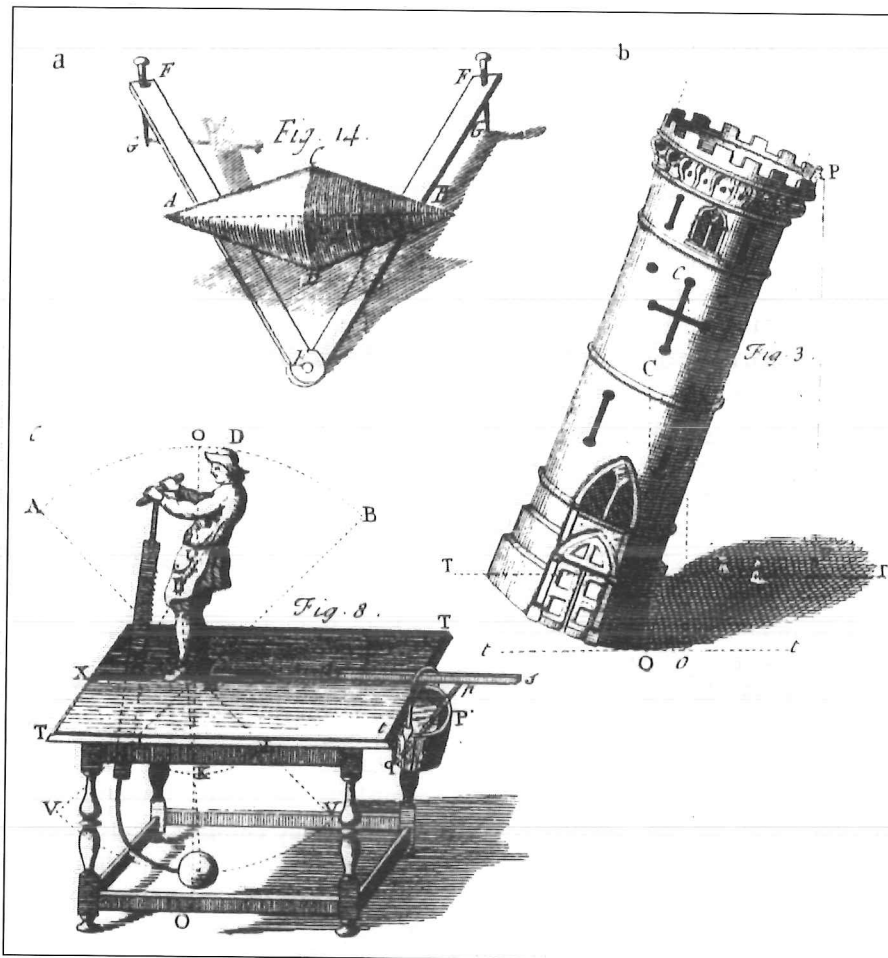
su vez, era preciso contar con un fondo instrumental básico, que se emplease tanto en las aulas como en las salidas al campo que realizaban todas las semanas los estudiantes. Este fondo comprendía normalmente las siguientes piezas:

- Juego de sólidos geométricos
- Diferentes modelos de compás
- Grafómetro
- Teodolito
- Plancheta
- Nivel de aire
- Cadena larga
- Estacas
- Jalones
- Cuadrante trigonométrico
- Modelos de esferas.

Este tipo de matemáticas contó con una notable aceptación, como se verá más adelante. A continuación, se verán los contenidos de otra de las disciplinas del programa científico: la Física Experimental. Un saber que cumplía rigurosamente con los presupuestos de la filosofía empirista, y que, por tanto, según D'Alembert, era de gran utilidad en la formación general del estudiante.

LA FÍSICA ILUSTRADA: ENTRE LA CUANTIFICACIÓN Y LA DEMOSTRACIÓN EXPERIMENTAL

En el siglo XVII, el período en el que se enmarca temporalmente la primera fase de la Revolución Científica, se pone en cuestión diversos conceptos, entre ellos los que afectaron directamente a algunos presupuestos de la física aristotélica, especialmente, después de los trabajos de Galileo, los relativos a la mecánica. La publicación de los *Principia* (1687) representó un giro histórico decisivo en este campo de estudios, cuando Newton, asumiendo algunos resultados del científico italiano y de otros, extiende y aplica las conclusiones de la mecánica no sólo a la Tierra sino también al Sistema Solar. Al mismo tiempo, y al margen de las universidades, emerge un grupo de estudios nuevos, el de las ciencias experimentales. Aunque los precedentes de estas



Figuras y piezas asociadas con las demostraciones de mecánica, especialmente las relativas al estudio del equilibrio de los cuerpos, según J.T. Desaguliers, *A course of experimental philosophy*, Londres (1744).

labores se remontan a la publicación de los trabajos sobre magnetismo de Gilbert (*De magnete*, 1600), es a partir de la segunda mitad del XVII cuando este tipo de estudios, reconocibles bajo el calificativo común de *filosofía experimental*, conoce su definitiva difusión.

Las ciencias experimentales no contaron, como en el caso de la mecánica (una disciplina con una amplia tradición) con unos *Principia*, hecho que influiría en su evolución. Es decir, las ocupaciones asociadas con el análisis de la combustión, la pneumática, el ensayo de metales, la electricidad, declinación, inclinación y atracción magnéticas, por citar algunos ejemplos, generaron un rosario de ensayos experimentales y descubrimientos desprovistos, salvo raras excepciones, de un cuerpo teórico unificador. Mientras tanto, el *corpus* de la física aristotélica seguía teniendo

vigencia en muchos centros de enseñanza y universidades, además de en las mentes de varios filósofos naturales.

En torno al año 1700 aparecen, primero en Inglaterra y más tarde en Holanda, diferentes manuales con títulos similares: *Curso de filosofía experimental*, *Principios de filosofía demostrados experimentalmente*,... En estas obras se pretendía ofrecer una visión coherente de la nueva física, al tiempo que aspiraban a constituir una alternativa frente a la física aristotélica (o sistemática). Los títulos de las obras reflejaban precisamente esa intención: la nueva física debe ser física *experimental*, no *aristotélica* ni *sistemática*. A pesar de sus intenciones, estas obras no constituyen sino meros proyectos cuyo contenido incorpora los resultados de la física del siglo anterior (Galileo, Pascal, Huygens,...), así como numerosos ensayos provisio-

nales dentro de aquellos campos en los que aún faltaba mucho por hacer. La nueva física era pues más un anhelo que una realidad. Por tanto, tendremos que esperar a todos los trabajos producidos durante el siglo XVIII para que los planteamientos de las primeras décadas de la centuria tomasen cuerpo, trabajos que convivieron con los resultados de la mecánica racional (los de los Bernoulli, D'Alembert, Euler, Laplace...).

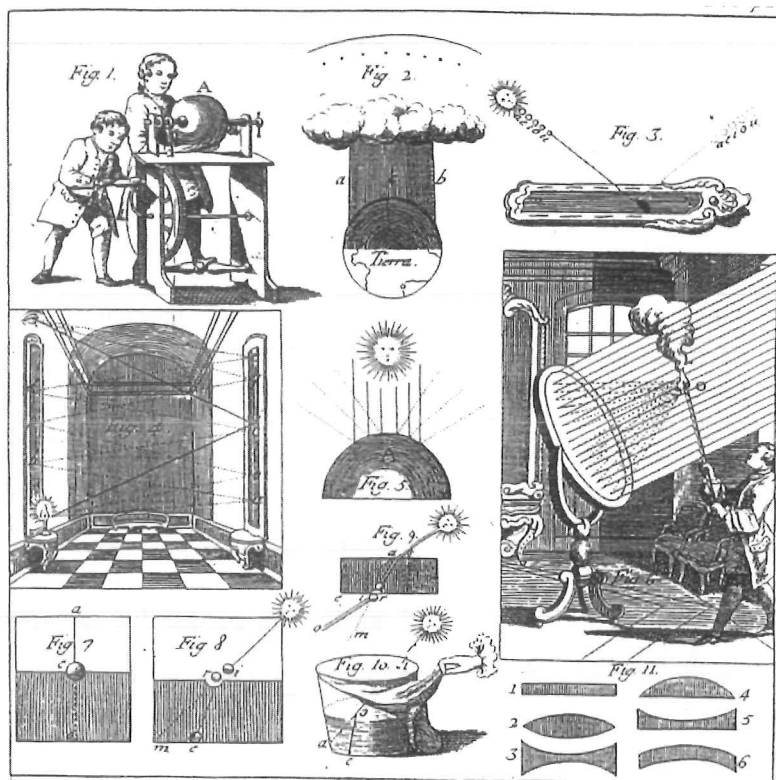
Pero estas obras eran muy útiles en aquellos centros que, como los RR.EE., incorporaban los estudios de física experimental. Su planteamiento, además de constituir una introducción a los conocimientos de la época, estaba destinado a favorecer con criterios didácticos la asimilación de estos contenidos. Por ejemplo, uno de los manuales más empleados en los centros de toda Europa, las *Leçons de physique experimentale* de Jean A. Nollet, cuya primera edición se publicó entre 1742 y 1748, comprendía una introducción al tema tratado, con referencias históricas, una descripción del experimento y de los aparatos empleados en el mismo, y una evaluación y discusión de los resultados. Los temas que normalmente se desarrollaban en estas obras de varios volúmenes eran:

1. **PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.** Consideraciones generales.
2. **MECÁNICA.** Cinemática, dinámica, percusión; máquinas, fricción; movimiento compuesto, péndulos, proyectiles; colisiones; resistencia de materiales.
3. **MECÁNICA DE FLUIDOS.** Tensión superficial, capilaridad; hidrostática, gravedad específica; higrometría; flujo de líquidos.
4. **AGUA.** Propiedades físicas; gravedad específica; congelación, ebullición, evaporación.
5. **LUZ.** Óptica geométrica; colores, anillos de Newton; el ojo, instrumentos ópticos; luminosidad.

6. *AIRE*. Gravedad específica, densidad; instrumentos neumáticos; relaciones entre volumen y presión; sonido.
 7. *FUEGO*. Pirómetros; espejos ustorios y lentes; termómetros; temperaturas de fusión; índices de absorción de calor; calorimetría; naturaleza de la llama, el calor y el fuego.
 8. *ELECTRICIDAD*.
 9. *MAGNETISMO*.
 10. *METEOROLOGÍA*. Formación de nubes, lluvia, granizo, nieve, rocío; arco iris, coronas, halos, parhelia; auroras, luz zodiacal, fuego lambente, relámpagos; vientos.
- Todos estos aspectos debían acompañarse, excepto en el caso de la meteorología, de la consiguiente demostración experimental. Es más, esta exigencia se convirtió en una condición para la inclusión de los temas en los manuales, hecho que significó una clara limitación de su alcance. Para cumplir con este cometido, es decir el demostrativo, las instituciones educativas debían realizar importantes inversiones en material científico. En el caso de los RR.EE. fue el Estado el que después de algunos titubeos en los que se planteó la posibilidad de adquirir la colección fuera de España, encargó las piezas del gabinete a un fabricante nacional de cierto prestigio, Diego Rostriaga. La lista con los instrumentos que deberían formar parte del utillaje destinado a las clases de física experimental fue presentada por el propio catedrático de la disciplina, Antonio Fernández Solano, relación que contenía las siguientes piezas:
- A. Dos neumáticas completas.
 - B. Para la fuerza de los graves.
 - C. Instrumentos de Mecánica, todos.
 - D. Dos Romanas, seis pesos y dos marcos.
 - E. Caja y volantes para la resistencia de intermedios.
 - F. Maquineta de fricciones.
 - G. Cuadrado para el movimiento completo y choque de martillos.
 - H. Cono ascendente en la apariencia.
 - I. Para el descenso de los graves por parábola cicloide y saltador.
 - J. Oscilación.
 - K. De fuerzas centrales, completa, incluyendo la de gravedad cartesiana.
 - L. De elasticidad.
 - M. Percusión directa y oblicua, completa.
 - N. Dos eléctricas completas.
 - O. Balanza y fuelle hidrostáticos, con sus anexos.
 - P. Cono grande hidrostático completo.
 - Q. Presión lateral de líquidos y tiempo de su evacuación.
 - R. Bomba compresiva, cruzada y atractiva.
 - S. Fuentes de Herón, compresiva e intermitente.
 - T. Pirómetro y Eolipila.
 - U. Mesa de esmaltar.
 - V. Marmita Papiniana.
 - X. Máquina hidráulica por el fuego.
 - Y. Dos microscopios y un telescopio.
 - Z. Espejos, lentes y prismas armados.
 - a. Cámara oscura y linterna.
 - e. Esferas y sistemas planetarios.
 - i. Campana de compresión de aire.
 - o. Sonómetro y trompa.
 - u. Barras magnéticas.
- La lista corresponde a la colección estándar de instrumentos de física que se podía encontrar en cualquier gabinete europeo y americano. Basta con echar un vistazo a los actuales museos de ciencia, de historia de la ciencia o de física de Pavía, Bolonia o Florencia, París, Londres, Coimbra, Leiden, Haarlem, Munich, L'île Sainte-Hélène (Canadá) por mencionar sólo unos pocos ejemplos, para comprobar la uniformidad de estos grupos de piezas. En cuanto a los aparatos considerados individualmente, algunos contienen rasgos interesantes que merece la pena destacar. Dentro del grupo de mecánica existían dos piezas de especial relevancia, la *máquina de fuerzas centrales* y la *máquina de Atwood*. La primera respondía

al diseño de principios del siglo XVIII de 'sGravesande, uno de los iniciadores en el continente de los cursos de física experimental. Era un aparato de grandes dimensiones y costoso, construido normalmente con madera de nogal y provisto de poleas, barras y contrapesos de latón y hierro. No se trataba de una pieza de gran precisión, aunque naturalmente había que mantenerla ajustada para que su funcionamiento fuera adecuado; en concreto su finalidad era la confirmación de la ley de la fuerza centrípeta enunciada por Christiaan Huygens en el siglo anterior. Por otra parte, la *máquina de Atwood*, que no aparece en la lista porque fue incorporada más tarde (aunque no se conserva en la actualidad), fue ideada en 1784 por el matemático George Atwood, de la universidad de Cambridge, para confirmar de un modo experimental que, de acuerdo con la 2.^a ley de Newton, dos masas unidas por un hilo dispuesto sobre una polea sin rozamiento se moverían con el siguiente valor de la aceleración: $a = g(m_2 - m_1)/(m_1 + m_2)$.

Junto a una amplia variedad de piezas de mecánica, cuyo uso en la enseñanza ha permanecido hasta nuestros días, se encontraban las destinadas al resto de los temas, como el dedicado al estudio de las propiedades mecánicas del aire, caso en el que destaca la máquina neumática o de vacío. Con este artefacto (que se encuentra en la actualidad en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología), construido por Diego Rostriaga según el modelo inglés de dos cilindros, se realizaban las demostraciones relativas a los efectos de la presión. Por otro lado, se fabricaron o adquirieron instrumentos relacionados con los contenidos más típicos de la física experimental, es decir, con cuestiones asociadas con la electricidad, calor, magnetismo y también con algunos temas de la química. Aquí se empleaban las máquinas eléctricas o generadores, cuya finalidad era la realización de experimentos de electricidad estática. Dentro del ámbito de los estudios sobre el calor se construían en los talleres ter-



Demstraciones relacionadas con la electricidad, la óptica y el calor, según Teodoro de Almeida, Recreación filosófica o diálogo sobre la filosofía natural para la instrucción de personas curiosas que no frecuenten las aulas, Madrid (1786).

mómetros o calorímetros, dedicándose estos últimos a la determinación del calor específico de los cuerpos. Durante el siglo XVIII convivieron dos tipos de aparatos dentro del grupo de la física experimental: los que tenían como objetivo la constatación de alguna propiedad (caso en el que se encuentra el condensador conocido como botella de Leiden o los imanes dispuestos en soportes, diseñados para comprobar la duración de la fuerza magnética) y los que servían para las determinaciones cuantitativas (como el dilatómetro, el electrómetro y la balanza de torsión).

Fue sobre todo a partir del relevo de Fernández Solano por Joaquín González de la Vega al frente de la cátedra de Física Experimental, producido en el año 1784, cuando las enseñanzas acompañadas de las consiguientes demostraciones experimentales alcanzaron cierta brillantez. Esta situación se mantendría con algunos altibajos hasta 1810, momento en que los RR.EE. comenzaron a entrar en un período de inestabilidad y decadencia, unas

veces motivado por la situación política y otras por la competencia que significó el establecimiento de la Universidad Central en Madrid. En 1845, después de la Ley de Instrucción Pública de Pidal, el centro pasó a ser el Instituto de Segunda Enseñanza "San Isidro".

CONCLUSIÓN

Según los datos de matriculación que se han conservado, los correspondientes al período 1792-1814, la opción más elegida entre las tres que se han tratado aquí, fue la primera parte de las matemáticas, es decir, la que comprendía aritmética, geometría teórica y práctica y trigonometría. Tanto la segunda parte de las matemáticas como la física experimental se mantuvieron en un lugar discreto. Otro signo de la vitalidad de cada una de las cátedras era el número de ejercicios o exámenes públicos (actos destinados a la obtención de títulos) que celebraban. Durante el período considerado, la de Física Experimental con-

vocó uno, sin embargo la de Matemáticas organizó cinco.

La razón de estas diferencias hay que buscarla en las aplicaciones de estos estudios tanto en el ámbito profesional (escasas fuera de la enseñanza) como en los programas de otras titulaciones. En este último caso fue la exigencia de estudios de física experimental en el programa de cirugía y de medicina lo que sacó de la atonía a las clases de física de los RR.EE. a partir de 1787. En cuanto a la colección de instrumentos, que permaneció en el centro (sufriendo eso sí algunas pérdidas) hasta que en el año 1984 pasó al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, el apoyo financiero de las autoridades estatales permitió la formación del gabinete activo más importante de España, llegando a alcanzar en el período 1785-1822 la cantidad de 240 piezas. De éstas se conserva aproximadamente una tercera parte, algunas de las cuales pueden contemplarse en la exposición que en la actualidad mantiene en sus salas el museo citado.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ DE MORALES, A., *La Ilustración y la reforma de la Universidad en la España del siglo XVIII*, Madrid, Eds. Pegaso, 1979 (2.^a ed.)
- BAILS, B., *Elementos de Matemática*, Madrid, 1779.
- CAPEL, H., *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Barcelona, Oikos-Tau, 1982.
- GUIJARRO, V., *Los instrumentos de la ciencia ilustrada*, Madrid, UNED, 2001.
- HANKINS, T.L., *Ciencia e Ilustración*, Madrid, s. XXI, 1988.
- HEILBRON, J.L., *Elements of early modern physics*, Berkeley, University of California Press, 1982.
- ROSSELL, A.G., *Instituciones matemáticas*, Madrid, 1785.
- SELLÉS, M., PESET, J.L., LAFUENTE, A. (comps.), *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Madrid, Alianza, 1988.
- SIMÓN DÍAZ, J., *Historia del Colegio Imperial de Madrid*, Madrid, Instituto de Estudios Madrileños (CSIC), 1952, 2 vols.