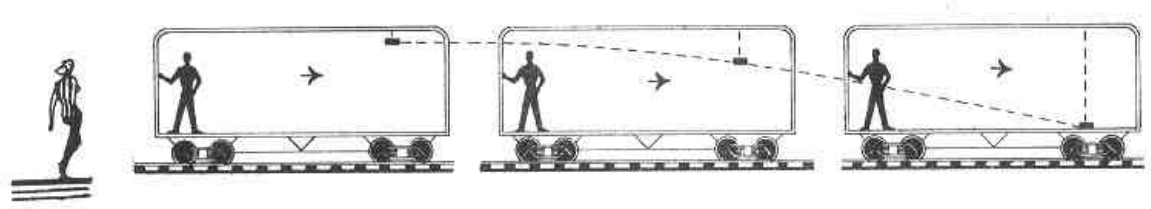
FISICA.NET
O CANAL DA FÍSICA NA INTERNET
Prof. Alberto Ricardo Präss

O conceito de trajetória

Suponhamos que uma certa partícula P esteja em movimento, relativamente a um certo referencial, isto é, que num determinado instante tal partícula P esteja numa posição, num outro instante esteja numa outra posição, etc. Chamamos trajetória descrita pela partícula P à curva o lugar geométrico das posições por ela sucessivamente ocupadas. É interessante notar que a trajetória de uma partícula P depende do referencial que se esteja utilizando, uma vez que não existe espaço absoluto. Assim é que, por exemplo. para um observador fixo em relação à Terra, a trajetória de um corpo que cai no interior de um trem em movimento (movimento este relativo à Terra) é totalmente diversa da registrada por um observador situado no interior do trem e imóvel em relação a este.



Um vagão está se movendo, relativamente à Terra, com movimento retilíneo e uniforme. Num determinado instante um parafuso desprende-se do teto e cai. Um passageiro, no vagão, vá o parafuso cair verticalmente, descrevendo uma reta, enquanto que uma outra pessoa, parada junto aos trilhos, vê o parafuso cair descrevendo uma parábola. Qual a trajetória realmente seguida pelo parafuso: uma reta ou uma parábola? Esta pergunta não tem significado físico, ou melhor, o **realmente**, no caso, não tem significado físico: a trajetória do parafuso é uma reta; relativamente ao vagão; é erma parábola, relativamente a Terra.

É importante que não se perca de vista que resulta da própria definição de movimento que cada movimento é sempre relativo a um bem determinado referenciai e que não tem sentido algum falar em movimento sem se especificar qual o referencial que está sendo utilizado. O elemento referencial desempenha, portanto, um papel importantíssimo, primordial mesmo, no estudo do movimento, e, conseqüentemente, no estudo da Mecânica.

Como só em época relativamente recente é que se vem dando o devido realce a essa questão, e a fim de que você se convença, de forma definitiva, de que é, erro grave não explicitar, em cada situação, o referencial utilizado, vamos transcrever, a seguir, um trecho, sobre o assunto, de um livro de Einstein, de divulgação popular.

"O objetivo da Mecânica é descrever como corpos mudam suas posições no espaço no decorrer do tempo. Eu ficaria com a consciência pesada, era virtude dos graves pecados que eu cometeria contra o sagrado espírito da lucidez se eu apresentasse dessa forma os objetivos da Mecânica, sem uma reflexão séria e uma explanação detalhada. Vamos prosseguir para revelar esses pecados.

Não é claro o que se deve compreender aqui por "posição" e "espaço". Eu estou numa das janelas de um vagão que está viajando uniformemente e deixo cair uma pedra sobre a estrada, sem lançar a pedra. Então, supondo-se desprezível a resistência do ar, eu verei a pedra descendo em linha reta. Um pedestre que, da estrada, observe a minha má ação, registrará que a pedra caiu dirigindo-se para o chão segundo uma trajetória parabólica. Eu agora pergunto: as "posições" ocupadas pela pedra estão situadas, "na realidade", sobre uma linha reta ou sobre uma parábola? Além disto, que é significado aqui por movimento "no espaço" ? Em primeiro lugar, devemos evitar, a todo custo, a palavra "espaço", a qual é multo vaga e da qual, concordemos honestamente, não podemos formar uma idéia precisa; devemos substitui-Ia por "movimento relativo a um corpo de referência praticamente rígido". Se, em vez de "corpo de referência", inserirmos "sistema de coordenadas", a qual é uma Idéia útil para descrições matemáticas, estaremos em posição de dizer: a pedra percorreu uma linha reta, relativamente a um sistema de coordenadas rigidamente associado ao vagão, mas, relativamente a um sistema de coordenadas rigidamente ligado à estrada, ela descreveu uma parábola. Com auxilio deste exemplo vê-se claramente que não existem coisas tais como uma trajetória existindo independentemente, mas unicamente uma trajetória relativa a um sistema particular de referência.

A. Einstein, Relativity (The Special and the General Theory - A Popular Exposition - Fifteenth edition, 1962, Methuen & Co.).

Os pensadores antigos, apoiados principalmente na extraordinária autoridade de Aristóteles, falavam em movimento, num sentido absoluto, por imaginarem a Terra absolutamente imóvel no espaço e todo o Universo girando em torno dela. O astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473- 1543) foi quem desenvolveu a idéia de que a Terra não era o centro do Universo e que se movia em torno do Sol. No entanto, a idéia aristotélica de algo absolutamente imóvel e relativamente ao qual todos os movimentos pudessem ser considerados permaneceu ainda por multo tempo praticamente inabalável na mente humana. O próprio Newton admitiu, axiomaticamente, a existência de um espaço absoluto, dotado de um tempo também absoluto. Só recentemente é que ficou claro que não tem sentido algum falar em movimento absoluto, nem em tempo absoluto, tais conclusões resultando principalmente dos trabalhos de Mach e Einstein. A Mecânica que normalmente é vista nas escolas é a denominada Mecânica Clássica. E como premissa básica para construção dessa Mecânica admitiremos, axiomaticamente, a existência de um tempo absoluto, isto é, independente de todo e qualquer observador. Desejamos advertir aqui, no entanto, que tal axioma não é fisicamente verdadeiro, sendo unicamente aceitável como uma primeira aproximação apenas tolerada no tratamento de situações mecânicas onde as velocidades das partículas consideradas sejam pequenas em relação à velocidade da luz no vácuo. (Na prática: para velocidades não superiores a um décimo da velocidade da luz no vácuo). Do ponto de vista teórico, axiomático, no entanto, a Mecânica Clássica é um primor de rigor lógico, e, além disto, serve de base indispensável para a formulação e compreensão de outras mecânicas mais avançadas.

Adaptado de "Mecânica" do Prof. L. P. Maia