



## SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA



José Maria Bassalo

### Os Potenciais de Liénard-Wiechert.

Conforme vimos em verbetes desta série, o físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) demonstrou, em 1865 (*Philosophical Magazine* **29**, p. 152), que “a luz era uma onda provocada por oscilações de cargas elétricas”. Logo depois, em 1867 (*Philosophical Magazine* **34**, p. 287), o físico dinamarquês Ludwig Valentin Lorenz (1829-1891), dando prosseguimento as suas pesquisas sobre fenômenos eletromagnéticos-ópticos, iniciadas em 1863 (*Philosophical Magazine* **26**, pgs. 81; 205), desenvolveu a sua Teoria Eletromagnética da Luz (TEL), tomando como base a Teoria Ondulatória da Luz formulada pelo físico francês Augustin Jean Fresnel (1788-1827), em 1816 (*Annales de Chimie et de Physique* **1**, p. 239). Nessa TEL, Lorenz demonstrou que todos os fatos experimentais eletromagnéticos até então conhecidos eram consistentes com potenciais (elétrico  $\Phi$  e vetor  $\vec{A}$ ) definidos em termos de tempos retardados, conforme veremos mais adiante. Aliás, a necessidade da consideração desses tempos retardados já havia sido considerada pelo matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866), em 1858, e pelo próprio Lorenz, em 1861, ao tratarem da solução de uma equação de onda não-homogênea. A idéia de que os potenciais eletromagnéticos dependiam de tempos retardados também foi apresentada pelo físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928; PNF, 1902) em seu livro intitulado **Versuch einer Theorie der Electricischen und Optischen Erscheinungen in bewegten Körpern**, publicado em Leiden, em 1895. Essa idéia de Lorentz baseou-se em sua **Teoria dos Elétrons**, que ele começou a formular, em 1892 (*Archives Néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles* **25**, p. 363), tendo como fundamento teórico o Eletromagnetismo Maxwelliano. A solução desses potenciais retardados, para o caso de uma carga elétrica ( $e$ ) que se desloca com uma velocidade uniforme  $\vec{v}$ , calculado em um ponto P caracterizado pelo vetor posição  $\vec{r}$ , e no instante  $t$ , foi encontrada, independentemente, pelo físico francês Alfred-Marie Liénard (1869-1958), em 1898 (*L'Eclairage Électrique* **16**, pgs. 5; 53; 106), e pelo geofísico alemão Emil Johann Wiechert (1861-1928), em 1900 (*Archives Neerlandeses des Sciences Exactes et Naturelles* **5**, p. 549). Esses **potenciais retardados** ou **potenciais de Liénard-Wiechert**, são dados por [Arnold Sommerfeld, **Electrodynamics** (Academic Press Inc., 1952)]:

$$\Phi(\vec{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{r} \frac{1}{1 - v_r/c}, \quad \vec{A}(\vec{r}, t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{e}{r} \frac{\vec{v}}{1 - v_r/c},$$

onde  $v_r$  indica a projeção de  $\vec{v}$  na direção de  $\vec{r}$ ,  $c$  é a velocidade da luz no vácuo, e  $\epsilon_0$  e  $\mu_0$  representam, respectivamente, a **permitividade elétrica** e a **permeabilidade magnética** do vácuo. É oportuno registrar que no livro dos físicos norte-americanos Richard Phillips Feynman (1918-1988; PNF, 1965), Robert Benjamin Leighton (1919-1997) e M. Sands, intitulado **The Feynman: Lectures on Physics, Volume II** (Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1964), a demonstração desses potenciais é realizada por intermédio de um interessante artifício matemático, qual seja, o uso de quantidades retardadas em função de tempos presente. Com efeito, esse “retardo no tempo” significa dizer que, para o cálculo daqueles potenciais em um determinado

ponto (P) e no instante (t), é necessário levar em conta que o efeito eletromagnético, devido ao movimento de uma carga elétrica, depende de um instante anterior ( $t'$ ) ocupado por ela, dado por  $t' = t - r/c$ , onde  $r$  indica a distância entre P e a posição que essa carga ocupava no instante  $t'$ . É oportuno ressaltar que, em seu artigo, Liénard generalizou o resultado encontrado pelo físico inglês Sir Joseph J. Larmor (1857-1942), em 1897 (*Philosophical Magazine* **44**, p. 503), sobre a potência irradiada por uma carga elétrica acelerada. Liénard deduziu uma expressão para essa potência que vale para qualquer velocidade dessa carga, enquanto o resultado obtido por Larmor refere-se apenas a velocidades baixas.

---



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)