

A MÁQUINA DE ATWOOD

Objetivo

Verificar experimentalmente a 2ª lei de Newton, testando a relação entre força resultante, massa e aceleração.

Introdução

A máquina de Atwood, utilizada neste experimento, consiste em um par de polias fixas e muito leves, nas quais são suspensas duas massas M_1 e M_2 , unidas por um cordão (figura 1).

Na ausência total de atrito, para o sistema acelerar quando liberado a partir do repouso, basta que as massas M_1 e M_2 sejam diferentes. Supondo que M_2 seja levemente maior do que M_1 ($M_2 = M_1 + \Delta M$), as massas aceleram de tal modo que M_1 sobe e M_2 desce. Portanto, considerando-se como positiva a aceleração para cima, se a aceleração de M_1 for $+a$, a aceleração de M_2 deverá ser $-a$ (são acelerações de mesmo módulo mas de sentidos opostos).

Se liberarmos M_2 a partir do repouso, de uma altura h , e cronometrarmos o tempo Δt de sua queda, podemos obter o módulo da aceleração a do sistema de massas M_1 e M_2 . Essa aceleração pode ser considerada constante, uma vez que a força resultante também é constante. Então,

$$a = \frac{2h}{(\Delta t)^2}. \quad (1)$$

Verificaremos nesta atividade que a aceleração das massas em uma máquina de Atwood depende tanto da soma das massas suspensas quanto da diferença entre elas. Como você mesmo(a) poderá demonstrar, aplicando a 2ª lei de Newton a cada uma das massas, o módulo da aceleração do sistema é:

$$a = \left(\frac{\Delta M}{M_1 + M_2} \right) g \quad (2)$$

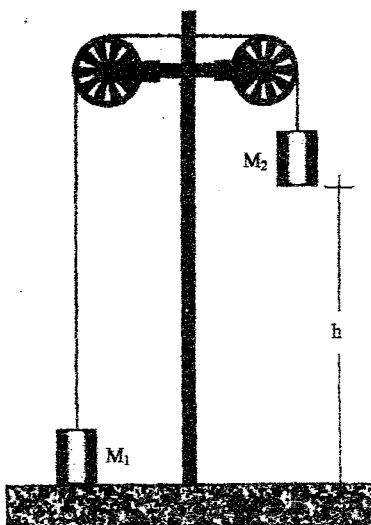


Figura 1: Montagem do experimento.

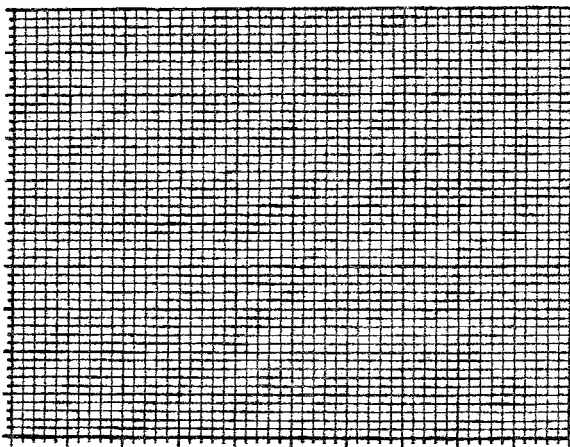
Questões preliminares

Duas massas M_1 e M_2 são suspensas a um par de roldanas de massas e atrito desprezíveis por meio de um fio, como ilustrado na figura 1. Os resultados obtidos em medidas do módulo da aceleração adquirida para várias combinações de massas M_1 e M_2 são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Resultados de um experimento realizado em uma máquina de Atwood.

M_1 (kg)	M_2 (kg)	ΔM (kg)	$\Delta M g$ (kg m/s ²)	a_{EXP} (m/s ²)
0,520	0,520	0	0	0
0,515	0,525	0,010	0,098	0,09
0,510	0,530	0,020	0,196	0,18
0,505	0,535	0,030	0,294	0,28
0,500	0,540	0,040	0,392	0,38

- Faça um gráfico plotando a_{EXP} no eixo vertical e $\Delta M g$ no eixo horizontal.
- Trace a reta que melhor representa os pontos do gráfico e, usando pontos da reta traçada, calcule sua declividade (não esqueça as unidades) e monte a equação que descreve a reta.
- Qual é o significado físico do parâmetro angular da reta? (Dica: veja a equação 2.)
- Calcule a diferença percentual entre o resultado que você obteve para $M_1 + M_2$ e o valor esperado ($M_1 + M_2 = 1,080$ kg).



Equipamento

- Duas roldanas com suporte
- Cordão
- Duas massas de 500 g e fio
- Três massas de 10 g e duas massas de 5 g
- Massas pequenas (clipes)
- Cronômetro
- Balança
- Trena

Procedimentos experimentais

- Comece o experimento usando duas massas iguais de 500 g ($M_1 = M_2$) e suspenda-as nas roldanas, como indicado na figura 1.

$$\begin{array}{l} M_0 = 0,500 \text{ kg} \quad M_1 = M_0 \\ M_2 = M_0 \end{array}$$

Impulsione levemente M_2 para baixo, observando o movimento. Faça uma nova tentativa acrescentando um clipe a M_2 e observe novamente o movimento.

Na parte introdutória deste texto (equação 2) imaginamos que não existe atrito. Contudo, após ter colocado o sistema em movimento, você deve ter concluído que o mecanismo não está desprovido de atrito.

Correção do atrito

Quando duas massas iguais são suspensas na máquina de Atwood, elas permanecem em repouso. Entretanto, se forem postas em movimento, observar-se-á que, transcorrido algum tempo, elas param. Isto se deve basicamente ao fato de que existe atrito nas roldanas. Esse atrito precisa ser compensado.

A correção do atrito é feita pelo acréscimo de uma pequena massa Δm a uma das massas suspensas. No esquema sugerido na figura 1, a correção do atrito é realizada adicionando-se massa a M_2 .

- Acrescente alguns cliques a M_2 até que você perceba que o sistema passa a se mover com velocidade constante quando M_2 é levemente impulsionada para baixo.

Note que esse acréscimo de massa faz com que a força resultante sobre o sistema se torne nula. Na verdade, o peso dos cliques acrescentados simplesmente compensa a força dissipativa de atrito.

Para que haja uma força resultante sobre o sistema teremos de acrescentar mais massa de tal modo que M_2 sempre prevaleça sobre M_1 .

O experimento consiste em medir a aceleração do sistema mantendo-se a sua massa total (M_{TOT}) constante. Para tanto, adicionaremos massa a ambos os corpos suspensos de forma que:

$$M_1 = M_0 + \Delta M_1$$

$$M_2 = M_0 + \Delta M_2 \quad \text{onde}$$

$$\Delta M_1 + \Delta M_2 = 40 \text{ g}$$

É a diferença entre os pesos dessas massas $\Delta Mg = (M_2 - M_1)g = (\Delta M_2 - \Delta M_1)g$ que acelera o sistema:

$$F_{RES} = \Delta M g.$$

- Meça a altura h que separa a base de M_2 da superfície da mesa (figura 1).

$$h = \dots \text{ m}$$

- Seguindo o esquema mostrado na figura 1, acrescente $\Delta M_1 = 15 \text{ g}$ a M_1 e $\Delta M_2 = 25 \text{ g}$ a M_2 . Posicione M_2 como ilustrado na figura 1 e meça três vezes o intervalo de tempo que o sistema leva para percorrer a altura h . Anote os resultados na tabela 2.
- Repita o procedimento para os demais valores de ΔM_1 e de ΔM_2 indicados na tabela 2.
- Preencha a coluna $\overline{\Delta t}$ da tabela 2, calculando os valores médios dos intervalos de tempo medidos, e determine as acelerações do sistema (penúltima coluna) utilizando a equação 1.
- Use a balança para determinar a massa dos cliques adicionados:

$$\Delta m = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

- Complete a tabela 2 calculando a massa total do sistema M_{TOT} .

Tabela 2: Dados obtidos para M_{TOT} constante e ΔM variável.

ΔM_1 (g)	ΔM_2 (g)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	$\overline{\Delta t}$ (s)	a (m/s^2)	ΔM (kg) = $\Delta M_2 - \Delta M_1$
20	20	—	—	—	—	0	0
15	25						0,010
10	30						0,020
5	35						0,030
0	40						0,040
$M_{\text{TOT}} = M_1 + M_2 + \Delta m =$						kg	

Análise dos resultados

- 1- Usando os dados da tabela 2, faça o gráfico da aceleração a (direção vertical) em função de ΔM g (direção horizontal).
- 2- Calcule a declividade da reta que melhor descreve os pontos experimentais (não esqueça as unidades), escreva a equação desta reta e interprete o seu resultado. (Dica: veja a equação 2.)
- 3- Qual é a diferença percentual entre o valor que você obteve para a declividade da reta e o valor esperado?
- 4- Justifique a necessidade da inclusão da massa Δm dos cliques na massa total do sistema que é acelerado.