



ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO

1. ENERGIA MECÂNICA

Um corpo ou um sistema físico qual quer tem energia mecânica, *em relação a um certo referencial*, quando tiver possibilidade de se modificar espontaneamente realizando **trabalho**. Ou seja, **energia mecânica traduz capacidade para realizar trabalho**.

Em outras palavras: um corpo tem energia mecânica, em relação a um certo referencial, quando **estiver em movimento** ou quando tiver **possibilidade de entrar em movimento**.

2. MODALIDADES DE ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica pode-se manifestar sob duas formas:

2.1. ENERGIA CINÉTICA

Consideremos uma partícula de massa **m** que, em dado instante, tem, *em relação a um determinado referencial*, velocidade escalar **v**. Pelo fato de estar em movimento, dizemos que a partícula está energizada, ou seja, dizemos que ela possui uma forma de energia denominada cinética. A energia cinética (**E_c**) é a modalidade de energia associada aos movimentos, sendo quantificada pela expressão:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

A unidade de energia cinética (e de qualquer outra forma de energia) no **SI** é o **joule (J)**, em homenagem a James Prescott Joule, um cientista inglês do século XIX. É definida a partir da equação anterior em termos das unidades de massa e velocidade:

$$1 \text{ joule} = 1J = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

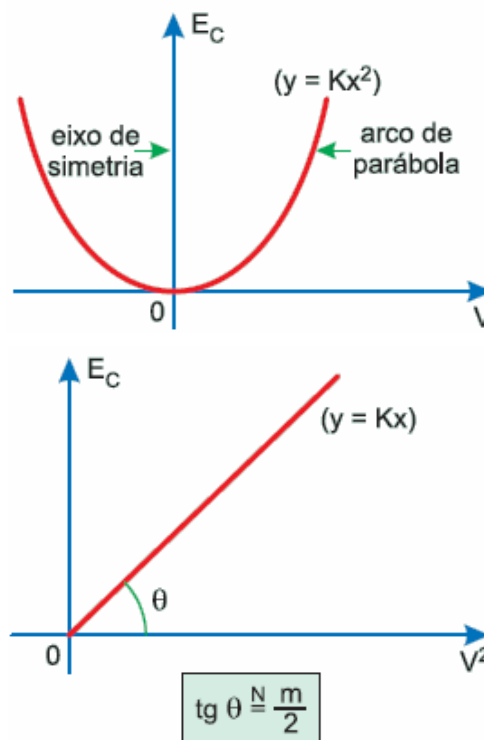
Observações:

1) A energia cinética nunca será negativa, pois $m > 0$ e $V^2 \geq 0$.

2) A energia cinética depende da velocidade e, portanto, depende do referencial adotado.

Por exemplo: um passageiro sentado no banco de um ônibus a 50km/h, em relação ao solo, tem energia cinética **nula** para um referencial ligado ao **ônibus** e energia cinética **não nula** para um referencial ligado ao **solo**.

3) Gráficos da energia cinética.



4) A energia cinética, para um corpo de massa constante, será constante se o movimento do corpo for uniforme, não importando a trajetória descrita.

EXERCÍCIOS

01. Qual a energia cinética de um automóvel de massa 800 kg com velocidade de módulo 72 km/h?

02. Uma pessoa dormindo tem energia cinética? Explique.

03. Apesar das tragédias ocorridas com os ônibus espaciais norte-americanos Challenger e Columbia, que puseram fim à vida de 14 astronautas, esses veículos reutilizáveis foram fundamentais na exploração do cosmo. Admita que um ônibus espacial com massa igual a 100 t esteja em procedimento de reentrada na atmosfera, apresentando velocidade de intensidade 10800 km/h em relação à superfície terrestre. Qual a energia cinética desse veículo?

04. A equação da velocidade de um móvel de 20 quilogramas é dada por $v=3,0 + 0,20t$ (SI). Podemos afirmar que a energia cinética desse móvel, no instante $t=10$ s, vale:

- a) 45 J
- b) $1,0 \cdot 10^2$ J
- c) $2,0 \cdot 10^2$ J
- d) $2,5 \cdot 10^2$ J
- e) $2,0 \cdot 10^3$ J

05. A massa da Terra vale $6,0 \cdot 10^{24}$ kg, aproximadamente. Se sua velocidade orbital tem intensidade média igual a 30 km/s, a ordem de grandeza da energia cinética média do planeta, em joules, é:

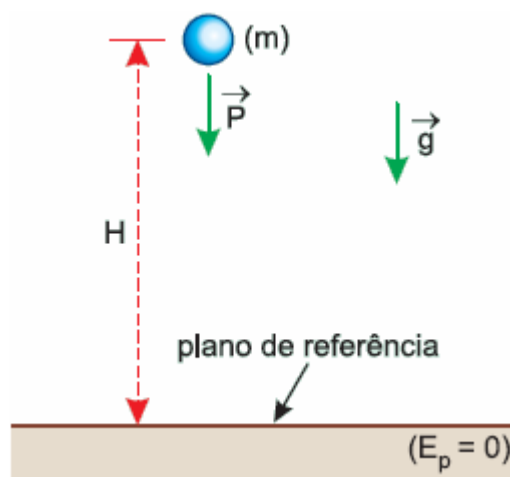
- a) 10^{30}
- b) 10^{33}
- c) 10^{35}
- d) 10^{38}
- e) 10^{40}

06. Em 1896, em Waco, Texas, William Crush posicionou duas locomotivas em extremidades opostas de uma linha férrea com 6,4 km de extensão, acedeu as caldeiras, amarrou os aceleradores para que permanecessem acionados e fez com que as locomotivas sofressem uma colisão frontal, em alta velocidade, diante de 30.000 espectadores. Centenas de pessoas foram feridas pelos destroços; várias morreram. Supondo que cada locomotiva pesava $1,2 \cdot 10^6$ N e tinha uma aceleração constante de $0,26$ m/s², qual era a energia cinética das duas locomotivas imediatamente antes da colisão?(Dado: $g = 9,8$ m/s²)



2.2. ENERGIA POTENCIAL DE GRAVIDADE

Para medirmos a energia potencial de gravidade de um corpo de massa m , situado a uma altura H , acima do plano horizontal de referência, basta calcular o trabalho do peso do corpo, de sua posição inicial até o plano de referência.



$$E_p = \pm m \cdot g \cdot H$$

Observações:

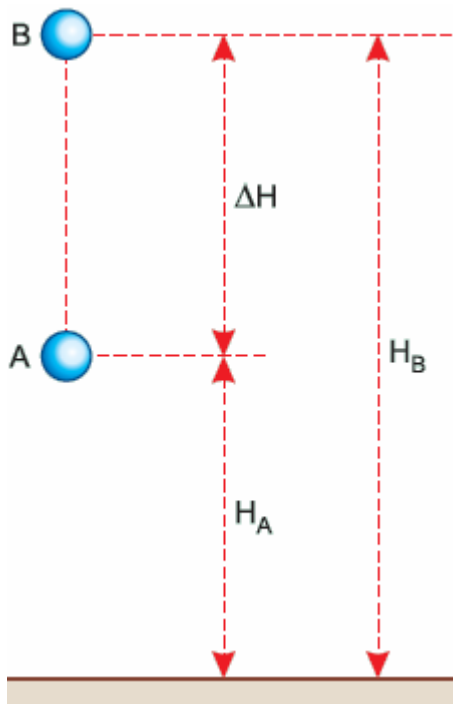
1)

$E_p > 0$: acima do plano de referência.

$E_p = 0$: no nível do plano de referência.

$E_p < 0$: abaixo do plano de referência.

2) O valor da energia potencial de gravidade depende do plano de referência, porém a **variação de energia potencial entre dois pontos não depende do plano de referência.**



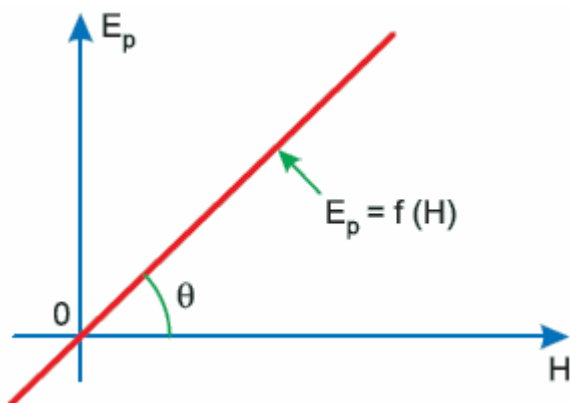
$$\Delta E_p = m.g.\Delta H$$

ΔH é a distância entre os pontos A e B e não depende do plano de referência adotado.

3) Gráfico da função

$$E_p = f(H)$$

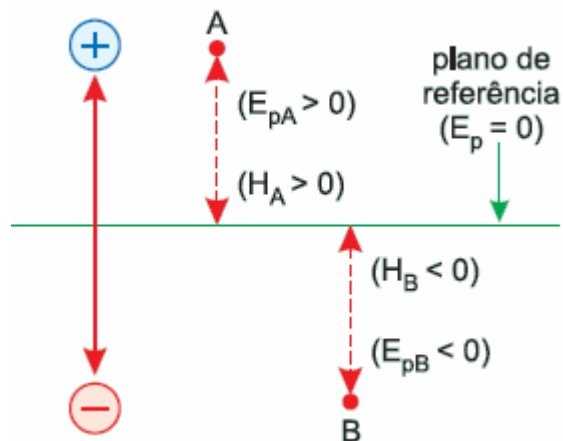
Para um corpo de peso P constante, a energia potencial de gravidade é diretamente proporcional à distância H até o plano de referência.



$$\text{tg}\theta = P$$

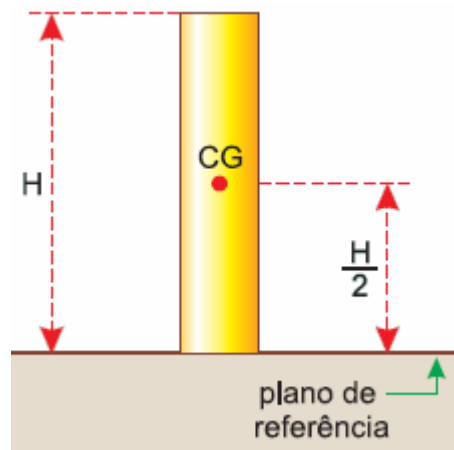
Note que, para posições abaixo do plano de referência adotado, temos:

$$H < 0 \Rightarrow E_p < 0$$



4) Quando se trata de um corpo extenso, a altura H refere-se ao centro de gravidade do corpo.

Por exemplo, consideremos um poste homogêneo de altura H e peso P .



A energia potencial de gravidade do poste, em relação ao solo, será dada por:

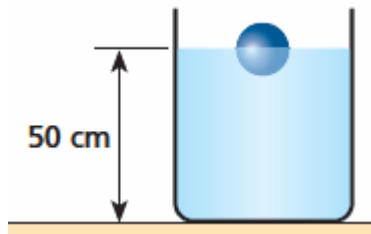
$$E_p = \frac{m.g.H}{2}$$

EXERCÍCIOS

01. Se o nosso amigo da figura a seguir conseguisse levantar o haltere de massa igual a 75 kg a uma altura de 2,0 m, em um local onde $g=10 \text{ m/s}^2$, qual a energia potencial que ele estaria transferindo para o haltere?



02. No esquema da figura, a esfera de massa 1,0 kg é homogênea e flutua na água com 50% do seu volume submerso:



Sabendo que, no local, a aceleração da gravidade vale $9,8 \text{ m/s}^2$, calcule a energia potencial de gravidade da esfera:

- em relação à superfície livre da água;
- em relação ao fundo do recipiente.

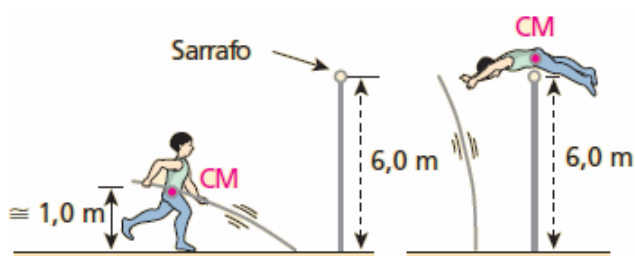
03. Uma pequena pedra de massa $2,0 \text{ kg}$ acha-se no fundo de um poço de 10 m de profundidade. Sabendo que, no local, a aceleração da gravidade tem módulo 10 m/s^2 , indique a alternativa que traz o valor correto da energia potencial de gravidade da pedra em relação à borda do poço.

- $-2,0 \cdot 10^2 \text{ J}$
- $2,0 \cdot 10^2 \text{ J}$
- -20 J
- 20 J
- Nenhuma das anteriores.

04. Um garoto chuta uma bola de massa 400 g que, em determinado instante, tem velocidade de 72 km/h e altura igual a 10 m em relação ao solo. Adotando $g=10 \text{ m/s}^2$ e considerando um referencial no solo, aponte a alternativa que traz os valores corretos da energia cinética e da energia potencial de gravidade da bola no instante considerado.

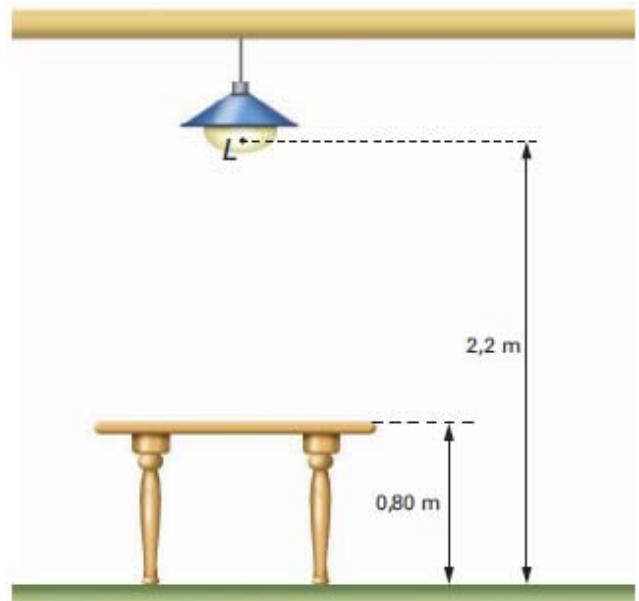
	Energia cinética (joules)	Energia potencial (joules)
a)	40	40
b)	80	40
c)	40	80
d)	80	80
e)	20	60

05. Um atleta de aproximadamente $2,0 \text{ m}$ de altura e massa igual a 60 kg realiza um salto com vara, transpondo o sarrafo colocado a $6,0 \text{ m}$ de altura.



Calcule o valor aproximado do acréscimo da energia potencial de gravidade do atleta nesse salto. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

06. O lustre da figura abaixo tem massa $m = 2,0 \text{ kg}$.



Adotando $g=10 \text{ m/s}^2$, determine a energia potencial gravitacional do lustre em relação:

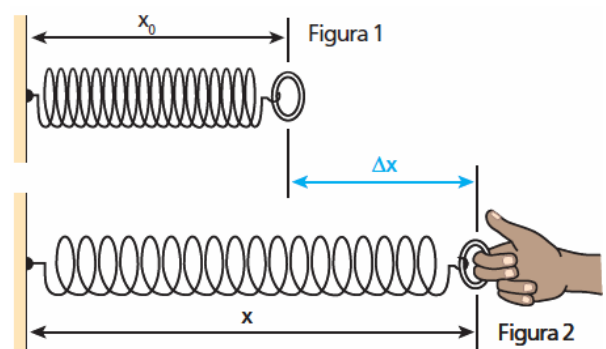
- à superfície da mesa;
- ao solo.

07. Um vaso de $2,0 \text{ kg}$ está pendurado a $1,2 \text{ m}$ de altura de uma mesa de $0,40 \text{ m}$ de altura. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a energia potencial gravitacional do vaso em relação:

- à mesa;
- ao solo.

2.3. ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

Para medirmos a energia elástica, armazenada em uma mola deformada, basta calcular o trabalho realizado por um operador, na tarefa de deformar a mola.



$$E_{pe} = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2}$$

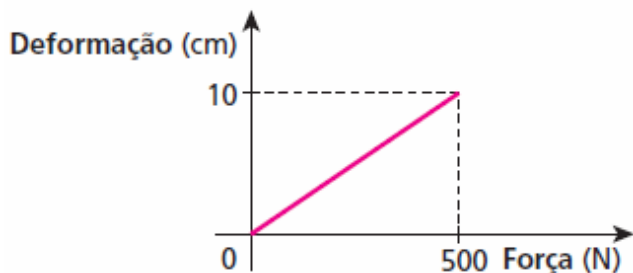
Observe que a energia potencial elástica (E_{pe}) nunca é negativa: é positiva ou nula. Ela é diretamente proporcional ao quadrado da deformação (Δx). Assim, o gráfico E_{pe} versus Δx é um arco de parábola, como representamos abaixo.



EXERCÍCIOS

01. Tractionada com 800 N, certa mola helicoidal sofre distensão elástica de 10 cm. Qual a energia potencial armazenada na mola quando deformada de 4,0 cm?

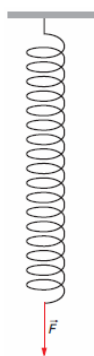
02. A deformação em uma mola varia com a intensidade da força que a traciona, conforme o gráfico abaixo:



Determine:

- a constante elástica da mola, dada em N/m;
- a intensidade da força de tração quando a deformação da mola for de 6,0 cm;
- a energia potencial elástica armazenada na mola quando esta estiver deformada de 4,0 cm.

03. A mola da figura abaixo sofre um alongamento $x = 5,0$ cm quando solicitada por uma força de módulo $F = 2,5$ N.



Determine:

- a constante elástica dessa mola em N/m;
- o alongamento sofrido por essa mola quando solicitada por uma força F de módulo $F = 6,0$ N;
- a energia potencial elástica quando a mola é alongada de 10 cm;
- o alongamento da mola para que a energia potencial elástica seja de 0,16 J.

04. Uma mola tem constante elástica $k = 25$ N/m. Pergunta-se:

- Qual o alongamento sofrido por essa mola quando solicitada por uma força de módulo 0,50 N?
- Qual o módulo da força aplicada à mola quando ela se alonga 3,0 cm?
- Qual a energia potencial elástica da mola quando alongada 10 cm?
- Qual deve ser o alongamento da mola para que ela adquira uma energia potencial elástica de 0,080 J?

3. ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica de um corpo é a soma das energias potencial e cinética.

$$E_M = E_{cin} + E_{pot}$$

A energia mecânica **depende do referencial adotado** e pode ser positiva, negativa ou nula.

4. SISTEMA DE FORÇAS CONSERVATIVO

Um sistema de forças, aplicado a um corpo, é dito **conservativo** quando não altera a energia mecânica do corpo.

SISTEMA CONSERVATIVO



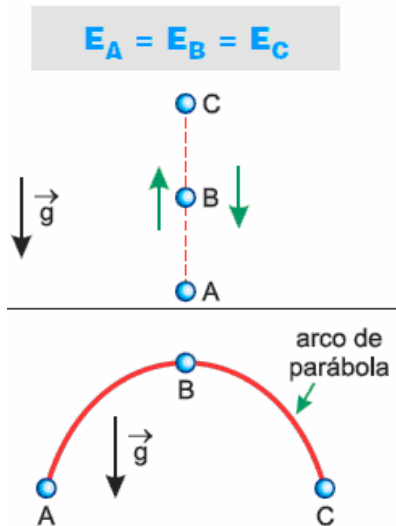
ENERGIA MECÂNICA CONSTANTE

Exemplos de sistemas conservativos:

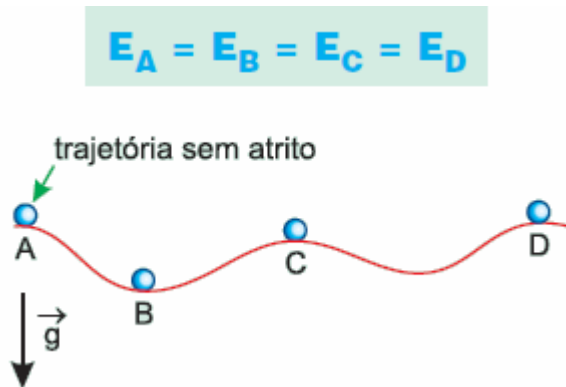
Exemplo 1: Quando um corpo está sob ação exclusiva da força de gravidade, sua energia mecânica permanece constante.

O corpo pode estar:

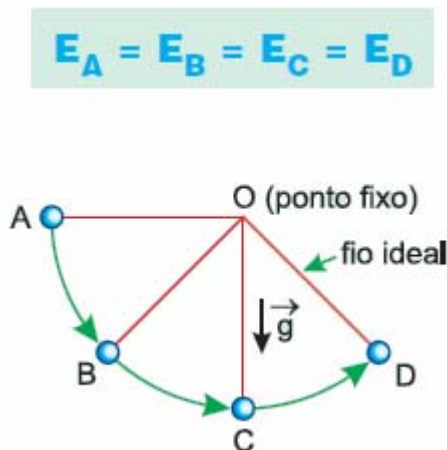
- em queda livre vertical;
- subindo verticalmente;
- em trajetória parabólica (movimento balístico);
- em movimento orbital em torno da Terra (órbita circular ou elíptica).



Exemplo 2: Quando um corpo desliza livremente ao longo de uma trajetória sem atrito, ele fica sob a ação exclusiva de seu peso e da reação normal de apoio, e sua energia mecânica permanece constante.



Exemplo 3: Quando um pêndulo ideal está oscilando, a esfera pendular fica sob a ação exclusiva de seu peso e da força aplicada pelo fio ideal, e sua energia mecânica permanece constante.



5. SISTEMAS NÃO CONSERVATIVOS

Um sistema de forças é dito **não CONSERVATIVO** quando, ao ser aplicado a um corpo, provoca aumento ou diminuição da energia mecânica do corpo.

Exemplo 1: Força de resistência do ar

Quando um corpo está em movimento sob a ação de seu peso e da resistência do ar, sua energia mecânica diminui, pois a força de resistência do ar realiza um **trabalho negativo, transformando energia mecânica em térmica.**

Exemplo 2: Força de atrito

Quando um corpo está movendo-se ao longo de uma trajetória com atrito, sob a ação exclusiva de seu peso e da força do apoio, sua energia mecânica diminui, pois a força de atrito realiza **um trabalho negativo, transformando energia mecânica em térmica.**

Exemplo 3: Colisões não elásticas

Nas colisões não elásticas (também chamadas de inelásticas ou anelásticas), há diminuição de energia mecânica com a conseqüente produção de energia térmica, energia sonora e trabalho em deformações permanentes.

Exemplo 4: Explosões

Em uma explosão, as forças internas provocam **aumento de energia mecânica**, transformando outra forma de energia (potencial química ou nuclear) em energia mecânica.

EXERCÍCIOS

01. Os valores da energia cinética em **A** e das energias potencial e mecânica em **B** são, respectivamente:

	Energia cinética (joules)	Energia potencial (joules)	Energia mecânica (joules)
Posição A		800	1000
Posição B	600		

- a) 0 J, 800 J e 1 000 J.
- b) 200 J, 400 J e 1 000 J.
- c) 100 J, 200 J e 800 J.
- d) 200 J, 1 000 J e 400 J.
- e) Não há dados suficientes para os cálculos.

02. Indique a opção que representa a altura da qual devemos abandonar um corpo de massa $m=2,0$ kg para que sua energia cinética, ao atingir o solo, tenha aumentado de 150 J. O valor da aceleração da gravidade no local da queda é $g=10$ m/s² e a influência do ar é desprezível.

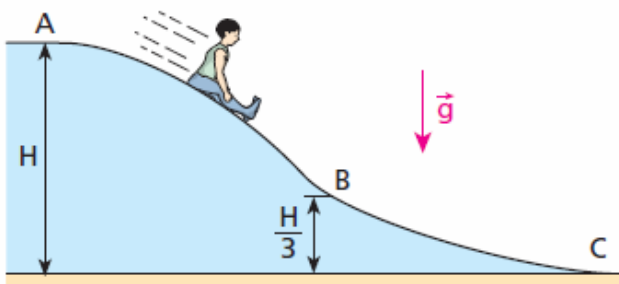
- a) 150 m

- b) 75 m
- c) 50 m
- d) 15 m
- e) 7,5 m

03. O Beach Park, localizado em Fortaleza-CE, é o maior parque aquático da América Latina situado na beira do mar. Uma de suas principais atrações é um tobogã chamado "Insano". Descendo esse tobogã, uma pessoa atinge sua parte mais baixa com velocidade de módulo 28 m/s. Considerando-se a aceleração da gravidade com módulo $g=9,8 \text{ m/s}^2$ e desprezando-se os atritos, conclui-se que a altura do tobogã, em metros, é de:

- a) 40
- b) 38
- c) 37
- d) 32
- e) 28

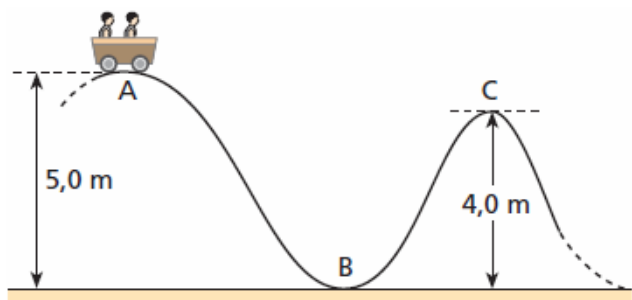
04. Um garoto de massa $m = 30 \text{ kg}$ parte do repouso do ponto **A** do escorregador perfilado na figura e desce, sem sofrer a ação de atritos ou da resistência do ar, em direção ao ponto **C**:



Sabendo que $H=20 \text{ m}$ e que $g=10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- a) a energia cinética do garoto ao passar pelo ponto **B**;
- b) a intensidade de sua velocidade ao atingir o ponto **C**.

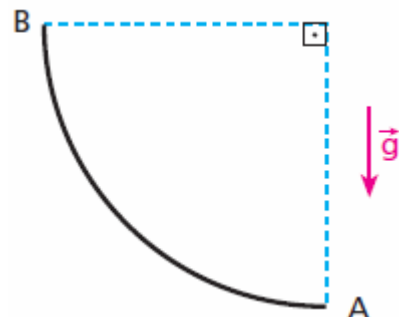
05. Numa montanha-russa, um carrinho com 300 kg de massa é abandonado do repouso de um ponto **A**, que está a 5,0 m de altura.



Supondo que os atritos sejam desprezíveis e que $g=10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- a) o valor da velocidade do carrinho no ponto **B**;
- b) a energia cinética do carrinho no ponto **C**, que está a 4,0 m de altura.

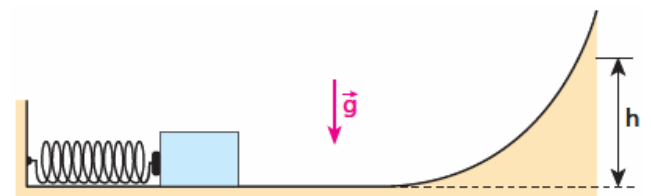
06. A pista vertical representada é um quadrante de circunferência de 1,0 m de raio.



Adotando $g=10 \text{ m/s}^2$ e considerando desprezíveis as forças dissipativas, um corpo lançado em **A** com velocidade de 6,0 m/s desliza pela pista, chegando ao ponto **B** com velocidade:

- a) 6,0 m/s.
- b) 4,0 m/s.
- c) 3,0 m/s.
- d) 2,0 m/s.
- e) nula.

07. No arranjo experimental da figura, desprezam-se o atrito e o efeito do ar:



O bloco (massa de 4,0 kg), inicialmente em repouso, comprime a mola ideal (constante elástica de $3,6 \cdot 10^3 \text{ N/m}$) de 20 cm, estando apenas encostado nela. Largando-se a mola, esta distende-se impulsionando o bloco, que atinge a altura máxima **h**.

Adotando $g=10 \text{ m/s}^2$, determine:

- a) o módulo da velocidade do bloco imediatamente após desligar-se da mola;
- b) o valor da altura **h**.

08. As árvores afetam o nosso tempo e, com isso, o nosso clima, de três maneiras básicas: reduzindo a temperatura, reduzindo o uso de energia e removendo os poluentes do ar. Grandes árvores, como o carvalho, podem evaporar 120 mil litros de água para a atmosfera a cada ano. A energia média necessária para elevar essa quantidade de água até a altura de evaporação no carvalho é de $2,4 \cdot 10^7 \text{ J}$. Tendo a aceleração da gravidade módulo

igual a 10 m/s^2 , é correto afirmar que a altura média de evaporação, para o carvalho, em metros, é:

- a) 25
- b) 20
- c) 15
- d) 10
- e) 5,0

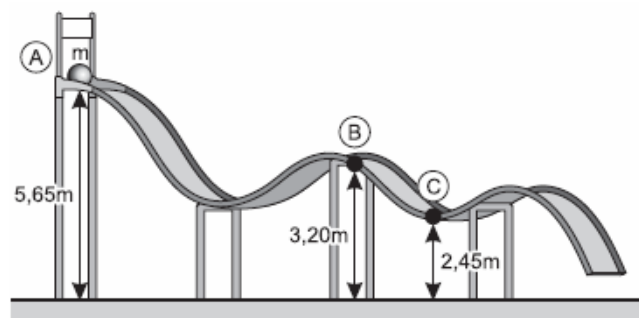
Dado: densidade da água = $1,0 \text{ kg/L}$

09. Usando pressões extremamente altas, equivalentes às encontradas nas profundezas da Terra ou em um planeta gigante, cientistas criaram um novo cristal capaz de armazenar quantidades enormes de energia. Utilizando-se um aparato chamado bigorna de diamante, um cristal de difluoreto de xenônio (XeF_2) foi pressionado, gerando um novo cristal com estrutura supercompacta e enorme quantidade de energia acumulada.

Embora as condições citadas sejam diferentes do cotidiano, o processo de acumulação de energia descrito é análogo ao da energia.

- a) armazenada em um carrinho de montanha-russa durante o trajeto.
- b) armazenada na água do reservatório de uma usina hidrelétrica.
- c) liberada na queima de um palito de fósforo.
- d) gerada nos reatores das usinas nucleares.
- e) acumulada em uma mola comprimida.

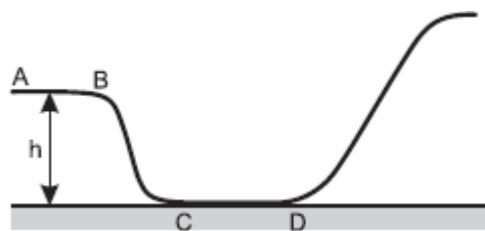
10. Uma partícula com massa de 200 g é abandonada, a partir do repouso, no ponto A da figura. Desprezando-se o atrito e a resistência do ar, pode-se afirmar que as velocidades escalares nos pontos B e C são, respectivamente:



Adote $g = 10,0 \text{ m/s}^2$.

- a) $7,0 \text{ m/s}$ e $8,0 \text{ m/s}$
- b) $5,0 \text{ m/s}$ e $6,0 \text{ m/s}$
- c) $6,0 \text{ m/s}$ e $7,0 \text{ m/s}$
- d) $8,0 \text{ m/s}$ e $9,0 \text{ m/s}$
- e) $9,0 \text{ m/s}$ e $10,0 \text{ m/s}$

11. Um esquetista treina em uma pista cujo perfil está representado na figura abaixo. O trecho horizontal AB está a uma altura $h = 2,4 \text{ m}$ em relação ao trecho, também horizontal, CD. O esquetista percorre a pista no sentido de A para D. No trecho AB, ele está com velocidade constante, de módulo $v = 4,0 \text{ m/s}$; em seguida, desce a rampa BC, percorre o trecho CD, o mais baixo da pista, e sobe a outra rampa até atingir uma altura máxima H , em relação a CD. O módulo da velocidade do esquetista no trecho CD e a altura máxima H são, respectivamente, iguais a:



- a) $5,0 \text{ m/s}$ e $2,4 \text{ m}$
- b) $7,0 \text{ m/s}$ e $2,4 \text{ m}$
- c) $7,0 \text{ m/s}$ e $3,2 \text{ m}$
- d) $8,0 \text{ m/s}$ e $2,4 \text{ m}$
- e) $8,0 \text{ m/s}$ e $3,2 \text{ m}$

12. Um corpo é abandonado de uma altura de 20 m em relação ao solo. Despreze a resistência do ar e determine o módulo da velocidade com que ele atinge o solo por meio do princípio da conservação da energia mecânica. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

13. Na figura a seguir a esfera de massa m , presa por um fio inextensível e de massa desprezível, forma um pêndulo simples que é abandonado na posição A. Sabendo que o comprimento desse pêndulo é $0,80 \text{ m}$, determine o módulo da velocidade da esfera ao passar pelo ponto mais baixo da trajetória (B). (Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e suponha desprezível a resistência do ar.)

