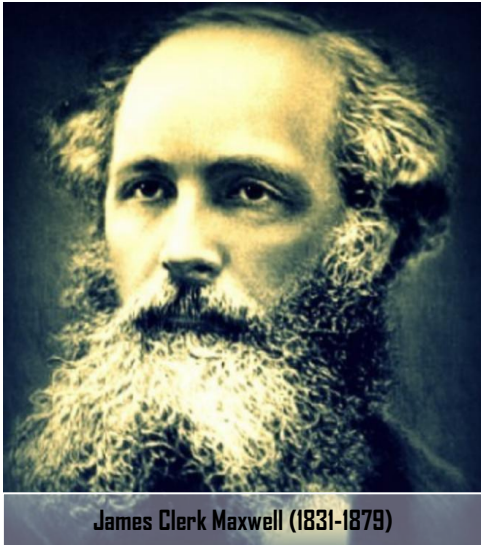


## 1865. Las ecuaciones de Maxwell transforman el mundo



James Clerk Maxwell (1831-1879)

En 1865, el físico escocés James Clerk Maxwell formuló la teoría clásica del electromagnetismo deduciendo así que la luz está hecha de campos eléctricos y magnéticos que se propagan por el espacio, teoría que llevó a la predicción de la existencia de las ondas de radio y a las radiocomunicaciones.

### Investigador precoz

Según la famosa expresión atribuida a Newton, todos los científicos trabajan aupados 'a hombros de gigantes', es decir, construyen sus teorías sobre los conocimientos logrados por las generaciones anteriores a lo largo de siglos de estudios y experiencias. Esa elevación a gran altura les permite mirar más lejos y progresar en las ideas. Esto es particularmente cierto en el caso de Maxwell quien supo combinar todo el conocimiento existente hace 150 años sobre su tema de trabajo llegando a la forma más bella y sucinta de expresar los principios sobre la electricidad, el magnetismo, la óptica y su interrelación física.

Nacido en Edimburgo en 1831, en el seno de una familia de clase media, Maxwell manifestó una peculiar

curiosidad desde su temprana infancia. A los 8 años recitaba versos de Milton y largos salmos, y a los 14 ya había escrito un paper (artículo científico) en el que describía métodos mecánicos para trazar curvas.

Estudió en las universidades de Edimburgo y de Cambridge donde asombró a alumnos y profesores por su capacidad para resolver problemas de matemáticas y de física. A los 23 años se diplomó en matemáticas por el Trinity College, y dos años más tarde obtuvo una plaza de profesor de filosofía natural en el Marischal College de Aberdeen donde permanecería 4 años. En 1860 obtuvo un puesto similar pero en el prestigioso King's College de Londres. Ahí comenzó la época más fructífera de su carrera. Ingresó en la Royal Society en el 1861, publicó la teoría electromagnética de la luz en 1865, regresó entonces con su familia a la casa de sus



Estatua de Maxwell en Edimburgo K. Traynor

padres en Escocia, y fue nombrado director del Cavendish Laboratory de Cambridge en 1871. Allí, en Cambridge, murió de cáncer abdominal en 1879, a la edad de 48 años.

## Esencia electromagnética

En 1865, Maxwell publicó un artículo titulado 'Una teoría dinámica del campo electromagnético' en el que aparecieron por primera vez las ecuaciones hoy mundialmente famosas y conocidas como 'ecuaciones de Maxwell'. Estas ecuaciones expresan de una manera concisa y elegante todas las leyes fenomenológicas sobre electricidad y magnetismo que se habían formulado desde el siglo XVIII, entre ellas las leyes de Ampère, de Faraday y de Lenz. La notación vectorial que se utiliza hoy fue introducida en 1884 por Heaviside y Gibbs.

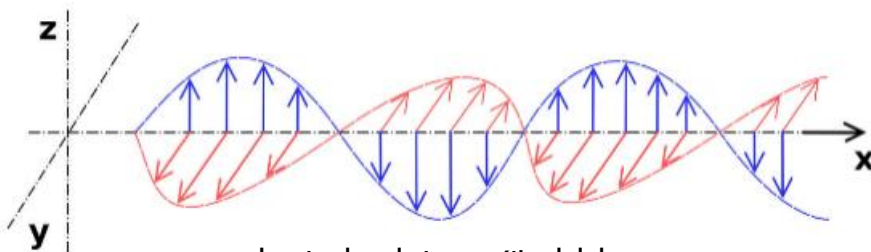
Las cuatro ecuaciones de Maxwell

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}\end{aligned}$$

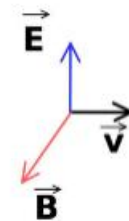
El valor de las ecuaciones de Maxwell no solo reside en la síntesis de todas las ideas anteriores, que revelaba la íntima interrelación entre electricidad y magnetismo. De sus ecuaciones, Maxwell también dedujo otra ('la ecuación de ondas') que le llevó a predecir la existencia de ondas de naturaleza electromagnética capaces de propagarse a la velocidad de la luz. En efecto, Maxwell concluyó que '...luz y magnetismo son aspectos de la misma substancia, y la luz es una perturbación electromagnética...'. De esta forma, su trabajo

de síntesis también consiguió unificar la óptica al electromagnetismo y reveló la esencia electromagnética de la luz.

La teoría de Maxwell predecía la generación de ondas electromagnéticas en el laboratorio. Esta posibilidad



La naturaleza electromagnética de la luz



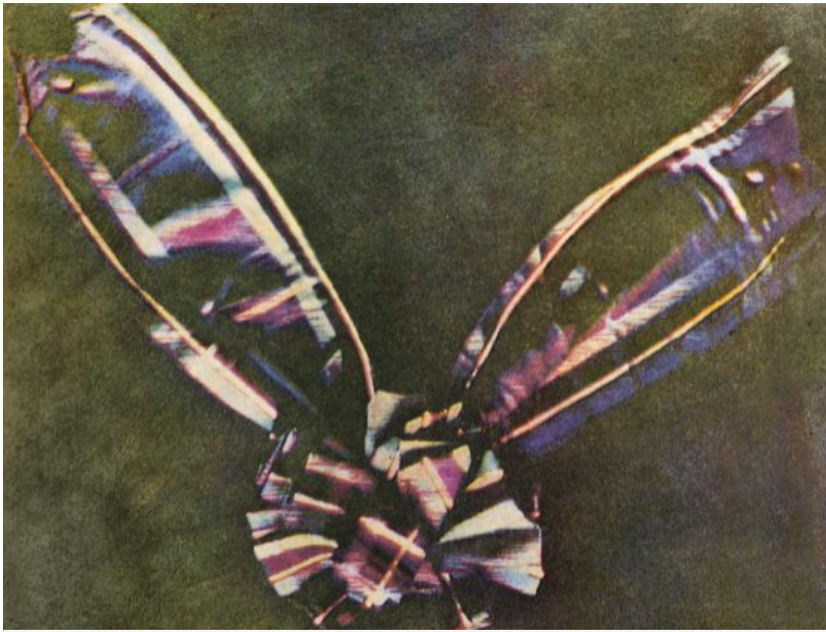
fue llevada a cabo por el físico alemán Heinrich Hertz en 1887, ocho años después del fallecimiento de Maxwell, mediante la

construcción de un oscilador como emisor y de un resonador como receptor. La capacidad para producir tales ondas y de recibirlas en un lugar distante conduciría a un ingeniero italiano, Guillermo Marconi, mediante sucesivos perfeccionamientos de la técnica, a una gran revolución tecnológica: las comunicaciones por radio. Y sobre esta tecnología reposan hoy algunos de los elementos cotidianos más útiles y más utilizados, como los teléfonos móviles.

Así pues, las ecuaciones de Maxwell, que pudieron parecer en principio un mero ejercicio teórico de ciencia básica, han acabado teniendo unas aplicaciones tecnológicas que han llegado a transformar el mundo.

## Un formidable legado

Las aportaciones de Maxwell no se restringen a la teoría del electromagnetismo y de la luz. Estudió la cinética de los gases y la termodinámica aplicando un método de análisis estadístico llegando a determinar la probabilidad de que una partícula en un gas diluido tenga una velocidad dada, lo que se denomina hoy la



La primera fotografía en color: una cinta de tartán Casa museo de Maxwell, Edimburgo

función de distribución de Maxwell-Boltzmann. También desarrolló una teoría para explicar la percepción de los colores (por ello recibió la Medalla Rumford) lo que posteriormente llevó a establecer los fundamentos de las técnicas tricolor en fotografía. En efecto, utilizando tres filtros (azul, rojo y verde) tal y como había sugerido Maxwell, el fotógrafo Thomas Sutton tomó, en 1861, la que se considera la primera fotografía en color de la historia. Maxwell también descubrió la birrefringencia temporal en cuerpos translúcidos y elásticos cuando son

sometidos a tensiones mecánicas. Mencionaremos, finalmente, que formuló una primitiva teoría de control, a caballo entre las matemáticas y la ingeniería, pionera de la que se utiliza hoy para describir el comportamiento de sistemas dinámicos y que es de gran utilidad en muchas disciplinas, entre ellas en ecología para estudiar la dinámica de poblaciones.

### También interesante

- La figura de Maxwell ha recibido innumerables reconocimientos. Hay una unidad física de flujo magnético, unas montañas en Venus, un gran telescopio en Hawái, y muchas otras cosas que han sido bautizadas con su nombre.
- El famoso 'demonio de Maxwell' es una criatura imaginada por el físico escocés que sería capaz de discriminar entre partículas frías y calientes en un gas. Fue introducido en un experimento mental para ilustrar el segundo principio de la termodinámica.
- En homenaje a Hertz, las ondas de radio se conocen también con el nombre de ondas hertzianas, y la unidad de radiofrecuencia se denomina 'hercio', sus múltiplos el kilohercio, megahercio y gigahercio, son de uso muy frecuente.