

# MICHAEL FARADAY:

## El encuadernador que revolucionó la ciencia

### INTRODUCCION

**F**araday es, sin lugar a dudas, el físico más grande del siglo XIX y el más importante de todos los investigadores experimentales del mundo. Pertenece a la reducida elite de los científicos máximos, que incluye a Arquímedes, Galileo, Newton, Lavoisier y Darwin.

Albert Einstein dijo que la historia de la física contaba con dos parejas de igual magnitud: Galileo y Newton, Faraday y Maxwell. No es ésta la menos interesante de las ecuaciones de Einstein, y de ella podemos deducir una interesante conclusión: nadie podría sostener que James Clerk Maxwell, aunque sin duda extraordinario, haya sido un hombre de ciencia de la talla de Newton, y si la pareja Faraday-Maxwell iguala a la integrada por Galileo y Newton, debe considerarse a Faraday de mayor magnitud científica que a Galileo. Esta deducción, puede que para muchos sorprendente, indica el lugar que a Faraday le corresponde en la historia de la ciencia, siempre y cuando partamos de que era cierto lo que afirmaba Einstein.

El desarrollo de la ciencia, a través de la construcción de teorías y modelos del mundo físico, su comprobación e incluso el descubrimiento de nuevos fenómenos, es un acontecimiento social, logro de la humanidad entera, de permanente actualidad. En el inmenso cúmulo de contribuciones científicas encontramos gran diversidad en cuanto a su trascendencia y sólo en contadas ocasiones ha ocurrido, como en el caso de Faraday, que un solo indi-



**José Antonio Díaz-Hellín Martínez del Rey**

Dpto. de Física y Química - I.E.S.  
"Miguel de Cervantes Saavedra"  
Avenida de los Institutos, s/n  
13600 Alcázar de San Juan  
(Ciudad Real)  
e mail: 13000219.ies@edu.jccm.es

viduo abra un nuevo campo del conocimiento o genere una nueva perspectiva.

En efecto, Faraday es una de esas personalidades singularísimas que han dejado una huella imborrable, tanto en el pensamiento científico más abstracto como en las realidades de nuestra vida cotidiana, hoy inconcebibles sin el uso de la energía eléctrica, sin ir más lejos.

El gran químico y físico autodidacta de Londres fue muy crítico con algunos aspectos de la tradición newtoniana, al tiempo que, como creador del concepto de "campo", sentó las bases para el desarrollo de dos grandes teorías: "la teoría del electromagnetismo" de Maxwell y "la teoría de la relatividad" de Einstein.

Por otra parte, los experimentos y descubrimientos de Faraday sobre la electrólisis en torno a 1834 constituyen, por primera vez en la historia, el vislumbre de una estructura eléctrica del átomo, pieza clave de la moderna teoría atómica, que domina la Física actual. De hecho,

desde las investigaciones de Faraday, el electrón está virtualmente presente en la Física, y cuando en 1897 -treinta años después de su muerte-, al fin se manifiesta en los fenómenos de descarga eléctrica en tubos de vacío (*rayos catódicos*), su existencia no causará sorpresa. Y pensar que Faraday, que tanto influyó en Helmholtz, al predecir éste de alguna manera la existencia del electrón y presagiar la célebre -aunque denostada en su tiempo- *teoría de la disociación iónica de Arrhenius*, nunca fue un atomista entusiasta e ignoró los átomos en la medida de lo posible. Él mismo declaró en enero de 1834: "Debo confesar que me incomoda el término átomo, pues aunque es muy fácil hablar de átomos, es muy difícil formarse una idea clara de su naturaleza, especialmente si se trata de cuerpos compuestos".

### LA ÉPOCA EN QUE NACIÓ FARADAY

Michael Faraday, tercero de los cuatro hijos de un humilde herrero -concretamente un herrador de caballos-, nació en el equinoccio de otoño (22 de septiembre) de 1791, en Newington, al sur de Londres, en plena Revolución Industrial y cuando la Revolución Francesa se encontraba en toda su efervescencia. Aquel año, Mozart, uno de los más grandes genios que ha dado la música, muere con sólo 35 años. Al igual que en 1564, la muerte de Miguel Ángel coincide con el nacimiento de Galileo, en 1791 la palma del saber vuelve a pasar simbólicamente de un artista a un científico. También en ese año los italianos *Luigi Galvani* y *Alessandro*

*Volta* "andaban a la greña" con las explicaciones sobre las sacudidas eléctricas en las ancas de rana; estas controversias culminarían con la invención de la famosa *pila de Volta* en 1800. Parece una premonición que ese mismo año naciera precisamente un coloso de la electricidad, al que con toda justicia se le conoce como "*el padre de la electrotecnia*".

Diez años antes, en 1781, el escocés *James Watt* inventaba la máquina de vapor, que, como es bien sabido, fue determinante para los grandes cambios económicos y sociales que comenzaron a operarse en el siglo XVIII. Entre dichos cambios destaca la revolución agrícola que, entre otras cosas, trajo consigo el desplazamiento de los pequeños campesinos desde los núcleos rurales hasta los nuevos centros industriales en busca de trabajo.

Así las cosas, no es difícil imaginar por qué *James Faraday*, un herrador de caballos casado con *Margaret*, la hija de un granjero del norte de Inglaterra, tuvo que trasladarse con su familia a Londres en las postrimerías del siglo XVIII, en busca de mejor fortuna. *James* había trabajado arduamente desde su niñez para convertirse en un consumado herrero; en aquellos momentos, sin embargo, sus obras soberbiamente forjadas iban devaluándose sin parar por la creciente mejora de los productos hechos a máquina. En un intento de encontrar más trabajo, *James* emigró con su familia desde *Clapham*, pueblo próximo a *Ingleborough*, en *Yorkshire*, a *Newington*, más cercano a Londres. En épocas anteriores, su esposa había podido complementar sus ingresos trabajando a tiempo parcial como criada, cosa que ahora no era posible porque estaba embarazada de su tercer hijo.

La intención de *James* de mejorar la situación económica de la familia no se hizo realidad y en 1801 los *Faraday* se vieron obligados a acogerse a la asistencia pública. La ración que recibía el joven *Michael* consistía en una hogaza de pan,

que debía durarle una semana.

Cuando aún no había cumplido los tres años, el 8 de mayo de 1794, en la vecina Francia se produjo, al menos desde el punto de vista científico, la fatalidad más deplorable de toda la Revolución Francesa. En uno de los llamados tribunales del "Terror" fue injustamente condenado a muerte y posteriormente guillotinado, *Antoine Laurent Lavoisier*, "el padre de la química moderna" y uno de los mayores genios que ha dado Francia a la humanidad.

En 1800, con apenas 9 años, *Faraday* no sabe -está totalmente ajeno, lógicamente- que el físico italiano *Alessandro Volta* llega a mostrarle a Napoleón su gran descubrimiento, la batería o pila eléctrica, uno de los inventos más significativos de la ciencia con el que se abre el siglo XIX. (Ilustración 1)



**Ilustración 1.** *Volta muestra a Napoleón el descubrimiento de su pila eléctrica*

Quién iba a decirle a aquel pobre chico, que apenas fue a la escuela, que años más tarde, en 1814, conocería a *Volta*, casi ya septuagenario, y que a partir de su invento y de aportaciones posteriores, haría los más grandes descubrimientos en electroquímica, estableciendo las famosas leyes de la electrólisis en los años 1832 y 1833. Este término -*electrólisis*- fue acuñado por *Faraday*, junto a otros sobradamente conocidos como *electrodo*, *ánodo*, *cátodo*, *ion*, *anión*, *cation* y *electrólito*.

## LOS COMIENZOS. EL AUTODIDACTA.

Fuera de la enseñanza elemental, el joven *Faraday* no disfrutó de otra

instrucción. En la escuela pasó en total pocos meses, suficientes para aprender lo que los sajones llaman "las tres erres" (*reading, riting y rithmetic*), equivalente a lo que nosotros decimos "leer, escribir y las cuatro reglas". Él mismo, refiriéndose a su época escolar, decía: "*Mi educación fue del tipo más corriente; consistió en poco más que los rudimentos de lectura, escritura y aritmética en una escuela diurna común. Las horas fuera de la escuela las pasaba en mi casa y en las calles; solía jugar a las bolitas en Spanish Place.*" Su ejemplo ofrece la prueba más sorprendente, entre muchas otras, de la completa independencia del genio creador de los conocimientos conferidos por la formación escolar. Por ello, sin duda, es el más grande de los científicos autodidactas.

En 1804, con trece años, la paupérrima economía familiar le obligó a emplearse como recadero de un librero y vendedor de periódicos llamado *George Riebau*. (Ilustración 2) Pronto ascendió a aprendiz de encuadernador, actividad en la que mostró gran capacidad y habilidad, de manera que cinco años más tarde contaba ya con dos ayudantes. Algunos libros encuadernados por él todavía se conservan. En 1810 -cuando *Faraday* tiene 18 años- fallece su padre, que ya venía arrastrando una larga enfermedad. Su hermano mayor *Robert* se hace cargo de la familia y su madre se ve obligada a admitir huéspedes. En cuanto pudo, *Michael Faraday* se ocupó de su madre, muriendo en 1838, un año después de que subiera al trono la reina *Victoria*, y cuando ya su hijo era mundialmente



**Ilustración 2.** *La librería de Riebau, donde Faraday se empleó como aprendiz con apenas 14 años.*



famoso y había hecho sus mayores contribuciones a la ciencia.

El adiestramiento en el trabajo manual, que le supuso ser encuadernador, le sería muy útil en años posteriores, cuando la destreza con los aparatos de laboratorio se hizo determinante para su trabajo científico. Por otra parte, el fácil acceso a los libros le convirtió en un lector habitual. Faraday escribe sobre su juventud: *"Mientras fui aprendiz de encuadernador me gustaba leer los libros científicos que caían en mis manos, y entre ellos me deleitaba con las Conversaciones de Química de Marcet y los artículos sobre electricidad de la Enciclopedia Británica. Hice los experimentos sencillos que podían ser costeados con unos cuantos peniques a la semana y de este modo construí una máquina eléctrica, primero con un frasco de cristal y después con un verdadero cilindro, así como otros aparatos eléctricos de clase análoga."*

En *"La mejora del espíritu"*, libro escrito por el doctor *Isaac Watts*, Faraday aprendió las cuatro mejores formas de convertirse en inteligente: ir a conferencias, tomar cuidadosas notas, mantener correspondencia con personas de intereses similares y unirse a un grupo de discusión.

En 1810, al no poder pagar la asistencia a las conferencias más llamativas, Faraday se unió a un grupo de discusión que estaba compuesto fundamentalmente por jóvenes trabajadores que aspiraban a mejorar su situación en la vida. A las ocho de la noche, todos los miércoles, y con permiso de Riebau, abandonaba el trabajo y caminaba hasta la casa de un maestro de ciencia llamado *John Tatum*. Durante aquellas reuniones, bien Tatum o bien uno de los asistentes daba una charla sobre un asunto de su elección. Faraday siempre escuchaba con atención y tomaba notas cuidadosamente; había planeado encuadernar todas sus notas para formar un libro, grande y hermoso, una vez que terminara las clases.

En el curso de su aprendizaje para ser filósofo de la naturaleza,

Faraday se reveló tan receloso en materias científicas como creyente en materias religiosas. Así como aceptaba literalmente y sin preguntas lo que estaba escrito en la Sagrada Biblia, ponía a prueba cualquier afirmación hecha en los libros escritos por meros mortales.

Un año antes de la invención de la pila de Volta, en 1799, el físico anglo-norteamericano *Benjamín Thomson, conde de Rumford*, había fundado en Londres, bajo los auspicios de Jorge III, la "Royal Institution", a la que corresponde el edificio de la ilustración, una acuarela de 1840. (Ilustración 3) La impresionante fachada con columnas corintias fue mandada construir por Faraday a finales de la década de 1830. La Royal Institution le proporcionaría, desde 1813 y durante casi 50 años, instalaciones donde investigar, dar conferencias y vivir.



Ilustración 3. El edificio de la Royal Institution en el corazón de Londres (Acuarela de T.Hoser Sheperd, 1840)

A comienzos de 1812, un tal *Dance Junr*, miembro de la Royal Institution y cliente de la librería donde trabajaba Faraday, había visto el recargado libro que el joven había confeccionado con sus notas sobre las conferencias de Tatum. Con curiosidad sobre su contenido, Junr había pedido a Riebau llevárselo prestado un tiempo. Al cabo de unas cuantas semanas, fue a devolvérselo directamente a Faraday con cuatro trocitos de papel metidos entre sus páginas: eran entradas de regalo para la próxima serie de conferencias públicas de *Humphry Davy*, el más famoso químico de la época. Faraday tomó notas cuidadosas de cuanto vio y oyó, las ilustró y las encuadernó.

En diciembre de 1812 Faraday

escribió a Davy pidiéndole empleo como asistente de laboratorio, adjuntándole las notas que había encuadernado de sus conferencias, con impecable caligrafía y primorosa presentación. (Ilustración 4) Davy quedó gratamente impresionado por las notas de Faraday, y a comienzos de 1813 mandó a buscarlo para ofrecerle una vacante que se había producido de ayudante de laboratorio. De esta forma, Faraday empezó su trabajo en la Royal Institution el 6 de marzo de 1813.

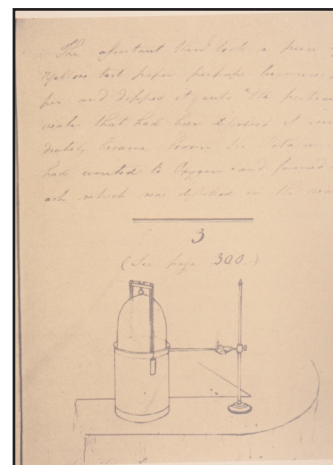


Ilustración 4. Una página de las notas tomadas por Faraday durante las conferencias de Davy, a las que asistió en 1812.

Ese mismo año Davy había planeado realizar un viaje científico por Europa, y le pidió a Faraday que le acompañase como asistente científico y como secretario. Por aquel entonces Inglaterra estaba en guerra con Francia, pero Davy obtuvo un permiso especial para viajar por Francia gracias a la gran estima en que le tenían los científicos franceses. De este modo, Faraday pudo conocer a *Joseph Louis Gay-Lussac* y a *André Marie Ampère*, con quien mantuvo una estrecha amistad y una continuada correspondencia, que sin duda constituye una de las más fructíferas colaboraciones científicas de la historia.

En 1814 Davy y Faraday visitaron a *Volta* en Milán. Esta gira europea había de incluir Grecia y Turquía, pero Davy decidió repentinamente volver a Inglaterra. Tras 18 meses de viaje, llegaron a Londres en abril de 1815, atravesando Suiza y

Alemania. La súbita decisión de volver quizás guardó relación con la fuga de Napoleón de Elba y la subsiguiente reanudación de la contienda, que culminó el 18 de junio de ese mismo año con la derrota final en la batalla de Waterloo.

De regreso a Londres, Faraday se puso inmediatamente a estudiar e investigar, guiado por Davy -su maestro y protector-, que había luchado por afirmar la ciencia como parte integrante de la cultura y como una necesidad social. Davy, que había conseguido aislar metales alcalinos como el sodio y el potasio, y alcalino-térreos como el bario, el estroncio, el calcio y el magnesio, dijo en una ocasión: "*Mi mayor descubrimiento ha sido Michael Faraday*".

Pero la genialidad del pupilo no tardaría en despertar los celos del maestro, que acabarían en envidia cuando siendo Davy presidente de la *Royal Society*, se opuso a que Faraday fuera elegido miembro de la misma el 8 de enero de 1824. Pero Faraday, en votación secreta, fue nombrado miembro de la *Royal Society* con un solo voto en contra. A partir de entonces sus relaciones con Davy cambiaron, no volviendo nunca a ser cordiales como antes.

Sin embargo, en 1825, en el ocaso de su carrera -cuatro años después, en 1829, moriría en Ginebra-, Davy recomendó a los dirigentes de la *Royal Institution* que Faraday debía ser nombrado director del Laboratorio. Faraday, que nunca se avino a corresponder a la falta de generosidad de Davy -lo cual prueba que era un hombre muy notable en algo más que en ciencia- se sorprendió grandemente por este fuerte apoyo de Davy. Sin duda, este gesto corresponde al mutuo respeto que, a pesar de todo, estos dos grandes hombres se tenían.

## LA MADUREZ: INVESTIGADOR Y DIVULGADOR.

Aunque Michael Faraday no fue un niño prodigio, como muchos otros casos de la historia de la ciencia, sí

fue un prodigio de hombre que, al igual que los buenos vinos, con el tiempo fue ganando en creatividad, profundidad y madurez. De hecho, sus ideas y experimentos más trascendentes tuvieron lugar a partir de 1831, cuando ya había cumplido los 40 años.

En 1823 ideó métodos para licuar gases como el anhídrido carbónico, el ácido sulfhídrico, el ácido bromhídrico y el cloro, sometidos a presión. También fue Faraday el primer científico que alcanzó en el laboratorio temperaturas bajo cero en la escala Fahrenheit. En este sentido, se le puede considerar un adelantado en la rama de la física moderna llamada "*criogénesis*" (estudio de bajas temperaturas). En 1825 descubre el *benceno* -nombre dado en 1834-, que él inicialmente llamó "bicarburo de hidrógeno". La singular estructura anular del *benceno* fue descubierta por el químico alemán *Kekulé* en 1865, dos años antes de la muerte de Faraday.

El mismo año que Faraday descubre el *benceno*, fue nombrado miembro de un comité junto con el astrónomo inglés *John Herschel* y el fabricante de instrumentos ópticos *George Dolland*. Faraday debía supervisar la manufactura de las muestras de vidrio y Dolland debía pulirlas en forma de lente; a Herschel le correspondía determinar sus propiedades ópticas. Entre 1825 y 1829 Faraday estuvo dedicado a este tipo de tareas; sólo después de la muerte de Davy pudo abandonar esta onerosa labor y volver a ocuparse de sus propias investigaciones. El único beneficio que obtuvo de este trabajo fue un puesto permanente en el laboratorio, como ayudante, para el sargento de artillería retirado "Charles Anderson". Y además, una de las muestras de vidrio le serviría para descubrir el efecto magnetoóptico ("*Efecto Faraday*") en 1845.

Durante toda su vida, Faraday no solamente se sintió en deuda permanente con la *Royal Institution*, que lo acogió cuando tenía 21 años. También debía mucho a los libros, que tan ávidamente leyó como habitualmente encuadernó de

joven. No es de extrañar, por tanto, que cuidara tanto la faceta de divulgador, fiel a la consigna que un día diera al joven *William Crookes* (inventor del tubo de vacío): "*Trabaja. Acaba. Publica*". Así, en 1826 funda las "*Conferencias de los viernes por la tarde*" en la *Royal Institution*, y un año después, en 1827, instituye las "*Conferencias de Navidad para niños*", tan famosas como las anteriores y que aún se siguen celebrando en la actualidad.

Dedicaba un tiempo considerable a la preparación de sus conferencias, que ilustraba profusamente con experimentos. El éxito de Faraday como divulgador movió hace unos años a la *Royal Society* a fundar el "*Premio Faraday*", que se concede a los científicos que contribuyen significativamente a la comprensión pública de la ciencia.

En el cuadro de la ilustración, pintado por el artista sandemaniano *Alexander Blaikley*, vemos a Faraday, con porte elegante y envuelto en un halo de prestigio y autoridad, impartiendo una de sus Conferencias de Navidad en la *Royal Institution*. Era el año 1855. (Ilustración 5) Al igual que el pintor del cuadro, Faraday era sandemaniano; sus familiares y su esposa también lo eran. Los sandemanianos constituían una secta religiosa estricta, fundada por Robert Sandeman, que se había separado de la Iglesia Presbiteriana de Escocia en 1730. Esta secta protestante fundamentalista, hoy prácticamente desaparecida, tenía como base doctrinal la creencia literal en las Sagradas Escrituras y sus nor-

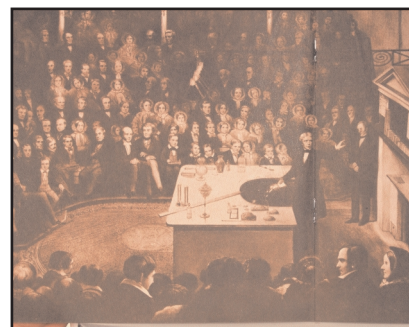


Ilustración 5. Faraday impartiendo una de sus Conferencias de Navidad en la *Royal Institution*, 1855. (Cuadro pintado por el artista sandemaniano *Alexander Blaikley*)

mas básicas de conducta eran el amor y un alto sentido de la comunidad, aspectos ambos muy presentes en la vida de Faraday.

Volviendo al cuadro, en primer término aparece, con una cofia oscura, su esposa, *Sarah Barnard*, hija de un platero londinense. Se casaron en 1821; Michael tenía 29 años y Sarah, 21. Justo detrás de Faraday, se encuentra su fiel ayudante, el sargento Charles Anderson. Frente al estrado, sentado y de perfil, escucha atentamente el Príncipe Consorte Alberto, esposo de la Reina Victoria, y a la izquierda -no muy centrado, por cierto, en las explicaciones- se encuentra un niño distraído -el Príncipe de Gales-, hijo de Alberto y Victoria, que más tarde sería Eduardo VII. Y enfrente, en primer término y con las piernas cruzadas, se puede ver al físico irlandés *John Tyndall*, que durante una década fue colega de Faraday, al que admiraba profundamente y a quien sucedió a su muerte.

Los descubrimientos de Faraday inspiraron otros muchos y fueron el origen de numerosos inventos; así mismo, sus ideas indujeron líneas de pensamiento e influyeron profundamente en científicos contemporáneos y posteriores, como *Charles Wheatstone*, *William Thomson (lord Kelvin)* y *James Clerk Maxwell*. Por ejemplo, sus investigaciones sobre la electrólisis despertaron vivamente el interés de su amigo *John Frederick Daniell*, famoso por haber construido la "*pila Daniell*" de cobre y cinc. Ésta fue la primera fuente segura de corriente, puesto que la batería de Volta tenía el defecto de que la corriente disminuía de intensidad con excesiva rapidez.

## La invención del motor eléctrico.

En 1819 el físico danés *Hans Christian Oersted* era catedrático de física y química en la Universidad de Copenhague. Durante una explicación práctica en clase, acercó una aguja imantada a un hilo por el que circulaba una corriente eléctrica. Los científicos llevaban ya mucho tiempo sospechando la existencia

de alguna relación entre magnetismo y electricidad, y el mismo Oersted pudo quizás haber intuido en ese momento que la corriente eléctrica del hilo podía tener algún efecto sobre la aguja imantada. El caso es que allí surgió el efecto: la aguja se movió sin apuntar en el sentido de la corriente ni en el contrario, sino en la dirección perpendicular al hilo; cuando invirtió el sentido de la corriente, la aguja dio media vuelta y apuntó en sentido contrario, aunque todavía en ángulo recto al hilo.

Este hecho constituye la primera demostración de la relación entre electricidad y magnetismo, por lo que se puede considerar como el origen de la ciencia del *electromagnetismo*. En 1820 se anunció el descubrimiento de Oersted, que ocasionó una explosión de activismo. Concretamente, un año después -el 3 de septiembre de 1821-, Faraday repitió el experimento del físico danés con una aguja magnética localizada en diversos puntos alrededor de un alambre que conducía una corriente, encontrando que la fuerza ejercida por la corriente sobre el imán era de naturaleza circular. Inmediatamente, construyó un rotor electromagnético basado en esta idea. Con éste y otros experimentos, que de hecho constituyen la transformación de energía eléctrica en mecánica, Faraday se convirtió en el inventor del motor eléctrico, uno de los mayores descubrimientos individuales de la historia.

## La inducción electromagnética

Michael Faraday o la "*inspirada tenacidad*" llevó a cabo durante muchos años intensas y laboriosas investigaciones relacionadas con diversos campos de la física y la química, pero quizás su descubrimiento más trascendental fue el de la "*inducción electromagnética*" en 1831.

Faraday trabajaba siempre con el mismo ahínco para encontrar la respuesta a una pregunta que le había intrigado y le obsesionaba

desde su descubrimiento del motor eléctrico. Si la electricidad era capaz de producir magnetismo, ¿por qué no habría de ser cierta la inversa, es decir, por qué el magnetismo no habría de producir electricidad? El 29 de agosto de 1831 llegó el gran día. Comenzó por enrollar un trozo largo de alambre en torno a una media rosquilla de hierro, haciendo luego lo mismo en torno a la otra media rosquilla, colocada justamente enfrente. Como era habitual, el proyecto de Faraday era muy directo: mandaría una corriente eléctrica a través del primer arrollamiento, produciendo un viento magnético que formaría torbellinos a través de toda la rosquilla. Si esa tormenta magnética producía una corriente eléctrica en el otro arrollamiento, entonces habría descubierto lo que todos buscaban: el magnetismo crearía electricidad.

Faraday anticipaba que si aquello ocurría, entonces probablemente la corriente eléctrica así producida sería muy pequeña; de lo contrario, casi con seguridad otros ya la habrían detectado hacía mucho tiempo. Así pues, colocó en el segundo arrollamiento de alambre un medidor que detectaría hasta el paso más insignificante de corriente eléctrica; con eso estaba listo para lo que pudiera ocurrir o para que no ocurriera nada. Mientras electrificaba el primer arrollamiento de alambre, conectándolo a una pila voltaica, miraba esperanzado el medidor de corriente eléctrica. ¡La aguja se movía! "Oscilaba", garabateó históricamente en su cuaderno de laboratorio, "y se colocó finalmente en su posición inicial". Durante un rato, miró estupefacto la aguja. ¿Volvería a moverse? A los pocos minutos de esperar en vano, renunció. Sin embargo, al desconectar la batería, se quedó atónito al ver que volvía a haber una perturbación en la aguja.

La corriente eléctrica que pasaba por el primer arrollamiento de alambre producía un torbellino magnético; ese torbellino, a su vez originaba una segunda corriente eléctrica que fluía por el otro arrollamiento de alambre, pero sólo cuando la intensidad del torbellino *umentaba* o



*disminuía*. Aquello explicaba el comportamiento espasmódico de la aguja: siempre que Faraday conectaba o desconectaba la pila, el torbellino magnético se iniciaba o se interrumpía súbitamente, produciendo aquel efecto. Entre esos dos momentos, y siempre que los torbellinos magnéticos atravesaran establemente la rosquilla de hierro, no ocurría nada. Faraday fue capaz de sintetizar su histórico descubrimiento en una única frase: *siempre que una fuerza magnética aumenta o disminuye, produce electricidad; a mayor rapidez de aumento o disminución, mayor cantidad de electricidad produce*.

Este descubrimiento, junto con el de las rotaciones electromagnéticas - que hizo en 1821-, constituye el principio básico de inventos que se fueron desarrollando posteriormente: el motor eléctrico, el transformador, la dinamo, etc. Una nueva era, la de la tecnología eléctrica, acababa de comenzar. Incluso inventos tan importantes como el teléfono, la radio y el telégrafo tienen sus orígenes en este crucial descubrimiento.

En una de las conferencias que dictaba los viernes por la noche en la Royal Institution, concretamente en la que anunció públicamente su descubrimiento de la inducción electromagnética, Faraday estaba comentando que en una espiral de alambre que se mueve en la vecindad de un imán se induce una corriente eléctrica. En esto que alguien del público le preguntó: "¿Para qué sirve eso?", y él respondió: "¿Para qué sirve un bebé recién nacido?" Ni que decir tiene que el desarrollo de la tecnología eléctrica a partir de ese bebé, incluyendo su impacto en múltiples actividades humanas, fue enorme y prodigioso.

La producción de electricidad a gran escala, derivada de sus investigaciones, tuvo la repercusión social que bien pueden sintetizarse en estas palabras: "Un día, señor, podrá gravarla con impuestos", respuesta de Faraday a Mr. Gladstone, ministro de Hacienda inglés, a la pregunta de éste por el valor práctico de la electricidad. Una

respuesta universal y enormemente premonitoria, como nos recuerda puntualmente el recibo de la luz.

## La síntesis de Maxwell

El mismo año y el mismo mes, noviembre de 1831, que Faraday comunica oficialmente su descubrimiento de la inducción electromagnética a la Royal Society de Londres, nace el gran matemático y físico escocés *James Clerk Maxwell*, que muere con sólo 48 años en 1879, el mismo año que nace *Albert Einstein*.

Quizás Faraday, debido a su exigua instrucción, sea el físico más importante de la historia que menos matemáticas sabía. Sin embargo, tres décadas después, en 1865, Maxwell, que era un matemático excepcional, se encargó de dar forma matemática a los conceptos introducidos por Faraday, fusionando definitivamente, a través de sus famosas ecuaciones, la electricidad, el magnetismo y la óptica. *La síntesis de Maxwell* predecía las ondas de la radio o hertzianas, que años después (1887) descubriría el físico alemán *Heinrich Hertz*.

## EL HOMBRE. UNA PERSONALIDAD FASCINANTE.

Su esposa Sarah siempre estuvo a su lado. No tuvieron hijos, y cuando ya eran mayores estuvieron acompañados por unas sobrinas, hijas de Elizabeth y Margaret, hermanas de Faraday. (Ilustración 6)

Cuando hacia 1840 sufrió un serio quebranto en su salud, probablemente debido a exceso de trabajo, su esposa Sarah y su hermano Robert le acompañaron a Suiza,



Ilustración 6. Daguerrotipo de Michael Faraday con su esposa, Sarah.

donde permaneció varios meses descansando. La enfermedad mental de Faraday no afectó, sin embargo, a la calidad de su pensamiento, y cuando se repuso fue tan perspicaz como siempre. Curiosamente, Newton sufrió una crisis parecida a la misma edad, 48-49 años; sin embargo, cuando recuperó su equilibrio mental, ya nunca volvería a ser el de antes; aunque su mente seguiría siendo perspicaz, careció ya, en adelante, de iniciativa para abordar nuevos problemas, de modo que nunca los afrontaba sin que alguien le impulsara a ello. Faraday, por el contrario, no perdió su brillante iniciativa. Así, por ejemplo, en 1844 reanudó sus investigaciones sobre licuación de gases, y en 1845 descubrió el *diamagnetismo* y algo que había intentado antes en cinco ocasiones -la *polarización rotatoria magnética* o "*efecto Faraday*"-, que prueba la vinculación existente entre la electricidad, el magnetismo y la luz, y que ha tenido una trascendental importancia histórica al constituir uno de los pilares más sólidos de la *teoría electromagnética de la luz*.

Durante la guerra de Crimea, en los años 1850, en la que Gran Bretaña luchaba contra Rusia, el gobierno británico le pidió a Faraday que encabezara una investigación encaminada a determinar la posibilidad de preparar grandes cantidades de gas tóxico para su empleo como arma química en los campos de batalla. Faraday contestó inmediatamente que el proyecto era factible, pero lo hizo fracasar al negarse rotundamente a tener vinculación alguna con el mismo.

Las siguientes citas ponen de relieve de manera elocuente la magnitud y alcance de su labor investigadora por una parte, y por otra, su impresionante talla como hombre de ciencia y como persona.

- La primera de ellas está tomada del libro de L.P. Williams, "*Faraday y la estructura de la materia*", y alude a la extensión y profundidad del trabajo de Faraday: "*Como Berzelius, Faraday fue un químico analítico de considerable habilidad; como Gay-Lussac y*

Dalton, fue aplaudido por la comunidad científica por su trabajo sobre gases; como Oersted y Ampère, creó una nueva época en el estudio del electromagnetismo; como Fresnel y Young, hizo contribuciones fundamentales a la teoría de la luz; como sir Humphry Davy, fue fundador de la electroquímica. Sin embargo, a diferencia de estos hombres, trabajó casi simultáneamente en todos estos campos."

- La segunda es del propio Michael Faraday y en ella se retrata, expresando su estilo y talante intachables como hombre de ciencia: "El filósofo debe ser un hombre dispuesto a escuchar todas las sugerencias, pero determinado a juzgar por sí mismo. No debe dejarse influir por las apariencias; no pertenecer a escuela alguna; en doctrina, no poseer maestro alguno. No debe aceptar criterios de autoridad, sino de realidad. La verdad debe ser su objetivo primario. Si a estas cualidades se agrega la laboriosidad, puede en verdad aspirar a hablar dentro del templo de la naturaleza."

- En la tercera, él mismo manifiesta, refiriéndose al ser humano en su integridad, trascendiendo el mero ámbito científico: "Es necesario que el hombre se examine a sí mismo y que lo haga sin negligencia. A medida que avance, deberá ser más y más estricto, en crítica profunda consigo mismo, mucho más de lo que puedan ser los demás con él. Y cuando falle en esto, se dará cuenta de que otros pueden tener razón cuando lo critiquen."

- El físico irlandés John Tyndall dijo en una ocasión que Faraday era "intachable, atento, modesto, de buen proceder, pronto para instruir y no dado a la sucia usura", parafraseando un pasaje bíblico de la primera carta de San Pablo a Timoteo.

- En el mismo sentido que la cita anterior, el gran físico alemán Hermann von Helmholtz afirmaba que "la perfecta sencillez, modestia e intachable pureza de su carácter le confería una fascinación que yo nunca he conocido en ningún otro hombre."

- Faraday, que fue un hombre extraordinariamente religioso,

no veía ningún antagonismo entre su ciencia y su religión. En uno de los párrafos de su extensa correspondencia afirma: "Las obras naturales de Dios nunca pueden entrar en contradicción con las cosas más elevadas que pertenecen a nuestra existencia futura."

- En una de las cartas que envió a su íntimo amigo, el científico ginebrino Auguste de la Rive, resume así Faraday su actitud ante la muerte: "Estoy agradecido -así lo espero- porque, al decaer mis facultades y perder importancia las cosas de esta vida, me queda la buena esperanza, que convierte la contemplación de la muerte en un alivio, no en algo que produce miedo. Esta paz es únicamente un regalo de Dios; y como es Él quien la concede, ¿por qué deberíamos estar asustados? Su inefable don, su amado hijo, es el fundamento de una esperanza indudable (...) Estoy feliz y contento."

A principios de la década de 1860, como consecuencia de un gradual debilitamiento y pérdida de facultades, se retiró del laboratorio. Esta circunstancia entristeció los últimos años de su vida, y en 1865 aban-



**Ilustración 7.** Billeto de 20 libras emitido en 1991, en el que se conmemoran los 200 años del nacimiento de Faraday.

donó todas sus obligaciones en la Royal Institution.

En 1858 se había trasladado a la casa de Hampton Court, al oeste de Londres, donada por la reina Victoria, y allí fallece, sentado placidamente en su sillón preferido, el domingo 25 de agosto de 1867.

Había trabajado durante cuarenta y tantos años, completando siete volúmenes de detalladas notas de laboratorio. Había rechazado por dos veces la presidencia de la Royal Society y había declinado la oferta de la reina de convertirle en caballero. "Debo seguir siendo sen-

cillamente Michael Faraday hasta el final", había explicado con mucha educación. La reina Victoria le había ofrecido el honor final: ser enterrado con Isaac Newton y otras lumbreras en la abadía de Westminster, pero, como era de esperar, el famoso científico había rehusado, y por expreso deseo suyo, su funeral fue privado y sencillo. Había pedido también ser enterrado bajo una lápida lo más austera posible, cosa que se cumplió, grabándose en ella solamente su nombre y las fechas de su nacimiento y muerte. Su gran monumento, sin duda, es el mundo electrificado de nuestro tiempo.

Cuando en 1991 se conmemoraron los 200 años de su nacimiento, se editó un sello con su efigie, así como un nuevo billete de 20 libras, en el que Faraday sustituía a Shakespeare, acompañando a la reina Isabel II. ¡Qué cosas, ¿verdad?, el hijo de un pobre herrero, uno de los científicos más humildes que han existido, en un billete de 20 libras! Es bastante dudoso que esta circunstancia le hubiera agradado. De todos modos, bien que se lo merece. (Ilustración 7)

Quizás para compensar el hecho de que en su época aún no se había instituido el "Premio Nobel", al que indudablemente se habría hecho acreedor en más de una ocasión, su nombre ha quedado inmortalizado por partida doble en dos unidades físicas: el *faradio* (en inglés, *farad*), unidad internacional de capacidad eléctrica, y el *faraday*, unidad de carga eléctrica, equivalente, como se sabe, a un mol de electrones, esto es, aproximadamente unos 96500 C.



## BIBLIOGRAFIA

1. Asimov, I., *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología*. Alianza Editorial. Madrid, 1982.
2. Asimov, I., *Nueva guía de la ciencia. Ciencias físicas*. RBA. Barcelona, 1993.
3. Bowers, B., *Michael Faraday and the Modern World*. EPA Press. Wendens Ambo, Essex, 1991.
4. Cantor, G., Gooding, D. y James, Faraday. Alianza Editorial. Madrid, 1991.
5. Cantor, G., *Michael Faraday: Sandemanian and Scientist*. Macmillan. Londres, 1991.
6. Carmona, G. (et al.), *Michael Faraday: Un genio de la Física experimental*. Fondo de Cultura Económica. México D.F., 1995.
7. Crowther, J.G., *Humphry Davy. Michael Faraday. Hombres de ciencia británicos del siglo XIX*. Espasa-Calpe. Madrid-Buenos Aires, 1945.
8. Díaz-Hellín, J.A., *El gran cambio en la Física. Faraday*. Editorial Nivola. Madrid, 2001.
9. Gamow, G., *Biografía de la física*. Alianza Editorial. Madrid, 1980.
10. Guillén, M., *Cinco ecuaciones que cambiaron el mundo*. Editorial Debate. Madrid, 2001.
11. *Historia General de las Ciencias*. Orbis. Barcelona, 1988.
12. Masini, G., *Los arquitectos de la molécula*. Círculo de Lectores. Barcelona, 1980.
13. Masini, G., *Un código para el Universo*. Círculo de Lectores. Barcelona, 1981.
14. Meurig Thomas, J., *Michael Faraday and the Royal Institution (The Genius of Man and Place)*. Bristol-Filadelfia-Nueva York, 1991.
15. Thompson, S.P., *Michael Faraday, his Life and Work*. Londres, 1898.

## PUBLICACIONES

# Revista Española de Física

### Indice

#### LA VIDA DE LA CIENCIA

Editorial. .... 1

#### La vida de la ciencia.

- Premio Nobel de Física 2002. *Raymon Davis, Masatoshi Koshiha y Ricardo Giacconi*. .... 2
- Neutrinos. *Francisco J. Ynduráin*. . . 4
- Situación de las mujeres en la Física en España. *Carmen Carreras, Margarita Chevalier, Pedro Mejías, Pilar López-Sancho y María J. Yzuel*. .... 9
- Física en Acción: suma y sigue... *Rosa M. Ros Ferré*. .... 14

Visto y Leído. .... 17

#### TEMAS DE FÍSICA

- Criticalidad auto-organizada y el problema del confinamiento magnético de plasmas en dispositivos de fusión termonuclear.** *Raúl Sánchez, Benjamín A. Carreras, David E. Newman, Boudewijn Ph. Van Milligen*. .... 18
- El cerio y sus contradicciones. Sus compuestos y las interacciones magnéticas.** *B. Coqblin, J.C. Gómez Sal y J.R. Iglesias*. .... 25
- Instrumentación criogénica para el futuro LHC.** *Juan Casas-Cubillos y Miguel A. Rodríguez Ruiz*. .... 30

#### ENSEÑANZA

- Acerca de la axiomatización de la Mecánica Newtoniana.** *M.A. Martínez-Negrete, I. Campos-Flores, O.*

*Falcón-Vega, J. Marquina-Fábrega, R. Martínez y Romero y A. Nieva-Gochicoa*. .... 36

- El Sistema Internacional de Unidades... en el supermercado.** *Angel Mulero, Miguel A. Suero, Javier Vielba y Francisco Cuadros*. .... 41
- Prácticas de simulación sobre la teoría microscópica de los dieléctricos.** *Luis Mariano del Río, Jesús M<sup>o</sup>. Alvarez Llorente, Arthur Richard Pewsey y José Moreno del Pozo*. .... 46
- Sobre la órbita heliocéntrica de la Luna.** *Antoni Amengual*. .... 50
- ¿Alguien podría explicarme?** ... 52

El sillón. .... 54

#### Notas históricas.

- Análisis de una observación del primer creciente lunar citada en la fuente árabe Al-Muqtabis V. *José M. Vaquero*. .... 57

- Física y Computación.** *Angel Sánchez*. .... 59
- Dinámica de la opinión pública en redes sociales de influencia. *Juan M. López*. .... 59

La Física y sus libros. .... 63

In Memoriam. .... 64

Noticias. .... 65

Premios y distinciones. .... 67

Interacciones cruzadas. .... 69

Indice de autores. .... 70

**REVISTA ESPAÑOLA DE FÍSICA**  
VOLUMEN 16, NUMERO 5, 2002

- Premio Nobel de Física 2002
- Los neutrinos y el Nobel
- Confinamiento magnético de plasmas
- El cerio y sus contradicciones
- Instrumentación criogénica para el futuro LHC

Labels in diagram: Central solenoid magnet, Poloidal field magnet, Toroidal field magnet, Plasma.

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA