**RESUMO SEMINÁRIO: O Interferômetro de Michelson-Morley**

Albert Abraham Michelson nasceu em Strzelno, região da Polônia, filho de um casal de comerciantes judeus. Aos dois anos de idade emigrou, com os pais Samuel e Rosalie, para os Estados Unidos.

Sua formação acadêmica (rumo a sua inserção enquanto pesquisador) teve seu ponto determinante quando ingressou na Academia Naval da marinha dos EUA, fato que o levou a passar dois anos no mar antes de se estabelecer enquanto pesquisador e seguir uma carreira acadêmica tradicional.

Todavia, talvez seja devido a esta sua experiência enquanto navegante (e oficial da marinha) é que ele lhe tenha advindo seu experimento mais famoso: o interferômetro de Michelson-Morley.

Como todo velejador sabe, o vento é relativo. O vento percebido a bordo é de fato uma combinação de dois movimentos: o do ar em relação à Terra e o do barco em relação à Terra. Mesmo que o ar esteja perfeitamente parado em relação à Terra, o movimento do barco nos faz perceber um “vento” com velocidade igual à do barco, no sentido oposto.

Mas o que exatamente esta percepção tem a ver com o estudo da física?

Michelson dedicou-se ao longo de sua vida essencialmente ao estudo da luz. Assim, em 1878, ele aprimorou o experimento de Foucault e estimou a velocidade da luz em 300154 km/s, resultado que se manteve como padrão científico por mais de 45 anos, até que foi melhorado pelo próprio Michelson anos depois.

Ainda no que se refere aos estudos a respeito da luz, segundo as teorias mais aceitas na época, ela era vista como uma onda e, assim como as ondas acústicas, necessitava de um meio para se propagar, o qual, devido as suas características físicas, também determinava a velocidade com a qual a luz devia se propagar.

E é justamente neste ponto que a experiência de vida de Michelson pode ter feito a diferença, visto que a semelhança do som, pensava-se que a intensidade e a direção da velocidade da luz deveriam ser afetadas pela velocidade do meio (vento, no caso do ar para o som e o “vento de éter”, no caso do éter[[1]](#footnote-1), o suposto meio no qual a luz deveria se propagar) em relação ao observador.

De acordo com a hipótese que era mais aceita à época, o éter estacionário, a Terra, ao girar em grande velocidade em torno do Sol (≈30 km/s), atravessava o éter sem perturbá-lo. Assim, sopraria, em qualquer laboratório, um “vento de éter”, que teria precisamente a mesma velocidade em sentido oposto. A velocidade da luz medida por um observador terrestre deveria variar portanto entre c + v, quando a favor do “vento de éter”, e c – v, quando contra.

Assim, em 1981, Michelson, provavelmente inspirado pelas ideias de Maxwell, propôs um experimento que deveria ser capaz de detectar tal vento, o seu primeiro interferômetro: dois sinais luminosos seriam enviados em direções ortogonais, um ao longo da direção do (suposto) movimento da Terra em relação ao éter e outro perpendicular a este. Espelhos refletiriam de volta ambos os sinais, que retornariam, desta maneira, portanto defasados um do outro de uma maneira que dependeria do quadrado da razão das velocidades.

Ele estimou, portanto que o feixe alinhado com a Terra em relação ao seu movimento com o éter teria uma diferença entre o tempo de ida e volta de cerca de 0,04 de comprimento de onda[[2]](#footnote-2), enquanto que aquele alinhado perpendicularmente (90°) não seria afetado em nada. Contudo ao rotacionar o aparelho em um ângulo reto, as situações se inverteriam e seria possível constatar uma variação total de 0,08 de distância entre a posição das franjas de interferência.

Neste primeiro experimento, Michelson utilizou um lampião como fonte de luz branca[[3]](#footnote-3), com a chama filtrada por uma tela opaca com um pequeno furo posicionado no foco de uma lente colimadora, e também cobriu os braços do interferômetro com longas caixas de papel. É importante destacar que esses braços deveriam ter exatamente o mesmo tamanho para garantir a coerência dos feixes.

Todavia, o aparelho se mostrou extremamente sensível a vibrações mecânicas, o que exigiu que o experimento fosse efetuado num porão de paredes circulares que constituía as fundações da cúpula de um telescópio equatorial, em Potsdam, pequena cidade próxima a Berlim. Mas mesmo assim, após 4 séries de medições bem sucedidas não se encontrou mudanças significativas, o que o levou a considerar que a hipótese de um “éter estacionário” como errônea.

Contundo, após a reunião de 1884 da Associação Britânica para o Avanço da Ciência (BAAS), Michelson viu-se impelido a repetir o experimento, donde veio uma parceria com Morley, afim de amplificar a exatidão do experimento e corrigir sua geometria.

Para isso foi necessário estender o comprimento *D* dos braços do interferômetro, mas sem comprometer a sua estabilidade mecânica, fato resolvido utilizando um sistema de reflexões múltiplas que “alongavam” os caminhos ópticos sem implicar em um braço mecânico maior. Além disso, havia o problema das vibrações ocasionado pelos braços de latão do aparelho, o que foi resolvido colocando-se o interferômetro sobre uma pedra massiva que flutuava sobre mercúrio líquido, contido por uma calha circular de ferro apoiada sobre uma base octogonal oca de tijolos maciços. A base tinha dezesseis marcações equidistantes, e todo o aparato era girado tão suavemente (uma volta completa a cada 6 min) que era possível ajustar a mira de fio da luneta de observação para cada marcação da base. A posição do micrometro de ajuste era anotada ao passar por cada marcação, ao longo de seis voltas completa.

Além disso, também foi utilizada uma fonte de luz amarela de comprimento de onda médio λ = 589nm, que correspondia a uma lâmpada de Argand especialmente projetada para queimar sal como fonte luminosa, e portanto a luz amarela do dubleto de sódio era a principal componente do padrão de franjas, correspondendo a uma diferença de fase equivalente a 40% da largura de uma franja.

O resultado do experimento foi de que os deslocamentos observados não ultrapassaram 1% da largura das franjas, equivalendo à resolução do aparelho e portanto da ordem do erro experimental, o que seria compatível com uma leitura de um resultado nulo. Contudo, para ambos os pesquisadores isto significou apenas que a velocidade da Terra com relação ao éter era provavelmente menor que um sexto da velocidade orbital da Terra, e certamente menor que um quarto.

Michelson e Morley sugeriram, ainda que talvez o efeito do vento de éter pudesse começar a ser sentido a uma certa distância da superfície da Terra, e que talvez uma repetição do experimento no alto de uma montanha já produzisse resultados distintos dos obtidos.

De fato, Michelson manteve-se fiel ao éter até sua morte em 1931, acreditando que em 1925 (ao ter repetido seu experimento em uma altitude mais elevada) ter detectado experimentalmente o vento de éter.

Foi somente em 1905, quando Einstein propôs a teoria da relatividade restrita, que o resultado do experimento de Michelson e Morley pode ser compreendido como uma consequência natural do postulado da constância da velocidade da luz para todos os referenciais inerciais, o que configurava uma nova e radical interpretação e que colocou de lado a ideia do éter.

Todavia, ressalta-se que seria incorreto afirmar que a teoria da relatividade foi motivada pelo experimento de Michelson e Morley, visto que segundo o próprio Einstein: “na minha luta pessoal [contra a mecânica clássica e as inconsistências entre a mecânica e o eletromagnetismo], não desempenhou qualquer papel, ou pelo menos um papel decisivo, a experiência de Michelson” (EINSTEIN, 1982)[[4]](#footnote-4).

Pode-se dizer que, na realidade, o que ocorre atualmente é uma vinculação didática entre o experimento de Michelson e a teoria da relatividade, tanto que, em 1907, quando Michelson recebeu o Prêmio Nobel não houve referência alguma aos seus famosos experimentos. A justificativa da comissão que outorgou o Prêmio Nobel a Michelson foi a seguinte: pelos instrumentos ópticos de precisão e pelas investigações espectroscópicas e metrológicas realizadas com a sua intervenção.

De fato, é possível encontrar o interferômetro de Michelson aplicado a pesquisas em espectroscopia, metrologia, medição de diferenças diminutas no índice de refração de substâncias, análise de vibrações, e mais recentemente na detecção de ondas gravitacionais e na busca de planetas em estrelas próximas.

Enfim, é inegável que o interferômetro Michelson, enquanto instrumento influenciou profundamente, direta ou indiretamente, a física moderna, bem como evidencia que é a teoria/modelo que define os limites daquilo que se pode enxergar.

**Referências (ou... Para se aprofundar)**

1. PIMENTEL JÚNIOR, R. A. **Uma História da Interferometria no Século XIX**. Rio de Janeiro: UFRJ/ HCTE, 2012. (Tese de doutoramento). Disponível em: <http://www.academia.edu/2286496/Uma_História_da_Interferometria_no_Século_XIX>
   * Neste texto encontra-se um descrição aprofundada sobre o desenvolvimento não apenas do interferômetro de Michelson, mas sobre diversos outros tipos de interferômetro e sua influência/usos na história.

Assim é possível encontrar detalhes sobre sua aplicação, esquemas, notas históricas e fontes de pesquisa, bem como uma discussão sobre mitos associados ao experimento de Michelson.

1. SILVEIRA, F. L. & PEDUZZI, L. O. Q. **Três Episódios de Descoberta Científica**: Da Caricatura Empirista a Uma Outra História. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 1: p. 26-52, abr. 2006. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/3\_ episodios\_Hist\_Fisica\_CBEF.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/3_%20episodios_Hist_Fisica_CBEF.pdf)
   * Fala sobre a relação entre o empírico e o teórico, apresentando 3 episódios famosos, entre eles o interferômetro de Michelson.

1. O éter era descrito como um meio muito especial, visto que ele deveria ser denso o suficiente para permitir que a luz se perpetua-se (possuindo as características de um sólido elástico), mas ao mesmo tempo “sutil”, dado que suas partículas eram esparsas o suficiente para não interferir no movimento dos planetas, o qual era tido como constante e já havia sido utilizado como argumento por Newton para introduzir a ideia do vácuo. [↑](#footnote-ref-1)
2. A defasagem esperada era de , onde *D* corresponderia ao tamanho dos braços do interferômetro, o que neste caso equivale a 1,2m. [↑](#footnote-ref-2)
3. Uma “lâmpada” de Argand, muito provavelmente. Para o alinhamento inicial do interferômetro, os espelhos eram colocados a distâncias aproximadamente iguais da placa central com o auxílio de um compasso, e depois alinhados finamente com o auxílio de um parafuso micrométrico junto à placa b que permitia alterar a largura, a posição ou a direção das franjas. Inicialmente isto era feito usando-se uma fonte de maior coerência (chama de sódio), que permitia projetar as franjas “na mesma hora” (MICHELSON, 1881, p. 123 APUD JUNIOR PIMENTEL, 2012) [↑](#footnote-ref-3)
4. EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982. [↑](#footnote-ref-4)