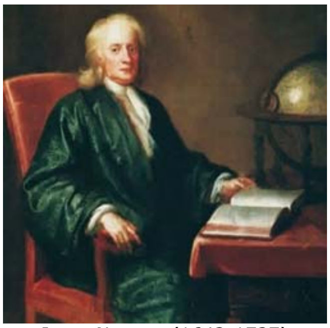
ALZARSE SOBRE HOMBROS DE GIGANTES

Joaquín González Álvarez

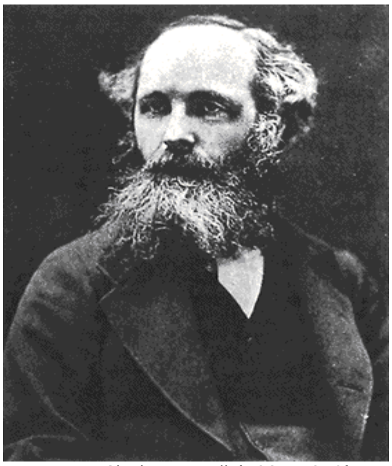
A Isaac Newton se debe una frase a cuya cita acuden en sus obras quienes a la ciencia se dedican como investigadores, profesores y divulgadores cuando entre otras intenciones se resalta el gesto enaltecedor de quienes al lograr sintetizar inteligentemente una serie de hipótesis y supuestos teóricos hasta ese momento dispersos y aislados, al exponer sus resultados, declaran que el éxito se debe a haberse alzado sobre hombros de gigantes.



Isaac Newton (1642-1727)

En su histórica frase del siglo XVII, contestaba Newton a frustrados detractores que alegaban que lo expuesto por el sabio inglés ya estaba dicho por Kepler y Galileo. No alcanzaban los críticos en su miópico análisis que la genialidad consistió en descubrir que los atisbos teóricos de Galileo, Kepler, Tycho Brahe y otros, tenían una fundamentación única, poderosa, elegante.

Caso de semejante magnitud y significado, se presentó años mas tarde cuando el eminente físico escocés James C. Maxwell, elaboró la segunda gran síntesis que registra la historia de la física: la Teoría del Electromagnetismo.



James Clerk Maxwell (1831-1879)

En cuatro concisas y estéticamente admirables ecuaciones, con escaso número de símbolos y signos, que escritos en la tipografía habitual, ocupan unas cuatro pulgadas cuadradas, puede decirse que expuso Maxwell el basamento físico-matemático del electromagnetismo.

En estas ecuaciones expresadas en una matemática un tanto sofisticada, que no compleja, puede advertirse luego de un detenido análisis, bastante del contenido de las leyes de Gauss, Coulomb, Ampere y Faraday, y es ahí que en precipitado arranque, fracasados, científicos, convertidos en cazadores, pero al fin cazados, de aparentes fallas de los grandes, se lanzan a presentar a Maxwell como reproductor de los hallazgos de Gauss, Ampere y Faraday. No aprenden de la historia. Ocurrió con Maxwell y sus ecuaciones algo semejante a lo acontecido con Newton y sus leyes. Algo semejante pero de manera mas brillante e impactante como a continuación veremos.
He aquí las ecuaciones de Maxwell:

$$\int \mathbf{E.dA}=q/\varepsilon_0 \qquad (1)$$

$$\int \mathbf{B.dA}=0 \qquad (2)$$

$$\int \mathbf{E.ds}=-d\phi_B/dt \qquad (3)$$

$$\int \mathbf{B.ds}=\mu_0 I+\varepsilon_0\mu_0 d\varphi_B/dt \qquad (4)$$

Cuando se habla de elegancia matemática se hace referencia entre otros aspectos a la sencillez de expresión, que permite advertir en símbolos y signos lo esencial del contenido en este caso, la evidente simetría formal correspondiéndose con la simetría de significados.

Veamos como se evidencian en las ecuaciones de Maxwell las citadas leyes de Gauss, Coulomb, Faraday y Ampere.

La ecuación (1) lleva implícita la ley de Gauss y se puede derivar de ella la ley de Coulomb:

$$EA=q/\varepsilon_0 \quad \text{y } E=1/4\pi\varepsilon_0 q/r^2$$

Tener en cuenta que $EA=\varphi_E$ flujo eléctrico, y por tanto: $\varphi_E=q/\varepsilon_0$.

De igual forma la ecuación (2), consecuente con la simetría maxwelliana, expresa lo que puede llamarse ley de Gauss para el Magnetismo donde la igualdad a cero indica que el flujo magnético neto es cero y por tanto no existen "cargas magnéticas".

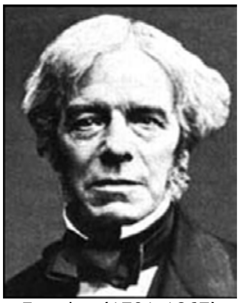
La ecuación (3) nos muestra en el primer miembro la fuerza electromotriz como circulación del vector campo eléctrico **E** y en el segundo miembro la variación con signo menos del flujo magnético con el tiempo. De modo que advertimos en esta ecuación (4), la ley de Faraday.

En la ecuación (4) se presenta con sin par elegancia y manejo del raciocinio físico-matemático el genial hallazgo teórico de Maxwell de lo que se conoce como corriente de desplazamiento. Para entender el razonamiento en cuestión, debemos fijarnos en lo que ocurre entre las placas de un condensador alimentado por un generador de corriente alterna. Dado que entre las placas media un dieléctrico, entre las mismas no habrá corriente de conducción que si la habrá por los conductores que enlazan con el alternador. Para la corriente de conducción aparece el primer término del segundo miembro de la ecuación (4) que no es otra cosa que la ley de Ampere al completarse con el primer miembro. En la interpretación y adaptación del segundo término aparecen con toda intensidad las luces de la mente maxwelliana. Intuyó el sabio escocés, primero que por analogía con la ley de Faraday, la variación del flujo eléctrico con el tiempo entre las placas generaría a su alrededor un campo magnético al igual que la variación del flujo magnético genera un campo eléctrico. Y que en la expresión matemática del segundo término aparece multiplicando a la permeabilidad magnética algo análogo a la intensidad de corriente o sea, algo análogo a dq/dt. Y en efecto si efectuamos la sustitución del flujo por q/ε_0, se tendrá: $\varepsilon_0 d/dt\ (q/\varepsilon_0)=dq/dt$ expresión que por analogía (y por simetría) llamó corriente de desplazamiento I_d. Así, el segundo término adquiere forma análoga al segundo miembro de la Ley de Ampere.

Toma entonces la ecuación (4) la sencilla forma: $\int \mathbf{B.ds}=\mu_0(I + I_d)$ en la cual se nos presenta una generalización de la ley de Ampere.


Gauss (1777-1855)


Coulomb (1736-1806)


Faraday (1791-1867)


Ampère (1775-1836)

En esa monumental obra está la genialidad de Maxwell, pero está también la de Gauss, la de Coulomb, de Faraday y Ampere, gigantes sobre cuyos hombros pudo alzarse otro gigante.

Joaquín GONZÁLEZ ÁLVAREZ
j.gonzalez.a@hotmail.com