

"Uma breve demonstração do memorável erro de Descartes e outros a respeito da lei natural de acordo com a qual eles afirmam que a mesma quantidade de movimento é sempre conservada por Deus, uma lei que usam incorretamente em problemas mecânicos", publicado nas Acta Eruditorum, G.W. Leibniz (1686)

(tradução livre a partir da versão em R. Bruce Lindsay, Energy: Historical Development of the Concept, Dowden 1975)

A maioria dos matemáticos, ao notar que nas cinco máquinas comuns a velocidade e a massa se compensam, geralmente estimam a força motriz (*vis motrix*) pela quantidade de movimento, isto é, o produto da massa de um corpo multiplicado por sua velocidade. Falando mais matematicamente, as forças de dois corpos do mesmo tipo, colocados em movimento e agindo da mesma forma com relação a suas massas e movimentos, estão, segundo eles, na razão composta de seus corpos (ou de suas massas) para suas velocidades. E portanto é razoável que a mesma potência motriz (*potentia*) seja conservada na natureza e não é diminuída, na medida em que nunca vemos uma força desaparecer em um corpo sem ser transferida para outro, nem aumentada, porque o movimento mecânico perpétuo nunca ocorre, e nenhuma máquina, nem mesmo o mundo como um todo, é capaz de manter sua força sem um impulso adicional externo. E assim, Descartes, que considerou a força motriz (*vis motrix*) equivalente à quantidade de movimento, declarou que a quantidade de movimento do mundo é conservada por Deus.

Para mostrar quão grande é a diferença entre essas duas coisas, eu primeiro assumo que um corpo caindo de determinada altura adquire força suficiente para elevá-lo de volta a esta altura, se sua direção o permite e se não há impedimentos externos. Por exemplo, um pêndulo voltará exatamente à mesma altura da qual caiu, a não ser que a resistência do ar ou algum outro impedimento absorva um pouco de sua força, o que por agora deixamos de fora de nossas considerações.

Em segundo lugar, eu assumo que é necessário o mesmo trabalho para elevar o corpo A de uma libra até uma altura CD de 4 ells (unidade de comprimento) do que para elevar o corpo B de 4 libras a uma altura EF de 1 ell. Essas suposições são consideradas válidas pelos Cartesianos e outros filósofos e matemáticos de nossos tempos. Disto segue que ao cair da altura CD o corpo A vai adquirir exatamente a mesma força que o corpo B, ao cair da altura EF. Pois, após sua queda de C, o corpo A atinge D. Ali ele tem força suficiente para voltar a C, pela suposição 1, isto é, uma força suficiente para levantar uma massa de 1 libra a uma altura de 4 ells. Analogamente, depois de sua queda de E, o corpo B atinge F, onde tem força suficiente para voltar a E, pela hipótese 1, isto é, uma força suficiente para levantar uma massa de 4 libras a uma altura de 1 ell. Portanto, pela suposição 2, a força do corpo A na posição D é igual à força do corpo B na posição F.

Agora vejamos se a quantidade de movimento é a mesma para os dois. Aqui, ao contrário do esperado, verificamos uma grande diferença. Esclareço a seguir. Foi demonstrado por Galileu que a velocidade adquirida na queda CD é duas vezes maior que a velocidade adquirida na queda EF. Multipliquemos então a massa do corpo A, que é 1, pela velocidade adquirida por ele, que podemos admitir igual a 2; o produto, ou quantidade de movimento, é 2. Agora multipliquemos a massa de B, que é 4, por sua velocidade adquirida, que é 1. O produto, ou quantidade de movimento, é 4. Portanto a quantidade de movimento de A na posição D é metade da quantidade de movimento de B na posição F. No entanto, anteriormente as forças de ambos foram encontradas iguais. Assim há uma grande discrepância entre a *vis motrix* e a quantidade de movimento. Portanto, uma quantidade não pode ser medida pela outra, um fato que nos propusemos provar. Disso decorre que embora uma força possa ser determinada a partir da magnitude do efeito que produz, por exemplo, a altura à qual elevamos um corpo, essa força certamente não pode ser determinada a partir da velocidade que imprime ao corpo. Pois para imprimir o dobro da velocidade é necessário mais do que o dobro do trabalho. Ninguém deveria se admirar de que, no caso das máquinas comuns, a alavanca, o eixo e roda, a polia, a cunha, o parafuso e outros, o equilíbrio ocorre quando a magnitude de um corpo é compensada pela velocidade de outro, o que é conseguido pelo arranjo da máquina, ou quando os tamanhos são inversamente proporcionais às velocidades (supondo corpos de mesma natureza), ou quando a mesma quantidade de movimento é produzida de qualquer outra forma. Porque então a mesma quantidade de efeito para ambos os corpos, ou a mesma subida ou descida para os dois, ocorre em qualquer um dos lados em que você queira produzir movimento, do sistema em equilíbrio. E assim é que, por acidente, nesse caso a força pode ser medida em termos da quantidade de movimento. Mas outros casos existem, como esse que descrevi, em que as duas grandezas são distintas.

De resto, como nada parece mais simples do que nossa demonstração, é estranho que não tenha ocorrido a Descartes e seus seguidores, todos homens de muito conhecimento. Mas fé demais em seu próprio modo de pensar levou-o a um caminho errado. Pois Descartes, por um defeito comum a muitos grandes homens, tornou-se eventualmente um gênio presunçoso. E eu temo que não poucos Cartesianos passaram a imitar os Peripatéticos, de quem eles riem; isto é, se acostumaram a consultar os livros do mestre, em vez de contar com a razão e a natureza das coisas.

É então apropriado dizer que as forças estão na razão composta dos corpos (supostamente de mesma gravidade específica ou densidade) para a altura que produz velocidade, isto é, a altura da qual, na queda, ganham velocidade, ou mais geralmente (pois por enquanto nenhuma velocidade foi produzida) a altura que as produziria, mas não para as velocidades, embora isto inicialmente parecesse plausível, e pensado por muitos. A partir daí nasceram muitos erros, que estão contidos nos textos sobre mecânica matemática de Honoratus Faber e Claudius Dechaes, como também de Joh. Alph. Borelli e outros, em estudos notáveis, a parte este problema. Eu acredito que a isto se devam as dúvidas colocadas por muitos homens de muito conhecimento a respeito da lei de Huygens sobre o centro de oscilações do pêndulo, lei que é certamente válida.

(Note que Leibniz chama de força o que hoje chamamos energia, termo que foi utilizado por J. Bernoulli, mais tarde, aparentemente a partir dos textos de Aristóteles)