

Bom, você já tem sua opinião. Será que você acertou? Quem vai nos dizer isso é o texto *Uma breve discussão histórica entre força e movimento*, que vai lhe ajudar a entender mais um pouco sobre como esse fenômeno físico que você hipoteticamente presenciou com seu amigo (movimento de corpos) vem sendo compreendido ao longo da história. Aliás, será que os cientistas sempre pensaram o mesmo sobre o assunto ou suas ideias foram evoluindo com o passar dos tempos?

Uma breve discussão histórica sobre as concepções de força e movimento

A relação entre força e movimento é tema amplamente discutido entre os cientistas desde a antiguidade. Já na Grécia Antiga encontramos em Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) uma teoria que permaneceu até por volta de 1600 da nossa era. Segundo Aristóteles, os corpos poderiam apresentar movimentos classificados em duas categorias distintas: o movimento natural e o movimento violento.

O movimento natural tem origem nas ideias aristotélicas sobre a composição dos corpos, os quais poderiam ser formados por diferentes combinações de quatro elementos: terra, água, ar e fogo. O filósofo argumentava que objetos compostos predominantemente por terra ou água (os dois elementos pesados) deveriam naturalmente ocupar lugares próximos ao centro do mundo e teriam uma tendência natural a se movimentar para baixo. Já os objetos formados por ar e fogo (os dois elementos leves) deveriam naturalmente ocupar lugares elevados na atmosfera e teriam uma tendência natural a se movimentar para cima, para algum lugar abaixo da órbita da Lua. Assim, dependendo de qual elemento o objeto era predominantemente constituído, ele deveria ocupar seu lugar natural, ou seja, ele estaria naturalmente em repouso ou mais abaixo ou mais acima.

Nesse sentido, segundo Aristóteles, caso um objeto pesado ou grave não estivesse em seu lugar natural e não fosse contido, ele apresentaria um movimento para cima ou para baixo, perseguindo chegar ao seu lugar natural. Por exemplo, se uma pedra fosse abandonada de certa altura, Aristóteles explicava que ela apresentaria um movimento para baixo, pois a pedra é predominantemente constituída do elemento terra, tendo uma tendência natural a estar mais abaixo. Esse movimento para baixo, portanto, tem uma causa teleológica, uma causa que está a serviço de uma finalidade: a pedra cai porque está a procura do seu lugar natural que é embaixo, sem necessidade de qualquer interferência externa. Esse exemplo da pedra exemplifica o que Aristóteles chamou de movimento natural.

Um fator importantíssimo do movimento natural proposto por Aristóteles é a comparação do movimento de queda de dois corpos. Segundo ele, quando dois objetos de pesos diferentes são abandonados de uma mesma altura ao mesmo tempo e caem através do mesmo meio que se opõe ao movimento, o objeto mais pesado chegará ao solo primeiro, porque, tendo mais peso, esse objeto mais pesado é composto de maior quantidade do

elemento terra e, assim sendo, terá um maior tendência a chegar no seu lugar natural, ou seja, apresentar maior rapidez na queda. Portanto, objetos mais pesados devem chegar ao solo mais rápido do que objetos mais leves, de acordo com a noção aristotélica de movimento natural, intrínseco à natureza dos objetos, dependente do elemento predominante na sua constituição.

Já movimento violento foi o nome que Aristóteles deu àquele movimento imposto aos objetos em virtude de uma causa externa, ou seja, é resultado da atuação de algo ou alguém sobre o objeto, o motor do movimento. Um corpo somente permanece em movimento se o motor está agindo. Um exemplo são os atos de empurrar ou puxar objetos para colocá-los e mantê-los em movimento ou, ainda, a “força” dos ventos para movimentar barcos a vela. O principal a se observar, nesse caso, é que os objetos *se moviam não por si mesmos, nem por sua natureza, mas por causa de empurrões e puxões* (HEWITT, 2002). Um fator importante para a compreensão deste movimento é entender a importância do meio onde o objeto está se movendo. Por exemplo, quando uma flecha é lançada, mesmo depois de perder o contato com o arco (quem a colocou em movimento), ela permanece se movimentando, mesmo sem ter aparentemente uma causa externa. Para Aristóteles, o que sustenta o movimento da flecha é o próprio ar, que, ao ser expulso da parte frontal da ponta da flecha, se move e faz uma contraprestação promovendo uma “propulsão” no movimento da flecha.

Bom, agora, você já sabe o que pensava Aristóteles sobre Movimento. Então, se fosse perguntado a esse cientista grego sobre aquela situação, sua e de seu amigo, sobre que objeto chegaria primeiro ao solo se lançado de um prédio de 13 andares, a bola de couro de 2 kg ou a bola de plástico de 1 kg, o que ele responderia?

Está bem, se Aristóteles, nos tempos da Grécia Antiga, já tinha seu entendimento sobre Movimento, o assunto parece ter habitado os pensamentos dos cientistas por muito mais tempo. Tanto é que, na Idade Média e no Renascimento, outros cientistas se dedicaram a entender como o movimento é possível. E, pelo que se relata, nem todos eles concordavam com as ideias aristotélicas.

Depois das concepções aristotélicas terem sido aceitas por muito tempo, o cientista italiano Galileu Galilei, que viveu de 1564 a 1642, propôs novas ideias sobre o movimento dos corpos, ideias essas que se contrapunham às de Aristóteles.

Galileu desenvolveu uma teoria sobre o movimento de queda diferente da de Aristóteles. Segundo ele, os objetos de diferentes pesos, abandonados à mesma altura simultaneamente atingiriam o solo em momentos diferentes em virtude da maneira como o ar oferece resistência ao movimento, isto é, os objetos não caíam simplesmente com rapidez proporcional a seus pesos conforme defendia Aristóteles.

Portanto, exceto pelo efeito da resistência do ar que corpos densos sofrem, Galileu afirmou que, se soltos ao mesmo tempo, cairiam praticamente juntos e atingiriam o chão praticamente ao mesmo tempo, ou seja, teriam na queda a mesma aceleração; isto é, receberiam o mesmo acréscimo de velocidade durante a descida (LANG; PEDUZZI, 1996).

A diferença importante que Galileu propôs, então, foi apresentada na concepção de movimento no vácuo, fundamentada a partir da imaginação de como seria o movimento se não fosse influenciado pela resistência que o ar oferecia a queda dos objetos. Galileu concluiu que, no vácuo, independente de serem mais ou menos pesados, todos os objetos caem exatamente com a mesma aceleração, isto é, variando da mesma forma as suas velocidades.

Perceba que interessante! Parece que Galileu não concordava com o que pensava Aristóteles, não é mesmo? Qual ideia Aristotélica foi desacreditada por ele sobre a Queda dos Corpos? Segundo Galileu, o que diferencia o tempo de queda dos corpos é a diferença de pesos? E sobre o seu problema das duas bolas de couro e plástico, qual seria a opinião de Galileu sobre que objeto chegaria primeiro ao solo?

Bom, com o que você leu até aqui, já conseguiu resolver seu primeiro problema: identificar qual objeto atinge primeiro o solo, se aquele que tem a maior ou aquele que tem a menor massa. Foi a dúvida que você teve imaginando uma situação hipotética em que você e seu amigo estavam no alto de um prédio e, ao mesmo tempo, abandonaram bolas de massas distintas, lembra? E se o experimento fosse realizado no vácuo, de acordo com Galileu o que aconteceria?

2 - Situação Problema:

Agora, imagine a seguinte situação: Você está indo para o Colégio e pega um ônibus. De repente, durante o trajeto, o motorista do ônibus se vê obrigado a frear rapidamente, pois passava na frente do veículo um cachorro.

No momento em que o ônibus freia, você, assim como os outros passageiros, tem seu corpo projetado para frente. Quando o motorista acelera o movimento do ônibus, porém, seu corpo é pressionado contra o encosto do banco que está atrás de você. Por que você acha que isso ocorre? Será porque há uma força que empurra você ora para frente, ora para trás? Justifique.

Considerando tal fato, você concorda que para um objeto estar em movimento é necessário a aplicação de uma força sobre o objeto? Que explicação teria o fato ocorrido no ônibus se considerada a noção de Movimento Violento, sobre que você leu lá no início, sobre as ideias de Aristóteles?

Bom, essas são as suas ideias e a de Aristóteles sobre a situação hipotética em que você se envolveu no ônibus. E Galileu, será que pensaria o mesmo?

Voltando ao exemplo do movimento de uma flecha após ter sido lançada, segundo Aristóteles, ela permanece em movimento sustentado pelo próprio ar, ou seja, a presença do meio é fundamental para o movimento do objeto. Para Aristóteles, o meio tem esse duplo caráter: atua tanto na resistência ao movimento quanto como motor do movimento (LANG; PEDUZZI, 1996). Nesse sentido, Aristóteles não acreditava na existência do movimento sem a presença de um meio. “O vazio não é meio e como tal não pode transmitir e conservar o movimento de um corpo” (LANG; PEDUZZI, 1996).

Segundo Hewitt (2002), Aristóteles

acreditava ser impossível a existência de um vácuo e, portanto, não considerou seriamente o movimento na ausência de qualquer meio interagente. Por isso era fundamental para Aristóteles que sempre fosse necessário empurrar ou puxar um objeto para mantê-lo em movimento.

Em contraposição às ideias aristotélicas, Galileu considerou a possibilidade de existir movimento sem a presença de um meio interagente, ou seja, considerou a possibilidade de um objeto estar em movimento sem que houvesse resistências externas ao seu movimento.

Ao estudar o movimento, Galileu propôs analisar experimentalmente o movimento de objetos em planos inclinados para, assim, verificar qual é a influência do meio nesse movimento e imaginar como seria esse movimento caso não houvesse a influência de tal meio. Galileu verificou, então, que uma esfera desce um plano inclinado com velocidade

cada vez maior, enquanto que uma esfera que sobe um plano inclinado tem sua velocidade cada vez menor. Dessa constatação, Galileu concluiu que, em um plano horizontal, a esfera não deveria nem aumentar nem diminuir sua velocidade, ou seja, deveria permanecer com velocidade constante.

Na prática, verificou-se que uma esfera rolando em um plano horizontal, depois de algum tempo, chega ao repouso. O que a leva ao repouso são as resistências tanto do ar quanto da superfície sobre a qual ela rola; ela atinge o repouso por causa de tais resistências, denominadas genericamente de atrito. Então, Galileu experimentou superfícies mais lisas e notou que a esfera permanecia em movimento por mais tempo quanto mais lisa fosse a superfície. “Ele raciocinou que, na ausência de atrito ou de outras forças opostas, um objeto movendo-se horizontalmente continuaria movendo-se indefinidamente” (HEWITT, 2002).

Galileu notou, também, que a inclinação do plano influenciava no movimento da esfera. Lançando uma esfera com certa velocidade inicial, percebeu que quanto maior a inclinação do plano, mais rapidamente a esfera perdia sua velocidade. Reduzindo essa inclinação, a esfera conseguia manter-se em movimento por mais tempo, percorrendo distâncias cada vez maiores em planos cada vez menos inclinados. Galileu então concluiu que, se o plano fosse horizontal, a esfera não deveria perder sua velocidade, a menos que fosse levada ao repouso em virtude da força de atrito entre a superfície da esfera e a superfície do plano. Mas, na ausência de resistência, a esfera deveria se manter em movimento indefinidamente.

Essa propriedade da esfera de tender a continuar em movimento denomina-se de INÉRCIA. Pode-se definir inércia, então, com sendo a tendência que um objeto possui de permanecer no seu estado de movimento: se o objeto está em repouso, tende a ficar em repouso; se está em movimento, tende a permanecer em movimento.

É importante notar que Galileu conseguiu chegar ao conceito da persistência do movimento imaginando como seria o movimento sem a influência do meio, o que era inconcebível na física aristotélica. Segundo Aristóteles, para haver movimento era sempre necessária a aplicação de uma força, ou seja, para um objeto possuir velocidade ele deveria estar sujeito à ação de uma força. Ao contrário, Galileu estabeleceu que, na ausência de uma força, um objeto que já esteja em movimento, deverá continuar se movendo (HEWITT, 2002).

Alguns anos mais tarde, o cientista inglês Isaac Newton (1642-1727), ao estudar o movimento dos corpos, utilizou as ideias de Galileu. Newton formulou três leis que explicam a relação entre força e movimento e, na primeira delas, utilizou o conceito de inércia.

A primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia pode ser enunciada do seguinte modo: “Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele” (HEWITT, 2002).

Com base no enunciado, o objeto que está em repouso fica em repouso e o que está em movimento fica em movimento; tal estado apenas se alterará se uma força externa é aplicada sobre o objeto. Isso fica claro quando imaginamos uma cadeira em repouso: esta assim permanecerá até que alguém aplique uma força para colocá-la em movimento. Da mesma forma, se um objeto move-se com velocidade de valor constante (movimento uniforme) em linha reta, ficará nesse movimento até que um agente aplique uma força e altere sua velocidade (o ar e a superfície sobre a qual o corpo se movimenta são agentes que imprimem forças em oposição ao movimento). Se essa força for a favor do movimento, aumentará a velocidade do objeto; se a força for contrária ao movimento, diminuirá a velocidade do objeto. O que ocorre, nesse caso, é que a ação de algum agente exercendo força no objeto altera o estado de movimento do objeto.

Bem, agora, você já pode entender, segundo o que enuncia a Primeira Lei de Newton, o que aconteceu com você enquanto você ia de ônibus para o colégio, quando seu corpo foi projetado ora para frente, ora para trás. Então, segundo a Lei da Inércia, por que, quando o ônibus freou, seu corpo foi projetado para frente? E por quê, quando o ônibus retornou a andar, aumentando sua velocidade, seu corpo foi pressionado contra o encosto do banco?

REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Trad. Trieste Feire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

REZENDE, F.; SOUZA BARROS, S. Teoria aristotélica, teoria do Impetus ou teoria nenhuma: um panorama das dificuldades conceituais de estudantes de Física em Mecânica básica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, p. 43-56, 2001.

PEDUZZI, L. O.Q. Física aristotélica: Por que não considera-la no ensino de mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 13, n. 1, p. 48-63, abril 1996.