

Forças impulsivas

INTRODUÇÃO

Há várias situações em que a força resultante que atua sobre um objeto varia com o tempo e, em algumas delas, essa variação pode ocorrer em um intervalo de tempo muito curto. Isso acontece, por exemplo, nos casos de colisões.

De acordo com a segunda lei de Newton, $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$, o *momentum* de uma partícula é alterado quando uma força resultante \mathbf{F} atua sobre ela. Considere que o *momentum* de uma partícula muda de \mathbf{p}_i , no instante t_i , para \mathbf{p}_f , no instante t_f . A variação $\Delta\mathbf{p}$ no *momentum* da partícula é, portanto,

$$\Delta\mathbf{p} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i = \int_{t_i}^{t_f} \mathbf{F} dt . \quad (1)$$

Define-se o vetor impulso \mathbf{I} de uma força \mathbf{F} que atua sobre uma partícula durante o intervalo de tempo de t_i a t_f como

$$\mathbf{I} = \int_{t_i}^{t_f} \mathbf{F} dt . \quad (2)$$

Assim, o impulso da força resultante \mathbf{F} que atua sobre uma partícula é igual à variação do *momentum* da partícula, ou seja, $\mathbf{I} = \Delta\mathbf{p}$. Esse resultado é conhecido como Teorema do impulso-*momentum*.

PARTE EXPERIMENTAL

Neste experimento, será estudado como a força de tração sobre fios varia com o tempo quando eles são esticados bruscamente; o estudo será feito com fios de materiais diferentes.

Objetivo

- Medir e analisar a força de tração sobre um fio ao ser esticado bruscamente.

Sugestão de material

Computador, interface, sensor de força, suporte, fio de *nylon*, fio de algodão, objeto com gancho para ser preso ao fio e régua.

Procedimento

OBS. O processo de aquisição automática de dados e posterior tratamento dessas informações com uso de computador é específico a cada experimento e depende da instrumentação e dos programas utilizados. Explicações detalhadas sobre o uso do sistema de aquisição e dos programas, assim como os parâmetros adequados ao experimento, deverão estar disponíveis junto à montagem.

Utiliza-se a montagem mostrada na Figura 1. Uma das extremidades de um fio está presa em um sensor de força, ou transdutor, e um objeto está preso na outra extremidade. O sensor de força é um dispositivo que converte a força exercida nele em um sinal elétrico. Esse sensor é conectado a um computador por meio de uma interface. Um programa no computador monitora a aquisição dos dados transmitidos pela interface e registra-os em um gráfico.

Ao ser solto de uma determinada altura, o objeto tem sua queda interrompida, bruscamente, quando o fio é esticado. Neste experimento, será obtido o gráfico da tensão no fio em função do tempo, durante esse processo.

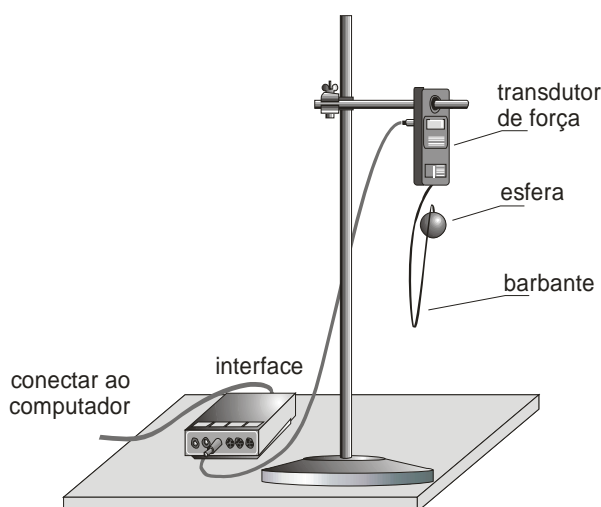


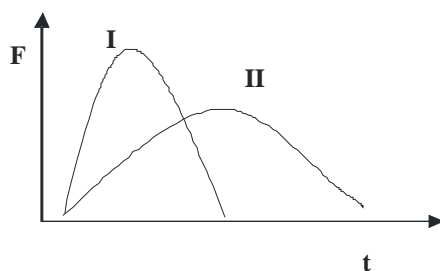
Figura 1 - Ao ser solta de uma certa altura, a esfera é freada, bruscamente, quando o fio é esticado. A força que atua no fio, e é, medida pelo sensor, é registrada, em função do tempo, em um gráfico no computador.

- Procure familiarizar-se com os instrumentos e com o programa de aquisição de dados a ser utilizado. A força que vai ser medida atua no sensor durante alguns centésimos de segundo. Para obter um número suficiente de medidas nesse intervalo, deve-se escolher uma taxa de aquisição de dados adequada — número de pontos a serem coletados por unidade de tempo. No programa de aquisição de dados, escolha uma taxa de aquisição suficientemente alta para registrar a variação da força durante o movimento a ser estudado.
- Inicialmente, utilize, na montagem, um fio de algodão de cerca de 30 cm de comprimento. Segure o objeto de forma que a tensão, no fio, seja nula e pressione o botão de tara que se encontra no próprio sensor para ajustar a leitura da força em zero. Então, posicione o objeto a uma altura de, aproximadamente, 20 cm (esse valor deve ser medido, pois será utilizado posteriormente). Inicie a aquisição de dados e, logo em seguida, solte o objeto. Observe, na tela do computador, o gráfico da tensão no fio em função do tempo.
- Agora, repita o experimento utilizando um fio de *nylon*.

- Observe que, nos gráficos obtidos, há vários picos associados aos intervalos de tempo em que o fio está esticado. Neste experimento, analisa-se apenas o intervalo correspondente ao primeiro pico. Com um programa adequado, calcule a área sob esse pico nos dois gráficos.
- Faça um diagrama das forças que atuam no objeto enquanto o fio é esticado e indique qual força o sensor mede. Lembre-se de que, na equação 1, F é a força resultante sobre o objeto e o sensor mede a tensão no fio. Com base nessas informações e na área do gráfico sob o primeiro pico, calcule o impulso da força resultante sobre o objeto.
- Durante o movimento de queda livre do objeto, ou seja, do instante em que ele é solto até imediatamente antes de ser puxado pelo fio, sua energia mecânica é conservada. Com base nessa lei de conservação, calcule a velocidade do objeto no instante em que ele começa a ser puxado pelo fio. Com o valor do impulso da força resultante determine a velocidade do objeto no instante em que o fio deixa de exercer força sobre ele. Lembre-se de que o *momentum* final e o inicial têm sentidos opostos, Calcule, então, a perda percentual de energia nesse processo.
- Para os fios utilizados, compare os valores obtidos para a perda percentual de energia, a tensão máxima no fio e o tempo de interação deste com o objeto e tente explicar as diferenças entre eles. As formas das curvas F versus t são diferentes? Elas são simétricas? Por que?

QUESTÃO

Suponha que você vai saltar de determinada altura, preso a uma corda que vai sustentar seu corpo antes de chegar ao solo. As curvas I e II do gráfico mostram como varia a força de duas cordas em função do tempo, quando elas são tensionadas bruscamente.



Apenas com base nesse gráfico, escolha com qual dessas cordas você acharia mais conveniente saltar. Justifique sua escolha.

Sugestões de leitura

- “Entendendo a física do *bungee jump*”, A. Heck, P Uylings e E. Kedzierska, Physics Education vol. 45, pág. 63 (2010).
- A compreensão sobre dissipação de energia durante colisões é importante para a fabricação de automóveis mais seguros. Procure sobre esse assunto na *internet* buscando termos como “como funciona teste de colisão” ou “vehicle crash test”.