



Rafael García

## Instrumentos antiguos de física: recuperación de patrimonio y uso didáctico



Luis A. Villada

**ABSTRACT:** Our aim in this paper is to remark the need to recover the old apparatuses used to teach physics almost a century ago, which can still be found in the warehouse of some high schools. With an appropriate treatment most of them could be exhibited for didactical and historical purposes in science museums. Moreover, the study of these apparatuses will help teachers and students to appreciate the significant development of physics during the 19th century.

### Introducción

La enseñanza de la física, como ciencia experimental que es, requiere que los estudiantes se familiaricen con los experimentos, instrumentos y procedimientos habituales en los laboratorios de física. En la actualidad, estas actividades prácticas se realizan en los laboratorios que a tal efecto están habilitados en los centros de enseñanza. Estos laboratorios disponen de montajes experimentales preparados para que los estudiantes puedan medir una serie de magnitudes físicas, y que luego, estableciendo relaciones entre ellas, comprueben alguna ley física. La mayoría de estos equipos experimentales pueden adquirirse a través de empresas especializadas que suministran el material didáctico necesario; aunque también es frecuente encontrarse con algunas prácticas diseñadas y preparadas por los propios profesores, sin necesidad de recurrir a los equipos comerciales, que en ocasiones son bastante costosos.

Lo que acabamos de decir corresponde, a grandes rasgos, a la situación actual en los centros de enseñanza del estado español (al menos, desde hace bastantes años). Pero, ¿cuáles eran las experiencias de física que se les enseñaba a los estudiantes hace un siglo? Y, ¿cómo se realizaban estas experiencias? Puesto que el contenido de las actividades prácticas está relacionado con los temarios que se impar-

RAFAEL GARCÍA MOLINA Y  
LUIS ANTONIO VILLADA LOBETE

ten de física, su estudio puede servir para conocer, al menos en parte, qué tipo de conocimientos se consideraban más importantes. Un análisis detallado de estas actividades prácticas de física resultaría instructivo para conocer el devenir histórico de la didáctica de la física, pero dicho estudio excede el alcance del presente trabajo.

En relación con el párrafo anterior, merece citarse diversas investigaciones relacionadas con la enseñanza de la física en la España del siglo XIX. Éstas abarcan desde enfoques generales sobre la situación de la ciencia en España [1-3], hasta el análisis detallado del contenido de los libros de texto [4,5], pasando por un documentado estudio sobre la introducción de la enseñanza de la física en el sistema educativo español [6]. Por otra parte, y en relación con el tema que nos ocupa en este trabajo, también se ha estudiado [7] la incorporación en el siglo XIX de los institutos de enseñanza secundaria al sistema educativo español.

Nuestro propósito en este artículo es llamar la atención sobre el interés que tiene la recuperación de instrumentos antiguos de física (que todavía pueden encontrarse en los almacenes de algunos centros de enseñanza) y dignificarlos dándoles un uso adecuado. Además, el estudio de los instrumentos antiguos constituye una pujante línea de investigación en historia de la ciencia, tal como lo acreditan numerosas y recientes publicaciones [8-11].

Aunque en España ya se han realizado experiencias de recuperación de material científico procedente de institutos de segunda enseñanza [12,13], en las líneas que siguen expondremos la actuación que hemos llevado a cabo con los instrumentos del antiguo gabi-

nete de física del Instituto Jorge Juan, de Alicante, desde que comenzamos su recuperación (hace aproximadamente dos años), hasta la actualidad, en que se encuentran en condiciones de ser expuestos en un museo de ciencias [14].

Para que los lectores se puedan hacer una mejor idea sobre el material del que estamos hablando, en el apéndice de este trabajo describimos algunos de los instrumentos que hemos recuperado y mostramos una fotografía de su estado actual junto a la correspondiente ilustración extraída de un libro antiguo de física.

### Recuperación

En agosto de 1845 se creó en Alicante el Instituto de Segunda Enseñanza, en el que se impartían aquellos estudios que eran necesarios para completar la educación de las clases acomodadas. Durante muchos años, este instituto ejerció como único centro de enseñanza superior de Alicante.

Para culminar los actos con que se celebraban los 150 años de su fundación, el Instituto Jorge Juan organizó una exposición con parte de sus fondos (tanto documentales como materiales). Con el propósito de colaborar en dicho evento, y dada nuestra condición de antiguo alumno (RGM) y actual profesor (LAVL), decidimos curiosear por los almacenes del Instituto, para ver si había algún material de física digno de ser presentado en la exposición. En el almacén del Departamento de Física y Química, donde se acumulan objetos fuera de uso, encontramos varios instrumentos muy interesantes, algunos en buenas condiciones y otros que podían recuperarse fácilmente. Pero lo que realmente nos sorprendió fue constatar que el número de instrumentos en condiciones de recuperarse podía ser mucho mayor que lo que parecía a primera vista.

Satisfechos con este descubrimiento, seleccionamos los instrumentos que presentaban mejor aspecto o aparentaban estar más completos. Buscando en libros antiguos de física [15-21] y catálogos de instrumentos científicos [22] conseguimos encontrar las ilustraciones similares a las de las piezas que íbamos recuperando. Posteriormente procedimos a comprobar su funcionamiento y a anotar las deficiencias observadas, intentando subsanarlas, pero sin intervenir más allá de lo que la prudencia aconseja para evitar actuaciones inadecuadas que tengan consecuencias irreparables; de hecho, en algunos casos sería menester someter algunos instrumentos a un proceso de restauración [23,24]. De este modo se incorporaron a la exposición unas pocas decenas de instrumentos.

El proceso de recuperación e identificación de los instrumentos antiguos de física todavía continúa, pues cada cierto tiempo descubrimos algún nuevo aparato que requiere nuestra atención; en la actualidad tenemos contabilizadas cerca de 200 piezas, entre las cuales se hallan desde las más simples (como el tornillo) hasta otras bastante más elaboradas (como las empleadas para ilustrar fenómenos de inducción electromagnética o relacionados con las radiaciones).

Desde el principio del proceso quisimos dotarlo también de un carácter didáctico; para ello, en las tareas más sencillas de recuperación y documentación hemos contado con la colaboración de un grupo de alumnos voluntarios. Con una selección de los instrumentos que estaban en mejor estado de conservación se elaboró el vídeo titulado *150 años de enseñanza media en Alicante* [25], en el que aparecen funcionando varios de los aparatos; este vídeo se distribuyó entre los institutos de la provincia de Alicante. También se organizan periódicamente sesiones para que pequeños grupos de alumnos puedan ver en directo el funcionamiento de algunos de los aparatos de física.

## Documentación

La consulta de los libros antiguos no sólo nos ayudó a identificar visualmente los instrumentos, sino que nos permitió conocer su utilidad y funcionamiento. Esto nos ha proporcionado

una idea de los contenidos de física que se impartían en los institutos, así como la ordenación temática de los mismos. Resulta curioso observar cómo, en muchas ocasiones, la enseñanza de la física se complementaba describiendo el funcionamiento de ciertas máquinas simples o con nociones de meteorología. Al igual que sucede en la actualidad con los libros de texto, hubo algunos que gozaron de más prestigio que otros, tal como el de Ganot [16], que llegó a reeditarse hasta bien entrado el siglo XX [26] y que fue ampliamente usado en el ámbito internacional [27].

Las consultas realizadas en los libros antiguos de física nos han proporcionado la oportunidad de asomarnos al mundo de la enseñanza de la física hace un siglo, la cual era experimental, explicativa y descriptiva, y menos teórica y matemática que en la actualidad. Los textos estaban acompañados de una gran cantidad de ilustraciones de instrumentos, los cuales solían formar parte del gabinete de física del centro. Con estos instrumentos se realizaban experiencias para que los estudiantes observasen cómo transcurría algún fenómeno, en la línea de las actuales demostraciones de aula o experiencias de cátedra [28,29]. Estas ilustraciones eran muy cuidadosas y detallistas, y prácticamente coincidían con los aparatos que representaban (lo cual nos hace pensar en la meticulosidad de los dibujantes y de los fabricantes de la época); además, los mismos dibujos aparecían con frecuencia en libros diferentes, lo cual se debe a que procedían de los catálogos de unos pocos fabricantes de instrumentos. Esto contrasta con las ilustraciones que aparecen en los libros de texto actuales, las cuales suelen ser muy esquemáticas (procurando resaltar las partes que tienen más interés científico) y distintas de un texto a otro (por cuestiones de copyright).

Muchos de los aparatos científicos estaban diseñados para poder ser usados conjuntamente (el fenómeno que producía uno hacía que funcionase otro; tenían conexiones compatibles; etc.), pero también había aparatos que sólo servían para una demostración específica. La denominación de los instrumentos era más evocadora que en la actualidad; algunos se conocían por el nombre de algún personaje, real o miti-

co, con el cual estaban relacionados (fuente de Herón, vaso de Tántalo) o bien por el nombre del fabricante (tubos de Geissler) o del inventor (termoscopio de Rumford); otros instrumentos simplemente recibían el nombre de acuerdo con el uso a que se destinaban (aparato de influencia eléctrica) o del fenómeno que mostraban (tubo centelleante). Aunque también hay que decir que la designación de algunos instrumentos presenta ligeras variaciones según las diferentes fuentes bibliográficas consultadas.

## Conclusiones

La actividad desarrollada durante el proceso de recuperación de los instrumentos antiguos de física nos ha permitido:

- (i) Conocer los contenidos de la enseñanza de la física en los siglos XIX y XX. Este es un tema que merecería un estudio detallado y que podría aportar informaciones muy interesantes en el campo de la didáctica de la física.
- (ii) Comprender el funcionamiento y la utilidad de muchos instrumentos de física que ya están en desuso, pero cuyos diseños son interesantes porque nos enseñan cómo se empleaban los conocimientos físicos de la época para hacer que estos aparatos funcionasen (con gran precisión, en muchos casos). Sorprende la cantidad y variedad de instrumentos que se fabricaban con el único propósito de demostrar un único efecto físico.
- (iii) Constatar que bastantes de estos instrumentos todavía se usan en los centros de enseñanza (aunque contruidos con otros materiales y con ligeras variaciones en su diseño), tal como puede observarse comparando los catálogos o libros de la época con los actuales.
- (iv) Reforzar nuestro respeto y admiración por los científicos del siglo XIX, que con su habilidad e ingenio contribuyeron a los avances de la física. Para ello tuvieron que diseñar instrumentos y realizar

mediciones que, en muchos casos, fueron decisivos para el avance de la física.

Dado el indudable valor histórico, pedagógico y, también, estético [30] de los instrumentos de física antiguos que estamos recuperando, esperamos que éstos sean exhibidos adecuadamente en un museo de ciencias; de hecho, aparte de deleitarnos con la contemplación de estos instrumentos antiguos de física, también podemos aprender mucho sobre la práctica y el desarrollo de la física durante los últimos años del siglo XIX y primeros del XX. Mediante una adecuada combinación de los equipos científicos originales (tanto los que hemos recuperado como posibles nuevas adquisiciones) junto con exposiciones científicas de carácter interactivo, en la línea de lo que se ha dado en denominar museo de ciencia de tercera generación [31], este tipo de museo atraería tanto al público en general, curioso por los temas científicos, como a los estudiosos de la historia de la física.

### Agradecimientos

Agradecemos a la dirección del Instituto Jorge Juan de Alicante las facilidades que nos ha dado para acce-

der a su patrimonio. También queremos dar las gracias al Instituto de Cultura Juan Gil Albert, de la Diputación de Alicante, por la pequeña ayuda económica que nos ha concedido y, por último, al Departament de Física Aplicada de la Universitat d'Alacant y al Departamento de Física de la Universidad de Murcia por las facilidades prestadas para usar sus recursos informáticos.

### Apéndice

A continuación presentamos una pequeña selección de los instrumentos que hemos recuperado. Para ello hemos seguido la ordenación temática típica de los libros de texto de finales del siglo XIX, aunque hemos empleado una terminología actual para hacer las descripciones de los aparatos.

#### Mecánica

##### 1. Martillo de agua (Figura 1a).

Cuando los líquidos caen en el aire se disgregan en muchas gotitas, pero esto no sucede en el vacío, donde caen en forma compacta al no haber fricción con el aire. Esto se pone de manifiesto con el martillo de agua, que es un tubo de vidrio del que se ha extraído el aire y que contiene agua. Si se deja caer

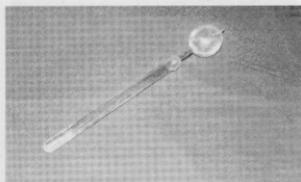
rápido el agua, dándole una sacudida al tubo, se escucha un ruido seco, como si una masa sólida golpeará la pared de vidrio, porque toda el agua ha caído al mismo tiempo, sin deshacerse en gotitas. De este modo se demuestra también que en el vacío todos los cuerpos caen con la misma velocidad.

##### 2. Péndulo de Foucault (Figura 1b).

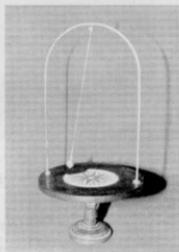
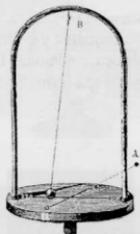
Demuestra la invariabilidad del plano de oscilación de un péndulo. Éste cuelga de un bastidor montado encima de una base circular, cuyo limbo está graduado, a la que se le puede imprimir un movimiento de rotación. Si mientras oscila el péndulo, se le imprime a la base un movimiento suave de rotación, se observará que el plano de oscilación del péndulo no varía y que la esfera del péndulo recorre todas las posiciones del limbo graduado. En 1851 Foucault utilizó la cúpula del Panteón de París para colgar un péndulo de diseño similar a éste, pero de proporciones mucho mayores, para demostrar la rotación de la Tierra sobre su eje.

##### 3. Demostración experimental de que la velocidad de caída de un cuerpo depende sólo de la altura y no de la forma del trayecto que recorre (Figura 1c).

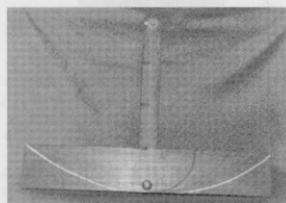
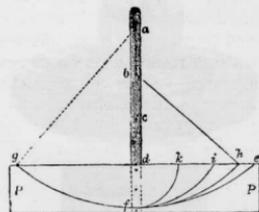
Se trata de un péndulo que cuelga del vástago perpendicular a una



a)

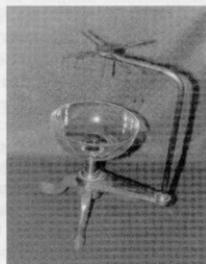
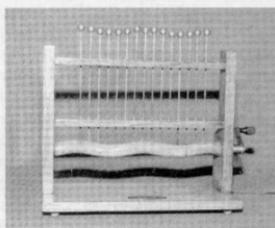
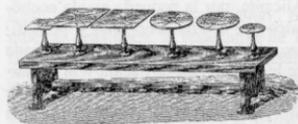
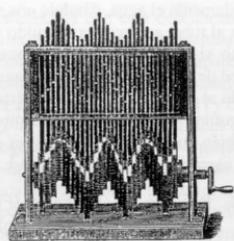


b)



c)

Figura 1. a) Martillo de agua, b) Péndulo de Foucault y c) Demostración de que la velocidad de caída sólo depende de la altura

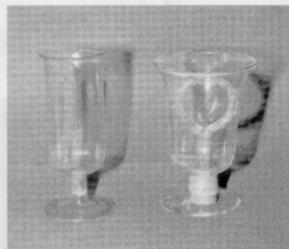
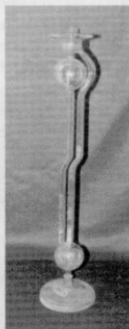
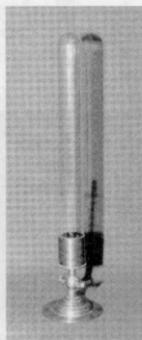


a)

b)

c)

Figura 2. a) Generador de ondas transversales. b) Vibraciones de placas y c) Campana vibrante.



a)

b)

c)

Figura 3. a) Fuente en el vacío. b) Fuente de Herón y c) Vaso(s) de Tántalo.

peana de madera; el hilo del péndulo puede interceptarse, a mitad de su recorrido, por un clavo situado a diferentes alturas. A pesar de ello, la esfera del péndulo sube hasta la misma altura desde la que se soltó. Sirve para demostrar que la velocidad de caída de un cuerpo es independiente de la trayectoria recorrida y sólo depende de la altura vertical desde donde desciende.

## Acústica y vibraciones

**1. Generador de ondas transversales** (Figura 2a). Sobre un eje horizontal que tiene forma sinusoidal se apoyan verticalmente unas varillas metálicas que terminan en bolitas, de manera que en conjunto reproducen la forma sinusoidal del eje. Cuando se hace girar el eje mediante una manivela, el conjunto de las bolitas se mueve como una onda transversal sinusoidal que cambia con el tiempo.

**2. Vibraciones de placas** (Figura 2b). Se trata de un conjunto de placas metálicas delgadas diferentes (cuadradas y circulares) que se recubren con arena fina y se hacen vibrar frotándolas con un arco de violín o golpeándolas con un martillo. Debido a las vibraciones

de cada placa, la arena se concentra en las líneas nodales, adoptando formas simétricas conocidas como figuras de Chladni.

**3. Campana vibrante** (Figura 2c). Sobre el borde de una campana de vidrio reposan las bolitas de un conjunto de péndulos. Los nodos y vientres de las vibraciones producidas en la campana de vidrio, mediante fricción con un arco de violín o golpeándola con un martillo, pueden detectarse observando si las bolitas de los péndulos están en reposo (cerca de un nodo) o en movimiento (cerca de un vientre).

## Fluidos

**1. Fuente en el vacío** (Figura 3a). Consiste en un recipiente de vidrio con un tubo pequeño y estrecho en su parte inferior, el cual comunica con el exterior y por donde se puede extraer el aire. Una llave de paso en la base del recipiente cierra la comunicación entre el interior y el exterior a través del pequeño tubo. Después de hacer el vacío en el interior del recipiente, se coloca éste verticalmente en un plato con agua y se abre la llave de paso: al ser mayor la presión en el exterior del recipiente (presión atmosférica), el

agua del plato es impelida a través del pequeño tubo y surge dentro del recipiente como si fuera una fuente o surtidor.

**2. Fuente de Herón** (Figura 3b)<sup>1</sup>. Dos recipientes esféricos de vidrio están dispuestos verticalmente y se comunican mediante dos tubos; en la parte superior hay un plato con agua que cae a través de uno de los tubos hasta el recipiente inferior, de donde expulsa aire hacia el recipiente superior. Cuando el aire llega a este recipiente, aumenta la presión sobre el agua y ésta sale en forma de surtidor por un tubo que atraviesa el plato superior.

**3. Vaso de Tántalo** (Figura 3c)<sup>2</sup>. Es un recipiente de vidrio en forma de copa o vaso, que contiene un tubo curvado en su parte superior y que atraviesa el fondo del recipiente. El nivel del agua que se vierte dentro del vaso va subiendo hasta llegar a la parte más alta del tubo curvado; en ese momento el agua sale a través del tubo, y el nivel dentro del vaso desciende hasta situarse por debajo del extremo del tubo curvado. Sirve para demostrar el funcionamiento de un sifón intermitente; en la Ref. [32] se discuten algunas aplicaciones.

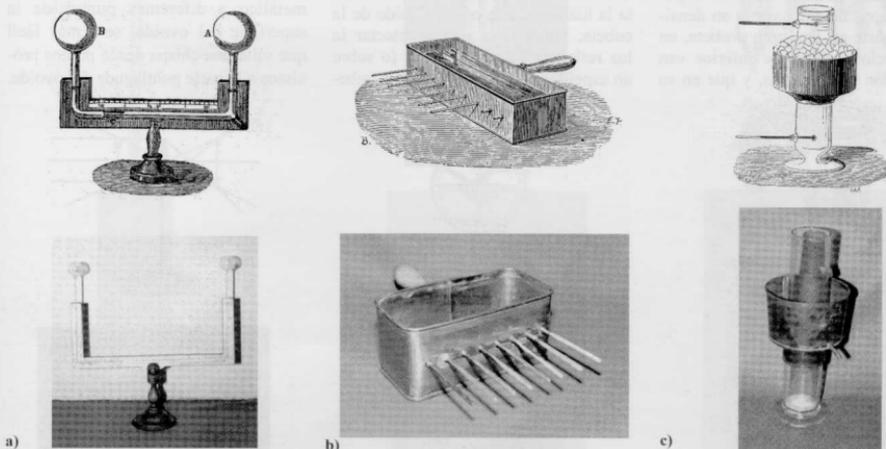


Figura 4. a) Termoscopio de Rumford. b) Aparato de Ingenhousz y c) Aparato de Hope.

<sup>1</sup>Herón de Alejandría (c.62 a.C.), matemático e inventor griego.

<sup>2</sup>Tántalo es el nombre de un rey legendario de Lidia, que asesinó a su hijo para ofrecérselo como alimento a los dioses que visitaban su casa. Por ese motivo fue castigado a padecer sed y hambre perpetuas: estando derecho en el centro de un estanque, las aguas de éste bajaban de nivel cuando Tántalo se inclinaba para beber, y las ramas de los árboles frutales que estaban a su alcance se elevaban cuando intentaba coger alguna fruta.

## Terminología

**1. Termoscopio de Rumford** (Figura 4a). Es un tubo de vidrio doblado en ángulo recto dos veces, cuyos extremos acaban en sendas esferas llenas de aire. El interior del tubo horizontal contiene una gota de ácido sulfúrico, teñida de color, que está centrada en el cero de una escala. Cuando el aire de una de las esferas está más caliente que el de la otra, la diferencia de presión hace que la gota se desplace, indicando en la escala la diferencia de temperatura entre el aire de ambas esferas. Funciona, pues, como un termómetro diferencial.

**2. Aparato de Ingenhouz** (Figura 4b). Sirve para comparar la conductividad térmica de diferentes sólidos. Consiste en una caja metálica en cuyo exterior tiene implantadas varillas de diferentes materiales, todas con las mismas dimensiones y recubiertas de cera. Cuando se vierte agua caliente en la caja, la cera se funde hasta una distancia diferente en cada varilla, dependiendo de su conductibilidad térmica.

**3. Aparato de Hope** (Figura 4c). Sirve para determinar la temperatura a la cual es máxima la densidad del agua, pues permite observar cómo se disponen las capas de agua según su densidad. Consiste en una gran probeta, en cuyos tercios superior e inferior van fijos sendos termómetros, y que en su

centro contiene un recipiente para poner hielo. Cuando se llena de agua la probeta, se observa que la temperatura no varía en el termómetro superior, mientras que en el inferior desciende rápidamente a 4 °C; luego la temperatura permanece constante a 4 °C en el termómetro inferior, mientras que en el superior desciende hasta 0 °C. De esto se deduce que el agua tiene su máxima densidad a la temperatura de 4 °C.

## Óptica

**1. Disco de Newton** (Figura 5a). Consiste en un disco con los colores del arco iris dispuestos en sectores radiales. Cuando se hace girar rápidamente el disco, parece que sea de color blanco, lo cual pone de manifiesto que la luz blanca puede obtenerse por adición de colores. En la Ref. [33] se habla de este aparato en relación con otros instrumentos de óptica.

**2. Aparato de Silbermann** (Figura 5b). Consta de un círculo graduado dispuesto verticalmente, en cuyo centro hay una cubeta para contener líquido. También hay dos rendijas que pueden desplazarse sobre el círculo graduado. Por una de las rendijas se envía un haz de luz a la cubeta y por la otra se detecta la luz refractada por el líquido de la cubeta; también se puede detectar la luz reflejada sobre el líquido (o sobre un espejo colocado encima de la cube-

ta). De esta manera se pueden verificar las leyes de la refracción y de la reflexión de la luz.

**3. Maqueta de la formación de imágenes en una lente** (Figura 5c). Estructura hecha con madera y alambres que representa la formación de una imagen a través de una lente convergente. El objeto está representado por la flecha pequeña que hay a la derecha de la lente; los alambres representan los rayos que se utilizan para determinar la formación de la imagen. La flecha grande invertida representa la imagen que da la lente del objeto.

## Electromagnetismo

**1. Influencia de la forma de los cuerpos en la acumulación de la carga eléctrica** (Figura 6a). Se trata de un cuerpo metálico (o recubierto de estaño) de forma ovoidal, que está colocado sobre una columna aislante de vidrio. Al electrizar el cuerpo, la carga se distribuye inhomogéneamente sobre su superficie, de forma que la acumulación de cargas es mayor cerca de las partes más puntiagudas (con mayor curvatura). Acercando un objeto metálico a diferentes puntos de la superficie del ovoide, será más fácil que salte una chispa desde puntos próximos a la parte puntiaguda del ovoide.

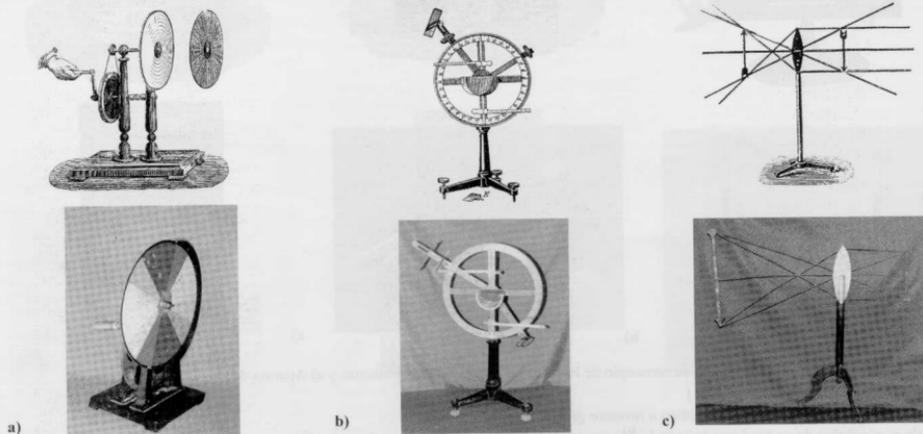


Figura 5. a) Disco de Newton. b) Aparato de Silbermann y c) Maqueta de la formación de imágenes en una lente convergente.

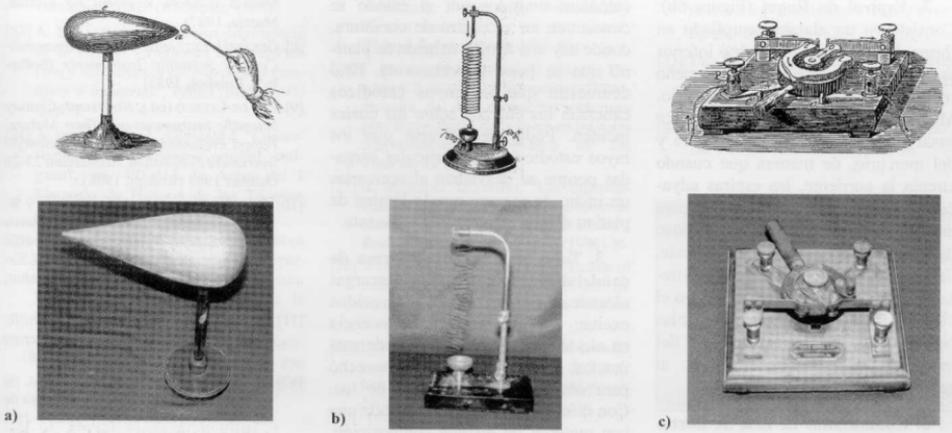


Figura 6. a) Influencia de la forma de los cuerpos en la acumulación de la carga eléctrica. b) Espiral de Rogot y c) Conmutador de lira, de Bertin

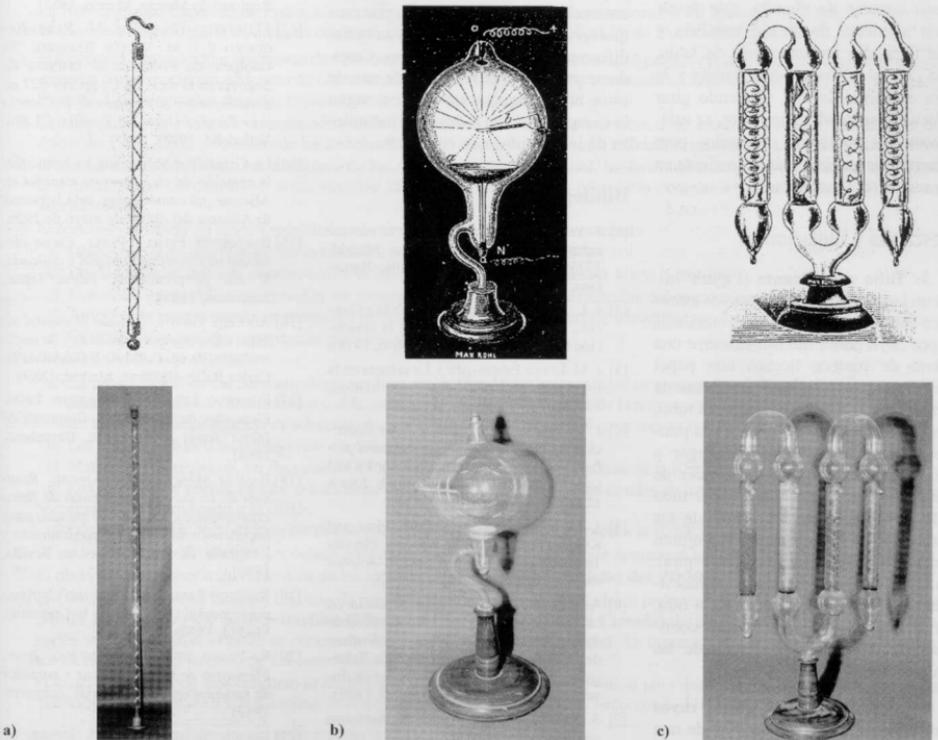


Figura 7. a) Tubo centelleante. b) Acción calorífica de los rayos catódicos c) Tubo de Geissler, en forma de candelabro.

2. **Espiral de Roget** (Figura 6b). Consiste en un alambre enrollado en forma de hélice, cuyo extremo inferior se sumerge ligeramente en un pequeño recipiente que contiene mercurio. Mediante conexiones eléctricas se hace pasar corriente a través del alambre y del mercurio, de manera que cuando circula la corriente, las espiras adyacentes se atraen y el alambre se separa del mercurio, interrumpiendo el paso de la corriente. Entonces, nuevamente, debido a su peso, se sumerge el extremo del alambre y se inicia de nuevo el ciclo [34]. Sirve para demostrar que las corrientes eléctricas paralelas y del mismo sentido se atraen, debido al campo magnético que generan.

3. **Conmutador de lira, de Bertin** (Figura 6c). Sirve para interrumpir la corriente eléctrica, así como para invertir su sentido. Consiste en un disco circular de ebonita, que puede girar alrededor de un eje metálico, y que tiene dos terminaciones de latón, una central en forma de lengüeta y la otra en forma de lira. Haciendo girar adecuadamente el conmutador, se establecen los contactos necesarios para interrumpir o dejar pasar la corriente en un sentido determinado.

## Descargas y radiaciones

1. **Tubo centelleante** (Figura 7a). Es un largo tubo de vidrio, cuyos extremos acaban en sendas piezas metálicas y por cuya pared interior discurre una hilera de rombos hechos con papel metálico, que se extiende en forma de hélice entre los dos extremos del tubo; los rombos adyacentes tienen sus puntas muy próximas pero sin llegar a tocarse. Al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos del tubo saltan chispas entre las puntas de los rombos metálicos, y todo el conjunto aparece iluminado en forma de espiral. Aunque las chispas se producen sucesivamente, una a continuación de la otra, da la impresión de un destello continuo, debido a la persistencia de las imágenes en la retina.

2. **Acción calorífica de los rayos catódicos** (Figura 7b). Se trata de una tubo de Crookes, con el cátodo en forma de casquete cóncavo. Los rayos

catódicos emitidos por el cátodo se concentran en su centro de curvatura, donde hay una lámina delgada de platino que se pone incandescente. Esto demuestra que los rayos catódicos calientan los cuerpos sobre los cuales inciden. Podía demostrarse que los rayos catódicos eran partículas cargadas porque se desviaban al acercarles un imán, de manera que la lámina de platino dejaba de estar incandescente.

3. **Tubo de Geissler en forma de candelabro** (Figura 7c). Las descargas eléctricas en los gases enrarecidos excitan fenómenos de luminescencia en el vidrio y en gran número de sustancias, lo cual Geissler aprovechó para obtener vistosos juegos de luz. Con diferentes piezas, hechas cada una con material de distinta composición, podían fabricarse tubos de diversas formas, poniéndolos unos dentro de otros, o bien haciendo que un tubo con gases enrarecidos estuviera rodeado por otro que servía de depósito y podía contener diferentes líquidos fluorescentes. Cuando se produce la descarga, cada uno de estos tubos adquiere un color, según la composición del vidrio o la naturaleza de los líquidos que contienen.

## Bibliografía

- [1] J. VERNET GINÉS, *Historia de la ciencia española* (Instituto de España, Madrid, 1975; reimpresso por Alta Fulla, Barcelona, 1998).
- [2] J. L. PESET, S. GARMIA Y J. S. PÉREZ GARCÓN, *Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa* (Siglo XXI, Madrid, 1978).
- [3] J. M. LÓPEZ PIÑERO (dir.), *La ciencia en la España del siglo XIX* (M. Pons, Madrid, 1992).
- [4] J. M. VAQUERO MARTÍNEZ, "Dos deducciones cinéticas de la ley de los gases perfectos en libros de física españoles del siglo XIX", *Revista Española de Física* 12 (1998) 43.
- [5] J. M. VAQUERO Y A. SANTOS "Heat and Kinetic Theory in 19th-Century Physics Textbooks: The Case of Spain", *Science and Education* (en prensa, 1999).
- [6] A. MORENO GONZÁLEZ, *Una ciencia en cuarentena: sobre la física en la universidad y otras instituciones académicas desde la Ilustración hasta la crisis finisecular del XIX* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1988).
- [7] A. VIÑAO FRAGO, "150 años de enseñanza secundaria en España", pp.17-48 en *El Instituto Alfonso X el Sabio: 150 años de historia*, coord. por Ramón Jiménez

Madrid (Editora Regional de Murcia, Murcia, 1987).

- [8] GERARD L'ESTRANGE TURNER, *Nineteenth-Century Scientific Instruments* (Sotheby's, Londres, 1983)
- [9] P.R. DE CLERCO (ed.), *Nineteenth-Century Scientific Instruments and Their Makers: Papers Presented at the Fourth Scientific Instrument Symposium*. Amsterdam 23-26 October 1985 (Rodopi, 1986).
- [10] R. G. W. ANDERSON, J. A. BENNETT Y W. F. RYAN (eds.), *Making Instruments Count: Essays on Historical Scientific Instruments presented to Gerard L'Estrange Turner* (Variorum, Aldershot, 1993).
- [11] GERARD L'ESTRANGE TURNER, *Scientific Instruments 1500-1900: An Introduction* (University of California Press, 1998).
- [12] C. LÓPEZ FERNÁNDEZ Y J. A. VIDAL DE LABRA, "Cincuenta años de enseñanza de las ciencias (1860-1910)", pp.253-287; A. SÁNCHEZ GONZÁLEZ, "Museo de física", pp.289-311 en *El Instituto Alfonso X el Sabio: 150 años de historia*, coord. por Ramón Jiménez Madrid (Editora Regional de Murcia, Murcia, 1987).
- [13] J.L. GARCÍA HOURCADE, J.L. RUBIO REGUEIRO Y J. M. VALLES GARRIDO, "El Gabinete de Física en el Instituto de Segovia en el siglo XIX", pp.519-527 en *Estudios sobre la Historia de la Ciencia y la Técnica* (Junta de Castilla y León, Valladolid, 1988).
- [14] La Generalitat Valenciana ha anunciado la creación de un museo de ciencias en Alicante, tal como recoge toda la prensa de Alicante del día 27 de mayo de 1999.
- [15] BARTOLOMÉ FELIU Y PÉREZ, *Curso elemental de física experimental y aplicada*, 5ª ed. (Imprenta de Jaime Jepús, Barcelona, 1883).
- [16] ADOLPHE GANOT, *Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología*, 9a ed. (Libería Editorial de D. Carlos Bailly-Bailliere, Madrid, 1889).
- [17] EDUARDO LOZANO Y PONCE DE LEÓN, *Elementos de física*, 6ª ed. (Imprenta de Jaime Jepús y Roviralta, Barcelona, 1898).
- [18] BASILIO MÁRQUEZ Y CHAPARRO, *Resumen de un curso de elementos de física experimental y nociones de química para los alumnos de 2ª enseñanza* (Imprenta y Litografía de José M. Ariza, Sevilla, 1886).
- [19] RODRIGO SANJURJO, *Elementos de física experimental* (Imprenta de la Guirnalda, Madrid, 1890).
- [20] R. PEDRO DE MARCOLAIN SAN JUAN, *Elementos de física moderna y nociones de meteorología* (La Editorial, Zaragoza, 1912).
- [21] IGNACIO GONZÁLEZ MARTÍ, *Tratado de física general*, 2ª ed. (Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco, Madrid, 1912).

- [22] MAX KOHL, *Appareils de physique*. Catalogue No. 22 (Chemnitz, 1905).
- [23] A. SEBASTIÁN, "Hacia una arqueología de la ciencia: problemas de conservación y restauración del patrimonio científico e industrial", *Patina* (junio 1995) núm. 7.
- [24] A. DEL EGIDO Y L. GONZÁLEZ, "Conservación de instrumentos navales antiguos", pp. 405-411 en *Actas del I Simposio de Historia de las Técnicas* (Santander, 1996).
- [25] El video 150 años de enseñanza media en Alicante fue producido por el Departamento de Imagen de la Diputación Provincial de Alicante, Avenida de la Estación 6, 03005 Alicante.
- [26] ADOLPHE GANOT Y GEORGE MANUVRIER, *Tratado elemental de física*, 29a ed. (Imprenta de la Viuda de C. Bouret, París, 1930).
- [27] CH. H. HOLBROW, "Archaeology of a bookstack: Some major Introductory Physics texts of the last 150 years", *Physics Today* (March 1999) 50.
- [28] J. B. VÁZQUEZ DORRIO, E. GARCÍA PARADA Y P. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, "Introducción de demostraciones prácticas para la enseñanza de la física en las aulas universitarias", *Enseñanza de las Ciencias* **12** (1994) 63.
- [29] R. MÁRQUEZ DELGADO, "Las experiencias de cátedra como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física", *Revista Española de Física* **10** (1996) 36.
- [30] VVAA, *Ingenuity and art. A collection of instruments of the Real Gabinete de Física* (Calouste Gulbenkian Foundation, Coimbra, 1997).
- [31] F. BRAGANÇA GIL, "Museos de ciencia: su importancia en la formación de la cultura científica", *Revista Española de Física* **13** (1999) 7.
- [32] P. CHAGNON, "Animated displays V: Relaxation oscillators", *The Physics Teacher* **32** (1994) 432.
- [33] TH. B. GREENSLADE, JR., "Spectrum recombination", *The Physics Teacher* **22** (1984) 105.
- [34] TH. B. GREENSLADE, JR., "Roget's spiral", *The Physics Teacher* **36** (1998) 38.

**Rafael García Molina**

está en el Dpto. de Física de la  
Universidad de Murcia

**Luis Antonio Villada Lobete**

está en el Dpto. de Física y  
Química del I.E.S. Jorge Juan  
de Alicante

## CONCURSO NACIONAL DE "FÍSICA EN ACCIÓN"

La Real Sociedad Española de Física, convoca un Concurso Nacional para seleccionar a 20 asistentes a la Semana Europea de la Ciencia y Tecnología 2000, que se celebrará en el CERN (Ginebra) del 5 al 10 de Noviembre de 2000.

- El Concurso está dirigido a profesores de Primaria, Secundaria y Universidad, a divulgadores científicos de los medios de comunicación o pertenecientes a Museos de Ciencia, así como a cualquier persona interesada en la enseñanza de la Física del Estado Español. Los interesados deberán presentarse de forma individual al mismo.
- El tema puede ser cualquiera relacionado con la Física que sea de reciente creación, o no publicado o publicado después de enero de 1998. En la valoración de los trabajos se tendrá en cuenta su interés, utilidad, originalidad y presentación.
- El idioma del trabajo puede ser cualquiera de los oficiales del estado español, habiendo de incorporar un resumen en inglés. Los premios serán concedidos en septiembre del 2000. Las contribuciones premiadas deberán ser presentadas en Ginebra en idioma inglés.
- El concurso se divide en cinco modalidades, según sea el tipo de trabajo presentado.
  - Demostraciones que pueden ser actividades prácticas a realizar "in situ".
  - Unidades Didácticas que pueden tomar la forma de cuadernillos de trabajo, libros o carteles.
  - Materiales informáticos que pueden ser programas interactivos o de simulación, así como páginas web.
  - Artículos de prensa escrita, o emisiones de radio, o videos o programas de televisión que divulguen contenidos de física.
  - Exhibiciones científicas organizadas por museos.
- Presentación de los trabajos.
  - La presentación de las demostraciones se hará en dos fases. En primer lugar se enviará una breve descripción (unas 20 líneas) detallando sus características y el fin perseguido, junto con un video de la misma a la dirección de la RSEF. En segundo lugar, si la demostración es seleccionada, deberá llevarse a cabo en el gran evento nacional de septiembre del 2000.
  - Las unidades didácticas deberán ser enviadas por triplicado a la RSEF.
  - Materiales informáticos, en disquete o CD, deberán ser enviados por triplicado a la RSEF.
  - Los artículos de prensa escrita, o los videos de los programas de TV, o los casetes de las emisiones de radios deberán ser enviados por triplicado a la RSEF.
  - Los videos de las exhibiciones científicas deberán ser enviados por triplicado a la RSEF.
- Al enviar cualquiera de los trabajos deberá adjuntarse la ficha de inscripción que aparece al final debidamente cumplimentada.
- El plazo de presentación de cualquiera de las modalidades finaliza el **15 de julio del 2000**.
- El 10 de Septiembre se facilitará una lista de preseleccionados que serán invitados a participar en el Gran Evento Nacional del **30 de Septiembre en San Sebastián (Miramon Kutxaespacio de la Ciencia)** donde todos los trabajos preseleccionados serán expuestos y donde se conocerán los ganadores de cada modalidad. La organización ayudará a sufragar los gastos de alojamiento y traslado de los preseleccionados durante este evento.
- A los 20 ganadores de este concurso se les financiará el viaje y los gastos de estancia para asistir a la Semana de la Ciencia y la Tecnología 2000 en el CERN (Ginebra), donde podrán presentar sus trabajos junto con los 400 participantes de toda Europa.

Para más información diríjense a la página web de "Física en Acción":

<http://ific.uv.es/FA2000> y <http://www.estec.esa.nl/outreach/pos>