

OS EXPERIMENTOS DE MICHELSON-MORLEY-MILLER E A BUSCA POR UM VENTO DE ÉTER

Roberto Affonso Pimentel Júnior
HCTE-UFRJ
beto@if.ufrj.br

Desde que a Teoria Ondulatória da Luz tornou-se o modelo dominante na Óptica do século XIX, por volta dos anos 1830s, a questão da natureza e estado do meio no qual a luz se propaga como onda voltou à baila. Usualmente este meio era chamado de "éter luminífero", e devido ao efeito de aberração estelar, um fato conhecido desde cerca de 1730, parecia necessário supor que este meio era estático no espaço sideral e que a Terra e os demais corpos celestes se moviam nele (fig. 1).



fig. 1 - Uma pessoa andando rapidamente através de uma chuva pesada em que as gotas de chuva caem na vertical terá que inclinar seu guarda-chuva ligeiramente para a frente para compensar seu próprio movimento. As setas representam as velocidades de uma gota de chuva percebidas por um observador em repouso em relação ao chão (seta da direita) e pela pessoa andando (seta da esquerda). Da mesma maneira e pela mesma razão um astrônomo solidário a uma Terra que se desloca rapidamente no espaço terá que inclinar ligeiramente seu telescópio na direção do movimento da Terra para que a luz da estrela observada caia exatamente no centro do tubo do telescópio. Como resultado deste movimento, a posição aparente de uma estrela normalmente não coincide com sua posição verdadeira. Chamamos este fenômeno de "aberração" da luz. O desvio máximo entre as posições angulares aparente e verdadeira é da ordem de 20 segundos de arco (extraída de <<http://everydaybird.blogspot.com/2009/07/wandering-light.html>>, acessado em 29 de outubro de 2010).

Assim, em princípio deveria ser possível determinar experimentalmente com que velocidade a Terra se movia *em relação* ao éter, talvez de uma forma semelhante àquela pela qual pode-se estimar a velocidade com que um carro se desloca em relação ao ar pelo vento percebido ao se colocar a cara para fora da janela.

No entanto, detectar o "vento de éter" mostrou-se particularmente complexo. Após a metade do século XIX mostrou-se que não seria possível utilizar nenhum experimento óptico cujo

resultado dependesse da razão entre a velocidade do móvel e a velocidade da luz para determinar este valor, e o físico escocês James Clerk Maxwell chegou a sugerir que apenas efeitos de segunda ordem (envolvendo a relação entre *o quadrado* da velocidade do móvel e *o quadrado* da velocidade da luz, portanto um valor muito menor ainda) poderiam ser detectados, mas que esse valor seria tão ínfimo que na prática não seria possível medi-lo.

Durante sua estada na Europa em 1881, e talvez motivado pelo desafio posto pela sugestão de Maxwell, o físico estadunidense Albert Michelson concebeu um experimento para detectar os efeitos de segunda ordem teoricamente mensuráveis relacionados ao movimento da Terra em relação ao éter luminífero, bem como o instrumento que permitiria um tal experimento. Nascia o interferômetro de Michelson. Nele, a luz projetada por uma fonte era inicialmente dividida em dois feixes perpendiculares através de um semi-espelho ("*beam splitter*", ou "divisor de feixe"), e cada um dos feixes percorria um dos "braços" do interferômetro até encontrar um espelho colocado perpendicularmente à direção de propagação da luz, o que portanto fazia com que a luz fosse refletida de volta sobre si mesma. Ao se reencontrarem novamente no semi-espelho, parte de cada feixe passava a viajar de maneira superposta ao longo de uma direção onde se produzia então a interferência dos dois feixes, gerando um padrão observável de franjas claras e escuras (fig. 2).

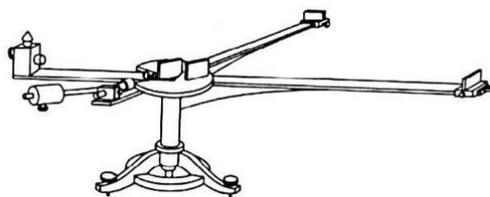


fig. 2 - Diagrama do interferômetro de Michelson original, utilizado no experimento de Potsdam de 1881 para tentar medir o "vento de éter". O semi-espelho encontra-se no centro do instrumento. À sua esquerda pode-se ver a lâmpada de Argand utilizada como fonte de luz, o contrapeso necessário para equilibrar o instrumento e a pequena luneta utilizada para discernir as franjas de interferência. Do lado mais à direita da figura pode-se ver os dois braços perpendiculares do interferômetro com os espelhos em suas extremidades (extraída de <<http://www.staff.amu.edu.pl/~zbow/ph/sci/aam.htm>>, acessado em 29 de outubro de 2010).

O experimento consistia em girar lenta e suavemente o interferômetro em 90 graus, a partir do que Michelson esperava encontrar um deslocamento sensível do padrão de franjas de interferência devido ao efeito do "vento de éter" sobre o tempo de vôo da luz num e noutro braço do interferômetro em cada caso (antes e depois de girar). Tal não ocorreu. Apesar de toda a sensibilidade do instrumento (para se ter uma idéia de quão sensível o instrumento era, basta notar que o experimento seria realizado inicialmente em Berlim, no entanto o tráfego de carruagens nas ruas próximas ao laboratório onde o equipamento estava instalado fazia vibrar o equipamento ao ponto de não se poder perceber as franjas de interferência, e por isso o experimento foi levado para a muito mais pacata Potsdam), Michelson não pôde detectar qualquer variação na posição das franjas de interferência ao girar o aparelho (MICHELSON, 1881).

Começava aí uma longa busca por um resultado positivo para o experimento. O resultado nulo obtido por Michelson em Potsdam em 1881 o levou a defender a idéia, já previamente sugerida pelo físico britânico Gabriel Stokes, a partir de outras considerações, de que o éter

deveria ser arrastado pela Terra em seu movimento, daí a impossibilidade de se detectar o “vento de éter” numa experiência feita na superfície da Terra. Instado por William Thomson e lorde Rayleigh, Michelson repetiu o experimento em 1887, com o auxílio de seu colega Edward Morley. O objetivo era testar as hipóteses de Fresnel de um éter estacionário e parcialmente arrastado pela matéria em movimento – esta segunda característica testada e corroborada em 1886 através da repetição do experimento de Fizeau do arrasto do éter pela água em movimento. Michelson e Morley utilizaram um interferômetro muito aperfeiçoado em relação ao experimento original de Potsdam, ampliando o tamanho dos braços do interferômetro através de reflexões múltiplas num jogo de espelhos cuidadosamente posicionado e acomodando a montagem sobre um bloco massivo de arenito que flutuava sobre uma base de mercúrio líquido, permitindo um giro delicado e muito mais suave, mas mesmo assim o resultado obtido ficou dentro da margem de erro de leitura do aparelho, isto é, nulo, para todos os efeitos (MICHELSON e MORLEY, 1887). No entanto, as medições subsequentes em diferentes épocas do ano, inicialmente previstas como parte importante do experimento, para descartar possíveis combinações do movimento de rotação da Terra com o de translação em relação ao éter que pudessem levar a um resultado coincidentemente nulo, nunca chegaram a ser feitas. Estas e outras considerações levariam a novas repetições do experimento por Morley e Dayton Miller (1902-04), Dayton Miller (1921, 1923-24, 1924, 1925-26), Tomaschek (1924), Kennedy (1926), Illingworth (1927), Piccard e Stahel (1927), Michelson *et. al.* (1929) e Joos (1930), e isso a despeito do desenvolvimento e progressiva aceitação da Teoria da Relatividade Restrita pela comunidade dos físicos (SWENSON, 1972).

O resultado nulo do experimento de Michelson-Morley de 1887 não ficou sem explicação à época, no entanto. A maior síntese teórica da época, a "Teoria do Elétron", desenvolvida pelo físico batavo Hendrik Lorentz para integrar os fenômenos luminosos e eletromagnéticos a partir da interação entre o éter e a matéria ordinária, buscou incorporar o resultado percebendo que são justamente as forças intermoleculares, de natureza eletromagnética, que determinam em última instância as dimensões dos braços do interferômetro, e que elas mesmas devem ser afetadas pela direção do movimento relativo do éter. Uma sugestão semelhante havia sido feita também pelo físico irlandês George FitzGerald, daí o efeito ter passado a ser conhecido como "contração de Lorentz-FitzGerald". O arcabouço matemático daí derivado, e desenvolvido posteriormente por Lorentz, Poincaré e outros, levou à edificação do conceito de tempo próprio, das transformações de Lorentz e da fórmula de composição de velocidades, o que seria reinterpretado em 1905 por Albert Einstein no que ficou conhecido como Teoria da Relatividade Restrita.

A persistência da busca por evidências experimentais de um “vento de éter” mesmo mais de um quarto de século depois do advento da Teoria da Relatividade Restrita, através de experimentos caros e de longa duração, evidencia o quanto a edificação de um novo paradigma é um processo tortuoso e, muitas vezes, demorado. Se é discutível que os resultados obtidos por Michelson e Morley em 1887 tiveram um papel na *gênese* da Teoria da Relatividade Restrita, parece evidente tanto pelo número e a qualidade das repetições que o experimento teve quanto pelo esforço dos diversos partidários da Teoria da Relatividade Restrita em reforçar o papel corroborador do experimento como base empírica do modelo que seu papel na *aceitação* da Teoria da Relatividade Restrita não pode ser desprezado.

Referências bibliográficas:

SWENSON Jr., L. S. **The Ethereal Aether**. Austin: University of Texas Press, 1972.

KOSTRO, L. **Einstein and the Ether**. Montréal: Apeiron, 2000.

MICHELSON, A. A. “The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”. **American Journal of Science**, 3^a série, 22, pp. 120-129, 1881.

MICHELSON, A. A., MORLEY, E. W. “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”. **American Journal of Science**, 3^a série, 34, pp. 333-345, 1887.