

Energia – Conservação, dissipação

Trabalho do atrito.....	1
1. Sistema de segurança de um elevador .....	1
2. Bloco que sobe e desce um plano inclinado com atrito.....	2
3. Colisão bloco-mola em um plano horizontal e com atrito.....	2
4. Lançamento de um bloco por uma mola em um plano horizontal e com atrito .....	2
5. Mini pista de skate.....	3
6. Montanha russa caseira.....	3
7. Relação entre potência e aceleração na rampa para um veículo.....	3
8. Esquiador que começa um salto de uma rampa – determinação do atrito.....	3
9. Colisão bloco-mola em um plano inclinado com atrito.....	4
10. Colisão bloco-mola em um plano inclinado com atrito cinético diferente do estático.....	4
11. O teleférico .....	4
Conservação de Energia em um sistema de partículas .....	5
12. Colisão inelástica entre pêndulo e bloco .....	5
13. Uma maneira de determinar a energia cinética perdida numa colisão inelástica – problema 1 .	5
14. Uma maneira de determinar a energia cinética perdida numa colisão inelástica – problema 2 .	5
15. O atrito em um movimento circular .....	5
16. Colisão elástica em um plano inclinado com atrito .....	6
Problemas complementares de gráficos de potencial .....	6
17. Partícula em um poço de potencial, formal .....	6
18. Trabalho-energia, com forças conhecidas .....	6
19. Massa-mola no campo de força uniforme .....	7

**Trabalho do atrito***1. Sistema de segurança de um elevador*

O cabo de um elevador de 2000 kg quebra quando ele está parado no primeiro andar, de modo que seu fundo está a uma distância  $d = 4,0$  m acima de uma mola amortecedora, cuja constante elástica é  $k = 1,5 \times 10^5$  N/m. Um dispositivo de segurança aplicado nos trilhos guia remove 15 kJ de energia mecânica para cada 1,00 m que o elevador se move.

Determine:

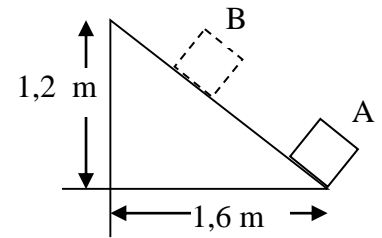
- a) a velocidade do elevador imediatamente antes dele atingir a mola.
- b) a compressão da mola.
- c) a distância que o elevador subirá após atingir a mola.
- d) um valor aproximado da distância total que o elevador percorre antes de alcançar o repouso e explique o que não foi considerado no seu cálculo.

### 2. Bloco que sobe e desce um plano inclinado com atrito

Um corpo de massa  $m = 2 \text{ kg}$  é lançado do ponto A da base do plano inclinado representado na figura abaixo, desloca-se 1,0 m até o ponto B e retorna ao ponto A com velocidade de 2,0 m/s.

Calcule:

- o trabalho da força de atrito no trajeto de descida.
- o trabalho da força de atrito do início ao fim do movimento.
- o trabalho da força peso do início ao fim do movimento.
- o trabalho da força resultante do início ao fim do movimento.
- o coeficiente de atrito cinético.
- a velocidade com que o corpo foi lançado do ponto A.

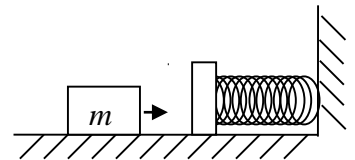


### 3. Colisão bloco-mola em um plano horizontal e com atrito

Um bloco de massa  $m = 5,0 \text{ kg}$  desliza sobre uma mesa horizontal com coeficientes de atrito estático e cinético 0,6 e 0,5 respectivamente, colide com uma mola de massa muito menor que  $m$ , de constante  $k = 250 \text{ N/m}$ , inicialmente na posição relaxada. O bloco atinge a mola com velocidade de 1,0 m/s.

Determine

- a deformação máxima da mola.
- o que acontece depois que a mola atinge sua deformação máxima.
- a fração da energia inicial que é dissipada pelo atrito nesse processo.

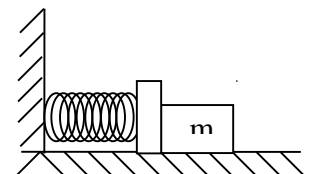


### 4. Lançamento de um bloco por uma mola em um plano horizontal e com atrito

Um corpo de massa  $m = 8,0 \text{ kg}$  está apoiado em um plano horizontal e em contato com uma mola horizontal de constante elástica  $1000 \text{ N/m}$ . A outra extremidade da mola está ligada a uma parede vertical. O corpo é empurrado contra a parede, comprime a mola em 15 cm e é abandonado, projetando-se horizontalmente pela ação da mola. A força de atrito entre o corpo e o plano é constante e igual a 5 N.

Calcule:

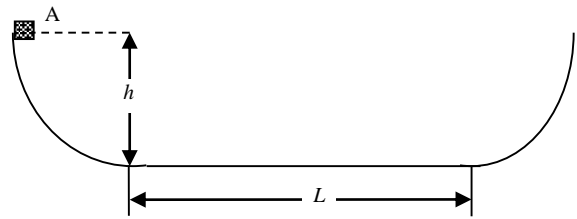
- as energias cinética e potencial do sistema no instante em que a mola passa pelo seu comprimento original.
- a velocidade do corpo no instante em que a mola retorna ao seu comprimento original (mola relaxada).
- a distância percorrida pelo corpo até ficar em repouso novamente, se a ação da mola cessa quando passa pelo seu comprimento original.



5. *Mini pista de skate*

Um pequeno objeto de massa  $m = 234$  g desliza ao longo de uma pista com extremidades elevadas e a parte central horizontal, conforme mostrado na figura ao lado.

A parte plana tem um comprimento  $L = 2,16$  m. As partes curvas da pista não têm atrito, mas, durante o percurso na parte plana, o objeto perde 688 mJ de energia mecânica, devido ao atrito. O objeto é solto no ponto A, o qual está a uma altura  $h = 1,05$  m acima da parte plana da pista.



**Determine** em que ponto o objeto chega finalmente ao repouso.

6. *Montanha russa caseira*

Um carrinho desliza da montanha russa de uma altura de 5 m. Enquanto está na parte inclinada da pista, o atrito pode ser ignorado. Chegando ao sopé da montanha, o carrinho é freado pelo terreno coberto de areia, parando em 1,25 s.

**Determine** o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a areia.

7. *Relação entre potência e aceleração na rampa para um veículo*

Enquanto um automóvel de 1700 kg está se movendo a uma velocidade constante de 15 m/s numa superfície horizontal, o motor fornece 16 kW de potência para superar o atrito, a resistência ao ar e outras forças dissipativas.

Determine:

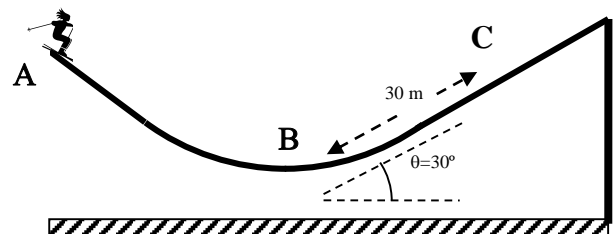
- a potência que o motor fornece quando o carro sobe uma ladeira com inclinação de 8,0 % (8,0 m na vertical para cada 100 m na horizontal) a 15 m/s.
- a inclinação para baixo de uma rampa que o carro descera à velocidade de 15 m/s constante quando desengrenado. Expresse a inclinação em porcentual.

8. *Esquiador que começa um salto de uma rampa – determinação do atrito*

Um esquiador parte do repouso na posição A da figura, chega a B com velocidade de 30 m/s e a C com velocidade 23 m/s. Adote que a distância BC é igual a 30 m, que B é o início da rampa e que o trajeto BC é retilíneo.

Determine

- o coeficiente de atrito entre os esquis e a neve.
- a altura máxima atingida pelo esquiador acima do ponto C.

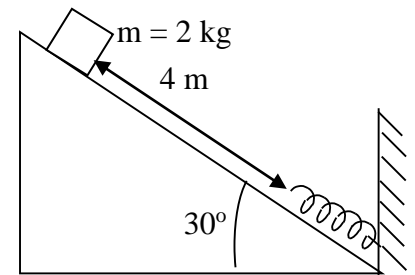


## 9. Colisão bloco-mola em um plano inclinado com atrito.

Um corpo de massa 2,0 kg, inicialmente em repouso, começa a escorregar sobre um plano inclinado em  $30^\circ$  em relação à horizontal, desliza 4,0 m e atinge uma mola fixa na base do plano inclinado, de constante  $k = 100 \text{ N/m}$  e massa que pode ser ignorada.

Determine:

- a compressão máxima da mola se não há atrito com o plano.
- a compressão máxima da mola se há atrito entre o plano e o corpo, com coeficiente de atrito cinético  $\mu = 0,2$ .
- a distância percorrida pelo corpo **plano acima** se há atrito entre o plano e o corpo, com coeficiente de atrito cinético  $\mu = 0,2$ .

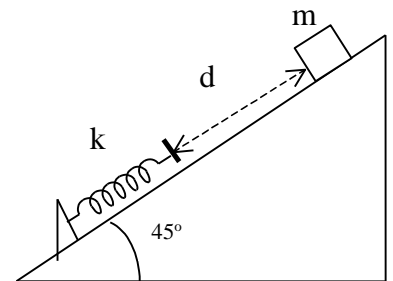


## 10. Colisão bloco-mola em um plano inclinado com atrito cinético diferente do estático

Um bloco de massa  $m = 10 \text{ kg}$  é solto do repouso no topo de um plano inclinado de  $45^\circ$  em relação ao plano horizontal, com coeficiente de atrito cinético de 0,5 e estático igual a 0,8. Depois de percorrer uma distância  $d = 2,0 \text{ m}$  ao longo do plano inclinado, o bloco colide com uma mola de constante  $k = 800 \text{ N/m}$ , cuja massa pode ser ignorada e que se encontrava relaxada.

Determine:

- a compressão da mola.
- a energia dissipada pelo atrito durante o trajeto do bloco desde o alto do plano até a compressão máxima da mola, e a fração que essa energia representa da variação total da energia potencial durante o trajeto.
- o que acontece com o bloco quando para o movimento, na posição da contração máxima da mola.

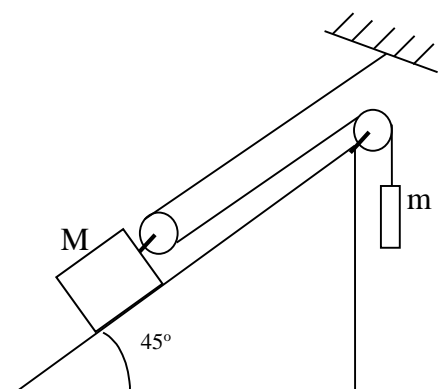


## 11. O teleférico

Um vagão de massa  $M = 4$  toneladas está sobre um plano inclinado ( $45^\circ$ ), ligado a uma massa suspensa  $m = 500 \text{ kg}$ , pelo sistema de cabos e polias ilustrado na figura. O cabo é inextensível, fica paralelo à superfície do plano inclinado, e as massas do cabo e das polias podem ser ignoradas em comparação com as demais. O coeficiente de atrito cinético entre o vagão e o plano inclinado é 0,5. O sistema é liberado para mover-se a partir do repouso.

Determine:

- as relações entre os deslocamentos e as velocidades das massas  $m$  e  $M$ .
- o diagrama de corpo livre do vagão.
- o módulo da força de atrito.
- a distância  $D$  percorrida pelo vagão ao longo do plano inclinado desde o repouso até atingir  $4,5 \text{ km/h}$ .

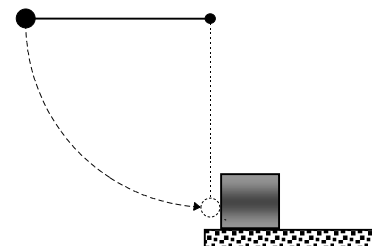


A energia mecânica perdida por esse sistema deve-se ao trabalho da força de atrito.

## Conservação de Energia em um sistema de partículas

### 12. Colisão inelástica entre pêndulo e bloco

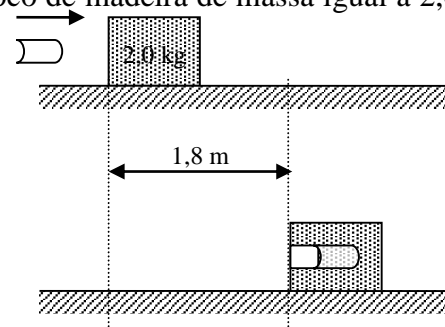
Uma bola de aço de 0,514 kg e presa a uma corda de 68,7 m de comprimento é solta quando a corda está na horizontal. Na parte inferior do seu caminho, a bola atinge um bloco de aço de 2,63 kg inicialmente em repouso sobre uma superfície sem atrito. Na colisão, metade da energia cinética mecânica é convertida em energia interna.



**Determine** as intensidades das velocidades finais da bola e do bloco.

### 13. Uma maneira de determinar a energia cinética perdida numa colisão inelástica – problema 1

Uma bala de massa igual a 6,0 g é disparada horizontalmente num bloco de madeira de massa igual a 2,0 kg, em repouso sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a superfície vale 0,25. A bala fica retida no bloco que sofre um deslocamento total de 1,8 m até parar.



Determine

- a velocidade do bloco imediatamente após a bala parar em seu interior.
- a velocidade inicial da bala.

### 14. Uma maneira de determinar a energia cinética perdida numa colisão inelástica – problema 2

Um projétil de massa 40 g é disparado com uma velocidade horizontal  $v = 500$  m/s contra um bloco de massa 760 g que se encontrava em repouso sobre uma superfície horizontal. Com o impacto, o bloco, com o projétil encravado, desliza sobre a superfície até parar 5,0 m depois, devido ao atrito.

Determine:

- a velocidade do centro de massa imediatamente após a colisão.
- a variação da energia do sistema devido somente à colisão.
- a força de atrito.

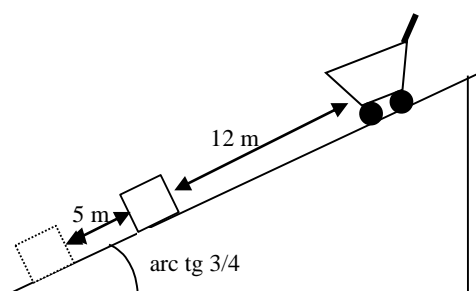
### 15. O atrito em um movimento circular

Uma partícula de massa  $m$  movimenta-se num círculo horizontal de raio  $r$  sobre uma mesa áspera. A partícula está presa a um fio fixo no centro do círculo. A velocidade escalar inicial da partícula é  $v_0$ . Depois de completar uma volta inteira, a velocidade escalar da partícula é  $v_0/2$ .

Determine

- o trabalho efetuado pela força de atrito durante uma volta.
- o número de voltas que a partícula dá até parar.
- o coeficiente de atrito cinético.

## 16. Colisão elástica em um plano inclinado com atrito



Um carrinho de supermercado, de massa 100 kg, está parado quando escapa da mão do seu condutor no topo de uma ladeira atingindo, em uma colisão central e elástica, um caixote de 300 kg que estava 12 m abaixo ao longo da rampa. Em função da colisão, o caixote se movimenta e para 5,0 m abaixo da sua posição original como mostra a figura. Só há atrito entre o caixote e o piso. Determine:

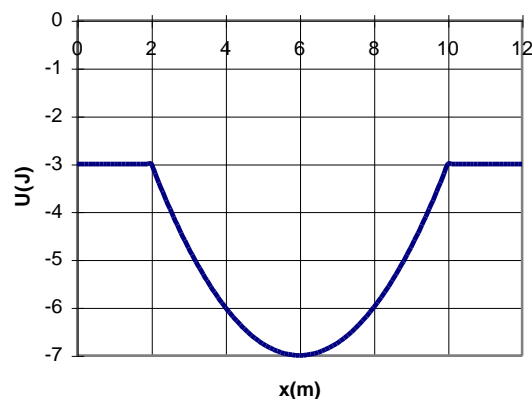
- a velocidade do carrinho imediatamente antes da colisão.
- a velocidade do carrinho imediatamente após a colisão.
- a força de atrito entre o caixote e o piso.

## Problemas complementares de gráficos de potencial

## 17. Partícula em um poço de potencial, formal

Uma partícula, de massa  $m = 0,5$  kg, move-se sob a ação de uma força conservativa. O potencial associado a esse sistema está representado na figura ao lado.

- Para que valores de  $x$  a força aponta no sentido do eixo? E no sentido contrário ao do eixo? Para que valores de  $x$  a força é nula?
- Qual a mínima energia total que esse sistema pode ter? Qual o ponto de equilíbrio?
- Descreva o movimento dessa partícula quanto a energia total for  $-6$  J e calcule a velocidade máxima que ela pode ter.
- Para que valores da energia total do sistema o movimento é periódico?
- Qual a maior energia cinética que a partícula pode ter quando está em  $x = 6$  m para que o movimento seja periódico?



Suponha que, quando ela passa pelo ponto  $x = 4$  m, a velocidade seja 2 m/s. Nesse caso, usando valores obtidos do gráfico, determine:

- a energia total da partícula.
- o maior valor de  $x$  que a partícula alcança.

## 18. Trabalho-energia, com forças conhecidas

Um bloco de pedra com massa  $m = 200$  kg está em repouso sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito, tanto estático quanto cinético, entre o bloco e a superfície é  $\mu = 0,3$ . Um trator puxa o bloco aplicando-lhe uma força que forma um ângulo de  $37^\circ$  acima da horizontal e tem  $F = 20x + 1500$  em N com  $x$  em m.

**Determine** a velocidade do bloco após percorrer 10 m.

## 19. Massa-mola no campo de força uniforme

A energia potencial de uma partícula de massa  $m = 2,0$  kg que se move ao longo da parte **positiva** do eixo  $x$  é dada pela fórmula ao lado, onde  $U_0$  está em joules e  $x$  e  $a$  estão em metros.  $U_0$  e  $a$  são constantes positivas. Em todas as respostas abaixo, considere APENAS  $x > 0$ .

$$U(x) = \begin{cases} U_0 \left( \frac{x^2}{a^2} - 2 \frac{x}{a} \right), & 0 < x < 2a \\ 2U_0 \left( \frac{x}{a} - 2 \right), & x \geq 2a \end{cases}$$

- Esboce o gráfico de  $U(x)$ , utilizando a escala abaixo.
- Para quais valores de posição a força tem o sentido do eixo  $Ox$ ? E oposto a  $Ox$ ?
- Determine o ponto de equilíbrio.
- Usando  $U_0 = 20$  J e sabendo que a energia total do sistema (cinética mais potencial) é 16 J, determine o valor da velocidade da partícula ao passar pelo ponto de equilíbrio.
- Usando  $a = 0,1$  m, determine o ou os pontos de retorno quando uma partícula move-se com energia total igual a  $-15$  J. Descreva o movimento dessa partícula.

