

# Movimento retilíneo com aceleração constante

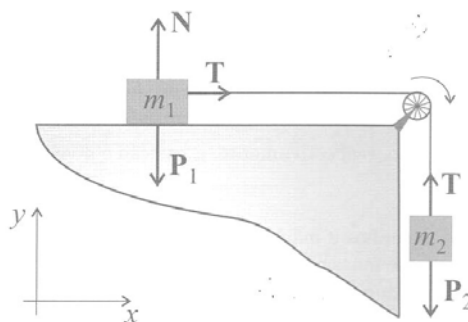
## INTRODUÇÃO

A 2ª lei de Newton estabelece que a força resultante  $\mathbf{F}$  sobre um objeto é igual ao produto da massa inercial  $m$  do objeto pela aceleração  $\mathbf{a}$  adquirida por ele, ou

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}.$$

Como exemplo de aplicação dessa lei, considere-se o sistema mostrado na Figura 1.

FIGURA 1 - Forças atuando em dois objetos presos por uma corda. A corda é inextensível e sua massa, assim como a da roldana, é desprezível. Os eixos  $x, y$  mostrados indicam o sistema de coordenadas citado no texto para a decomposição das forças. O objeto de massa  $m_1$  desliza em uma superfície horizontal sem atrito.



O objeto de massa  $m_1$  está sobre uma superfície horizontal sem atrito e é puxado pela tensão  $\mathbf{T}$  transmitida por uma corda inextensível e de massa desprezível; na outra extremidade da corda está dependurado um outro objeto de massa  $m_2$ . A corda passa por uma polia cuja massa é desprezível e cujo eixo gira sem atrito. Os corpos são tratados como partículas, de modo que todas as forças sobre eles atuam num único ponto. Considere  $\mathbf{a}_1$  a aceleração do objeto sobre a superfície horizontal e  $\mathbf{a}_2$  a aceleração do objeto dependurado.

No objeto sobre a superfície horizontal atuam a força normal à superfície  $\mathbf{N}$ , seu peso  $\mathbf{P}_1$  e a tensão da corda  $\mathbf{T}$ . De acordo com a 2ª lei de Newton, as equações para as componentes  $x$  e  $y$  dessas forças são

$$\sum F_{1x} = m_1 a_{1x} = T \qquad \sum F_{1y} = m_1 a_{1y} = N - m_1 g = 0$$

Para o objeto dependurado na corda só existem forças na direção  $y$ , sendo possível escrever

$$\sum F_{2y} = m_2 a_{2y} = T - m_2 g$$

Sendo a corda inextensível, os módulos das acelerações serão iguais para os dois objetos, porém essas terão sinais contrários: um deslocamento de  $m_1$  no sentido de  $x$  positivo causa um deslocamento de  $m_2$  no sentido negativo de  $y$ ; ou seja,  $a_{1x} = -a_{2y} = a$ . Eliminando  $T$  nas equações em  $y$  e em  $x$ , tem-se

$$a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g, \qquad (1)$$

√ Considerando que o movimento do objeto sobre a superfície horizontal é na direção  $x$  e sua aceleração  $a$  é constante, mostre, a partir das definições de velocidade ( $v=dx/dt$ ) e aceleração ( $a=dv/dt$ ), que a equação do movimento  $x(t)$  do objeto é dada por

$$x(t) = x_o + v_o t + \frac{1}{2} a t^2, \qquad (2)$$

em que  $x_o$  e  $v_o$  são, respectivamente, a posição e a velocidade iniciais do objeto.

- ✓ Esboce (faça desenhos a mão) os gráficos da distância, da velocidade e da aceleração do objeto de massa  $m_1$  em função do tempo, a partir do instante em que ela começa a se movimentar.

Considere, agora, uma situação um pouco diferente, em que o objeto de massa  $m_1$  está em um plano inclinado de um ângulo  $\theta$ , como representado na Figura 2.

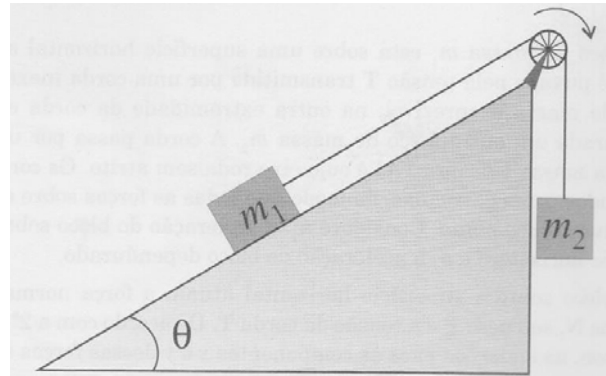


FIGURA 2 - Situação em que objeto de massa  $m_1$  desliza sobre uma superfície inclinada de um ângulo  $\theta$

- ✓ Construa o diagrama de forças sobre cada objeto na Figura 2 e mostre que, nesse caso, a aceleração das massas será dada pela equação

$$a = \frac{m_2 - m_1 \sin \theta}{m_1 + m_2} g \quad (3)$$

Note que para  $\theta = 0^\circ$  o resultado corresponde à equação 1.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Objetivo

- Analisar o movimento de um objeto que se desloca sob a ação de uma força constante.

### Sugestão de material

- Computador, interface, sensor de movimento, trilho de ar, 2 objetos com  $m_1$  e  $m_2 \approx 5 m_1$ , suporte ( $m_s \approx m_1$ ), carrinho ( $m_c \approx 8 m_1$ ), fio de algodão e trena (obs.: caso os valores das massas não estejam escritos sobre as peças, elas deverão ser medidas, com uso de uma balança).

### 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.

Neste experimento, é utilizada uma montagem, conforme representação da Figura 3, para analisar o movimento de um objeto sujeito a uma força constante. Inicialmente as medidas serão feitas com o trilho na horizontal e, posteriormente, com o trilho inclinado.

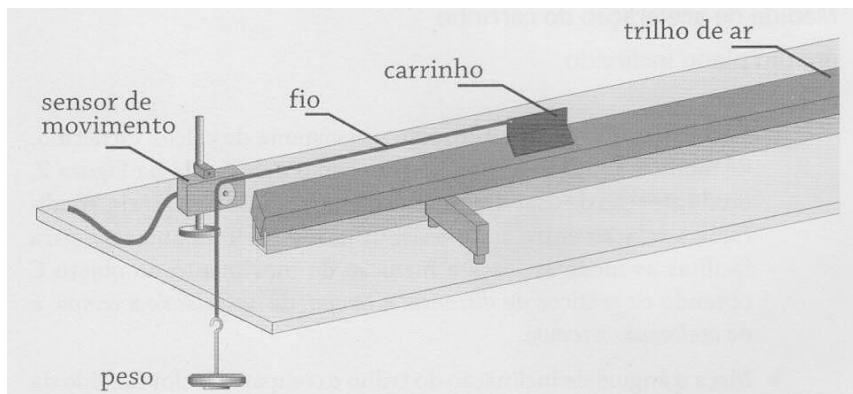


FIGURA 3 –. Montagem usando um trilho sem atrito para estudar o movimento de um objeto movendo-se sob a ação de uma força constante: um objeto de massa  $m_1$ , que pode deslizar praticamente sem atrito, é puxado por um fio que passa por uma roldana e é preso a outro objeto de massa  $m_2$ . Usando-se o sinal do sensor, registra-se, no computador, a posição do objeto em função do tempo.

### Análise do movimento do carrinho em um plano horizontal

- Alinhe o trilho na horizontal. Para isso coloque o carrinho sobre o trilho sem conectá-lo ao fio e ligue o fluxo de ar; regule os parafusos dos pés do trilho de forma que o objeto não tenha movimento preferencial para um lado ou outro.
- Antes de iniciar as medidas, procure se familiarizar com os instrumentos e com o programa de aquisição de dados. Combine diferentes valores de  $m_1$  e  $m_2$  e realize algumas medidas preliminares. Observe as modificações nos gráficos.
- Após os testes preliminares, escolha uma relação conveniente entre as massas  $m_1$  e  $m_2$  e faça um registro do movimento dos objetos, visualizando na tela do computador os gráficos de *distância x tempo*, de *velocidade x tempo* e de *aceleração x tempo*.
- Especifique a equação matemática que deve corresponder ao gráfico de *distância x tempo* obtido e sobreponha-a aos dados experimentais, utilizando a opção “ajuste de curva” do programa.
- A partir dos parâmetros ajustados na equação do item anterior, calcule a aceleração adquirida pelos objetos.
- Determine a aceleração dos objetos por meio do cálculo da inclinação do gráfico de *velocidade x tempo*.
- Leia, no gráfico de *aceleração x tempo*, o valor da aceleração média dos objetos.
- Compare todos os valores encontrados para a aceleração.
- Calcule o valor esperado para a aceleração (equação 1) e compare com aquele obtido experimentalmente. Procure justificar eventuais diferenças.

### Medida de aceleração do carrinho em um plano inclinado

- Incline o trilho de ar, utilizando um sistema de calços fornecido, de modo a obter uma configuração como a ilustrada na Figura 2, tendo atenção de usar um valor pequeno de  $\theta$  ( $\leq 5$  graus). Se necessário, modifique a relação entre as massas, utilizada no item anterior, para facilitar as medidas. Faça a medição do movimento, obtendo os gráficos de  $x \times t$ , de  $v \times t$  e de  $a \times t$ .
- Meça o ângulo de inclinação do trilho e compare o valor medido da aceleração com aquele dado pela equação 3.