

Oliver Heaviside: **tras las huellas de un gigante** **olvidado de la física**

Colección: CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA SALUD
Serie: 'La ciencia al alcance de todos'

Directora

M.^a ÁNGELES PEINADO HERREROS
Catedrática emérita de Biología Celular. Universidad de Jaén

Coordinadores para la serie Avances recientes

Biología Molecular y Celular

JUAN PERAGÓN SÁNCHEZ
Área de Biología Experimental. Universidad de Jaén

Física y Química Avanzadas

FRANCISCO PARTAL UREÑA
Área de Química Física y Analítica. Universidad de Jaén

ANTONIO MARCHAL INGRAIN

Área de Química Inorgánica y Orgánica. Universidad de Jaén

Ciencias de la tierra y del medioambiente

JUAN JIMÉNEZ MILLÁN

Área de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Jaén

FRANCISCO JOSÉ GUERRERO RUIZ

Área de Ecología. Universidad de Jaén

Matemáticas

JUAN MARTÍNEZ MORENO

Área de Matemática Aplicada. Universidad de Jaén

Coordinador para la serie La ciencia al alcance de todos

ANTONIO MARCHAL INGRAIN

Área de Química Inorgánica y Orgánica. Universidad de Jaén

Comité Científico

ANTONIO SÁNCHEZ POZO
Universidad de Granada. España

BERNARDO HERRADÓN GARCÍA
CSIC. España

ALEJANDRA SIERRA LÓPEZ
University of East. Finland

INMACULADA DE VICENTE ÁLVAREZ-MANZANEDA
Universidad de Granada. España

Oliver Heaviside: **tras las huellas de un gigante** **olvidado de la física**

Manuel Quesada Pérez

Quesada Pérez, Manuel

Oliver Heaviside: tras las huellas de un gigante olvidado de la física /
Manuel Quesada Pérez.-- Jaén : Universidad de Jaén, UJA Editorial,
2024.

158 p. ; 19x23 cm - (Ciencias Experimentales y de la Salud. La ciencia
al alcance de todos ; 5)

ISBN 978-84-9159-639-4

1. Heaviside, Oliver-Biografías 2. Física I. Jaén. Universidad de Jaén.
UJA Editorial ed. II.Título
929:53

Esta obra ha superado la fase previa de evaluación externa realizada por pares mediante el
sistema de doble ciego

COLECCIÓN: Ciencias Experimentales y de la salud

Directora: M.ª Ángeles Peinado Herreros

SERIE: *La ciencia al alcance de todos*, 5

Coordinador de la serie: Antonio Marchal Ingrain

© Manuel Quesada Pérez

© Universidad de Jaén

Primera edición, diciembre 2024

ISBN: 978-84-9159-639-4

ISBNe: 978-84-9159-640-0

Depósito Legal: J-548-2024

EDITA

Universidad de Jaén. UJA Editorial
Vicerrectorado de Cultura
Campus Las Lagunillas, Edificio Biblioteca
23071 Jaén (España)
Teléfono 953 212 355
editorial.ujaen.es



editorial@ujaen.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

José Miguel Blanco. www.blancowhite.net

IMPRIME

Gráficas «La Paz» de Torredonjimeno, S. L.

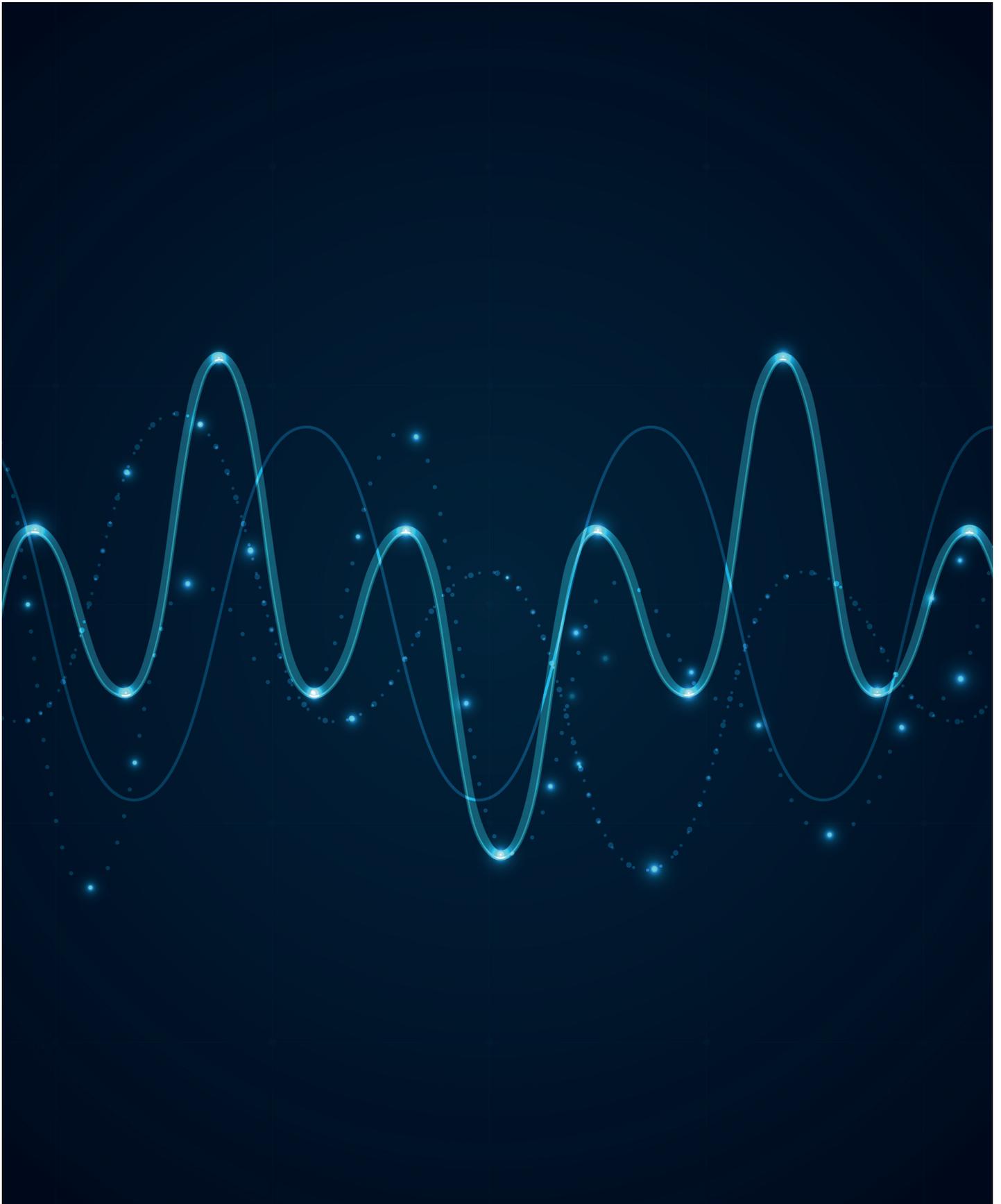
Impreso en España/*Printed in Spain*

«Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar, escanear o hacer copias digitales de algún fragmento de esta obra».

Índice

–	Prólogo	09
–	Un gran desconocido	13
1	Oliver y la gran serpiente submarina	19
	Infancia y adolescencia	19
	La gran serpiente submarina	24
	La primera teoría del cable telegráfico	29
	Las señales telegráficas se atenúan	32
	Las señales telegráficas se distorsionan	33
	APÉNDICE 1.1. Deducción de la ecuación de Thomson	39
2	Cómo salir de la oscuridad	43
	Un hallazgo desconcertante	43
	Con posibilidades prodigiosas	45
	Las primeras publicaciones	49
	Una enemistad para toda la vida	50
3	El poder de la inducción	55
	La autoinducción entra en escena	55
	<i>The Electrician</i>	60
	Cómo propagar señales sin distorsión	64
	La batalla de 1887	66
	Autoinducción por todas partes	70
	Bobinas de carga	74
	El cálculo operacional o por qué no dejar de cenar	78
	APÉNDICE 3.1. Ejemplo de cálculo operacional	82
	APÉNDICE 3.2. Deducción de la ausencia de distorsión	84
	APÉNDICE 3.3. El cálculo operacional y la transformada de Laplace	86

4	Predicando a Maxwell	87
	Los cuaterniones: ¿un destello de genialidad?	87
	Las auténticas ecuaciones de Maxwell	92
	Las ecuaciones de Maxwell-Heaviside-Hertz	96
	Difusión electromagnética y efecto pelicular	101
	El vector de Poynting-Heaviside	104
	En busca de las ondas electromagnéticas	105
	Al borde de la relatividad	109
	Años felices en Paington	112
	Cómo trabajar con vectores	116
	Una guerra de treinta años	118
	Cómo acabar con la plaga de 4π	125
	APÉNDICE 4.1. Sobre la difusión electromagnética	127
5	Circunstancias desfavorables	129
	La vida en Newton-Abbot	129
	Un lugar en el cielo	135
	Un resultado catastrófico	137
	Un matrimonio mal avenido	140
	Los últimos años de un ermitaño feliz	143
–	El secreto de la inmortalidad	147
–	Bibliografía	151
–	Índice de símbolos matemáticos	155



Prólogo

LA HISTORIA DE LA CIENCIA ES COMO UNA CIUDAD DE COMPLEJA Y VARIADA URBANIZACIÓN. Recordamos los nombres de las grandes avenidas, transitadas una y otra vez, pero mucho menos los de calles bautizadas con nombres menos conocidos, o con frecuencia desconocidos. Si pensamos en el electromagnetismo, ciencia y técnica que cambió el mundo, sin el cual nuestras vidas y sociedades serían muy diferentes, y sin duda peores, esas avenidas principales llevan los nombres de científicos como Michael Faraday, William Thomson –más conocido por lord Kelvin, título que recibió en gran medida precisamente por sus contribuciones a la tecnociencia electromagnética–, James Clerk Maxwell, el gran sintetizador de esos fenómenos, Heinrich Hertz o Hendrik Antoon Lorentz. Luego están calles menos “pomposas” pero aun así algo conocidas, que reivindican la memoria de, en el caso que me ocupa, “maxwellianos” como George Francis FitzGerald, John Henry Poynting, Oliver Lodge o Joseph Larmor.

Todos los mencionados desarrollaron sus investigaciones respaldados por alguna institución, incluso en el caso del único realmente autodidacta, Faraday, que encontró un hogar académico en la *Royal Institution* de Londres. No fue este el caso de Oliver Heaviside (1850-1925), un hombre que al igual que Faraday

no pudo acceder a estudios universitarios, ganándose la vida como telegrafista, el empleo de una técnica, la telegrafía –primero con hilos, más tarde sin ellos, inicialmente terrestre, luego también submarina– que abrió otrora inalcanzables posibilidades de comunicación, antes incluso de que se supiera dominar la teoría de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Sin embargo, poco le duró aquel empleo, apenas siete años, tras los cuales comenzó una vida a la que su propia personalidad añadió complicaciones, aislamientos y pobreza. Pero de esa biografía se ocupa este magnífico libro, *Oliver Heaviside: tras las huellas de un gigante olvidado de la física*, de Manuel Quesada Pérez, catedrático de Física Aplicada en el Departamento de Física de la Universidad de Jaén. De su biografía y de las importantes contribuciones que realizó a la física y técnica del electromagnetismo, aunque como él mismo señala, “sin entrar en detalles excesivamente técnicos”.

No está de más recordar, menos cuando se trata de Heaviside, que aunque la teoría electromagnética completada por Maxwell fue tan fundamental como majestuosa, los fenómenos electromagnéticos no quedaron completamente descritos y definidos con sus trabajos. En tiempos de Maxwell, por ejemplo, no se sabía muy bien en realidad qué eran, de qué estaban constituidas, las corrientes eléctricas. Y otro tanto ocurría con un concepto que para nosotros es familiar: la existencia de cargas eléctricas “elementales”. Por otra parte, muchos –la mayoría seguramente– encontraron muy difícil comprender los escritos de Maxwell, con su gran *A Treatise on Electricity and Magnetism* (1873) a la cabeza. El estilo analítico, conceptual y discursivo de Maxwell, no siempre un expositor transparente, junto a la complejidad del tratamiento matemático que utilizó, resultaban obstáculos tremendos para los científicos que deseaban beneficiarse de sus investigaciones.

Para apoyar lo que estoy diciendo es posible recurrir a diversos ejemplos. Ninguno más claro y significativo que el que proporciona Heinrich Hertz, quien en 1888 suministró una de las demostraciones más trascendentales de la corrección de la teoría electromagnética de Maxwell: la existencia de la radiación electromagnética. En una recopilación de escritos de Hertz publicada en 1892, *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, encontramos párrafos tan sustanciales como los siguientes:

Y ahora, para ser más preciso, ¿qué es lo que llamamos la teoría de Faraday-Maxwell? Maxwell nos ha dejado como resultado de su pensamiento maduro un gran tratado sobre electricidad y

magnetismo; podría, por consiguiente, decirse que la teoría de Maxwell es la que se promulga en ese trabajo. Pero tal respuesta difícilmente será considerada satisfactoria por todos los científicos que han considerado de cerca la cuestión. Muchas de las personas que se han lanzado con celo al estudio del libro de Maxwell, e incluso aquellas que no han tropezado en las inusitadas dificultades matemáticas, se han visto obligadas, a pesar de todo, a abandonar la esperanza de formarse por sí mismas una visión consistente y completa de las ideas de Maxwell. Yo mismo no he tenido mejor suerte. A pesar de tener la mayor admiración posible por las concepciones matemáticas de Maxwell, no siempre me he sentido seguro de haber captado el significado físico de sus afirmaciones. Por consiguiente, no me ha sido posible guiarme en mis experimentos directamente por el libro de Maxwell. Más bien, he sido guiado por el trabajo de Helmholtz, como de hecho se puede comprobar claramente de la manera en que mis experimentos han sido planteados. Pero desgraciadamente, en el caso especial límite de la teoría de Helmholtz que conduce a las ecuaciones de Maxwell, y a la que señalan los experimentos, la base física de la teoría de Helmholtz desaparece, como de hecho ocurre siempre, tan pronto como se deja de lado la acción a distancia [que caracterizaba a la electrodinámica compuesta por Helmholtz].

Pocos contribuyeron más a resolver esta situación que Oliver Heaviside, el científico ausente de los círculos académicos tradicionales. La forma en que se presentan habitualmente las cuatro ecuaciones vectoriales del campo electromagnético que constituyen la base de la electrodinámica, las que aprenden los estudiantes de física y varias ingenierías, no es la de Maxwell, que describió el campo electromagnético en términos de potenciales escalares y vectoriales. Desde el punto de vista matemático, esto tal vez fuera elegante, pero representar las ecuaciones de la electrodinámica directamente en función de los propios campos eléctricos y magnéticos es más fácilmente asimilable y útil para sus aplicaciones. Y fue Heaviside el principal responsable de semejante "transformación" en la década de 1880, en artículos como *Electromagnetic induction and its propagation*, que publicó en 1885 en *The Electrician*, una revista menos "visible" o considerada en círculos académicos que *Philosophical Magazine* o las *Philosophical Transactions* de la Royal Society. Es esta

otra de las razones de la escasa atención que al principio recibieron sus aportaciones. En la reseña que George Francis FitzGerald publicó en 1893 –pocos estaban mejor capacitados que él para hacerlo– en *The Electrician* de los trabajos que reunían los *Electrical Papers* (1892) de Heaviside, reconoció lo mucho que su colega maxwelliano había mejorado el tratamiento del electromagnetismo:

Maxwell, como todos los pioneros que no viven para explorar el territorio que han descubierto, no tuvo tiempo de investigar el medio más directo para acceder a él, ni la manera más sistemática de explorarlo. Esto ha sido reservado para que lo hiciera Oliver Heaviside. El tratado de Maxwell está gravado con los escombros de sus brillantes líneas de asfalto, de sus atrincherados campamentos, de sus batallas. Oliver Heaviside ha limpiado todo esto, ha abierto una ruta directa, ha construido un camino ancho, y ha explorado una considerable parte de territorio.

Pedimos, o tal vez sería mejor decir “exigimos”, a profesores universitarios, y muy especialmente a los de las especialidades científicas, que contribuyan a hacer avanzar sus disciplinas. Que no solo enseñen, sino que también investiguen. En mayor o menor medida, así lo hacen. Menos frecuente es que, al mismo tiempo, se esfuercen en que tanto sus colegas como la sociedad conozcan los contenidos y protagonistas, la historia de las ciencias a la que tanto trabajo dedican. Con este libro, *Oliver Heaviside: tras las huellas de un gigante olvidado de la física*, el profesor Manuel Quesada Pérez ha cumplido con creces esta tan noble como necesaria tarea.



José Manuel Sánchez Ron
Real Academia Española
Universidad Autónoma de Madrid

Un gran desconocido

LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA HAN HECHO NUESTRA VIDA MUCHO MÁS FÁCIL. En plena era de las telecomunicaciones, estamos tan acostumbrados a la radio, la televisión, la telefonía móvil o internet que muchas veces olvidamos que no siempre estuvieron ahí. Hubo un tiempo en que todas estas invenciones ni siquiera podían ser concebidas en la mente de visionarios. Todo tiene un principio.

El inicio de esta revolución tecnológica se remonta a la segunda mitad del siglo XIX y está estrechamente ligado al nacimiento de una nueva rama de la física: el electromagnetismo. De hecho, la tecnología que nos permite asomarnos a cualquier parte del mundo a golpe de un clic tiene su origen en una idea auténticamente innovadora: las ondas electromagnéticas. Pero los principios de una nueva rama del saber son difíciles. Todo está por hacer. Hay que salir de la oscuridad. Los pioneros que emprenden ese camino son, parafraseando a Newton, auténticos «gigantes». Los que venimos después nos valemos de ellos para llegar más lejos.

El «gigante» que nos dejó la idea de onda electromagnética fue el físico y matemático escocés James Clerk Maxwell. A él también le debemos los fundamentos de la teoría electromagnética, que primero aparecieron en un artículo en 1865 y, posteriormente, en un voluminoso tratado cuya primera edición

se publicó en 1873. Desafortunadamente, la muerte le sorprendió en 1879, por lo que tuvieron que ser otros grandes físicos, conocidos como los *maxwellianos*, los que continuaron su obra.

Uno de los pioneros del electromagnetismo y de las telecomunicaciones que contribuyó a la empresa de desarrollar y difundir la teoría de Maxwell, convirtiéndola incluso en su misión vital, fue el físico e ingeniero inglés Oliver Heaviside. Varios aspectos de su vida hacen de él un *maxwelliano* bastante peculiar. Uno de ellos fue su formación. La mayoría de los defensores de la obra de Maxwell que integraban este grupo pertenecían al mundo académico. Ese era el caso de Heinrich Rudolf Hertz, Oliver Joseph Lodge o George Francis FitzGerald. Sin embargo, Heaviside era un telegrafista que había dejado la escuela con dieciséis años y no fue a la Universidad. Eso no le impidió formarse como autodidacta durante el resto de su vida, llegando incluso a dominar el electromagnetismo y las técnicas para resolver ecuaciones diferenciales.

Otra de sus cualidades que lo distinguía del resto de *maxwellianos* era su interés por problemas propios de la ingeniería, en particular, por aquellos que tenían que ver con el telégrafo y la telefonía. Si como físico su objetivo fue difundir y mejorar la obra de Maxwell, como ingeniero se preocupó especialmente por hacer llegar las señales electromagnéticas lo más lejos posible.

Pero no lo tuvo fácil. Gran parte de la vida de Heaviside fue una lucha constante por defender las ideas en las que creía sin escatimar esfuerzos. Renunció al único trabajo dignamente retribuido que tuvo por su vocación. Esto lo condenó a una economía poco saneada, casi de subsistencia en muchas ocasiones. Vivió asfixiado por las deudas durante décadas, aunque, paradójicamente, podría haber llegado a ser inmensamente rico. En su particular misión tampoco huyó de los enfrentamientos. No importaba lo poderoso o influyente que fuese su rival. Sus armas dialécticas fueron, además de la física y las matemáticas, su ingenio, ironía y paciencia.

En ciertos aspectos su vida también puede considerarse un canto a la libertad y al precio que, a veces, hay que pagar por ella. Educado en la encorsetada sociedad victoriana de la segunda mitad del siglo XIX, en la que primaba la discreción y el guante blanco, este físico terminó convirtiéndose en alguien libre y excéntrico; desafió sin reparo al dogmatismo y al principio de autoridad, principalmente cuando chocaban con la ciencia. A pesar de sus continuas disputas, se ganó la simpatía y amistad de grandes científicos del momento. Pero,

como cualquier persona, también tenía defectos. Ocasionalmente pecaba de orgullo y en sus críticas podía resultar cáustico, despiadado y exasperante. Carecía de lo que hoy denominamos habilidades sociales y tenía fama de cascarrabias. Huía de reuniones y consumió gran parte de su existencia viviendo casi como un ermitaño. Tampoco era fácil convivir con él.

A pesar de su carácter antisocial, Heaviside obtuvo merecidamente el reconocimiento de la élite científica de la época, que mayoritariamente lo trataba de igual a igual, aunque no perteneciera al mundo académico. Muchos de sus métodos, conceptos, términos y expresiones matemáticas acabaron llegando a los libros de texto y entraron en aulas universitarias y laboratorios. Y ahí siguen todavía. Pero, con el paso del tiempo, su nombre fue desapareciendo y hoy apenas se emplea para hacer referencia a la función escalón, cuya monotonía difícilmente evoca su compleja y nada aburrida personalidad.

¿Nos hemos olvidado entonces de este pionero? Algunos indicios sugieren que así es. La revista *Physics World* realizó en 1999 una encuesta entre doscientos cincuenta investigadores de diferentes áreas de la física para averiguar cuáles eran los físicos más importantes de la historia (Dunani y Rodgers, 1999). Cada uno de los participantes podía emitir cinco votos. La lista que se publicó, que contenía más de sesenta nombres, estaba encabezada por Albert Einstein, Isaac Newton y James Clerk Maxwell, por este orden. Heaviside no estaba incluido en ella porque no recibió ninguno de los mil doscientos cincuenta votos emitidos.

La vida de este físico puede dividirse en tres etapas, cada una de ellas con una duración aproximada de un cuarto de siglo. En la primera, el joven Oliver trató de escapar de la miseria formándose y trabajando como telegrafista. Desempeñando esta profesión, descubrió su auténtica vocación y se topó con quien sería su némesis. Todo ello se narra en los dos primeros capítulos de esta obra. En el segundo cuarto de siglo Heaviside dejó de ser telegrafista para convertirse en un «gigante». Es la época de sus grandes aportaciones a la ciencia y la tecnología. Por tanto, los dos capítulos correspondientes a estos años son los más extensos. En la última etapa de su existencia sufrió un importante deterioro físico, que primero mermó y finalmente acabó con su actividad intelectual, justo cuando la física estaba experimentando una crisis crucial en su evolución histórica.

Fotografía de Oliver Heaviside (1850-1925) tomada alrededor de 1900. Fuente: Institution of Engineering and Technology.



Este libro ha sido escrito especialmente para todos aquellos que quieran acercarse a la figura de Oliver Heaviside sin entrar en detalles excesivamente técnicos sobre sus contribuciones en física e ingeniería. En otras palabras, el relato que aquí se hace de su vida y obra tiene un carácter esencialmente divulgativo. Por ello se han tomado ciertas licencias. Por ejemplo, la narración no sigue un orden cronológico estricto. En determinadas ocasiones los acontecimientos se agrupan en torno a algún tema científico con el objetivo de facilitar la lectura de aquellos aspectos más complejos. Esto sucede con los capítulos dedicados a la teoría de transmisión de señales eléctricas a largas distancias y a la teoría del campo electromagnético. En realidad, todos estos acontecimientos se intercalaron en el tiempo, pero aquí se cuentan de manera separada. Además, muchas expresiones matemáticas se han escrito con notación moderna para hacer más sencilla su identificación. Solo se ha mantenido la simbología original en aquellos casos en los que interesa resaltar la evolución que sufren las leyes físicas en su aspecto formal.

Los lectores que quieran profundizar más en la vida de Heaviside pueden hacerlo a través de las biografías de Paul J. Nahin (Nahin, 1988) y Basil Mahon (Mahon, 2017). La primera es particularmente exhaustiva. Contiene una extensa colección de textos e imágenes extraídos de documentos públicos y privados sobre el protagonista y diferentes personas de la época que ejercieron una profunda influencia sobre él. La biografía de Mahon, publicada mucho más recientemente, no es tan profusa, pero tiene la ventaja de que se puede adquirir en formato digital. Ambas monografías se emplean aquí como fuentes secundarias cuando los textos originales no son fácilmente accesibles.

Si se desea investigar a fondo la producción científica de este físico, conviene recordar que Heaviside recopiló sus trabajos en cinco libros, que se pueden encontrar hoy en Internet. Sin embargo, es necesario advertir que, como ocurre con decenas de clásicos, muchos de sus escritos son difíciles de seguir. A pesar de los notables avances que introdujo en la notación, la terminología empleada difiere a menudo de la actual y su discurso lógico es oscuro en muchas ocasiones. Preocupado frecuentemente por las aplicaciones tecnológicas de sus resultados, Heaviside reducía, comprimía e incluso omitía muchos de los razonamientos que conducían hasta ellas. Por todo eso, puede ser aconsejable recurrir a algunos capítulos y notas técnicas que Nahin incluye en su obra y al estudio que Ido Yavetz realizó sobre los trabajos publicados hasta 1889 (Yavetz, 1995).

Para descubrir las huellas que el gigante de esta historia dejó en la teoría electromagnética y las telecomunicaciones hay que viajar hasta finales del siglo XIX. En aquella época las ecuaciones diferenciales estaban triunfando en la física. Su éxito era tal que Maxwell las usó para formular los principios del electromagnetismo. Pero en ingeniería estas ecuaciones no gozaban de tan buena fama. De hecho, algunos influyentes ingenieros que trataban de idear aplicaciones de la electricidad y el magnetismo desconfiaban de las matemáticas. Creían que eran una herramienta innecesaria y de dudosa fiabilidad. Heaviside les mostró que podían llegar más lejos con la ayuda de teorías físico-matemáticas, contribuyendo así a forjar la alianza entre ciencias e ingeniería. En realidad, el viaje en el tiempo que aquí se propone puede resultar muy instructivo para todos aquellos que empiezan a adentrarse en el mundo de las ecuaciones diferenciales. Lo recomendaba el mismo Maxwell al afirmar que «la ciencia siempre se asimila mejor cuando se encuentra en estado naciente». Por ello, esta obra puede resultar particularmente apropiada para físicos, matemáticos e ingenieros en formación. Aunque cualquier lector con nociones básicas de física y cálculo diferencial tendrá acceso a la mayor parte de su contenido, exceptuando los apéndices de algunos capítulos, que ofrecen la posibilidad de abordar ciertas cuestiones con matemáticas más avanzadas.

