

Ecuaciones de Maxwell. Ondas electromagnéticas

En 1865 Maxwell resumió todos los conocimientos que en su época se tenían sobre electromagnetismo, al tiempo que aportaba 4 famosas leyes, conocidas por el nombre de **Ecuaciones de Maxwell**, en las cuales, como veremos, se relacionan los campos eléctricos y magnéticos con sus causas.

El gran mérito de este sabio consistió sobre todo en resumir en 4 leyes todos los conocimientos de electromagnetismo, y predecir a partir de sus ecuaciones la existencia de las ondas electromagnéticas.

Estas son:

1) **Los campos eléctricos son producidos por cargas eléctricas.** Esta no es más que el conocido teorema de Gauss para el campo eléctrico:

$$\phi_E = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{S} = q/\epsilon_0$$

2) **Las líneas del campo magnético son cerradas sobre sí mismas.** Equivale a decir que las cargas magnéticas individuales (separadas) no existen (teorema de Gauss para el campo magnético):

$$\phi_B = \oiint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

3) **Los campos magnéticos variables producen campos eléctricos.** Se trata de la ley de Faraday-Henry:

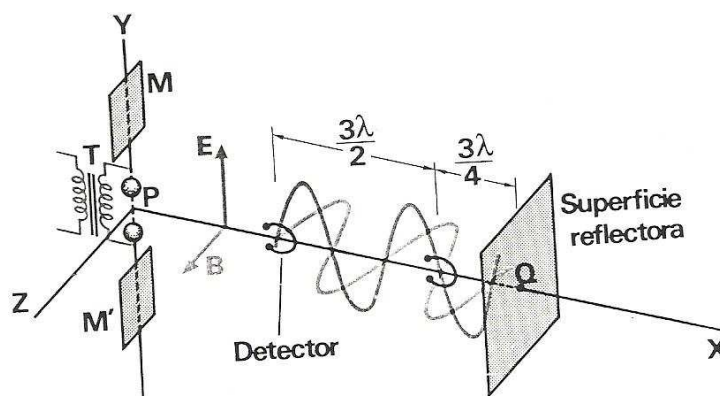
$$e = \oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

4) **Los campos magnéticos son producidos por las corrientes eléctricas y por los campos eléctricos variables.** Ampliación al teorema de Ampere:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 \cdot I + \epsilon_0 \cdot \mu_0 \cdot \frac{d\phi_E}{dt}$$

El papel de estas leyes en Electromagnetismo es similar al de las leyes de Newton en Mecánica (aunque más perfectas que las de Newton). Basándose en ellas Maxwell predijo la existencia de **Ondas Electromagnéticas**, constituidas por una sencilla asociación de campos eléctrico y magnético variables, imposibles de disociar.

Tales ondas fueron obtenidas 15 años después por Hertz, empleando un circuito oscilante como el de la figura:



El campo magnético E variable que aparece en el condensador genera otro magnético variable, y así sucesivamente, teniendo origen la onda electromagnética que viaja a velocidad:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9}}{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$