



CURIOSIDADES DA FÍSICA

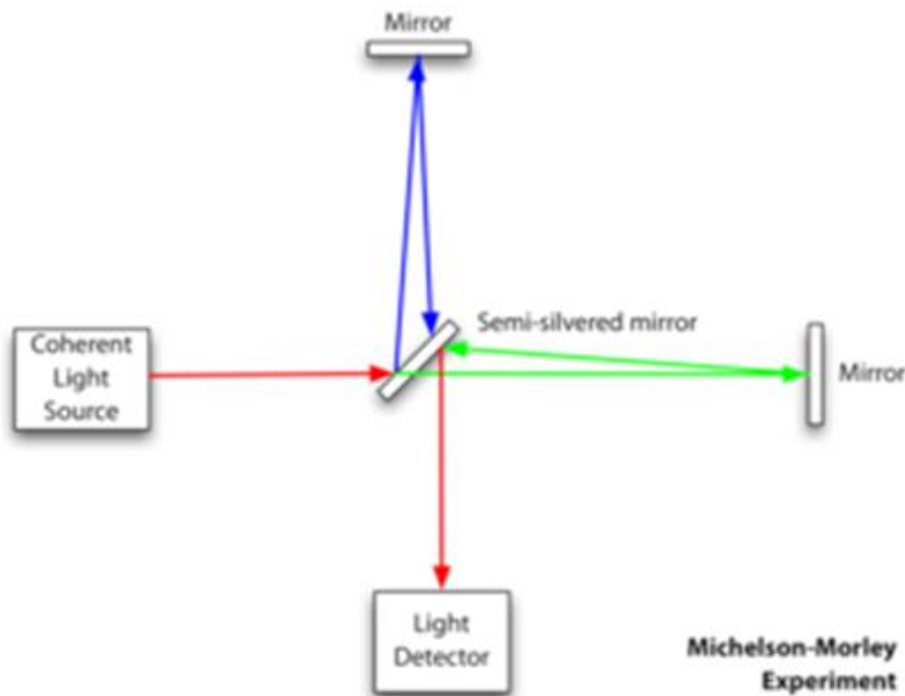
José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

O Interferômetro e a Experiência de Michelson-Morley.

A **medida da velocidade da luz** foi o principal motivo da vida científica do físico germano-norte-americano Albert Abraham Michelson (1852-1931; PNF, 1907). [Para detalhes dessa saga de Michelson, ver, por exemplo: Albert Abraham Michelson, **Recent Advances in Spectroscopy**, *Nobel Lecture* (12 de Dezembro de 1907); B. Jaffe, **Michelson e a Velocidade da Luz** (EDART, 1967) e Isaac Asimov, **Os Gênios da Humanidade** (Bloch, 1974)]. Michelson iniciou essas medidas em 1878 (*American Journal of Sciences* **15**, p. 394), quando usou um dispositivo semelhante ao utilizado pelos físicos franceses Armand Hyppolyte Louis Fizeau (1819-1896) e Jean Bernard Leon Foucault (1819-1868). Observe-se que Fizeau, em 1849 (*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* **29**, p. 90), determinou a **velocidade da luz** realizando a experiência descrita a seguir. No topo de uma colina colocou uma roda dentada com cerca de 720 dentes, tendo um espelho por trás, e um outro espelho foi colocado a uma distância de 8 quilômetros (km). A velocidade da roda dentada era controlada de modo que a luz passasse entre dois dentes consecutivos na ida e na volta. De posse das dimensões da roda, de sua velocidade angular e da distância entre os espelhos, Fizeau encontrou para a **velocidade da luz** um valor de 315.000 km/s. Por sua vez, em 1862 (*Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* **55**, p. 501; 792), Foucault substituiu a roda dentada utilizada por Fizeau por um espelho giratório, encontrando então o valor de 298.000 km/s.

Objetivando calcular a **velocidade da luz** com valores cada vez mais precisos, assim como verificar a existência do **éter luminífero cartesiano** (ELC) [meio no qual a luz se propaga, segundo a proposta apresentada pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), em 1873 (vide verbete nesta série)] Michelson construiu, em 1881 (*American Journal of Sciences* **22**, p. 120), um **interferômetro**. Neste aparelho, um raio de luz, emitido por uma fonte de luz coerente (*coherent light source*) (F) é dividido em dois (r_1 , r_2) quando incide sobre uma lâmina de vidro semi-prateada (*semi-silvered mirror*) (P), cuja face posterior é coberta por uma camada fina de prata (Ag). O raio r_1 é refletido pela superfície de prata e dirige-se para um espelho (*mirror*) (M_1) colocado a uma distância d e acima de P; o raio r_2 atravessa P e atinge um espelho (*mirror*) (M_2) colocado à mesma distância d e na direção de F. Após a reflexão de r_1 em M_1 esse raio percorre a mesma distância d até P; uma parte dele reflete e a outra atravessa P dirigindo-se para um telescópio manipulado por um detector de luz (*light detector*) (observador O). Por sua vez, o raio r_2 após refletir-se em M_2 percorre a mesma distância d até a placa P; uma parte dele reflete-se e a outra atravessa P dirigindo-se para o detector do observador O. (*Google Imagens.*)



Ao realizar uma experiência com esse dispositivo, Michelson acreditava que, quando os dois raios (r_1 , r_2) chegassem ao detector O, haveria um deslocamento das franjas de interferência, quando o **interferômetro** sofresse uma rotação. Contudo, na experiência que realizou em 1881 [no Laboratório do fisiologista e físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), em Berlim], Michelson observou apenas um minúsculo deslocamento, indicando ser a presença do ELC incompatível com os conhecimentos da Física vigentes à época que, de acordo com tais conhecimentos, a Terra deveria caminhar através de um **éter** imóvel.

Como conclusão dessa experiência, Michelson escreveu: - *A hipótese do éter estacionário está errada*. Para chegar a essa conclusão, Michelson usou a **lei de composição de velocidades galileana** (vide verbete nesta série) e mostrou que o deslocamento da figura de interferência formada no detector pelos dois raios (r_1 , r_2) era dado pela seguinte expressão: $\Delta n = 2 (D v^2 / \lambda c^2)$, onde D é o percurso seguido pela luz (no vácuo) de comprimento de onda λ e velocidade c, e v é a velocidade da Terra em torno do Sol, ou equivalentemente, segundo a Teoria Ondulatória Maxwelliana, a velocidade do ELC em relação à Terra imóvel. [Para a demonstração dessa expressão, ver, por exemplo: Francisco Caruso e Vitor Oguri, **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**, Campus/Elsevier, 2006).]

Em 1882 (*Philosophical Magazine* **13**, p. 236), Michelson voltou a realizar nova experiência para determinar a **velocidade da luz**, agora trabalhando na *Case School of Applied Science*, em Cleveland, Ohio, USA. Foi por ocasião dessa experiência que ocorreu o seguinte fato pitoresco. Certo dia daquele ano, ao examinar o caminho óptico da experiência que iria realizar nas proximidades da linha férrea New York-Chicago-St. Louis, Michelson foi abordado por alguns jornalistas que lhe perguntaram o que estava fazendo. Em resposta, disse-lhes que estava medindo a **velocidade da luz**. Em seguida perguntaram-lhe por que ele estava fazendo aquela medida. Respondeu Michelson: - *Porque é muito divertido*. Essa mesma resposta foi dada por ele para o físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) quando lhe fez a mesma pergunta muitos anos depois. Registre-se que, nessa experiência, Michelson encontrou o valor de 299.853 km/s para a velocidade da luz.

Para comprovar a importante conclusão que havia obtido em 1881, Michelson realizou uma nova experiência, em 1887 (*American Journal of Science* **34**, p. 333; *Philosophical Magazine* **24**, p. 449), desta vez com a colaboração do químico e físico norte-americano Edward Williams Morley (1838-

1923). Com efeito, usando uma fonte de luz de $\lambda = 5.000 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), um percurso $D = 10 \text{ m}$ conseguido por intermédio de reflexões múltiplas nos braços do **interferômetro**, e considerando que $v = 10 \text{ km/s}$ e $c = 300.000 \text{ km/s}$, Michelson e Morley esperavam encontrar um deslocamento $\Delta n = 0,4$ franjas, quando o **interferômetro** sofresse uma rotação de 90° . Contudo, ao realizarem esse experimento – o hoje famoso **experimento de Michelson-Morley** - observaram que a figura de interferência permaneceu imóvel. Como esse resultado, mais uma vez, indicava a incompatibilidade do Eletromagnetismo Maxwelliano com a Física Newtoniana, eles voltaram a realizar várias outras experiências, tanto ao meio-dia, quanto no final da tarde, assim como com uma diferença de seis meses, quando então a Terra assumiria posições simétricas em relação ao “mar de éter”; o resultado dessas experiências foi o mesmo da primeira, qual seja, a imobilidade da figura de interferência e, portanto, a inexistência do éter. Note que essa experiência só foi explicada por intermédio da Teoria da Relatividade Restrita formulada por Einstein em 1905 (vide verbete nesta série).



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)