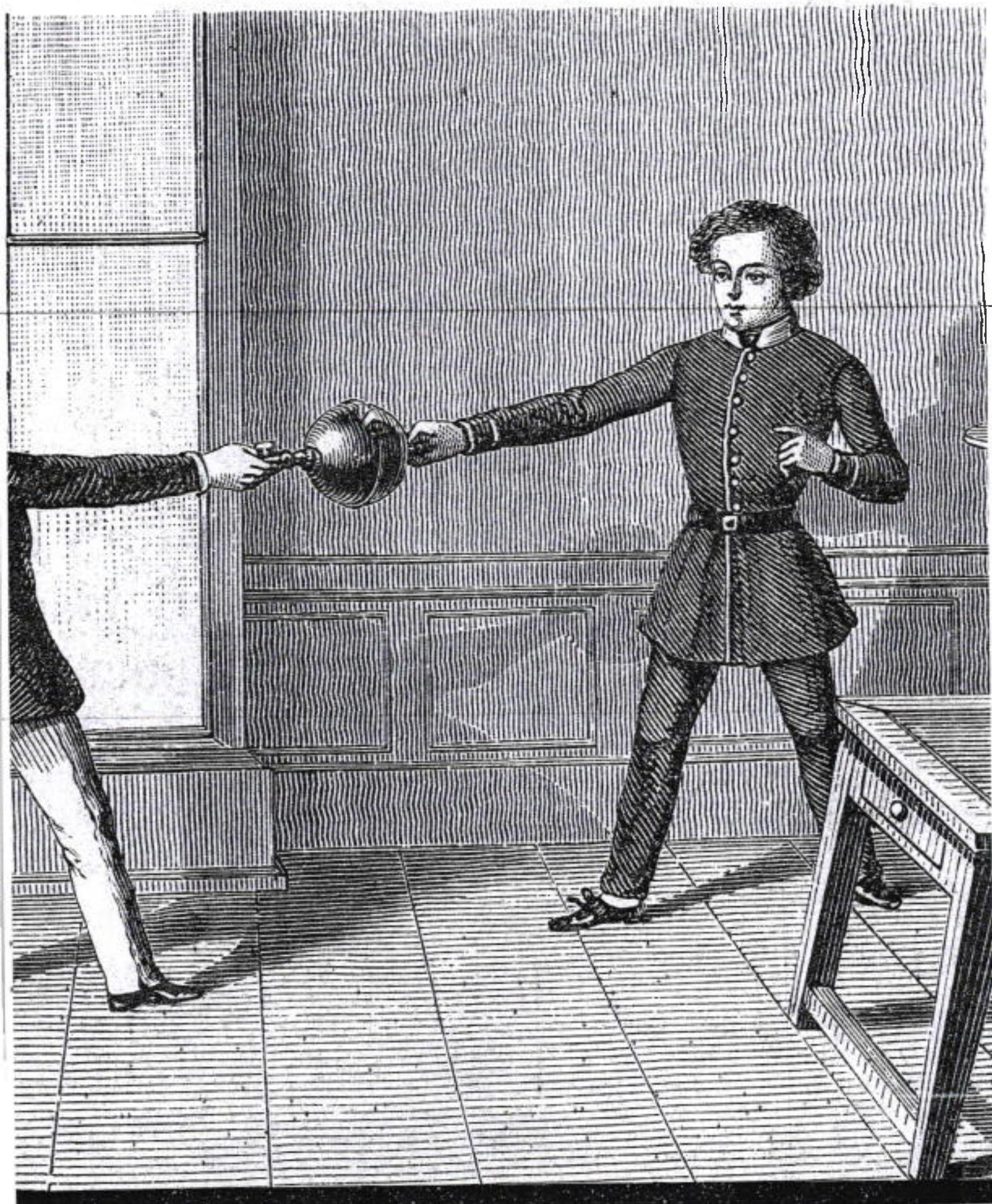


ABRIENDO *las* CAJAS NEGRAS

Colección de instrumentos científicos de la Universitat de València



LOS INSTRUMENTOS EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA

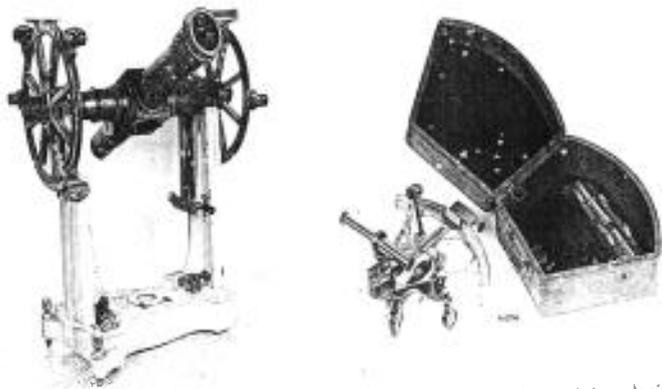
- 21 **Cuando los instrumentos se pierden de vista**
Kathryn Olesko, Department of History & BMW, Center for German & European Studies, Georgetown University
- 33 **El tiempo en casa: los instrumentos meteorológicos en los hogares ingleses del siglo XVIII**
Jan Golinski, Department of History, University of New Hampshire
- 45 **La balanza: ¿un instrumento revolucionario?**
Bernadette Bensaude Vincent, Centre d'histoire et de philosophie des sciences, Université Paris X-Nanterre
- 53 **La industria de precisión en el siglo XIX**
Una panorámica de los instrumentos, los constructores y el mercado en diferentes contextos nacionales
Paolo Brenni, CNR, Istituto e Museo di Storia della Scienza, Fondazione Scienza e Tecnica, Firenze

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS Y PATRIMONIO HISTÓRICO

- 75 **Instrumentos *on line*: dos iniciativas opuestas de bases de datos colectivas**
Jim Benner, Museum of the History of Science, University of Oxford
- 83 **Definiendo los límites del patrimonio científico: arqueología, historiografía y habilidades prácticas**
Marco Beretta, Dipartimento di Filosofia, Università degli Studi di Bologna
- 99 **El Musée des arts et métiers: cuestiones sobre una renovación (1988-1998)**
Dominique Ferriot, Bruno Jacomy, Conservatoire national des arts et métiers, Paris
- 117 **Testigos científicos: estímulo para el conocimiento**
Amparo Sebastián, Directora Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT)
- 133 **La memoria de la ciencia contemporánea: El Servei d'arxius de la Ciència**
Xavier Roqué, Centre d'Estudis d'Història de les Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona
- 149 **El instrumental científico-tecnológico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas**
José Pío Beltrán Porter, Vicepresidente de Organización y Relaciones Institucionales
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- 153 **El inventario descriptivo sistemático de instrumentos científicos en los institutos y las universidades de Francia**
Henri Chamoux, Service d'histoire de l'éducation, Institut national de recherche pédagogique, Paris
- 167 **Las colecciones científicas del IES Jorge Juan de Alicante**
Carlos Lláncis Sáez, Luis Antonio Villada Lobete, Instituto Jorge Juan de Alicante
Rafael García Molina, Universidad de Murcia
- 177 **Los instrumentos científicos del IES Lluís Vives de Valencia**
Josep Simón Castel, Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 185 **La colección de instrumentos científicos del IES Francisco Ribalta de Castellón**
José Aparici Sos, Vicente Cotanda Manselgas, Carmen Fernández Díaz, Bartolomé García Saz, Francisco Mezquita
Broch, Rafaela Molina Rodríguez, Justo Orden Recio, Lidón Pastor Vives, José Payá Peris
Instituto Francisco Ribalta, Castellón
- 195 **El Museo Histórico-médico**
Juan Antonio Micó Navarro, Vicente Luis Salavert Fabiani
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València-CSIC
- 205 **De material obsoleto a pieza de museo:**
La colección de instrumentos científicos del Museo de Geología de la Universitat de València
Anna García-Fornet, Museo de Geología Universitat de València

LOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

- 219 **Los orígenes de la colección de instrumentos científicos de la Universitat de València**
Antonio García Belmar, Departamento de Salud Pública, Universitat de Alicante
José Ramón Bertomeu Sánchez, Josep Simón Castel
Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 245 **Valencia: cuna de la física de partículas en España**
Víctor Navarro Brotons Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València CSIC
Jorge Velasco, Instituto de Física Corpuscular, Universitat de València - CSIC
- 253 **La electricidad y el magnetismo. La evolución de las medidas eléctricas**
Josep Simó Castel, Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 267 **La colección de instrumentos científicos del Departamento de Termodinámica**
Pedro Ruiz Castell, Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 275 **Barómetros**
Pedro Ruiz Castell, Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 279 **Acústica**
Jesús Ignacio Catalá Gorgues, Instituto de Humanidades "Angel Ayala", Universitat Cardenal Herrera - CEU
- 285 **Colorímetros**
Lluís Garrigós Oltra, Carlos Millán Verdú y Georgina Blanes Nadal
Departamento de Física Aplicada, Escola Politècnica d'Alcoi. Universitat Politècnica de València
- 293 **Espectroscopios**
José Ramón Bertomeu Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València - CSIC
- 303 **Polarímetros**
José Ramón Bertomeu Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València - CSIC
- 311 **Refractómetros e interferómetros**
José Ramón Bertomeu Sánchez
Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Universitat de València
- 315 **Balanzas**
Antonio García Belmar, Departamento de Salud Pública, Universidad de Alicante
- 323 **PH-metros y otros instrumentos de medida electroquímica**
José Ramón Bertomeu Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València - CSIC
- 331 **La colección de instrumentos del Observatorio Astronómico de Valencia**
Víctor Navarro Brotons, Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València - CSIC
Alvaro López, Observatori Astronòmic, Universitat de València
- 337 **Instrumentos para la enseñanza: La colección de la Escuela Universitaria de Magisterio**
Josep Simón Castel, Cristina Sendra Mocholí, José Ramón Bertomeu Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València-CSIC
Antonio García Belmar, Departamento de Salud Pública Universidad de Alicante
- 367 **Los fabricantes de instrumentos de la Universitat de València**
Pedro Ruiz Castell, Josep Simón Castel, José Ramón Bertomeu Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Universitat de València - CSIC
- 381 **Bibliografía**
- 407 **CAPÍTULO IV**
Apéndice textos en lengua original
-



izquierda. Círculo meridiano semifiyo Mohlbat. El instrumento se montó en el Observatorio Astronómico en la cúpula del telescopio Grubb pero en el incendio de 1932 sufrió daños irreparables. Núm. inv. A-0007 Universitat de València.

Derecha. Sextante. Pasó a formar parte del material del Observatorio Astronómico en junio de 1910. Núm. inv. A-0002. Universitat de València

estadística de las manchas. No obstante, continuaban haciendo las fotografías "por si en el futuro, con menos obligaciones, podían aprovechar el trabajo acumulado". Finalmente, en los años veinte, Tomás Almet, profesor auxiliar, se sumó al equipo e inició las estadísticas de las manchas y su publicación. También se encargó de continuar la fotografía diaria y del revelado de las placas.

Gracias a las gestiones de Ignacio Tarazona, el Observatorio fue declarado de Utilidad Pública en 1919. A su fallecimiento, donó a la Universidad parte de sus bienes y al observatorio su amplia y valiosa biblioteca.

El lector interesado en información adicional sobre la historia del Observatorio de Valencia y sus instrumentos puede consultar las publicaciones de Benito y Martí Ortells (1925), Querol (1997), López Piñero y Navarro (1995) y Navarro (2002), que se encuentra en la bibliografía final.

Instrumentos para la enseñanza: La colección de la Escuela Universitaria de Magisterio¹

Josep Simón Castel, Cristina Senra Macholl, José Ramón Belmonte Sánchez
Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero"
Universitat de València-CSIC

Antonio García Belmar
Departamento de Salud Pública, Universidad de Alicante

Las ciencias y la formación de los maestros

La implantación, la tutela y el control de los sistemas educativos se convierte a lo largo del siglo XIX en uno de los espacios que los nuevos estados liberales van a arrebatar a los estamentos religiosos del Antiguo Régimen que los habían monopolizado hasta entonces. El desarrollo de la escolarización de la población planteó necesidades materiales y humanas que los sistemas tradicionales eran incapaces de satisfacer. En particular, los viejos sistemas de aprendizaje y habilitación corporativa se manifestaron incapaces de garantizar la formación y el número de maestros necesarios para mantener el proceso de expansión social de la educación. Las escuelas normales, como centros de formación de los nuevos profesores, surgieron a lo largo del siglo XIX en numerosos países europeos para dar respuesta a estas nuevas necesidades. También en España y bajo la influencia de los modelos inglés y francés, las escuelas normales comenzaron a constituirse al calor de los gobiernos liberales como un instrumento clave para el control de la educación primaria por parte del estado.

A finales de la década de 1830 se organizaron los primeros centros de formación de maestros y en 1839 se instituyó en Madrid el *Seminario Central de Maestros del Reino* destinado a formar a los maestros pensionados por las provincias que, tras finalizar sus estudios, debían volver a sus lugares de origen para encabezar las nuevas escuelas normales locales. La organización de las escuelas normales provinciales se aceleró y se unificó tras la promulgación del Real Decreto de 15 de octubre de 1843. Este fue el plan por el que se rigió la Escuela Normal de Valencia, desde su creación en 1845. Se estableció un plan de estudios mínimo con un grupo de materias obligatorias que supusieron un considerable aumento de la formación exigida hasta entonces a los maestros. Junto a ellas, el plan de 1843 instauró un grupo de "materias de adorno" entre las que se encontraban los principios de geometría, dibujo lineal y "nociones de física, química e historia natural indispensables para tener un conocimiento general de los fenómenos

¹ Agradecemos la ayuda prestada por los miembros del departamento de didáctica de las ciencias experimentales y sociales que, entre otros cosas, nos facilitaron la consulta del catálogo de instrumentos realizado por el profesor Luis Miralles Conesa que ha resultado muy útil en nuestro trabajo.

del Universo, o hacer aplicaciones a los usos comunes de la vida". Los profesores podían elegir los manuales que iban a utilizar, siempre dentro de la lista de obras autorizadas publicada por el gobierno. En el caso de Valencia, el consejo de profesores acordó no utilizar ningún manual para las asignaturas de física, química e historia natural, prefiriendo basar los estudios en las "explicaciones de clase" dadas por el profesor. Durante esos años, fue Vicente Trasobars el encargado de las asignaturas de física, química e historia natural, además de las de aritmética, geometría y dibujo lineal.

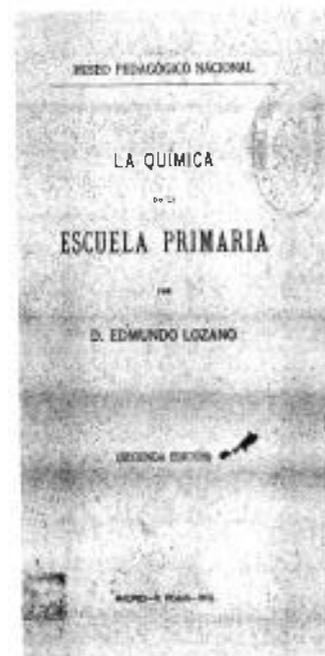
Tras este primer intento organizativo, las escuelas normales entraron en un largo proceso de retroceso que afectó de manera muy especial a la formación científica de los futuros maestros. Esta tendencia quedó sancionada por el Plan Moyano de 1857 que rigió la organización de las escuelas normales durante casi toda la segunda mitad del siglo XIX. Los estudios de magisterio fueron divididos en dos niveles —elemental y superior— de acuerdo con la división establecida también en las escuelas primarias. La enseñanza de las ciencias físicas y naturales desapareció de la formación de los maestros elementales, quedando reducida sólo al tercer año que debían cursar los aspirantes al grado de maestros superiores. Fue en este segundo nivel donde se concentraron las materias científicas que acababan agrupadas en un curso común de cuatro horas y media semanales de "Nociones de física, química e historia natural, aplicadas a los usos más comunes de la vida" impartido por un mismo profesor. En la Escuela Normal de Valencia, el manual elegido para esta asignatura fue las *Nociones de ciencias naturales aplicadas al comercio de Domingo de Miguel* (Barcelona, 1854), que se mantuvo hasta al menos 1861. Por último, las nuevas reformas condujeron a la reducción del número de escuelas normales; una reorganización que tuvo una repercusión importante para la de Valencia, que se convirtió en la única del distrito universitario (Castellón, Alicante, Murcia y Albacete) y la única con el grado de escuela normal superior, por lo que recibió pensionados de otras provincias que tuvieron que participar en su sustento.

Durante las décadas siguientes las escuelas normales sufrieron duros ataques por parte de los sectores más conservadores y entraron en un periodo de progresivo abandono y decadencia que se acentuó durante la Restauración. Su reforma tuvo que esperar hasta 1898 y no se consolidó hasta 1914. Una de las principales reformas del plan de 1898 fue la unificación de los títulos de maestro y maestra. Introdujo una reducción considerable de los estudios necesarios para la obtención del grado de maestro elemental, pero a cambio desarrolló ampliamente los de maestro superior. Los estudios de ciencias físicas y naturales se extendieron al nivel elemental y se ampliaron considerablemente en el nivel superior. En 1901, con la llegada de los liberales al poder se decretó la adscripción de las escuelas normales de maestros y maestras a los institutos de segunda enseñanza, situación en la que se mantendrán hasta 1914. La normativa de 1914, que estuvo vigente hasta la época republicana, fijó en cuatro años la duración de los estudios de magisterio, unificó el título de maestro eliminando los niveles elemental y normal, y estableció el acceso a la enseñanza pública por oposición.

El plan de 1914 recogió importantes novedades en la enseñanza de las ciencias, que eran reflejo de los debates e iniciativas surgidas desde finales del siglo XIX. La enseñanza de la

física, la química y la historia natural se generalizó como parte sustancial de la formación de los maestros, figurando a partir de entonces como materias independientes. Por otra parte, el plan subrayaba la necesidad de una enseñanza eminentemente experimental de estas materias, una reivindicación planteada de forma recurrente en los congresos pedagógicos en los que se insistió en la necesidad de abandonar la enseñanza verbal y memorística, para introducir métodos de enseñanza más intuitiva y experimental. Se extendían así para las ciencias prácticas docentes que hasta entonces sólo se habían aplicado a materias como la caligrafía, la ortografía, el dibujo lineal, los sistemas y los métodos de agricultura o la agrimensura. El plan de 1914 recogía estas demandas al prever el establecimiento de laboratorios y museos, con actividades complementarias como excursiones, certámenes, exposiciones, conferencias pedagógicas y prácticas agrícolas e higiénicas.

Un elemento clave en el desarrollo de la "enseñanza experimental" de las ciencias en el contexto de las formación de maestros fueron los *museos pedagógicos*, instituidos a finales del siglo XIX. Según Manuel de Guzmán estas instituciones constituyen uno de los principales "logros —olvidados— de las escuelas normales", pues fueron "centros de exposición de material y práctica con nuevos equipos" en los que se organizaron visitas, conferencias y cursillos para los maestros y alumnos (Guzmán, 1986). Los museos pedagógicos tuvieron su origen en el Real Decreto de 1882, por el que se creaba en Madrid un *museo de instrucción primaria* con "modelos, proyectos, planos y dibujos de los establecimientos españoles y extranjeros dedicados a la primera enseñanza... ejemplares de mobiliario y menaje... material científico de estas enseñanzas... colecciones de objetos empleados en las lecciones de las cosas, dones de Froebel, juegos y demás que se destinan a la instrucción y educación de alumnos", así como "una biblioteca de instrucción primaria". Se disponía que en él se organizaran conferencias públicas a cargo del director del establecimiento, de los profesores de las escuelas normales y de otras personas de reconocida competencia. El 8 de julio del mismo año se publicó un reglamento para su funcionamiento, y todo ello constituyó la base de los museos pedagógicos que se sucedieron después.



Portada de la obra de Edmundo Lozano (1913). Lo que era de la escuela primaria. Museo Pedagógico Nacional, Madrid.

El Museo de Madrid fue dotado en 1894 de dos laboratorios, uno de ellos de física y química, destinado a organizar las prácticas de estas disciplinas científicas. Su director, Edmundo Lozano, organizó cursos y demostraciones de química que atrajeron un amplio público, entre los que se encontraban aspirantes y discípulos de la escuela superior de Magisterio, algunos de bachillerato, y otros de los cursos preparatorios de ciencias, medicina y de las escuelas de ingenieros, etc. Lozano fue autor de varios cursos de química para la enseñanza primaria con los que contribuyó de forma notable a la renovación de la enseñanza de las ciencias en España. En sus obras dedicadas a la metodología de la enseñanza de la física y la química recogió buena parte de las tendencias europeas que abogaban por la incorporación de una enseñanza práctica de las ciencias físicas y naturales. En su libro *La química en la escuela primaria* (Madrid, 1913), Lozano exponía el ideal pedagógico que guiaba su propuesta para la enseñanza de las ciencias, citando algunos párrafos de un documento publicado por el *Scott Education Department* en el que se recogían los nuevos planteamientos de una enseñanza basada en el trabajo activo del alumnado en el laboratorio.

El fin principal de un curso experimental es crear en el alumno el hábito y espíritu de observación exacta, proceso que puede constituir un medio de disciplina mental de orden superior. Por tanto, la investigación personal, de primera mano, realizada en el laboratorio por cada alumno, sobre problemas bien definidos, debe constituir la clave del trabajo; las demostraciones hechas por el maestro deben relegarse a lugar secundario, quedando reducidas, en todo caso, a indicaciones generales encaminadas a aclarar la naturaleza del problema y a relacionarle con los conocimientos anteriores. Al trabajo de laboratorio debe seguir la comparación de resultados, discusión de las divergencias y de la teoría del experimento.

Este modelo de enseñanza de las ciencias en el que el laboratorio se convertía en el escenario e instrumento de toda actividad de enseñanza y aprendizaje, y en el que el "curso activo del niño" debía entenderse "más bien como método o instrumento para encaminar el pensamiento en determinada dirección" se enfrentaba, según Lozano, con "ciertas dificultades". La más importante era sin duda la "falta de preparación científica y manual del maestro, quien, salvo en contados casos, desconoce por completo el laboratorio y el taller". A ellos debía dirigirse, por tanto, en primer lugar una formación encaminada a hacer que "el taller, el laboratorio y el libro colaboren equitativamente en la formación del maestro".

Con estas ideas en mente, Lozano inició en 1906 sus cursos de química en el nuevo laboratorio del Museo Pedagógico de Madrid. Según nos informa en una nota breve en la que describe su experiencia docente durante esos primeros años, su propósito era apartarse del "método usual de lecciones orales, acompañadas de experimentos ejecutados por el profesor en presencia de los alumnos", para adoptar un método "enteramente heurístico" según el cual los "alumnos debían trabajar en el laboratorio, bajo mi dirección, desde el primer momento, y construir por sí mismos la poca o mucha química que permitieran su formación, su tiempo disponible y los medios puestos a su alcance". Sin temores ante la utilización de un método "tan diferente de lo que todos esperaban" no tardaron en confirmarse: durante su primera lección, Lozano tuvo que presenciar cómo "sigilosamente primero, y luego sin ningún recato, abandonaron la

clase un gran número, con el desencanto reflejado en el semblante". Tras el éxodo masivo, nos cuenta Lozano que quedaron un reducido grupo de alumnos que siguieron regularmente el curso. En los años siguientes sus cursos lograron atraer a un número creciente de alumnos, entre los que se encontraban además de los maestros y las maestras, tanto en ejercicio como en formación, estudiantes de otras instituciones de enseñanza superior y técnica.

La experiencia de Lozano nos sitúa en un periodo clave en la transformación que el laboratorio y los instrumentos científicos habían tenido como instrumentos didácticos en manos de profesores y alumnos: el paso de la demostración, realizada por el profesor frente a sus alumnos, a la experimentación realizada por los propios alumnos bajo la supervisión del profesor. Una transformación que no pudo realizarse sin que se alteraran concepciones profundas acerca de los métodos didácticos, la organización y uso de los espacios, la división del trabajo en el interior de los laboratorios, el diseño y manipulación de los instrumentos, etc. Las dificultades encontradas por Lozano en Madrid, debieron repetirse en otras muchas escuelas normales que abrieron museos pedagógicos en cumplimiento del Decreto Regulador de 1898 en el que se establecía que "En cada Escuela Normal habrá un Museo pedagógico que se formará, siempre que sea posible, con modelos reducidos de los objetos útiles para la enseñanza". Estos nuevos museos quedaban bajo la responsabilidad del director de la escuela normal correspondiente, y en ellos se debían organizar conferencias dedicadas al "examen y la crítica del material de enseñanza y del mobiliario escolar de moderna construcción". El Reglamento de 1933 en su artículo 147 señala que "en cada Escuela Normal se creará un Museo Pedagógico donde los alumnos y maestros puedan informarse de cuantos problemas relativos a la Escuela y a la enseñanza deseen conocer". Indicaba el reglamento que el museo de cada escuela actuaría como "el archivo de realizaciones escolares y ofrecerá información completa acerca de construcciones escolares, mobiliario y material escolar, realizaciones manuales, bibliografía pedagógica, investigaciones psicológicas, etc." Y añadía que "el Museo Pedagógico provincial debe estar en relación constante con el Museo pedagógico nacional, de quien recibirá sugerencias de trabajo".

Los instrumentos científicos de la Escuela Universitaria de Magisterio de Valencia

Muy probablemente estos museos pedagógicos fueron el origen de muchos de los instrumentos más antiguos que se conservan en la colección de la Escuela Universitaria de Magisterio de Valencia, que pueden datarse entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Los instrumentos estaban dirigidos a la realización de experiencias que suelen figurar en los libros de texto de física de esos años, tales como los publicados por el francés Ganot, que contó con numerosas ediciones y traducciones, o las obras de autores españoles como Eduardo Lozano y Ponce de León, cuyos "Elementos de física" alcanzaron su novena edición en 1907, o Bartolomé Feliu que publicó en 1911 la décima edición de su "Curso de física experimental y aplicada". Otro grupo importante de instrumentos fueron realizados y comprados bastante después, en los años sesenta y setenta del siglo XX, generalmente

fabricados por el Instituto Torres Quevedo de Madrid, en colaboración con ENSA. Como veremos, ambos grupos de instrumentos se diferencian no sólo por los materiales y el diseño con el que se realizaron sino también por los propósitos para los que fueron diseñados. Mientras que los primeros estaban principalmente diseñados para apoyar las demostraciones realizadas por el profesor, los segundos, más recientes, estaban pensados para manipulaciones realizadas por los estudiantes, de acuerdo con una serie de protocolos que figuran en los libros facilitados por los fabricantes.

Los instrumentos de la colección están diseñados para la realización de experiencias relacionadas con la mayor parte de los temas tradicionales de la física del siglo XIX. Se han conservado una gran cantidad de instrumentos relacionados con la electricidad, la óptica, la mecánica, la neumática, la hidrodinámica y la meteorología. No se han conservado apenas instrumentos relacionados con la química, quizás debido a la fragilidad de estos objetos, generalmente de vidrio, o quizás porque muchos dispositivos experimentales emplearon se de nuevo para otros experimentos, hasta que el vidrio quedó inservible y se descartó, como es habitual con este tipo de material (Holmes, 2000).

Electricidad y magnetismo

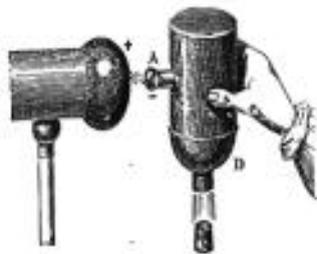
Existen un gran número de objetos relacionados con la electricidad en la colección de la antigua escuela de magisterio. Aunque los más antiguos son de finales del siglo XIX, muchas de las experiencias para los que fueron diseñados proceden de épocas bastante anteriores. De hecho, algunas de ellas son versiones más o menos adaptadas de las experiencias que alcanzaron gran popularidad en el siglo XVIII, no sólo en los laboratorios de importantes academias científicas sino también en los salones ilustrados, donde servían de entretenimiento a un público ocioso, interesado por las novedades científicas. Como ha señalado Geoffrey V. Sutton (1995), estos experimentos eran un espectáculo público, una demostración rimbombante de fenómenos conocidos que servían para apoyar las explicaciones aceptadas en la época. Su objetivo no era la exploración de aspectos desconocidos de la naturaleza, como ocurre en otro tipo de instrumentos y experiencias. El autor de las demostraciones pretendía que su público quedara asombrado por las potentes chispas producidas con las máquinas eléctricas o los rayos y las descargas que surgían entre dos conductores. En ocasiones, podía invitar a sus espectadores a participar en experiencias donde su pelo se erizaba o las manos atraían pequeñas porciones de papel como consecuencia de la electrificación. Surgidas con el fin de sorprender y maravillar al público de los salones dieciochescos, no resulta sorprendente que algunas de las experiencias perduraran durante mucho tiempo en las aulas de física y que, incluso en la actualidad, figuren en muchos museos de la ciencia. De este modo, como anunciaba Ganot en el título de uno de sus libros, el estudiante podía seguir un curso de física "puramente experimental", avanzando en el conocimiento de esta ciencia sin necesidad de complicados conocimientos matemáticos.

Entre las experiencias recogidas por Ganot en 1875 figura una escena de varios alumnos cogidos por la mano junto con el profesor, quien sujetaba una botella de Leyden



Varios alumnos cogidos por la mano junto con el profesor, que sujetaba una botella de Leyden cargada. De este modo, podía producir una descarga eléctrica que era transmitida a todo el grupo. Procedente de A. Ganot, *Cours de Physique*, París, 1875.

cargada. De este modo, podía producir una descarga eléctrica que era transmitida a todo el grupo. Ganot también sugería la realización de experiencias donde uno de los alumnos podía emitir rayos eléctricos por sus manos, tras ser previamente electrizado sobre un taburete de madera, así como la realización de un "teatro eléctrico", donde las figuras eran movidas por la acción de la electricidad. También figuraba entre los grabados de su libro un cañón disparado mediante una chispa eléctrica, denominado "cañón de Volta", que Ganot consideraba no sólo como "una recreación eléctrica" sino también como una prueba de un "hecho científico importante", a saber, "que la electricidad podía producir reacciones químicas". Esta experiencia era la versión dramatizada del "pistolette de Volta" que aparece en libros de texto de física de esos años y que consistía en un pequeño recipiente de hojalata cerrado con un corcho, donde se introducía



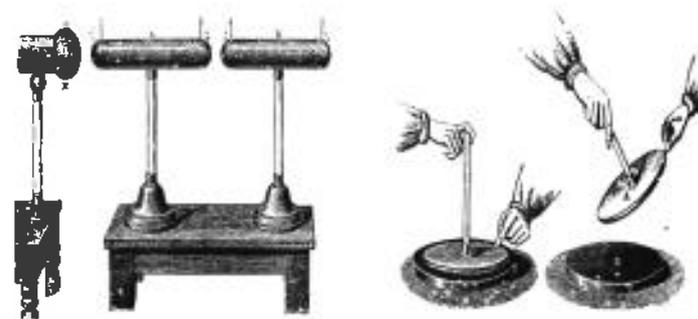
Pistolera de Volta activado mediante una máquina eléctrica de fricción procedente del *Tratado elemental de física* de A. Ganot, Madrid, 1896.



Cañón de Volta según la versión de un libro de A. Ganot dirigido a niveles más elementales de enseñanza. Cf. A. Ganot, *Cours de Physique*, Paris, 1875.

No se conserva ninguna máquina de este tipo en la colección de la escuela de magisterio ni en ninguna de las colecciones estudiadas en la Universidad de Valencia, aunque algunas piezas indican que debieron existir, dado que solían emplearse junto a estas máquinas. Existe, por ejemplo, un cilindro de latón (M-0081) sobre soporte de vidrio que era empleado habitualmente para la demostración de la electrización por inducción. Una de las experiencias consistía en colocar un péndulo eléctrico, formado por un hilo conductor y una esfera de médula de saúco, en los extremos de los extremos del cilindro. Tras aproximar el cilindro al conductor de la máquina eléctrica, se podía observar que el movimiento del péndulo debido a la electricidad inducida en los extremos del cilindro. La misma experiencia se podía repetir con varios cilindros colocados en fila, tal y como se puede comprobar en el grabado adjunto, una ilustración habitual en muchos libros de texto de esos años.

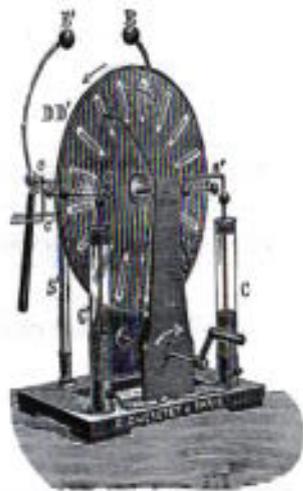
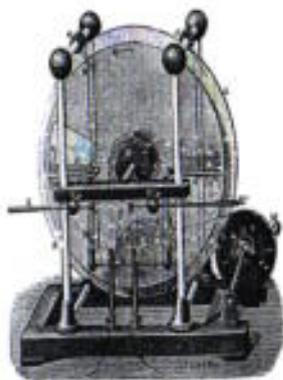
una mezcla detonante de hidrógeno y oxígeno que se hacía estallar mediante una chispa eléctrica, provocando una fuerte detonación y la expulsión del tapón (Ganot, 1875). Aunque no se ha conservado ninguno de estos instrumentos, los documentos del archivo de la Universidad indican que se compraron varios ejemplares a finales del siglo XIX. La principal fuente de electricidad para la mayor parte de estas experiencias fueron las máquinas eléctricas por fricción. Estas máquinas fueron difundidas por Francis Hauksbee, miembro de la Royal Society, a principios del siglo XVIII, que, con objetivos bastante diferentes a los que acabarían siendo sus principales usos, diseñó un aparato consistente en un globo de vidrio que podía ser girado rápidamente mediante un sistema móvil, de modo que resultaba posible cargarlo eléctricamente mediante rozamiento con un paño de algodón o con la mano (Hackmann, 1979). La nueva máquina fue desarrollada y transformada por varios autores con varias innovaciones como la sustitución de la esfera por un disco de vidrio y la introducción de tubo metálico que permitía la transmisión de la electricidad producida hasta el lugar deseado. Con un gran número de variantes, esta fue la máquina eléctrica que se empleó en muchos centros de enseñanza del siglo XIX y principios del XX, como lo prueban las conservadas en las colecciones de los institutos Luis Vives de Valencia, Jorge Juan de Alicante y Ribalta de Castellón, comentadas en la segunda parte de este libro.



Izquierda. Según la descripción ofrecida por A. Ganot (1896), de donde procede el grabado, esta experiencia se realizaba tomando un cilindro de latón (A), asido en un pie de vidrio, y que llevaba en sus extremidades dos pequeños péndulos eléctricos, de bolas de saúco a hilos de cáñamo, y fijos en vástagos metálicos que son conductores. El cilindro se colocaba cerca de la fuente de electricidad (M) y, posteriormente, se podía colocar otro cilindro idéntico (B) a su lado, observándose el fenómeno descrito. Derecha. Electriferro de Volta procedente del popular libro de A. Ganot, *Tratado elemental de física*, Madrid, 1896. Al frotar el disco (A) con la resina depositada en el recipiente (B), el disco (A) queda electrificado y al acercar la mano (figura de la derecha) se produce una chispa.

Otro procedimiento más sencillo para producir electricidad empleado en el siglo XIX eran los electriferros. En la colección se conservan partes más o menos completas de estos instrumentos, algunas de ellas probablemente realizadas a principios del siglo XX (M-0086, M-0242, M-0243) y otra más reciente (M-0087). Se conserva el soporte de vidrio y latón y, en algunos casos, el disco metálico. Debó también existir una caja de madera con un círculo donde se acoplaba el disco mencionado. Para producir electricidad, la caja de madera se rellenaba de resina fundida que se electrificaba mediante lana o piel de gato. Posteriormente, se acercaba el disco metálico (o forrado con un material metálico como el estaño), sujetado mediante la varilla de vidrio aislante. De este modo, el disco quedaba electrizado, lo que podía comprobarse por las chispas que producía. Así podía ser empleado, por ejemplo, para detonar mezclas gaseosas, como en el caso del pistolera de Volta, ya comentado. Un método sencillo para conocer si un cuerpo estaba electrizado era el uso de los péndulos electrostáticos. El más antiguo de la colección (M-0084) está realizado con una base de madera y un soporte de vidrio, del que sale un gancho metálico, donde se suspendía una esfera de médula de saúco. De este modo, al aproximar un cuerpo electrizado, la esfera es primero atraída y repelida poco después del contacto con el cuerpo.

En la segunda mitad del siglo XIX se popularizaron otro tipo de máquinas en las que la electricidad se producía por inducción en lugar de por fricción. Entre ellas figuraban la creada por Holtz que consistía en dos discos de vidrio de poco espesor, de distinto diámetro y muy cercanos entre sí, uno fijo y otro móvil gracias a un sistema de poleas y un manubrio. Frente al disco móvil, existían dos arcos de púas o peines de cobre conectados a unas varillas metálicas acabadas en dos esferas entre las que se producían las



Arriba.
Máquina eléctrica de Holtz, recogida en A. Ganot, *Tratado elemental de física*, Madrid, 1896.

Abajo.
Máquina de Wimshurst procedente del libro de Tomás Escribá *Nueve Elementos de física y nociones de química*. Barcelona, A. J. Bostinos, 1893.

espectaculares descargas eléctricas. La potencia podía mejorarse mediante dos condensadores o botellas de Leyden que eran cargadas gracias al movimiento de la máquina. Es posible que el instrumento M-0238 fuera una máquina eléctrica de este tipo, de la que sólo se ha conservado la polea que producía el movimiento y los peines metálicos, sin restos de los discos o del sistema de sujeción de los mismos.

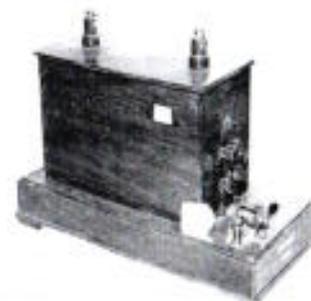
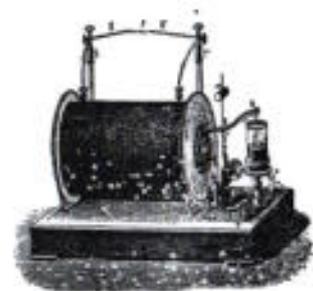
En las décadas finales del siglo XIX, se difundieron un tipo de máquinas semejantes desarrolladas por el ingeniero inglés James Wimshurst (1832-1903) que también producían electricidad mediante inducción gracias a dos o más discos que se movían en sentidos opuestos y que contenían láminas de estaño sobre ellos, incluyendo también unos arcos metálicos y unos condensadores para favorecer el proceso. Se conservan bastantes piezas de una máquina de Wimshurst en la colección de la facultad de física (F-0037): los dos discos de vidrio con las láminas metálicas y los dos condensadores con los arcos metálicos y las esferas entre las que se producían las descargas, aunque falta todo el sistema de movimiento.

También existen en la colección varios carretes de Ruhmkorff (F-0032, F-0070, F-0071, M-0078, M-0115), nombrados así en honor al fabricante de instrumentos Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877), aunque, en realidad, como ocurre en otros casos, los carretes de inducción fueron construidos gracias a las aportaciones de un gran número de autores, desde científicos hasta constructores, inventores o ingenieros. Ruhmkorff se interesó por estos instrumentos a mediados del siglo XIX e introdujo varias mejoras en los dispositivos existentes hasta entonces: incrementó la longitud del alambre, separó los carretes primario y secundario mediante un tubo aislante de vidrio y, siguiendo los consejos del físico Armand Fizeau, colocó un condensador entre los contactos del interruptor, lo que permitía reducir considera-

blemente las chispas producidas al conectar el carrete a una pila eléctrica y mejorar los resultados (Brenni, 1994). La parte principal del instrumento eran los dos alambres enrollados en la parte central, uno grueso (entre 2 y 2,5 mm) y otro fino (de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{5}$ de mm) (Ganot, 1887), aislados mediante un recubrimiento adecuado. El alambre más grueso se encontraba arrollado en torno a un cilindro que formaba el núcleo del carrete: El conjunto se cerraba con una capa aislante cilíndrica sobre la que se arrollaba el segundo alambre, más delgado, y de una longitud mucho más grande. Para hacer funcionar el instrumento, se hacía pasar una corriente eléctrica a través del alambre grueso que, de este modo, producía una corriente inducida en el alambre más fino. El fenómeno de inducción se producía con la variación de la corriente, por lo que era necesario producir el cierre y la apertura de la corriente mediante un interruptor que inicialmente fue de martillo y, más adelante, fue sustituido por otro de mercurio, desarrollado por el físico Léon Foucault.

Entre los carretes de la colección existe uno (M-0115) realizado por un fabricante alemán, Gebrüder Bing Nuremberg, con una pila elaborada por la casa danesa, Hellekens Enke & V. Ludvigsen LTD, pero el modelo más antiguo e interesante (M-0078) es el realizado por los sucesores de Juan Lubat, un constructor valenciano del que también se conserva parte de un termómetro diferencial. El carrete está cerrado en caja de madera y tiene un interruptor externo.

El desarrollo de la industria eléctrica y la generalización del suministro eléctrico disminuyeron el papel de estos primeros generadores eléctricos en el laboratorio didáctico y permitió la aparición de otra serie de aparatos. Entre ellos figuran varias fuentes de alimentación de uso didáctico (M-0105, M-0106) que cuentan con un dibujo del circuito que contienen. Hay también varios instrumentos de medida como galvanómetros



Arriba.
Carrete de Ruhmkorff recogido en *Elementos de física y nociones de química*, de Tomás Escribá, Barcelona, A. J. Bostinos, 1893.

Abajo.
Carrete de Ruhmkorff realizado por los sucesores de Juan Lubat, Escuela Universitaria de Magisterio. Núm. inv. M-0078. Universitat de València.

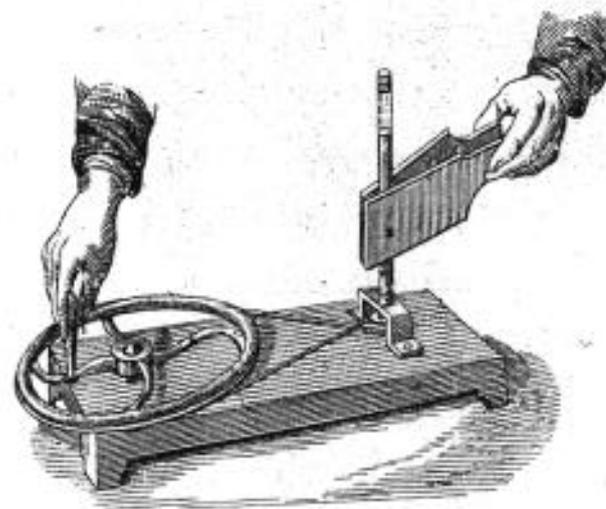
(M-0074, M-0075, M-0244), amperímetros didácticos (M-0079), voltímetros (M-0113), osciloscopios (M-0069, M-0104 y M-0126), reóstatos (M-0127, M-0141), bobinas para varios experimentos didácticos (M-0095, M-0116 y M-0140) (M-0239), dínamos (M-0160 y M-0161), transformadores (M-0148), etc. También existe una pila de Leclanché (M-0234), denominada así en honor a Georges Leclanché que introdujo estas pilas en la segunda mitad del siglo XIX, de la que sólo queda una parte, así como pilas de Daniell (M-0121, M-0122, M-0123, M-0124, M-0125, M-0226). Finalmente, también merece citarse la existencia de algunos tubos de Geissler (M-0076) y de Crooke (M-0149).

Mecánica

Existen varios instrumentos relacionados con las demostraciones de las leyes de la mecánica. Se conservan varios sistemas de poleas de diversos tamaños (M-0001, M-0002, M-0003, M-0004) que probablemente eran empleadas junto con los dinamómetros (M-0180), (M-0181), (M-0182) en las habituales experiencias relacionadas con el estudio de las fuerzas (ENOSA, 1963).

También existe sistema de poleas de madera (M-0248) unidas por una correa de transmisión, una de ellas con un orificio, junto con las que se encuentra una pieza en forma de T. Probablemente todo el conjunto es de fabricación propia, sin que haya información sobre el constructor. Quizás fuera un equipo destinado a la demostración de las propiedades de la fuerza centrífuga, como los que comentaremos más adelante. Sin embargo, la presencia de una pieza (M-0185), destinada a mantener tubos de ensayo, parece indicar que todo este equipo formaba parte de un aparato de Tyndall destinado a mostrar la ebullición del agua por frotamiento. De ser así, también debió incluir un tubo de latón que se rellenaba con agua o con éter, se cerraba con un tapón y se colocaba en el mencionado orificio de una de las dos poleas, sujetándolo con las pinzas que tienen una forma adecuada para tal fin. Con el movimiento de las poleas, el rozamiento provocaba el calentamiento del líquido hasta que la tensión del vapor lanzaba ruidosamente el tapón del tubo. Se trata de una de las espectaculares experiencias presentes habitualmente en los libros de la segunda mitad del siglo XIX para demostrar que la producción mecánica de calor. Junto con el aparato diseñado por John Tyndall (1820-1893), también solían citarse con esta finalidad las observaciones del conde de Rumford (1753-1814) sobre la aparición del calor como consecuencia del rozamiento en los cañones u otras experiencias semejantes. Tal y como recordaba Ganot (1887, 438), las experiencias de Rumford exigían "demasiado tiempo" para que pudieran "repetirse en las cátedras", mientras que el aparato de Tyndall permitía "en pocos minutos demostrar cómo se desarrolla calor por efecto del rozamiento".

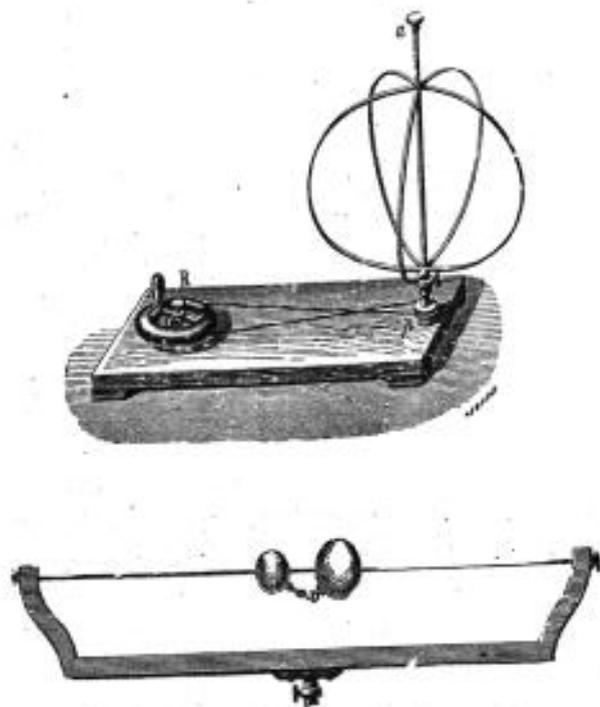
Este ejemplo muestra que las limitaciones impuestas por el contexto educativo, tales como el espacio del aula, el ritmo escolar o el régimen económico de la institución, fueron elementos importantes en la selección y la adaptación de estos instrumentos para la enseñanza. El paso de un instrumento de los laboratorios de investigación a las aulas



Aparato de Tyndall. Proceda del libro de Joaquín Ribera et al. *Física industrial...*, Barcelona, 1889-1890. Atlas.

también introdujo notables cambios en su uso y en el significado de las prácticas experimentales asociadas con él. Algunas de las experiencias antes mencionadas habían servido para atacar la hipótesis del calórico, en favor de una explicación mecánica del calor, dentro de una polémica que enfrentó a la comunidad científica de siglo XIX. Incluso entre aquellos que, como John Tyndall, consideraban que el calor era una forma particular de movimiento, existían diversas ideas acerca de la naturaleza de este movimiento (Fox, 1971). Trasladados después al ámbito de la enseñanza, los instrumentos perdieron su relación con la polémica que había producido su creación y fueron empleados generalmente en experiencias que servían para "demostrar" con cierta espectacularidad la interpretación mecánica del calor, muy lejos ya de las discusiones que impulsaron su creación. Un proceso semejante se produjo en el caso de las máquinas neumáticas que se comentaran en los siguientes apartados.

Como se ha señalado, el anterior aparato era muy semejante a la máquina empleada en el estudio de las fuerzas centrífugas y quizás se utilizó con este objetivo también en alguna ocasión, por lo que lo hemos descrito en esta sección dedicada a la mecánica. Existen otros dos modelos más de este tipo de máquinas en la colección. Se trata de dos ejemplares bastante diferentes, uno de madera (M-0258) y otro metálico (M-0026) diseñado por el constructor de instrumentos didácticos alemán Max Kohl. Este último cuenta con algunos de los accesorios empleados con este aparato. Por ejemplo, existen unos arcos flexibles de acero (M-0026-04) que se utilizaban para mostrar el achatamiento de



Experimentos sobre la fuerza centrífuga recogidos por E. Lozano, *Elementos de Física*, Madrid, 1907

la Tierra en los polos, un asunto que enfrentó a varios grupos de científicos durante el siglo XVIII y que fue transformado, mediante este sencillo aparato, en una experiencia común en las aulas de física del siglo XIX. Cuando se hacen girar sobre el aparato de rotación, los arcos flexibles se achatan por su parte superior y adoptan una forma elipsoidal. Para mostrar la acción de la fuerza centrífuga sobre los sólidos, existe un dispositivo (M-0026-01) que consta de dos esferas unidas por una cadena y que pueden moverse libremente sobre un fino tubo que gira cuando se une al aparato de rotación. De este modo, cuando se acciona este aparato, el tubo gira en torno a un eje imaginario perpendicular al suelo. Si las esferas son de la misma masa y se encuentran equidistantes del eje de rotación, permanecen inamóviles cuando gira el aparato. Si, por el contrario, las esferas tienen diferente masa o se encuentran situadas a distancias diferentes del eje se producirá un movimiento hasta que alcancen una situación de equilibrio, de modo que las distancias al eje sean inversas a las masas respectivas de las esferas. También existen accesorios para mostrar la acción de la fuerza centrífuga sobre los líquidos (M-0026-02). Se trata de dos tubos inclinados en los que se introducen líquidos de distintas densidades.

En el reposo, los líquidos más densos ocupan el fondo que se encuentra en el centro del soporte, sobre el eje de rotación. Sin embargo, al hacer girar la pieza se puede observar un desplazamiento de las sustancias que da lugar a la distribución inversa: los más densos van a los extremos y los menos densos se sitúan al fondo.

Junto con estos accesorios, el catálogo de 1905 del fabricante de instrumentos para la enseñanza Max Kohl recoge otros que no se han conservado en la colección, tales como un dinamómetro para medir la fuerza centrífuga o un diseño para mostrar el péndulo de Foucault. Este último, denominado así en honor al físico francés Léon Foucault (1819-1868), consiste en un péndulo que se mueve sobre una plataforma circular que dispone de una regla graduada en grados sexagesimales. Gracias a este círculo graduado, se puede observar que el plano de movimiento del péndulo no varía cuando se produce la rotación, un fenómeno que también se observa con grandes péndulos que mantienen su plano de movimiento frente a la rotación de la tierra.

Óptica

Uno de los instrumentos más populares empleados en la enseñanza de la física fueron los bancos de óptica, de los que existen tres en la colección: un modelo más antiguo, quizás de principios del siglo XX (M-0071), y otros dos fabricados en los años sesenta y setenta por ENOSA (M-0158 y M-0159). Existen bancos de óptica semejantes de diversos períodos en la Facultad de Física (F-0061, F-0435, F-0436, F-0437). Con estos bancos, sobre los que se colocaba el equipo de lentes, proyectores, prismas y otros objetos de óptica, resultaba posible realizar un gran número de experiencias relacionadas con el estudio de la luz. El catálogo de Max Kohl de 1905 proponía la realización de experiencias de proyección de imágenes microscópicas, el estudio de fenómenos de



Dos imágenes del disco de colores de Newton, al que imprimiéndole un rápido movimiento de rotación, se observa el color blanco.

Arriba. El que se conserva en la Escuela Universitaria de Magisterio. Núm. inv. M-0080. Universidad de Valencia

Abajo. En una ilustración procedente de un libro de texto del siglo XIX.

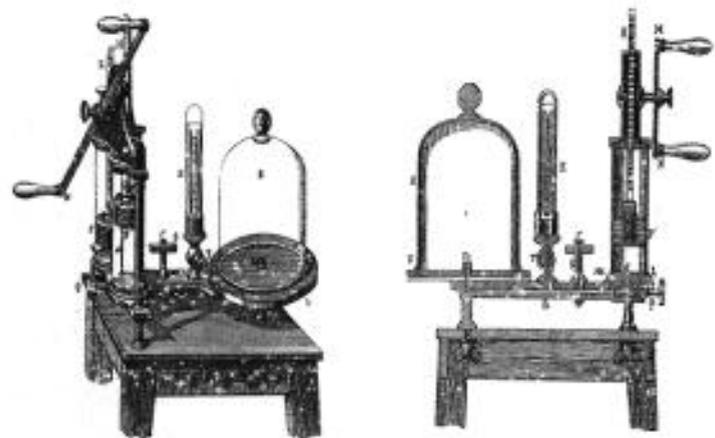


Proyección de imágenes microscópicas según grabado procedente de R. P. Marcolán, *Curso elemental de física moderna*, Zaragoza, 1910.

polarización de la luz y la observación de los colores creados mediante el análisis de la luz con un espectroscopio de visión directa. Por su parte, el manual ofrecido por ENOSA en 1962 sugiere más de doscientas experiencias relacionadas con la reflexión, la refracción o la dispersión de la luz, incluyendo la fabricación de un telescopio sencillo o el estudio de enfermedades como la hipermetropía o la presbicia.

Otro instrumento popular en las clases de óptica fue el disco cromático de Newton (M-0080). El disco está recubierto por sectores de colores que imitan en su color y extensión relativa el espectro de la luz solar. Haciendo girar rápidamente el disco, la retina humana recibe simultáneamente la imagen de todos los colores del espectro y, por ello, se observa de color blanco, tal como si todos los colores provinieran todos de un mismo haz.

Los instrumentos ópticos no sólo fueron empleados en las demostraciones relacionadas con esta materia o con la física. Se han comentado en otros apartados el empleo de instrumentos como polarímetros, colorímetros o espectroscopios en diversas áreas relacionadas con la química. Estos instrumentos permiten estudiar diversas propiedades de la luz con el fin de ofrecer datos sobre ciertas propiedades de las muestras analizadas. En el caso de los telescopios o de los microscopios, los instrumentos sirven principalmente para superar las limitaciones de la visión humana, tanto en el caso de objetos lejanos como en el de piezas muy pequeñas. Existen pocos microscopios en la colección, quizás porque la mayor parte de ellos se encuentran en las facultades de biología o de medicina, cuyas piezas todavía no han sido totalmente inventariadas. Existen, no obstante, algunos ejemplos de microscopios destinados a la enseñanza en la colección de instrumentos, entre los que figura uno realizado por ENOSA (M-0021) y otro más reciente realizado por Ernst Leitz (M-0070). Quizás los más interesantes son el microscopio de Raspail (M-0210) y el microscopio de proyección "Mikrolyt" (M-0227). El primero



Izquierda. Máquina neumática procedente del libro de Joaquín Ribera et al. *Física industrial*, Barcelona, 1889-1890. Atlas. Estos modelos constan de tres partes: los dos cuerpos de bomba (P), un barómetro truncado (E) y la platina (N) sobre la que se coloca el recipiente en el que se quiere producir el vacío (R). Al contrario que las primeras modelías, que disponían de un sólo cuerpo de bomba, las máquinas de la colección disponen de dos dentro de las cuales se mueven en sentido contrario dos cilindros accionados por un piñón que se hace girar mediante un balancín (M), a través del engranaje de las cremalleras (K) y (H). Derecha. El barómetro truncado (E) consta de un tubo de vidrio de dos ramas (sólo se ha conservado en el ejemplo M-0013), una de ellas abierta, que permite realizar mediciones de la presión del aire gracias a una llave (T) que comunica este barómetro con los cuerpos de bomba y el recipiente en el que se ha hecho el vacío. El modelo M-0014 dispone además de una llave (rs) que sirve para cerrar la comunicación entre los cuerpos de bomba y el recipiente una vez que se ha realizado el vacío en éste. Las máquinas neumáticas disponen también de otras llaves que permiten establecer diversos modos de conexión entre los cuerpos de bomba para favorecer la obtención del máximo vacío posible. De acuerdo con la terminología empleada en un libro de texto de principios del siglo XX (González Martí, 1912) los dos cuerpos de bomba pueden ser asociados "en cantidad", si ambos tubos salen de su parte inferior y se unen con el que comunica con el recipiente de vacío, o "en serie", si el recipiente de vacío comunica con un sólo cilindro y éste está comunicado con el siguiente con otro tubo. Esta situación gracias a la llamada "llave de Bobinet" que se encuentra en la parte posterior de la máquina (Q).

(M-0210) es un microscopio diseñado para el estudio de disecciones anatómicas. Le falta el espejo de iluminación que se encontraba en la parte inferior unido al soporte vertical por un orificio que se conserva. En el centro tiene un soporte circular, donde resultaba posible colocar diversos complementos según el tipo de estudio que se pretendía realizar. Finalmente, en la parte superior se encuentra el soporte de la lente que puede ser movido de modo vertical, con el fin de ajustar el foco, y de modo horizontal para situar la lente en la parte de la muestra que se desea observar. Un instrumento semejante fue empleado por Darwin en sus investigaciones.

El "Mikrolyt" era un microscopio de proyección destinado a estudiantes realizado por el fabricante alemán E. Liesegang en el primer tercio del siglo XX. Lamentablemente sólo se han conservado parte de dos de las piezas: la carcasa cilíndrica donde se colocaba la fuente de luz eléctrica y el pequeño soporte de la lupa que servía para provocar el aumento. La muestra se situaba entre ambas, de modo que la luz la atravesaba, llegaba

a la lupa y era reflejada por un espejo -desaparecido en el instrumento M-0227- que dirigía así la imagen aumentada hacia la superficie donde se realizaba la proyección. El folleto facilitado por el fabricante (Liesegang, SA), ofrece otras muchas disposiciones del instrumento, según el tipo de uso que se pretendía dar del mismo.

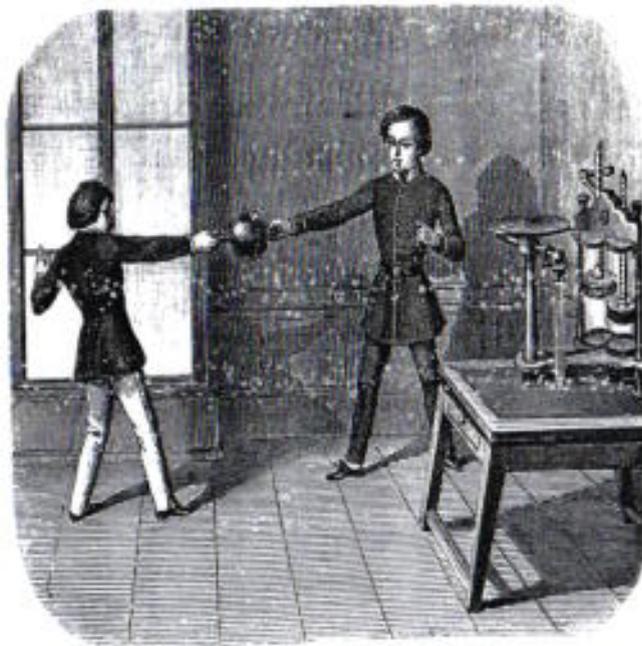
Existen otros aparatos de proyección en la colección, entre ellos una linterna de proyección (M-0066) o "linterna mágica" como era conocida anteriormente. Aparatos de proyección semejantes, aunque iluminados con velas y no con arcos de carbono, se encuentran en las obras de Athanasius Kircher del siglo XVII (Hankins, 1995). Los libros de texto de física y química del siglo XIX contenían habitualmente referencias a diversas versiones de estos aparatos, entre los que figuraban las "fantasmagorías", una variante de las linternas mágicas que permitía la modificación del tamaño de la imagen mediante cambios de posición de las lentes que debían ser complementadas con movimientos del aparato para mantener el foco de la imagen, lo que se conseguía gracias a un soporte móvil. La linterna de proyección de la colección se compone de una caja rectangular con una puerta que tiene una ventana circular de vidrio rojo. En la parte delantera tiene las placas donde se intercalaba la imagen que se proyectaba pero ha perdido el sistema óptico. El sistema de iluminación empleado era un arco de carbono y quizás alguno de los existentes en la colección (por ejemplo, M-0065) se utilizó con este objetivo.

De los años iniciales del siglo XX data la introducción de los "epidiascopios" en los centros de enseñanza. Existen dos ejemplares en la colección, aunque más recientes, uno (M-0154) de la casa "Cultura" de Madrid y otro (M-0166) de Droll. Se trata de aparatos destinados a la proyección de objetos transparentes (proyección diascópica) y de objetos opacos reflejados (proyección episcópica), al principio mediante el empleo de arcos de carbono y, más adelante, de bombillas eléctricas. Se conservan también varias colecciones de diapositivas pero recientes (M-0252, de Ancora), un visor de diapositivas (M-0251) y un proyector (M-0073) del Instituto de Física Aplicada.

Finalmente, dentro de este apartado dedicado a los instrumentos ópticos, es necesario mencionar también varias cámaras fotográficas, la más interesante de las cuales es el modelo fabricado por Prockler en París (M-0088). Consta de una caja de madera con un objetivo en la parte frontal y una plancha de madera móvil en la parte posterior. También conserva el fuelle que permite separar el lugar donde se coloca la placa fotográfica del objetivo, para ajustar el foco. También existe otra cámara (M-0198) de un constructor de instrumentos de Nancy, Bellieni, pero con oculares Zeiss.

Neumática

Las experiencias relacionadas con los fenómenos causados por la presión atmosférica y el vacío eran habituales en las aulas de física del siglo XIX. Los instrumentos básicos para el estudio de estos fenómenos fueron las máquinas de vacío o bombas neumáticas y los barómetros, todos ellos introducidos durante el siglo XVII a través de los estudios de autores como Torricelli, Pascal, Otto von Guericke y Robert Boyle, entre otros. La máquina neumática fue uno de los instrumentos emblemáticos del siglo XVII

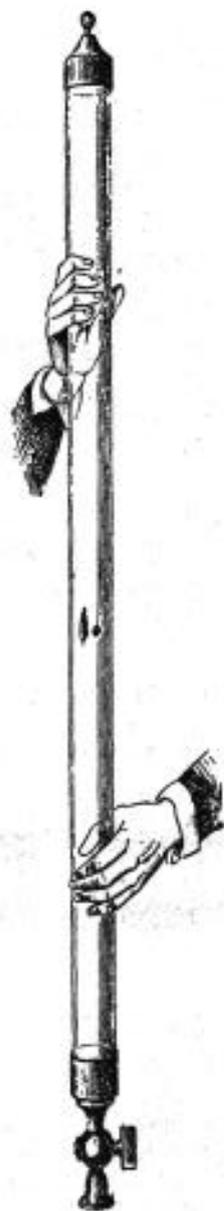


Hemisferos de Magdeburgo en el popular libro de texto de Ganot. Se puede observar la máquina neumática colocada en el extremo derecho.

y dio origen a una fuerte polémica entre Robert Boyle y Thomas Hobbes analizada en un famoso libro por Shapin y Schaffer (1985). La producción comercial de este instrumento comenzó a partir de 1670 y a principios del siglo XVIII los fabricantes de instrumentos ofrecían varios tipos de máquinas, de diversos precios. Finalmente, superada las polémicas en torno a su funcionamiento, las máquinas neumáticas se transformaron en instrumentos didácticos, comercializados para centros de enseñanza por fabricantes especializados. En 1905, el catálogo de Max Kohl recogía más de seis páginas con diversos modelos de máquinas neumáticas, junto con un gran grupo de instrumentos. Estas máquinas aparecen habitualmente en las colecciones de los institutos de enseñanza media creados a mediados del siglo XIX en España, como lo demuestra el reciente catálogo realizado en Andalucía o las colecciones de los institutos



Hemisfero de Magdeburgo procedente de la colección de la Escuela de Magisterio Núm. 17. M-0006. Universitat de València.



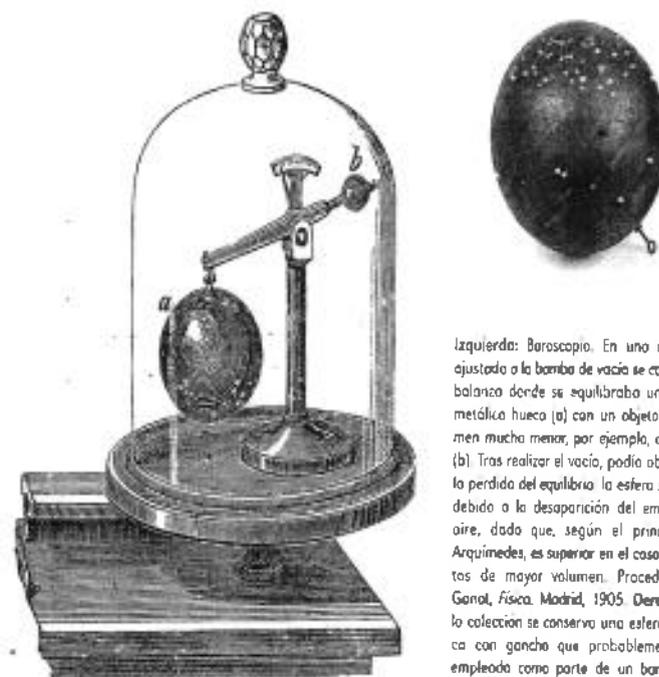
Tubo de Newton, procedente del libro de texto de T. Escriche, *Elementos de Física* Barcelona, 1912.

Jorge Juan de Alicante, el Luis Vives de Valencia o el Ribalta de Castellón, comentados en los anteriores capítulos de este libro

Mientras que las empleadas en la enseñanza mantuvieron muchos de los rasgos de los primeros modelos, las máquinas de vacío industriales o empleadas en los laboratorios siguieron diseños diferentes, empleando motores eléctricos o de combustión, que permitían obtener mejores rendimientos y un mayor grado de vacío. Existen varios modelos de este tipo en la colección destinados a una gran variedad de operaciones y, en ocasiones, asociadas con otros instrumentos (Q-0092, Q-0099, Q-0101, Q-0216). Los modelos de máquina neumática accionada manualmente quedaron relegados al mundo de la enseñanza de las ciencias, donde jugaron un papel muy importante durante todo el siglo XIX y parte del XX. Una buena prueba son las dos bombas neumáticas de la colección de la escuela de magisterio (M-0013 y M-0014). Se trata de dos modelos de máquinas con dos cuerpos de bomba, semejantes a las que aparecen en la figura adjunta (pág. 353), que aparece en numerosos libros de texto de la segunda mitad del siglo XIX.

El objetivo de la máquina neumática era mostrar los fenómenos asociados con el vacío y la presión atmosférica, difícilmente observables por los estudiantes en la vida cotidiana. Junto con ella existían diversos objetos de vidrio o metal que se acoplaban mediante válvulas herméticas a la máquina neumática. Un ejemplo característico son los famosos hemisferios de Magdeburgo, difundidos por Otto von Guericke en el siglo XVII para mostrar las propiedades del vacío. En las aulas, los hemisferios de Magdeburgo se empleaban junto con la máquina neumática que permitía extraer el aire de su interior y, tal y como se puede comprobar en la ilustración adjunta (pág. 355), se podía ofrecer a los alumnos la posibilidad de comprobar por sí mismos la dificultad para separar las dos semiesferas.

Otra experiencia sencilla realizada con la máquina neumática era el aparato denominado "rompe vejigas" en los libros de texto del siglo XIX (Escriche, 1900). Un cilindro de cristal abierto por las dos caras se colocaba sobre la máquina neumática, en el lugar del orificio de succión del aire. Se tapaba la parte superior con una vejiga y se extraía



Izquierda: Baroscopio. En una campana ajustada a la bomba de vacío se coloca una balanza donde se equilibra una esfera metálica hueca (a) con un objeto de volumen mucho menor, por ejemplo, de plomo (b). Tras realizar el vacío, podía observarse la pérdida del equilibrio: la esfera se hunde debido a la desaparición del empuje del aire, dado que, según el principio de Arquímedes, es superior en el caso de objetos de mayor volumen. Procedente de Ganot, *Física*, Madrid, 1905. Derecha: En la colección se conserva una esfera metálica con gancho que probablemente era empleada como parte de un baroscopio. Núm. inv. M-0083. Universitat de València.

el aire con la máquina neumática, de modo que la presión atmosférica rompía la vejiga. Los libros de texto del siglo XIX recogen incluso una serie de problemas asociados con el cálculo de la presión resultante tras la acción de n golpes del émbolo de la máquina neumática (Ganot, 1872).

La máquina neumática también se empleaba, gracias a ciertos complementos, en experiencias de mecánica o de acústica. Una práctica habitual era el estudio de la caída de cuerpos en el vacío gracias al tubo de Newton (M-0262). Se trata de un sencillo recipiente cilíndrico de más de un metro de longitud en el que se hacían descender dos cuerpos de diferentes densidades, realizados, por ejemplo, con plomo y corcho, con el fin de comprobar que los dos cuerpos caían a la misma velocidad en el vacío. Con la llave situada en la parte inferior del tubo se podía hacer entrar un poco de aire para estudiar cómo se restablecía la situación observada en la vida cotidiana, es decir, que, en presencia de aire, el cuerpo de plomo caía más rápidamente que el cuerpo realizado con corcho.

La máquina neumática también podía ser empleada para demostraciones relacionadas con el principio de Arquímedes en los fluidos gaseosos mediante un sencillo baroscopio, tal y como aparece descrito en la figura adjunta. Quizás la esfera metálica M-0083 era parte de un aparato de este tipo. En los libros de texto del siglo XIX también se mencionan otros complementos destinados a mostrar la ausencia de transmisión del sonido en

el vacío mediante un recipiente con una campanilla o un timbre en su interior que dejaba de sonar cuando se extraía el aire, aunque estos instrumentos no se han localizado en la colección.

Hidrostática e hidrodinámica

El ludión o diablillo de Descartes (M-0219) era un aparato destinado a mostrar la influencia de la presión sobre un cuerpo suspendido en un líquido y sometido, por lo tanto, a los efectos derivados del principio de Arquímedes. En algunas primeras versiones del siglo XIX (Pouillet, 1832), que aparecen también en libros de principios del siglo XX (Langlebert 1906), constaba sencillamente de un recipiente con líquido cerrado con una membrana sobre la que se ejercía la presión.

El modelo de la colección (M-0219) es un diseño común en los libros de texto de la segunda mitad del siglo XIX. La membrana fue reemplazada por un émbolo que se accionaba con la mano para ejercer la presión sobre el tubo que contenía aire y agua. Dentro del agua se colocaba el "ludión", pequeña figura cuya forma varía, desde un juglar (Ganot, 1872) —de donde procede su nombre, del latín "ludio"— hasta un pequeño diablo (Lozano y Ponte de León 1904; Felín 1905) o un guerrero (Braño, s. a.). En cualquier caso, se trataba de figuras de esmalte unidas a una cavidad con aire que estaba conectada con el agua del tubo. De este modo, al aumentar la presión sobre el aire del recipiente, el aire de la cavidad se comprime y permitía la entrada de más líquido en la misma, provocando la inmersión de la figura, la cual podía volver a elevarse con la disminución de la presión.

También existen en la colección de magisterio dos aparatos de Haldat (M-0061 y M-0062) (Ganot, 1876), una de ellas realizada por la casa parisina "Les Fils d'Émile Deyrolle" (Deyrolle, 1907). Se trata de un instrumento diseñado con fines didácticos, con el objetivo de demostrar que la presión en el fondo es independiente de la

forma de las vasijas. Sobre la placa de madera descansa un tubo acodillado en uno de cuyos extremos, el situado junto al soporte, pueden atornillarse recipientes de diferentes formas. En el otro extremo se colocaba un tubo con mercurio que falta en uno de los modelos. Este tubo contenía un anillo que podía moverse a través de él, de modo que señalaba la altura alcanzada por el mercurio en cada situación. La experiencia consistía en colocar un primer recipiente en el soporte que se llenaba con mercurio hasta una posición determinada, la cual quedaba fijada mediante la varilla metálica móvil situada en la parte superior del soporte. Posteriormente, se reemplazaba la vasija por otra de forma completamente diferente y se llenaba hasta la misma altura con mercurio. El estudiante podía comprobar que también en este caso el mercurio alcanzaba la misma altura que en el primero, es decir, que la presión ejercida por los recipientes sobre el fondo no dependía de la forma de las vasijas.

Otro popular instrumento didáctico relacionado con la hidrodinámica es el molinete hidráulico (M-0060). El molinete hidráulico se colocaba sobre un soporte que le permitía girar sobre su eje vertical. Al llenar el recipiente con agua, el aparato adquiría un movimiento de rotación debido a la salida del líquido por los tubos inferiores que se encuentran doblados convenientemente en direcciones opuestas. En los libros de texto de finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Langlebert 1906; Ganot 1905) se empleaba para mostrar las presiones laterales producidas al realizar una abertura en una pared de un recipiente. Otra experiencia sencilla relacionada se realizaba con un vaso prismático que se colocaba sobre un pequeño carro móvil. Al abrir el orificio de salida del líquido, podía observarse que el carro comenzaba a moverse en dirección opuesta a la salida del líquido.

También era común en las aulas de física del siglo XIX el empleo de modelos de aparatos utilizados



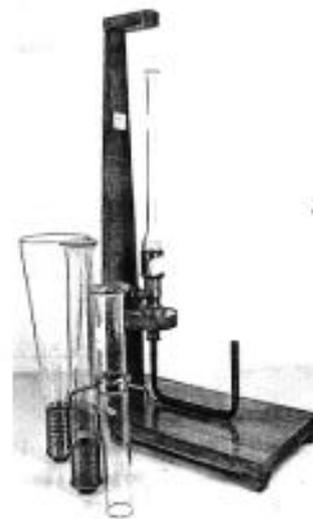
Ludión. Procedente del popular libro de texto de Bortolomé Felín y Pérez, *Curso de física experimental y aplicada*, Madrid, 1905.



Molinete hidráulico según Ganot, *Tratado de Física*, Madrid, 1905.



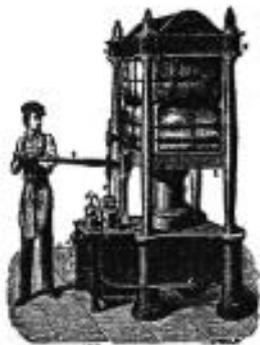
Aparato de Haldat según Ganot, *Tratado de Física*, Madrid, 1905.



Aparato de Haldat, procedente de la Escuela Universitaria de Magisterio. Núm. inv. M-0061. Universitat de València.



Bomba aspirante impelente de la colección de la Escuela de Magisterio. Núm. inv. M-0015. Universitat de València.



Manejo de la prensa hidráulica según un grabado común en muchos libros de texto del siglo XIX. Procedente de T. Escriche, *Elementos de Física y nociones de química*, Barcelona, 1893.

en la industria y que servían para ilustrar alguno de los principios de la dinámica de fluidos o de la mecánica. Un ejemplo son las bombas aspirantes que servían para demostrar las "aplicaciones" de la ciencia a la vida cotidiana como, por ejemplo, la construcción de fuentes o el apagado de incendios, aunque, de hecho, estas máquinas fueron utilizadas mucho antes de que se estableciera la interpretación actualmente aceptada sobre su funcionamiento. En la colección de magisterio existen tres modelos de bombas aspirantes impelentes (M-0015, M-0016 y M-0017), que combinan las propiedades de estos dos tipos de bombas para producir un chorro de agua constante (Deyrolle, 1907). Las bombas aspirantes, las más comunes, producen vacío para producir la ascensión del líquido mientras que las impelentes emplean la comprensión del aire para provocar la salida del líquido.

Existe en la colección un modelo de prensa hidráulica fabricado por los franceses Ducretet & Roger (M-0011). En el ejemplar de la colección, falta la superficie superior de la prensa y el recipiente que suministra el líquido necesario para el proceso. Se compone básicamente de dos cilindros, uno de los cuales tiene un grosor mucho mayor que el otro, comunicados por un tubo. Cada uno de ellos dispone de un pistón cilíndrico, denominado en ocasiones "pistón zambullidor" (Langlebert 1907; Ganot 1872). El pistón más pequeño puede ser accionado mediante una palanca que permite subirlo y bajarlo a voluntad. Cuando asciende se produce un vacío que permite aspirar el líquido del recipiente y cuando baja envía el agua al cilindro grueso a través del tubo que los conecta. De este modo, el cilindro pequeño actúa como una bomba de inyección, extrayendo agua del recipiente y transmitiendo la presión al pistón más grande que asciende poco a poco y comprime el cuerpo situado entre él y la



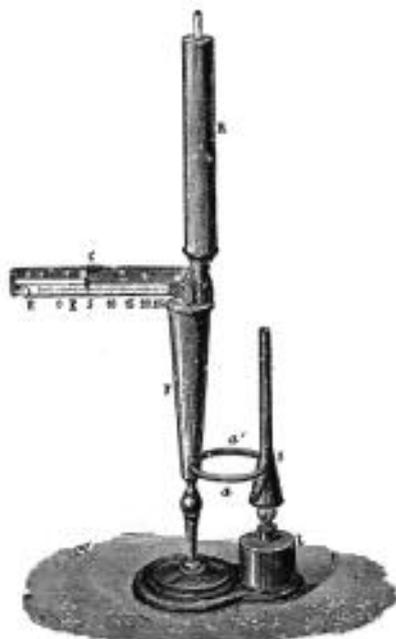
Barógrafo firmado por Agustín Molino Ibars, fabricante valenciano de instrumentos. Colección de la Escuela Universitaria de Magisterio. Núm. inv. M-0008. Universitat de València.

superficie superior de la prensa. Para evitar las pérdidas de agua por el cilindro más grande, se arroja en una cavidad situada en su parte superior un anillo de cuero empapado en aceite, de modo que, cuando más fuerte es la presión, más fuertemente se adhiere este anillo a la pared y al émbolo, oponiéndose de este modo a la salida del líquido.

La colección también dispone de varios modelos de instrumentos empleados en meteorología, incluyendo una garita meteorológica (M-0012). Destacan varios barógrafos, instrumentos que miden de modo continuo la presión atmosférica. Uno de ellos fue construido por los fabricantes franceses Richard Frères (M-0007), la casa que popularizó estos instrumentos en las últimas décadas del siglo XIX, gracias



Barógrafo. La pieza sensible a la presión está formada por varias cajas del barómetro Vidi superpuestas. Los movimientos que los cambios de presión producen en estas cajas se recogen a través de la aguja y se transmiten al extremo donde hay una pluma constantemente entintada, apoyada sobre la hoja de papel cuadrículado. Imagen procedente del González Martí, *Tratado de Física General*. Imprenta Hijos M.G. Hernández, Madrid, 1904.



Ebullioscopio de Malligand. Consta de un vaso de latón en forma de cono truncado (F), donde se introduce el líquido sometido a ensayo. Se calienta mediante un tubo encorvado soldado al mismo (aa') y conectado a una campana (e) bajo la que se coloca el mechero (L). Por la parte superior, el vaso de latón tiene una tapa con dos agujeros, uno central, donde se coloca el termómetro y otro con un paso de rosca donde se coloca el refrigerador. El termómetro dispone de una escala de 0 a 20 grados alcoholícos. La escala es móvil para permitir el ajuste del cero que se realizaba con agua destilada. La posición cero se fijaba cuando el agua alcanzaba la ebullición en el recipiente (F) y el mercurio del termómetro se estacionaba. A continuación, se vaciaba el vaso (F) y se llevaba con el líquido que se pretendía ensayar. Tras repetir la operación, cuando el líquido hervía de modo patente y se estacionaba el mercurio, se podía leer en la escala la riqueza alcoholíca de la muestra. Según Baignet (1887), de donde procede la ilustración, con este instrumento, el análisis podía realizarse con tan sólo cien centímetros cúbicos de vino y no duraba más de media hora.

a la incorporación de cámaras de vacío metálicas que permitieron producir barógrafos transportables y más baratos. El procedimiento de medida de la presión era similar al de los barómetros aneroides que fueron introducidos a mediados del siglo XIX por Lucien Vidie. Estos nuevos barómetros, de los que hay un ejemplar moderno en la colección (M-0028), se basaban en los cambios elásticos producidos por la variación de la presión en una cápsula metálica donde se había realizado previamente el vacío. Los barógrafos diseñados por Richard Fréres (Beenni, 1996) cuentan con varias cajas aneroides conectadas con un brazo metálico que sustenta un registrador, el cual realiza una gráfica sobre un tambor con papel graduado movido por un reloj. Existe otro barógrafo en la colección (M-0008) muy semejante al anterior pero construido por un fabricante de Valencia, Agustín Molina Ibars, autor también de un modelo muy semejante de medidor continuo de la temperatura o termógrafo. Dispone de un tambor registrador semejante a los anteriores pero con papel graduado en grados centígrados en un eje, y con los días de la semana y las horas en el otro eje, lo que permite recoger las variaciones de temperatura con el paso del tiempo gracias a un mecanismo de relojería que mueve el tambor y una aguja que se impregna con tinta. Esta aguja está unida a la pieza que es sensible a los cambios de temperatura. En los primeros termógrafos, por ejemplo, los fabricados por Richard Fréres en París, esta pieza era un tubo de latón elíptico lleno de alcohol que al dilatarse provocaba variaciones en el tubo, las cuales se

registraban en el tambor. Los aparatos más modernos, como el de la colección, constaban sencillamente de una cinta de hierro arrollada en espiral en 4 anillos, con un extremo fijo y el otro unido a la aguja indicadora (Kleiber 1946).

También se ha conservado una escala de un termómetro diferencial (M-0025) realizada por otro fabricante valenciano (Juan Lubat) que, sin embargo, escribió el nombre del instrumento en francés. Consta de dos ramas con escalas graduadas de 0 a 70, lo que no coincide con la forma esperada para este tipo de termómetros. Más información sobre este y otros tipos de termómetros se ha ofrecido en la sección dedicada a la termodinámica.

Finalmente, fuera del grupo de instrumentos de meteorología, también merece destacarse el ebullioscopio de la colección (M-0063) firmado por la casa "E. Malligand Fils", cuyo fundador fue el introductor de estos instrumentos en el siglo XIX. A mediados de ese siglo el prestigioso químico francés Jacques Thenard, lo consideraba como el mejor método para establecer la composición de los vinos. Desde entonces, se ha transformado en un instrumento fundamental en la industria vitivinícola. Se basa en el diferente punto de ebullición de las mezclas de dos líquidos como el alcohol y el agua según la proporción de cada uno, tal y como se describe en la figura adjunta.

Equipos de prácticas

Existen varios equipos de óptica fabricados por ENOSA (Empresa Nacional de Óptica, S.A.) bajo la dirección del Instituto Torres Quevedo (Romero, 1998). En los años sesenta, se popularizaron toda una serie de equipos de prácticas de este tipo, no sólo para óptica sino también para termodinámica, mecánica y electricidad, que incluyan tanto las diferentes piezas e instrumentos como un manual con las actividades prácticas sugeridas para estudiantes de Bachillerato. J. Jiménez González, investigador-jefe de la sección de instrumental didáctico del Instituto Torres Quevedo, señalaba en uno de estos manuales (ENOSA 1963) que los equipos pretendían ofrecer herramientas para seguir "las nuevas orientaciones" que dirigían "la enseñanza de la física en los países técnicamente más desarrollados" y que resumía en tres puntos:

- 1.- Un aumento sustancial del tiempo dedicado al estudio experimental
- 2.- Que las prácticas o experiencias no sean solamente observadas en demostraciones de cátedra, sino que sean realizadas directamente por los propios alumnos trabajando en pequeños grupos y,
- 3.- Que estas experiencias sean, en el mayor grado posible, cuantitativas [...].

En realidad, estas "nuevas orientaciones" no eran tan novedosas como afirmaba Jiménez González, ni en España ni en el resto del mundo. La enseñanza práctica constituía ya un elemento esencial de la formación impartida en el famoso laboratorio que Justus Liebig dirigió en Giessen y que fue el origen de una importante escuela de investigación en química orgánica (Holmes, 1989). Este tipo de enseñanza permitía el aprendizaje de conocimientos teóricos y habilidades prácticas así como la transmisión de ciertos valores y normas respecto al trabajo experimental o acerca del valor de la precisión y el modo de

TÉCNICA FÍSICA

JOSÉ CASARES GIL

COMISIONADO DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA

LIBRO DE TEXTO GENERAL
FACULTAD DE CIENCIAS
VALENCIA

TERCERA EDICIÓN

MADEMO
MAYORISTA VALLEJO, S. A.
Calle de la Iglesia
1988

Portada del popular libro de texto de José Casares Gil (1866-1961).

obtenerla, siendo uno de los espacios privilegiados donde se configura el *outilage mental* de los científicos, tal y como ha mostrado K. Olesko en su estudio sobre el seminario de Königsberg dirigido por Franz Neumann. Con el desarrollo de este tipo de enseñanza, aparecieron también libros de texto especialmente diseñados para servir de apoyo a las nuevas clases. Entre los más famosos de este tipo figuran las "Chemical Manipulations" de Michel Faraday, las "Manipulations de Physique" de Henri Buignet, y, en el caso español, el libro "Técnica Física" de José Casares Gil (1866-1961) que fue reeditado en varias ediciones en la primera mitad del siglo XX. Tal y como ya ha sido señalado anteriormente, esta orientación fue defendida en España por los colaboradores del museo pedagógico nacional, entre ellos el ya citado Edmundo Lozano, que impulsaron un tipo de enseñanza en la que los alumnos debían realizar "investigaciones personales, de primera mano... sobre problemas bien definidos".

Las obras antes citadas de Lozano, así como la traducción de numerosos libros de "manipulaciones" físicas o químicas como los de Buignet (1887) o Jungfleisch (1888) o la elaboración de manuales de este tipo por autores españoles como Durousseau (1896) o Casares (1908), sugieren que muchos estudiantes españoles realizaron prácticas de laboratorio en los años finales del siglo XIX y al primer tercio del siglo XX. Por lo tanto, las palabras antes mencionadas de J. Jiménez González, sólo pueden entenderse teniendo en cuenta la grave brecha que introdujo la Guerra Civil Española en esta tradición de enseñanza experimental, especialmente en los años de penuria y represión que siguieron a la implantación de la dictadura franquista.

A pesar de estos precedentes, resulta indudable que la enseñanza práctica ganó terreno a lo largo del siglo XX, con la difusión de nuevos modelos de enseñanza de la ciencia, tales como el aprendizaje por descubrimiento, en los que se otorgaba un mayor papel a la labor desarrollada por el alumno. Los instrumentos de principios del siglo XX descritos en los apartados anteriores indican que las demostraciones realizadas por el profesor seguían teniendo un peso importante en las prácticas de enseñanza. Si se comparan las características de los instrumentos producidos por ENOSA con los realizados a principios del siglo XX y conservados en la Escuela Universitaria de Magisterio anteriormente comentados, la evolución de estas prácticas queda patente. Estos últimos eran caros y delicados y estaban destinados a ser manejados por las manos expertas del profesor a lo largo de demostraciones realizadas durante las clases. El fabricante Max Kohl sugería en su catálogo de

1905 que se emplearan en un anfiteatro de física con la ayuda de un preparador, el cual quedaba encargado de realizar las experiencias sobre una mesa adaptada para este objetivo, de modo que contaba con las canalizaciones de agua y gas necesarias. Por el contrario, los equipos de prácticas de ENOSA consistían, por lo general, en material mucho menos frágil y complicado, con instrumentos más baratos y más fáciles de emplear por los estudiantes y diseñados para el repaso de ciertas cuestiones físicas previamente discutidas en el aula. Dentro de los equipos de prácticas, existen varios más o menos completos destinados a la enseñanza de la óptica (M-0191, M-0256 y M-0257) así como varios equipos de prácticas dedicados al estudio de la electricidad (M-0192, M-0194, M-0196, M-0197, etc.) y la termodinámica (M-0169, M-0170 y M-0189) dos calorímetros (M-0037 y M-0049) también de alrededor de los años setenta. Existen restos de un equipo de mecánica, algunas piezas sueltas, tales como los dinamómetros (M-0180 a M-0182) o las poleas (M-0001 a M-0004) y numerosas cajas vacías que debieron contener equipos que se han perdido.

El anterior análisis muestra cómo los instrumentos científicos permiten conocer las transformaciones de las prácticas de enseñanza de las ciencias a lo largo del tiempo. De este modo, se pueden convertir en herramientas excelentes para fomentar la reflexión acerca de los métodos didácticos actuales. Por eso, resulta deseable que estos objetos puedan ser conocidos y empleados por la comunidad universitaria, especialmente por todos aquellos interesados en la enseñanza de las ciencias. En la actualidad, muchos de ellos se encuentran en vitrinas en los despachos y en las aulas de prácticas del Escuela de Magisterio, por lo que, al contrario que muchos otros objetos comentados en este libro, su conservación está más o menos asegurada. Otra prueba del interés que ha existido por el mantenimiento de esta colección es la existencia de un inventario previo de más de doscientas cincuenta piezas, elaborado por el profesor Luis Miralles Comesa, que ha resultado de gran ayuda en el trabajo de catalogación. Sin embargo, la falta de espacio y la inexistencia de un proyecto de exposición con objetivos definidos hace complicado el uso didáctico de los instrumentos por lo que esperamos que, a la vista de la calidad de la colección, se tomen pronto las medidas necesarias para facilitar su estudio y su uso didáctico.