

**"Curso de aulas sobre Filosofia Natural e sobre as Artes Mecânicas", em vol I,
Londres, 1845**

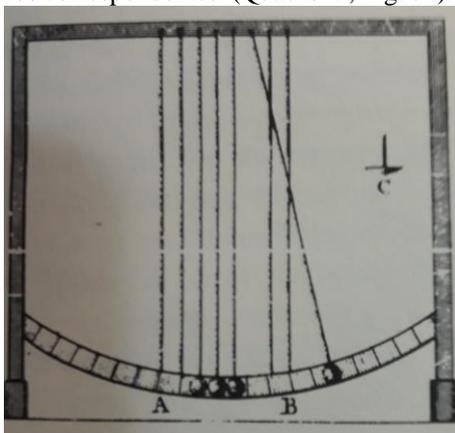
(tradução livre a partir da versão em R. Bruce Lindsay, *Energy: Historical Development of the Concept*, Dowden 1975)

Investigamos as leis e as propriedades dos movimentos e do repouso de corpos isolados sob a ação de uma ou mais forças, como também o equilíbrio destas forças em circunstâncias diferentes. Vamos agora examinar alguns casos simples de movimento de corpos móveis que agem reciprocamente uns sobre os outros. Em todos os problemas desse tipo, é importante recordar o princípio geral estabelecido de que a posição do centro de inércia [gravidade] não sofre efeito nenhum da ação recíproca, ou mútua, dos corpos que compõem o sistema.

Sempre que dois corpos agem um sobre o outro, modificando a direção de seu movimento relativo, através de forças que preservam sua atividade a uma mesma distância, de qualquer lado que seja, as velocidades relativas com as quais os corpos se aproximam ou se afastam, serão sempre iguais, se a distância é a mesma. Por exemplo, a velocidade de um cometa que passa próximo à Terra em sua viagem em direção ao Sol é a mesma velocidade com a qual se afasta, mesmo que para distâncias diferentes as velocidades passem por grandes variações. Nesse caso, a força age continuamente e atrai os corpos um em direção ao outro; porém, no caso de uma colisão, quando um corpo atinge outro ou o empurra, a força age apenas durante o breve intervalo de contato íntimo, e tende a separar um corpo do outro. Quando o poder dessa força é tão grande na separação dos corpos como na destruição da velocidade com que se encontram, os corpos são chamados de perfeitamente elásticos: quando os corpos se encontram sem que uma reação desse tipo ocorra, os corpos são chamados de mais ou menos elásticos. O marfim, os metais, a goma elástica são quase perfeitamente elásticos. Já a argila, a cera misturada a um pouco de óleo, bem como outros corpos moles, são quase inelásticos. Os efeitos dos corpos inelásticos podem ser imitados pelos corpos elásticos se produzirmos sua adesão ou união após o impulso, destruindo assim o efeito da força repulsiva que tende a separá-los.

Quando dois corpos se encontram, ocorre uma mudança de forma, em algum grau, e tanto maior quanto maior for a velocidade. Em geral, a força repulsiva é exatamente proporcional ao grau de compressão do corpo; e quando um corpo atinge outro, esta força aumenta continuamente até que o movimento relativo seja destruído, e os corpos ficam instantaneamente em repouso um em relação ao outro; a ação repulsiva continua com uma intensidade que diminui gradativamente, e, no caso de corpos perfeitamente elásticos, estes reassumem sua forma anterior, e se separam com uma velocidade igual àquela com que se aproximaram. Para ser mais preciso, devemos dizer que a repulsão se inicia um pouco antes do contato verdadeiro, mas a uma distância que nos casos mais comuns é imperceptível. É fácil mostrar que há mudança de forma de um corpo elástico durante a colisão, basta jogar uma bola de marfim sobre um tijolo de mármore, ou um pedaço liso de ferro, tingidos com grafite ou tinta de impressão; ou então, deixar a bola cair de alturas diferentes: o grau de compressão será indicado pelo tamanho da mancha preta que aparecerá na bola. ...

Para fazer experimentos relativos aos fenômenos de colisão, é conveniente suspender os corpos a serem utilizados por linhas, à maneira de pêndulos; é fácil medir suas velocidades a partir das cordas dos arcos percorridos na subida ou na descida, pois as velocidades adquiridas na descida de arcos circulares são sempre proporcionais às cordas correspondentes; por isso, adiciona-se ao instrumento um arco graduado, dividido em partes iguais, embora fosse mais correto colocar as divisões ao final dos arcos, que representam as cordas por números correspondentes. (Quadro V, Fig. 72).



O caso mais simples de colisão de corpos elásticos é o de duas bolas iguais que descem arcos iguais, de forma a se encontrarem com a mesma velocidade. Depois da colisão, elas se afastam uma da outra com as mesmas velocidades, e atingem os pontos de onde desceram inicialmente, com um pequeno decréscimo devido à resistência dos corpos do entorno.

Se uma bola em repouso é atingida por uma bola igual, ela recebe a velocidade da bola que a atinge, enquanto esta última permanece em repouso. No caso do encontro de duas bolas iguais, mas com velocidades diferentes, seja uma ultrapassando a outra, ou na colisão, elas trocam de velocidade, e cada uma atinge a altura da qual a outra partiu.

O efeito da colisão é tão rápido, que se colocamos várias bolas iguais alinhadas, em contato aparente uma com a outra, e uma outra bola atinge a primeira, cada uma das bolas recebe, em sequência, a velocidade integral da bola que desceu, antes de agir sobre a bola vizinha; depois esta bola transmite à bola seguinte toda a sua velocidade, e fica em repouso, de forma que somente a última bola se solta e sobe.

Da mesma forma, se duas ou mais bolas iguais em contato aparente estão em movimento e atingem qualquer número de bolas alinhadas, a primeira bola vai colocar em movimento a mais distante, e a segunda bola vai colocar em movimento a penúltima das bolas alinhadas em repouso: assim, a quantidade de bolas que entra em movimento na outra ponta é a mesma que desceu do lado oposto, sendo que as outras permanecem em repouso.

Se as bolas alinhadas em repouso estiverem firmemente coladas umas às outras, ao invés de estarem apenas em contato, elas subiriam com uma velocidade menor, e a bola incidente seria refletida. Pois um corpo elástico menor que atinge um corpo maior volta com uma velocidade menor do que tinha, e o corpo maior segue com velocidade menor do que o corpo menor que o atingiu. Mas se é um corpo maior que atinge um menor, o maior segue com velocidade menor, e o corpo menor voa com velocidade maior [do que a velocidade original] do corpo maior.

O momento que um corpo pequeno comunica a um corpo maior é maior do que o seu próprio. Quando o primeiro corpo é de tamanho comparativamente desprezível, ele volta com velocidade praticamente igual à velocidade de seu impulso, e o segundo corpo adquire momento quase duas vezes maior que o do corpo pequeno. Quando um corpo grande atinge um pequeno, ele transfere para ele tanto momento quanto perde.

Na comunicação de movimento entre corpos inelásticos, a ausência de uma força repulsiva que seja capaz de separá-los com a mesma velocidade relativa se deve, provavelmente, a uma mudança permanente de forma; esses corpos sofrem e retém uma depressão no ponto de contato. Se a velocidade é muito pequena para provocar a mudança de forma, pode-se observar, mesmo para corpos elásticos, algum movimento após o choque.

Corpos perfeitamente inelásticos permanecem em contato após a colisão; devem, portanto, prosseguir com a mesma velocidade que o centro de inércia [gravidade] tinha antes da colisão. Portanto, se duas bolas iguais de velocidades iguais se encontram, elas permanecem em repouso após o choque; se uma estava em repouso, elas prosseguem com a metade da velocidade da que estava inicialmente em movimento. Se as duas bolas possuem dimensões diferentes, a velocidade conjunta é tão menor do que a velocidade inicial quanto é menor o peso da bola em movimento do que a soma dos pesos das bolas. Os efeitos de quaisquer velocidades sobre as bolas pode ser obtido de forma análoga.

É consequência imediata das propriedades do centro de inércia [gravidade] que em qualquer colisão, seja de corpos elásticos, seja de corpos inelásticos, que a soma dos momentos de todos os corpos do sistema, ou seja, de suas massas ou pesos multiplicados pelos números que exprimem suas velocidades, após a colisão mútua, é a mesma, quando reduzida à mesma direção, que era antes da colisão. Quando os corpos são perfeitamente elásticos, pode-se mostrar, também, que a soma de suas energias, ou forças ascendentes, em suas respectivas direções, permanecem também inalteradas.

O termo energia pode ser aplicado com grande propriedade ao produto da massa, ou peso, de um corpo com o quadrado do número que expressa sua velocidade. Assim, se o peso de uma onça se move com a velocidade de um pé por segundo, podemos dizer que sua energia é 1; se um segundo corpo de 2 onças se move com a velocidade de três pés por segundo, sua energia será igual ao dobro do quadrado de 3, isto é, 18. Esse produto tem sido chamado de força viva ou ascendente [vis viva], pois é proporcional à altura da subida vertical; alguns consideraram que fosse a verdadeira medida da quantidade de movimento; e ainda que essa opinião tenha sido rejeitada universalmente, a força calculada desta maneira merece uma denominação específica. As considerações e demonstrações que foram postuladas a respeito do assunto força não deixa dúvidas quanto à medida do movimento; nem pode haver hesitação em concordar que a mesma força que age ao longo do dobro do tempo produz o dobro da velocidade, da mesma forma que o dobro da força produz o dobro da velocidade no mesmo tempo. Apesar da simplicidade desta visão, Leibniz, Smeaton e muitos outros escolheram estimar a força de um corpo em movimento através do produto da massa pelo quadrado de sua velocidade; embora não possamos

concordar que essa estimativa de força seja correta, devemos admitir que muitos efeitos sensíveis do movimento, e até a vantagem de qualquer potência mecânica, independente de seu uso, são proporcionais a esse produto, ou ao peso do corpo em movimento multiplicado pela altura de que caiu para adquirir a velocidade em questão. Assim, uma bala que se move com o dobro da velocidade penetra uma profundidade quatro vezes maior na argila ou no sebo: uma bola de mesmo tamanho, mas de um quarto de peso, com movimento de velocidade dobrada, penetra a mesma profundidade: e com uma menor quantidade de movimento, produz a mesma escavação em um tempo menor.....

Em quase todos os casos das forças utilizadas na mecânica prática, o trabalho gasto para produzir movimento é proporcional, não ao momento, mas à energia que é obtida.

.....

Imaginando um corpo elástico, em repouso, de tamanho infinito, este receberá o dobro do momento de um pequeno corpo que o atinge; mas sua velocidade, e, em consequência, sua energia, será desprezível, já que a energia pode ser expressa em termos do produto do momento com a velocidade. E se o corpo grande tiver tamanho finito, mas muito maior do que o corpo pequeno, sua energia será muito pequena; ao passo que o corpo pequeno volta com velocidade quase igual à sua velocidade original, que diminui muito pouco. É por isso que um homem aguenta facilmente a batida de um martelo grande, se estiver com uma bigorna colocada no peito; ao passo que se a batida do martelo, ainda que mais suave, for direta no peito do homem, este terá as costelas arrebatadas e sua vida destruída. A bigorna recebe um momento que é quase o dobro do momento do martelo; mas a tendência de superar a força dos ossos e de esmagar o homem é proporcional à energia da bigorna, que é muito menor do que a do martelo, na proporção em que 4 vezes o peso do martelo é menor do que o peso da bigorna.

