

TEORIA DA RELATIVIDADE

A Física proposta por Isaac Newton no séc. XVII tinha como base fatos fortes e convincentes. Tão convincentes, que foi amplamente utilizada nos séculos seguintes sem ser questionada. Os princípios da Mecânica Newtoniana determinaram praticamente todo o desenvolvimento tecno-científico dos dois séculos que à precederam. Esta Mecânica caracteriza-se por não questionar a validade de seus conceitos; como por exemplo a questão sobre o referencial no qual são feitas as medidas e a influência do método de medida sobre as grandezas em questão.

Mesmo nos nossos dias, os conceitos estabelecidos pela Mecânica Newtoniana permanecem firmemente ligados ao nosso raciocínio cotidiano. Estes conceitos estavam tão fortemente enraizados que atravessaram vários séculos sem que alguém questionasse seus fundamentos.

O primeiro físico a questionar alguns conceitos Newtonianos foi o físico alemão Ernst Mach. Em seu texto intitulado "The Science of Mechanics" de 1883, Mach expressa críticas à dinâmica de Newton. Mach levantou a questão sobre a distinção entre movimento absoluto e relativo, discutiu o problema da inércia dos corpos e acima de tudo apontou como ponto fraco da dinâmica Newtoniana sua concepção de espaço e tempo absolutos. Esta concepção Newtoniana está bem ilustrada na seguinte passagem dos "Principia":

"Absolute, true and mathematical time, of itself and by its own true nature, flows uniformly on, without to anything external"

Mach observa que sendo o tempo medido necessariamente pelo movimento repetitivo de um corpo ou sistema físico; como por exemplo um pêndulo ou o movimento da Terra; é lógico que suas propriedades devem de alguma forma estar conectadas com o movimento. Semelhantemente, o conceito de espaço deve estar intimamente ligado com as propriedades do sistema de medida; e não deve ser considerado como algo absoluto.

Tais críticas não causaram muito efeito de imediato, mas ocasionalmente foram de profunda importância para um jovem físico chama do Albert Einstein. Einstein foi fortemente atraído pelas ideias de que os conceitos físicos devem ser definidos em termos de grandezas mensuráveis. Portanto a maneira de observação e realização de medidas físicas deve influenciar os conceitos físicos.

Este pensamento, muito diferente do absolutismo Newtoniano, gerou uma revolução nos conceitos da Física, culminando com o aparecimento da Relatividade.

A criação da Relatividade

Durante sua permanência em Berna, Suíça, Einstein conheceu Michele Angelo Besso, engenheiro italiano, casado com Ana, cujo irmão, Paul Winteler, esposa mais tarde, Maja, irmã de Einstein. Além destas relações familiares, foi o trabalho conjunto de ambos, no Departamento de Patentes, que possibilitou a concretização de uma longa e profunda amizade, fácil de se comprovar pela correspondência que mantiveram no período de 1903 a 1955, e recentemente, publicada pela editora Hermann de Paris, em 1972. Michele Besso, com quem Einstein gostava de trocar ideias, possuía profundos conhecimentos enciclopédicos em filosofia, sociologia, matemática e física. Segundo Einstein, Besso constituía o melhor banco de ensaio para as ideias novas em toda a Europa. Aliás, quando Einstein lhe expôs as suas ideias sobre a teoria da relatividade, Besso logo compreendeu a sua importância científica procurando atrair a atenção de Einstein para inúmeros outros pontos novos. Algumas dessas sugestões foram utilizadas, no desenvolvimento desta teoria, como consta nos primeiros artigos que Einstein publicou sobre a relatividade.

Numa das célebres reuniões de grupo de Berna, sugestivamente conhecido por Academia Olímpica, a irmã de Besso certa vez interrogou Einstein: "Porque Michele (Besso) não fez nenhuma descoberta importante em matemática ?

Sorrindo, Einstein respondeu: "Isto é um bom sinal. Michele é um humanista, um espírito universal, muito interessado em diversos assuntos para se tornar um mono maníaco. Só os mono maníacos conseguem aquilo que denominamos de resultados".

Besso que se encontrava próximo, forçou uma explicação mais minuciosa, ao que juntou Einstein: "Persisto em acreditar que você poderia ter provocado o surgimento de ideias de grande valor, no domínio científico, se tivesse se tornado bastante mono maníaco. Uma borboleta não é uma toupeira mas nenhuma borboleta deve se lamentar".

Outra vez comentando sobre o aspecto revolucionário das suas teorias teria afirmado Einstein: "O que se aprende antes dos dezoito anos, acredita-se proveniente da experiência. Tudo o que aprendemos, mais tarde, tem muito de teoria e especulações". Na realidade, em suas conversas com James Flanck, vamos encontrar as próprias explicações de como havia chegado a sua tão original concepção de tempo e espaço: "Pergunto, às vezes, como se fez que fui o único a desenvolver a teoria da relatividade?" Segundo afirmava Einstein, a razão é que todo adulto normal não se preocupa com os problemas propostos pelo conceito de espaço e tempo. Tudo o que precisamos saber além sobre este assunto imaginamos já do nosso conhecimento desde a infância. "Para mim, dizia Einstein, ao contrário, como me desenvolvi muito lentamente, somente comecei a propor tais questões sobre o espaço e o tempo, quando já havia crescido. Em consequência, pude penetrar mais profundamente no interior do problema, o que uma criança de desenvolvimento normal não teria feito". Esta surpreendente declaração contém uma valiosa crítica como um todo. Uma criança que se desenvolve normalmente, no processo educativo, assimila e ou aceita, como natural, um determinado número de conceitos e interpretações relativos ao que denominamos de realidade. Tal evolução educativa os tornam conformistas e submissos - o que os priva da possibilidade de questionar sobre os pressupostos, em geral implícitos, e sobre os quais se baseiam os conhecimentos a serem transmitidos. Pode-se afirmar que o processo mental de inúmeras crianças e adolescentes repete, em determinado sentido, o desenvolvimento do pensamento humano em seu conjunto. Assim, as ideias sobre a realidade física uma vez aceitas são, imediatamente, substituídas por outros interesses mais específicos. Depois destas considerações, é mais fácil deduzir como foi importante a mono mania de Einstein, aliada a sua capacidade de olhar sempre o mundo sobre pontos de vista diferentes e novos. Aliás, estes parecem os grandes segredos dos pensadores e artistas que, não possuindo jamais uma firme convicção dos problemas fundamentais do mundo, os consideram ainda insolúveis. Foi a dificuldade de aprendizagem (segundo afirmam na infância, deve ter tido muita dificuldade em aprender a falar) que permitiu que Einstein desenvolvesse a sua faculdade em adotar atitudes críticas, com relação aos problemas quase sempre aceitos como resolvidos.

Um Século sem o Éter

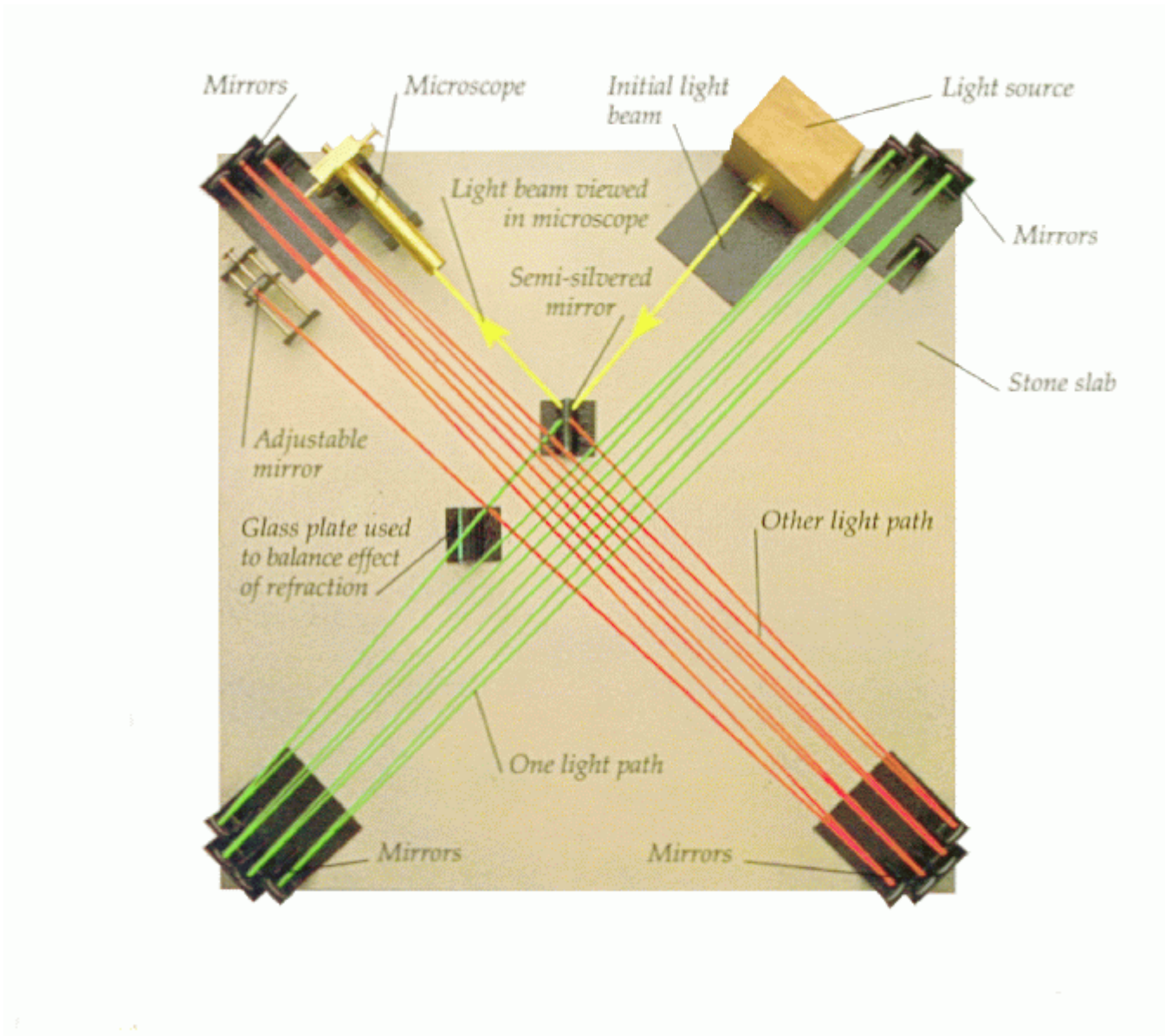
Faz cem anos que a existência do éter deixou de ser aceita como um meio elástico através do qual as ondas luminosas se propagavam por milhões de anos luz sem perder ou diluir sua energia inicial.

Depois de vários séculos o éter, conceito que surgiu nos tempos antigos, tomou uma conotação propriamente científica quando o físico e astrónomo holandês Christian Huygens (1629-1695) formulou a teoria ondulatória da luz, na Academia de Ciências de Paris, em 1678. Segundo Huygens, os corpos luminosos produzem ondas que se propagam até o observador, à semelhança do que ocorria com uma lâmina metálica cujas vibrações produzem som, assim como uma pedra lançada sobre a superfície da água causava uma onda que se propagava nesta superfície. Ora, os cientistas já haviam constatado que se um sino tocasse no vácuo, a ausência de ar não permitia que se produzisse nenhum som. Como explicar que a luz se propagava no vácuo, sem um meio material capaz de transportar suas ondas, como havia sido proposto por Huygens? Diante deste dilema, Huygens recorreu à velha ideia do éter - meio no qual se propagariam as ondas luminosas.

Tão evidente parecia, no século XVII, a existência do éter, que o próprio Isaac Newton (1642-1727), após estudar os fenômenos ópticos, sugeriu, para explicá-los, que a luz fosse constituída de corpúsculos muito pequenos emitidos pela fonte luminosa. Desse modo Newton explicou, no seu tratado Óptica (1704), a propagação rectilínea, a reflexão nas superfícies, a refacção em superfícies de separação de dois meios de densidades diferentes, a absorção e a pressão. Como a teoria corpuscular era insuficiente para explicar a interferência luminosa Newton aceitou também a existência das ondas etéreas de Huygens.

Assim, durante séculos, negar a existência do éter seria a maior asneira possível. No entanto, em fins do século XIX, o físico norte-americano Albert Abraham Michelson (1852-1931), primeiro prêmio Nobel de seu país, começou a questionar a existência real do éter - este *fantasma* da física, sem corpo, contorno ou forma.

Em 1881, com o objectivo de demonstrar a realidade do éter, Michelson, na época em Berlim, no laboratório do físico alemão Hermann Helmholtz (1821-1894), inventou um instrumento capaz de medir a velocidade da luz - o interferómetro de Michelson - e de comparar o intervalo de tempo gasto por dois feixes emitidos de uma mesma fonte em duas direcções perpendiculares. Se uma dessas direcções fosse a do movimento da Terra em sua órbita ao redor do Sol e a outra perpendicular, uma diferença de intervalos de tempos deveria ser detectada. Mas inacreditavelmente, o éter mostrou não ter qualquer efeito sobre a velocidade da luz, quer o feixe se deslocasse na mesma direcção ou perpendicular ao movimento terrestre. Se o éter existisse, a Terra estava em repouso!



Aparato real do experimento de Michelson-Morley que deu significativo impulso ao desenvolvimento da teoria da relatividade especial

Prelúdio à Relatividade de Einstein

A tentativa de Fitzgerald, no sentido de resolver a contradição surgida em consequência da experiência de Michelson-Morley, indubitavelmente orientou as pesquisas de Einstein na revisão das ideias sobre o tempo e as grandezas espaciais.

De fato, na Mecânica Clássica, se a luz percorre uma distância x , com a velocidade c num tempo t , no referencial R , teremos : $c = x/t$

Em relação a outro referencial R' , a distância percorrida x' será : $c' = x'/t'$, onde t permanece imutável-tempo absoluto como prevê a Mecânica Newtoniana. É a distância x que se transforma em x' e a velocidade c que se altera em c' . Como esta variação da velocidade da luz não foi registrada na experiência de Michelson-Morley, verificou-se que a velocidade c da luz era constante (exigência de teoria do eletromagnetismo), ou seja, não variava. No entanto, pelo princípio da Relatividade de Galileu, a velocidade c deveria variar. Para eliminar esse impasse, foi necessário fazer $c = c'$, ou seja, supor que t -tempo variava ao mesmo tempo que x -comprimento percorrido pela luz. Designando t' como novo valor de t , poderemos escrever: $c = x/t = x'/t'$

A análise Einsteiniana acabou com o espaço-tempo absoluto, que variava segundo o sistema de referência, e confirmou a invariância da velocidade da luz no vácuo.

Relatividade Restrita ou Teoria Especial da Relatividade

Em 1905, um jovem físico alemão, Einstein, propôs estender o princípio da Relatividade já conhecido na Mecânica Clássica à toda a Física. Ele postulou que as leis da Física tem a mesma formulação em todos os referenciais Galileanos, e afirmou que seria possível colocar em evidência o movimento de um referencial em relação a outro R' por intermédio de qualquer tipo de experiência, fosse ela mecânica, óptica ou eletromagnética, realizada no referencial R'.

Este princípio da Relatividade de Einstein explicou o fracasso da experiência de Michelson-Morley, pois a rapidez da luz uma constante fundamental das leis do electromagnetismo possuía o mesmo valor em relação a todo referencial Galileano.

Tal princípio da Relatividade aboliu toda significação que se poderia dar à noção de referencial absoluto.

A idéia da invariância da velocidade da luz, incompatível com a lei Newtoniana de adição e subtração das velocidades de referenciais que se deslocam, conduziu Einstein a estabelecer uma nova cinemática compatível com o princípio da Relatividade Einsteiniana. Com efeito, após demonstrar, através de uma sequência de exemplos e de forma indiscutível e inequívoca, que não há sentido em se cogitar de eventos que se sucedem simultaneamente em sistemas não relacionados entre si, Einstein cuidou de relacionar as grandezas vigentes num sistema com as aplicáveis a outros.

As relações empregadas por Einstein, foram as mesmas formuladas pelo físico holandês H.A.Lorentz(1853-1928).

A teoria da Relatividade Restrita estabelece que a energia cinética de uma partícula de massa m , animada de uma velocidade c , é expressa pela equação:

$$E = Km(c)^2$$

Esta expressão mostra que uma partícula em repouso possui uma energia de massa expressa por $E_i = m_i(c)^2$ onde i é a condição inicial das variáveis

Esta célebre relação, conhecida como equação de Einstein ou equação da experiência de massa-energia, admite que uma partícula em repouso possui energia em sua massa.

Bibliografia

1. MOURÃO, Ronaldo R. de Freitas. *Explicando a Teoria da Relatividade*, Editora Tecnoprint S.A., 1987.
2. BAGNATO, Vanderlei S. (Assistência de Luiz G. Marcassa). *Introdução à Relatividade Especial*.