

## Energia potencial

<b>Conceito de Energia Potencial</b>	<b>1</b>
1. Origem da energia liberada por um terremoto	1
2. Para onde vai a energia de um pêndulo que demora a parar	1
3. Energia nos alimentos para subir ao Everest	1
4. Definição de força conservativa	1
5. Relação qualitativa entre força e potencial - formal	2
<b>Conservação da energia mecânica – Energia potencial gravitacional</b>	<b>2</b>
6. Altura mínima de lançamento na demonstração do loop	2
7. Conservação da energia mecânica no sistema bola-haste na gravidade	2
8. Dissipação da energia no voo de um bumerangue a partir de dados	2
9. Condição para que a bolinha amarrada em um fio dê a volta completa num plano vertical	2
10. (RHK 12-P.8) Movimento de um pêndulo que muda de comprimento no meio da oscilação	3
11. (RHK 12-P.9) Movimento do pêndulo que muda de comprimento e se enrola no pino de baixo	3
12. (RHK 12-E.9) Velocidade de um carrinho na montanha russa ao longo da pista	3
13. Trabalho e energia cinética em um pêndulo	3
14. Energia nos blocos de um sistema com polia e plano inclinado	3
15. Movimento de um anel que escorrega em um arco de arame	4
16. O bloco que escorrega sobre uma semiesfera, sem atrito, e descola da superfície	4
17. Movimento de um objeto que desliza no interior de uma semiesfera	4
18. (RHK 12-P.4) Trabalho sobre uma corda a fim de puxá-la para cima da mesa	4
<b>Conservação da energia mecânica – Energia potencial elástica</b>	<b>5</b>
19. (RHK 12-E.10) Energia potencial e cinética numa mola – exemplo com um brinquedo	5
20. Constante de força de um sistema de molas	5
<b>Conservação da energia mecânica – combinação das energias potenciais gravitacional e elástica</b>	<b>5</b>
21. (RHK 12-E.19) Bola caindo em uma mola	5
22. (RHK 12-E.18) Bloco que cai sobre a mola - I	5
23. Bloco que cai sobre a mola - II	5
24. (RHK 12-P.3) Bloco que desliza sobre um plano inclinado e cai sobre uma mola	6

### Conceito de Energia Potencial

1. *Origem da energia liberada por um terremoto*

Um terremoto pode liberar energia suficiente para devastar uma cidade. Onde se encontrava essa energia um instante antes de ocorrer o terremoto?

2. *Para onde vai a energia de um pêndulo que demora a parar*

Um pêndulo oscilante acaba parando depois de um certo tempo. Tem-se aí uma violação da lei de conservação da energia mecânica?

3. *Energia nos alimentos para subir ao Everest*

Um alpinista de 90 kg pretende subir ao cume do Monte Everest, que se encontra a 8850 m acima do nível do mar, e pode se alimentar com barras de chocolate de 50 g, cada uma capaz de fornecer 300 kcal.

Determine:

a) a energia necessária para compensar apenas o trabalho do peso do alpinista desde o nível do mar até o cume.

b) quantas barras de chocolate forneceriam uma energia equivalente à calculada no item a.

*Sua resposta deve sugerir que o trabalho contra a gravidade é uma parte muito pequena da energia despendida por uma pessoa mesmo em situações em que o esforço físico é muito grande, como subir uma montanha.*

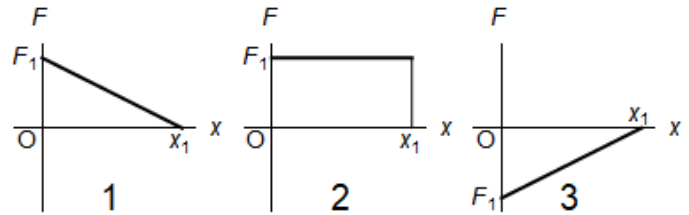
4. *Definição de força conservativa*

**Defina** forças conservativas e não conservativas e **dê exemplos** de cada tipo.

5. *Relação qualitativa entre força e potencial - formal*

Os gráficos ao lado mostram três diferentes formas (numeradas 1, 2 e 3) da dependência com a posição da única força que atua em uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$ , no sentido positivo desde a origem até  $x = x_1$ . Considere que a força é paralela ao eixo  $x$  e conservativa, e que a magnitude máxima  $F_1$  tem o mesmo valor, em módulo, em todos os gráficos.

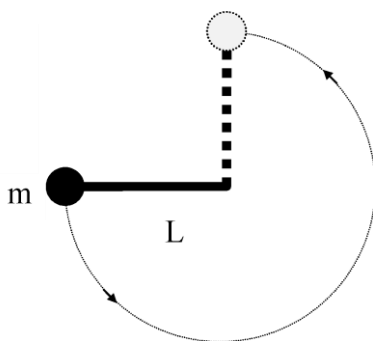
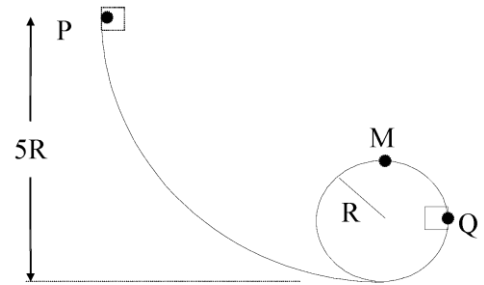
**Ordene** as situações 1, 2 e 3 de acordo com a variação da energia potencial do sistema quando  $x$  varia de 0 até  $x_1$ , da menor (ou mais negativa) para a maior (ou mais positiva).

**Conservação da energia mecânica – Energia potencial gravitacional**6. *Altura mínima de lançamento na demonstração do loop*

Um pequeno bloco de massa  $m$  escorrega ao longo de uma pista sem atrito em forma de aro, como mostra a figura ao lado. Ele parte do repouso, no ponto P, e o atrito com a pista deve ser ignorado.

Determine:

- a força resultante que atua no bloco em Q, que é o ponto mais à direita do aro.
- a menor altura do ponto P que permite ao bloco passar pelo ponto M sem descolar da pista.

7. (RHK 12-P.2). *Conservação da energia mecânica no sistema bola-haste na gravidade*

Uma bola de massa  $m$  está amarrada a uma das extremidades de uma haste rígida muito leve de comprimento  $L$ . A outra extremidade da haste está ligada a um pino, de modo que ela pode girar em torno desse pino em um plano vertical. A haste é colocada horizontalmente, conforme a figura ao lado, e então empurrada para baixo, de modo que gira em torno do pino e alcança a posição vertical com velocidade zero.

**Determine** a velocidade inicial transmitida à bola.

8. *Dissipação da energia no voo de um bumerangue a partir de dados*

Um bumerangue com 125 g é arremessado de uma altura de 1,06 m acima do solo com velocidade igual a 12,3 m/s. Quando ele alcança a altura de 2,32 m, sua velocidade é 9,57 m/s.

Determine:

- o trabalho realizado sobre o bumerangue pela força da gravidade.
- a energia cinética perdida devido à resistência do ar. Ignore o giro do bumerangue.

9. *Condição para que a bolinha amarrada em um fio dê a volta completa num plano vertical*

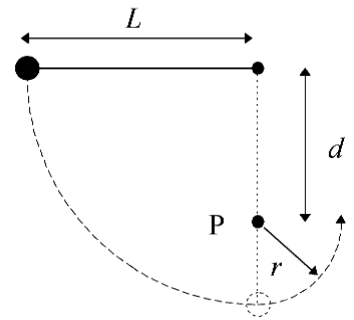
Uma bolinha amarrada a um fio de comprimento  $\ell = 1,00$  m gira num plano vertical e descreve um círculo completo, após um impulso inicial adequado. Na situação em que a velocidade no ponto mais baixo da trajetória é a mínima para que ela descreva o círculo completo, verifica-se que as tensões entre o ponto mais baixo e o ponto a  $90^\circ$  dele diferem em 4,5 N.

Determine:

- a velocidade mínima da bolinha no ponto mais baixo da trajetória.
- a massa da bolinha.

10. (RHK 12-P.8) Movimento de um pêndulo que muda de comprimento no meio da oscilação

O fio da figura ao lado tem comprimento  $L=120$  cm e a distância  $d$  ao pino fixo P é 75,0 cm. A bola é abandonada a partir do repouso na posição mostrada, oscila ao longo do arco tracejado e realiza pelo menos um círculo completo em torno do ponto P.



Determine a velocidade da bola ao chegar no:

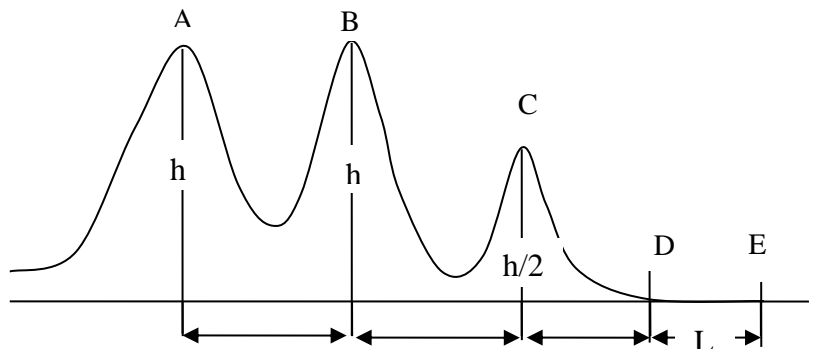
- ponto mais baixo do movimento.
- ponto mais elevado depois que o fio encosta no pino

11. (RHK 12-P.9) Movimento do pêndulo que muda de comprimento e se enrola no pino de baixo

Mostre que a condição para a bolinha do pêndulo do exercício anterior completar uma volta inteira ao redor do pino é  $d > 3L/5$ . Dica: Determine que velocidade a bolinha deve ter no alto da trajetória para que o fio não afrouxe.

12. (RHK 12-E.9) Velocidade de um carrinho na montanha russa ao longo da pista

Um carro de montanha russa, de massa  $m$ , inicia seu movimento no ponto A com velocidade  $v_0$ , como mostra a figura, movendo-se sem atrito com a pista e com o ar. Ele começa a ser freado no ponto D, com aceleração constante. O ponto E fica à mesma altura que D, à distância  $L$ . Descreva o carro como uma partícula e considere que ele permanece sempre sobre o trilho.



Determine:

- a velocidade do carro nos pontos B e C.
- a desaceleração necessária para detê-lo no ponto E.

13. Trabalho e energia cinética em um pêndulo

Um pêndulo é formado por um corpo de massa  $m = 1,0$  kg pendurado no teto por um fio de comprimento 1,0 m. O corpo é deslocado da posição de equilíbrio com o fio esticado, até que forma um ângulo  $\theta_0$  com a direção vertical, de onde é abandonado e atinge o ponto mais baixo da trajetória com velocidade  $v = 2,0$  m/s.

Considerando o deslocamento de  $\theta_0$  até a posição de equilíbrio, calcule:

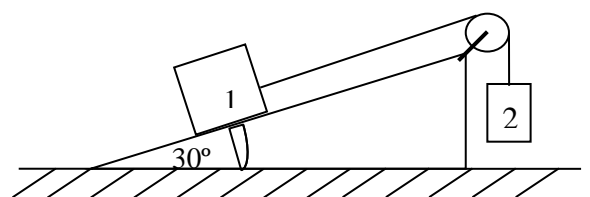
- o trabalho da força que o fio aplica no corpo (tensão) e
- o trabalho da força peso.
- Determine a posição angular  $\theta_0$  da qual o corpo foi abandonado.

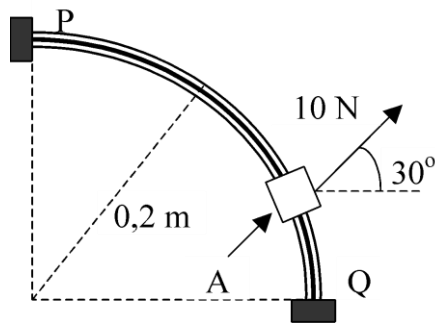
14. Energia nos blocos de um sistema com polia e plano inclinado

No sistema da figura,  $m_1 = 10$  kg e  $m_2 = 2,0$  kg. As massas da roldana e do fio devem ser ignoradas. Os blocos partem do repouso e passam a se movimentar, sem atrito. O bloco 1 leva 2,0 segundos para atingir o solo.

Determine para o bloco 1:

- a aceleração.
- a velocidade com que atinge o solo.
- o trabalho realizado para levá-lo da sua posição inicial até o solo – não deixe de discutir a ambiguidade deste item.





15. *Movimento de um anel que escorrega em um arco de arame*  
Um pequeno anel A com 1,0 kg de massa parte do repouso em P e desliza sem atrito na haste que tem a forma de um arco de circunferência de  $90^\circ$  e fixa no plano vertical, conforme mostrado na figura ao lado. A força que age no anel é constante ao longo de toda a trajetória, com módulo 10 N numa direção que forma  $30^\circ$  com a horizontal.

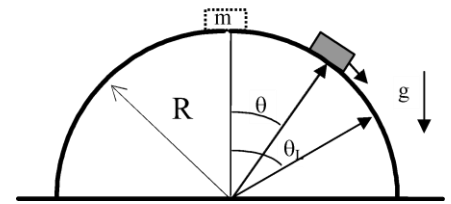
**Determine** a velocidade com que o anel bate no ponto Q.

16. *O bloco que escorrega sobre uma semiesfera, sem atrito, e descola da superfície*

Um pequeno bloco, de massa  $m$ , é abandonado no topo de uma superfície semiesférica, de raio  $R$ , sobre a qual desliza sem atrito, como mostra a figura.

Determine:

- a variação de energia potencial da massa com o ângulo.
- a energia cinética como função do ângulo.
- a velocidade do bloco quando ele passa pela posição angular  $\theta$ .
- as acelerações radial e tangencial em função do ângulo.
- a força de contato (normal), entre a superfície e o bloco,  $N(\theta)$ .
- o ângulo limite,  $\theta_L$ , a partir do qual perde contato com a superfície, e a altura correspondente a esse ângulo.

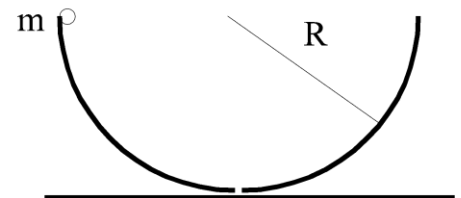


17. *Movimento de um objeto que desliza no interior de uma semiesfera*

Um pequeno objeto de massa  $m$  é solto da borda de um recipiente hemisférico de raio  $R$ , conforme a figura ao lado.

Ignore o atrito e calcule:

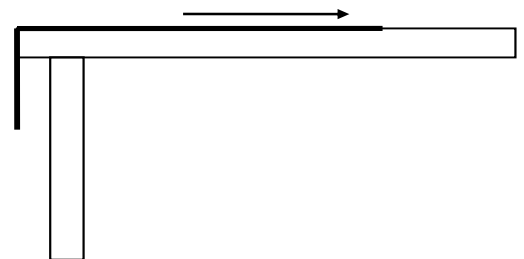
- a velocidade do objeto no fundo do recipiente.
- a força do recipiente sobre o objeto (normal), quando ele está no fundo do recipiente.
- a força do recipiente sobre o objeto (normal), quando ele está a uma altura  $R/2$  do fundo do recipiente.



18. (RHK 12-P.4) *Trabalho sobre uma corda a fim de puxá-la para cima da mesa*

Uma corrente é mantida sobre uma mesa sem atrito, ficando um quarto do seu comprimento dependurado na borda, veja figura ao lado. O comprimento da corrente é  $L$  e sua massa  $m$ . Uma força externa atua sobre a corda a fim de puxá-la para cima da mesa.

**Determine** que trabalho é realizado sobre a corda ao trazer o segmento dependurado para cima do tampo. (Obs.: *Enunciado original; o autor quer o trabalho da força externa, quando a corda é puxada com velocidade constante e quase nula.*)

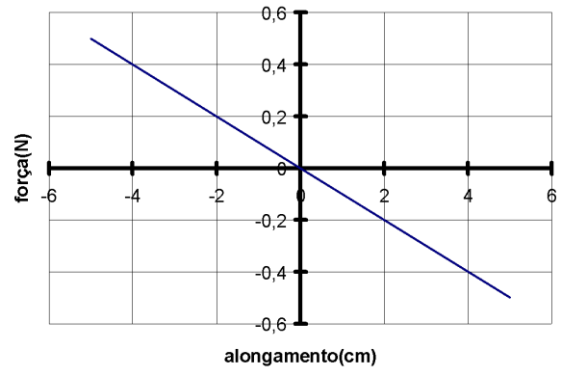


### Conservação da energia mecânica – Energia potencial elástica

19. (RHK 12-E.10) *Energia potencial e cinética numa mola – exemplo com um brinquedo*

A figura à direita mostra como a força da mola de um brinquedo que lança rolhas de 3,8 g de massa varia em função da compressão ou distensão. No primeiro lance, a mola é comprimida 5,5 cm e a rolha se separa quando passa pelo ponto de equilíbrio. No segundo lance, a rolha fica agarrada à mola até que ela se distende 1,5 cm além da sua posição de equilíbrio, separando-se nesse ponto.

**Determine** as velocidades de lançamento da rolha em cada um dos dois lances.



20. *Constante de força de um sistema de molas*

Corta-se ao meio uma mola de constante elástica  $k$ , obtendo-se duas molas idênticas de constante elástica  $k'$  cada uma.

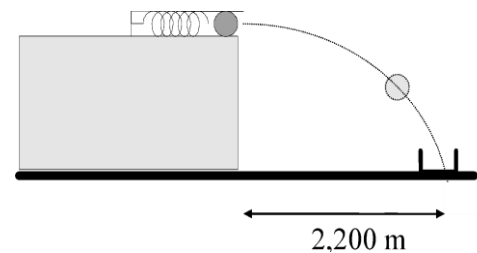
**Determine**  $k'$  em função de  $k$ .

### Conservação da energia mecânica – combinação das energias potenciais gravitacional e elástica

21. (RHK 12-E.19) *Bola caindo em uma mola*

Dois crianças atiram bolinhas de cima de uma mesa para uma caixinha colocada no chão, utilizando um brinquedo de mola. A caixinha está a uma distância de 2,20 m da mesa, mas a altura da mesa é desconhecida. Kiko comprime a mola em 1,10 cm, o que faz a bolinha cair 27,0 cm antes da caixa.

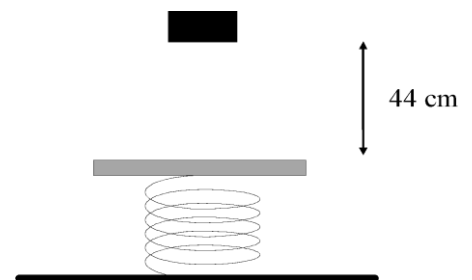
**Determine** a compressão da mola para Biba atingir o alvo e justifique o cálculo efetuado.



22. (RHK 12-E.18) *Bloco que cai sobre a mola - I*

Um bloco de 2,0 kg cai de 44 cm sobre uma mola de constante elástica  $k = 200 \text{ N/m}$ , conforme figura ao lado. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Determine** a compressão máxima produzida na mola.

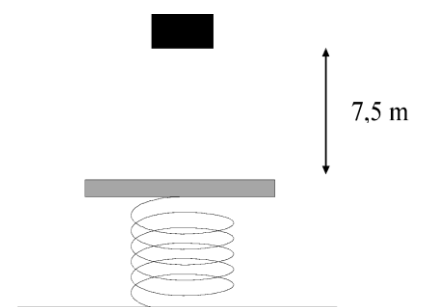


23. *Bloco que cai sobre a mola - II*

Um bloco de massa  $m = 2,0 \text{ kg}$  é largado de uma altura  $h = 7,5 \text{ m}$ , sobre uma mola de constante  $k = 1600 \text{ N/m}$ .

**Determine:**

- o valor máximo da compressão da mola.
- a velocidade máxima atingida pelo corpo.



24. (RHK 12-P.3) Bloco que desliza sobre um plano inclinado e cai sobre uma mola

Uma mola ideal, sem massa, pode ser comprimida 2,33 cm pela força de 268 N. Um bloco de massa  $m = 3,18$  kg no alto de um plano inclinado em  $\theta = 32^\circ$ , conforme a figura ao lado, é abandonado para escorregar pelo plano com velocidade inicial nula. O bloco para momentaneamente depois de ter comprimido a mola em 5,48 cm.

Determine:

- a distância que o bloco percorreu plano abaixo, entre ser abandonado e comprimir a mola ao máximo; deixe claro se sua resposta inclui, ou não, a compressão da mola.
- a velocidade do bloco pouco antes de chocar-se com a mola.

