

## UNIDADE VI: Trabalho e Energia Mecânica

### 6.1- Introdução

Embora não se tenha uma definição de energia, podemos dizer que a presença de energia implica a possibilidade de produzir movimento. A energia que uma pessoa armazena ao alimentar-se, por exemplo, possibilita o funcionamento de seus órgãos, permite que ela se movimente e mova outros corpos. A energia dos combustíveis usados nos automóveis também possibilita seus movimentos. Da mesma forma, a energia elétrica produzida por uma bateria possibilita o movimentos de elétrons em fios condutores.

É de fundamental importância o Princípio da Conservação da Energia: não se cria nem se destrói energia; o que ocorre frequentemente é a **conversão** de uma modalidade de energia em outra.

Para exemplificar conversões de energia, consideremos uma mola elástica relaxada, ou seja, não deformada (**figura 1**).

Uma pessoa gasta uma parcela de sua energia para comprimir essa mola. Para isso, exerce na mola uma **força** e provoca um **deslocamento** de sua extremidade: dizemos que essa força realiza um **trabalho**. Esse trabalho corresponde à energia transferida da pessoa para a mola. A (**figura 2**) representa um carrinho **C**, colocado junto à mola comprimida. Ele só não se move porque a trava **T** não permite.

A mola comprimida armazena de fato energia, já que é capaz de produzir movimento. Essa energia, porém, não se manifesta, a menos que se retire a trava **T**. Por isso, a energia armazenada na mola é denominada **energia potencial**, isto é, que pode manifestar-se. O nome completo dessa energia é **energia potencial elástica**  $E_{pe}$ , porque está armazenada num corpo elástico deformado.

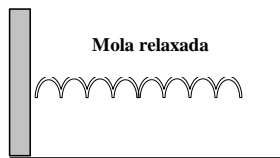
Retirando a trava, a energia potencial da mola se manifesta: a mola se distende, exercendo uma **força** no carrinho e produzindo um **deslocamento**. Novamente temos uma força realizando **trabalho**, e esse trabalho corresponde à energia transferida da mola para o carrinho (**figura 3**).

A energia que o carrinho adquiriu é denominada **energia cinética** ( $E_c$ ): é a energia que um corpo possui por estar em movimento.

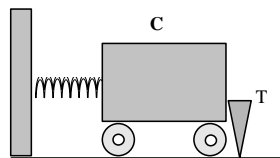
Em um ponto qualquer entre a mínima deformação da mola e a máxima deformação da mola, teremos no problema as duas energia juntas, a cinética referente ao movimento do carrinho e a potencial referente a compressão da mola. A soma destas duas energias chamamos de energia mecânica.

$$E_m = E_c + E_p$$

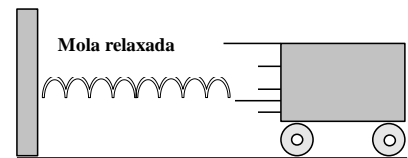
É importante salientar que tanto o trabalho como as diversas formas de energia são grandezas escalares.



(Figura 1) Plano liso



(Figura 2) Plano liso

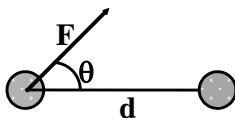


(Figura 3) Plano liso

**6.2- Trabalho de uma Força Constante:** Consideremos Uma força constante **F** atuando numa partícula enquanto ela sofre um deslocamento **d**, do ponto **A** ao ponto **B**. O trabalho realizado por essa força nesse deslocamento, sendo  $\theta$  o ângulo entre **F** e **d**, é a grandeza escalar  $\tau_F$ , definida por:

(Unidade no **SI**: joule = J

(J = N . m)



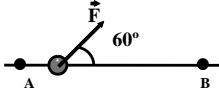
**Casos particulares:**

- Se  $\theta = 0$  :  $\tau = F \cdot d \cdot \cos 0 = +F \cdot d$
- Se  $\theta = 180^\circ$  :  $\tau = F \cdot d \cdot \cos 180^\circ = -F \cdot d$
- Se  $\theta = 90^\circ$  :  $\tau = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = 0$

O trabalho é **positivo** (ou motor) quando **F** atua a favor de **d** ( $0 \leq \theta < 90^\circ$ ) e **negativo** (ou resistente) quando **F** atua contra **d** ( $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ). Com exceção de algumas forças denominadas forças conservativas, que serão estudadas mais adiante, podemos dizer que o trabalho é positivo quando a força atua de modo a aumentar a quantidade de energia mecânica e é negativo quando ela atua de modo a fazer essa quantidade de energia diminuir.

**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:**

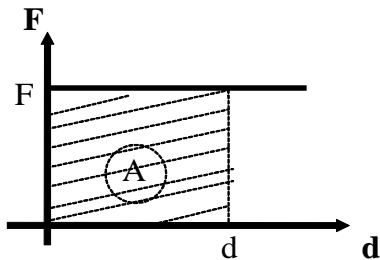
01) Uma força  $F$ , constante, de intensidade 50 N, atua sobre um ponto material como se vê na figura abaixo. Calcule o trabalho realizado por essa força quando a partícula se desloca de **A** a **B**, percorrendo 10 m.



02) Um corpo de massa  $m = 2,0$  kg é lançado sobre a superfície horizontal de uma mesa, parando após percorrer 10 m. Sendo o coeficiente de atrito entre o corpo e a mesa  $\mu = 0,4$ , determine o trabalho realizado pela força de atrito sobre o corpo. Adote  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

**6.3 - Cálculo do trabalho de uma força não constante:**

Suponha que uma força constante esteja atuando em um corpo, paralelamente a direção do deslocamento e no mesmo sentido do mesmo. Se construirmos um gráfico  $F \times d$ , teremos:



Se calcularmos a área compreendida entre o eixo  $d$  e a força  $F$ , que é constante, no deslocamento entre 0 e  $d$ , teremos:

$$A = b \cdot h$$

$$A = d \cdot F$$

Se fossemos calcular o trabalho diretamente utilizando a fórmula de trabalho teríamos:

$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta$  - como a força é paralela ao deslocamento teremos  $\theta = 0^\circ$   $\cos 0^\circ = 1$

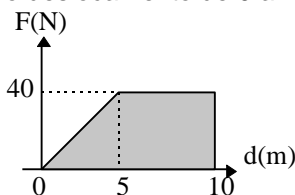
então  $\tau = F \cdot d$

**Conclusão: O trabalho é numericamente igual a área hachurada do gráfico.**

Esta conclusão é válida também para quando a força não for constante. Para se conhecer o trabalho, basta calcular a área da figura que será formada no gráfico no intervalo do deslocamento em que se queira calcular.

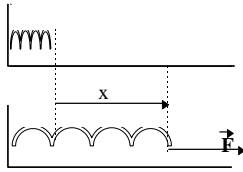
**EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM:**

03) O gráfico abaixo nos dá a intensidade da força que atua sobre um ponto material. Sabendo que a mesma atua na mesma direção e no mesmo sentido do movimento, determine o trabalho realizado por ela no deslocamento de 0 a 10 m.



**6.4 - Trabalho realizado pela força elástica:**

Quando aplicamos a uma mola uma força **F**, provocando na mesma uma determinada deformação **x**, verificamos que a intensidade da força é diretamente proporcional à deformação provocada.

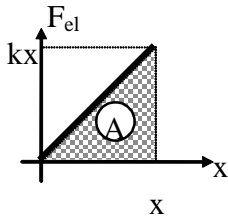


(Figura 4)

Na figura 4 ao lado vemos uma mola não deformada e depois ela deformada de **x**, que é a deformação da mola medida a partir da situação sem deformação.

Como já vimos na Lei de Hooke, a intensidade da força é diretamente proporcional à deformação da mola  $F = k \cdot x$  onde **k** é a constante elástica da mola.

Para obtermos o trabalho realizado pela força elástica da mola, recorreremos ao gráfico força  $\times$  deslocamento (Figura 5). Como a área é numericamente igual ao trabalho teremos:



(Figura 5)

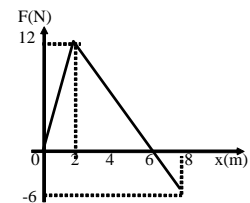
$$A = \tau, \text{ mas } A = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{x \cdot kx}{2} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

**Conclusão:** O trabalho realizado pela força elástica é dado por  $\tau = \frac{kx^2}{2}$

**EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM:**

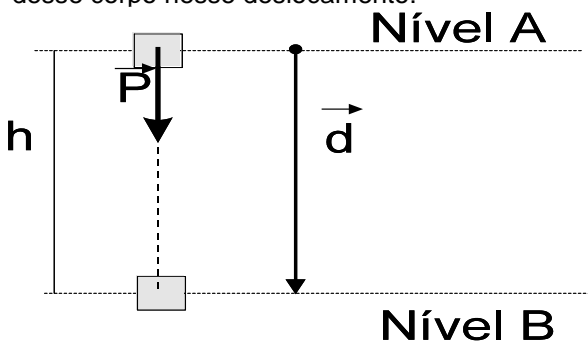
04) O gráfico ao lado representa, em função de **x**, os valores de **F** relativos ao deslocamento de um móvel de massa 2 kg. Nesse gráfico, valores positivos de **F** significa que a força atua no mesmo sentido do eixo, enquanto valores negativos de **F** significa que ela atua em sentido oposto ao de **x**. Calcule:

- a) O trabalho  $\tau_F$  realizado pela força **F** de  $x = 0$  a  $x = 8$  m;
- b) a aceleração máxima do objeto.

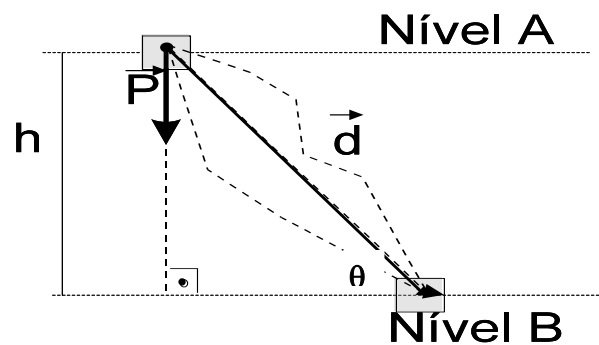


**6.5 - Trabalho do Peso:**

Consideremos um corpo que se desloca do nível horizontal **A** ao nível horizontal **B** nas duas situações a seguir. Sendo **h** o desnível entre **A** e **B**, determinemos o trabalho  $\tau_P$  realizado pelo peso **P** desse corpo nesse deslocamento:



$$\tau_P = P \cdot d = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$



$$\tau_P = P \cdot \underbrace{d \cdot \text{sen } \theta}_H = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

Observe que  $\tau_p$  depende de  $P^{**}$  e do desnível  $h$  entre as posições inicial e final, mas **não depende da trajetória**.

### EXERCÍCIO DE APRENDIZAGEM:

05) Você lança um corpo de massa 2 kg verticalmente para cima e ele atinge uma altura máxima de 5 m. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine:

- qual foi o trabalho da força peso na subida;
- qual foi o trabalho da força peso na descida;
- qual foi o trabalho total.

## 6.6 - Energia Potencial:

### 6.6.1- Energia potencial gravitacional:

Como vimos na seção anterior, o corpo quando se encontra na altura  $h$ , dizemos que a força peso tem a capacidade de realizar um trabalho igual a  $m \cdot g \cdot h$ . Podemos então falar que o corpo quando se encontra na altura  $h$  ele terá uma capacidade de realizar trabalho, portanto ele terá uma energia denominada de **energia potencial gravitacional** que será igual ao trabalho que o corpo poderá realizar ao cair. Portanto a energia potencial gravitacional de um corpo que se encontra a uma altura  $h$  do solo é dada por:

$$E_P = m \cdot g \cdot h$$

Se você fizer uma força contra o peso para que o corpo suba, ele então terá uma energia potencial aumentada. O acréscimo desta energia será igual ao trabalho que você realizou sobre o corpo. Portanto podemos escrever que o trabalho realizado sobre o corpo é igual a variação da energia potencial sofrida pelo corpo.

$$\tau = \Delta E_P = E_{pf} - E_{pi}$$

**obs.** As forças conservativas quando realizam um trabalho negativo significa que a energia potencial está aumentando. Note que no exemplo que eu dei, quando o corpo está subindo a força peso realiza um trabalho negativo. Sendo assim o corpo ganha altura e logicamente ganhará também energia potencial. Já quando o corpo está descendo, o peso realiza um trabalho positivo. A altura diminui e por conseqüência a energia potencial gravitacional também diminui.

### 6.6.2 - Energia potencial elástica:

Aproveitando as Figuras 1, 2 e 3 da seção 6.1, entendemos que na **figura 1** a mola está relaxada, portanto não tem energia. Ao empurrar o carrinho para que ele comprima a mola **figura 2**, a mola irá fazer uma força contra o movimento do carrinho. Como a força elástica é uma força conservativa e o trabalho da força elástica é negativo, isto significa que a mola irá adquirir uma energia potencial que denominamos de **energia potencial elástica**. Esta energia fica acumulada na mola e ela passa a ter a capacidade de realizar

um trabalho igual a  $\tau_{el} = \frac{k \cdot x^2}{2}$  como vimos na seção 6.4. Portanto podemos concluir que a energia

potencial armazenada na mola é dada por  $E_{pel} = \frac{k \cdot x^2}{2}$ . Ela dependerá da constante elástica da mola e da

elongação da mesma. Bom na **figura 3** a mola descarrega sua energia, passando esta energia para o carrinho, que por sua vez ganha velocidade. Dizemos então que esta energia foi transferida para o carrinho em forma de **energia cinética (energia de movimento)** que veremos na seção 6.7.

\*\* O peso foi suposto uma força constante porque consideramos **uniforme** o campo gravitacional na região do deslocamento, isto é, consideramos **g** igual em todos os pontos por onde o corpo passa.

<sup>1</sup> Quando o trabalho de uma força não depende da trajetória, dizemos que esta é uma força conservativa. Na mecânica teremos como forças conservativas a força peso e a força elástica de uma mola.

**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:**

06) Calcule a energia potencial elástica armazenada numa mola de constante elástica  $k = 1\,000\text{ N/m}$ , quando ela está:

- a) distendida elasticamente de  $x = 20\text{ cm}$ ;  
b) relaxada.

07) Suponha que a mola do exercício anterior seja colocada na vertical comprimida dos mesmos  $20\text{ cm}$  e sobre ela um corpo de massa  $1\text{ kg}$ . Liberada a mola, ela jogará o corpo para cima. Desprezando qualquer suposto atrito, qual será a altura que o corpo alcançará?

**6.7 - Energia Cinética:**

Consideremos uma partícula submetida a ação de uma força resultante  $F$ . O trabalho que esta força irá realizar durante um deslocamento  $d$  será dado por:  $\tau = F \cdot d$

Pela segunda lei de Newton temos que  $F = m \cdot a$ , então a fórmula do trabalho poderá ser:  $\tau = m \cdot a \cdot d$

O termo  $(a \cdot d)$  poderá ser colocado em função da velocidade, uma vez que a energia cinética é a energia de movimento e nada melhor do que a velocidade para descrever um movimento:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d \Rightarrow a \cdot d = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$$

Então o trabalho poderá ser dado por:  $\tau = m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2} \Rightarrow$  ou ainda  $\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$

Os termos  $\frac{mv^2}{2}$  e  $\frac{mv_0^2}{2}$  são denominados de **Energia cinética final** e **Energia cinética inicial**.

Quando você quiser saber da energia cinética num determinado instante basta usar:  $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$

**6.7.1 - Teorema da energia cinética:**

Já vimos que  $\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$ . Este é o **teorema da energia cinética**.

**Teorema da Energia Cinética**

O trabalho realizado pela força resultante que atua sobre um corpo é igual à variação de energia cinética sofrida por esse corpo.

$$\tau = E_{cf} - E_{ci}$$

**6.8 - Energia Mecânica:**

Energia mecânica  $E_m$  de um sistema de corpos é a soma de todas as energias presentes no sistema. Energias potenciais (gravitacionais e elásticas), energia cinética. Para sistemas que agem forças conservativas podemos dizer que a **Energia Mecânica inicial é igual a Energia Mecânica final**.

$$E_M = E_c + E_P$$

**obs.** Na maioria dos problemas envolvendo Energia Potencial e Energia Cinética, pode-se considerar que  $E_{mi} = E_{mf}$ , ou seja  $E_{ci} + E_{pi} = E_{cf} + E_{pf}$ . Caso exista alguma força dissipativa, por atrito, acrescenta-se o trabalho dessa força dissipativa à  $E_{mf}$  para que se continue valendo a igualdade. Sendo assim pode-se ter:

$$E_{mi} = E_{mf} + E_d$$

**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:**

08) Um corpo de massa igual a 6 kg está movendo com uma velocidade constante de 4 m/s. Qual a energia cinética do corpo?

09) Um garoto abandona uma pedra de massa 20 g do alto de um viaduto de 5 metros de altura em relação ao solo. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  calcule a velocidade da pedra ao atingir o solo.

10) Um pêndulo de massa 1 kg é levado à posição horizontal e então abandonado. Sabendo que o fio tem um comprimento de 0,8 m e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule a velocidade do pêndulo quando passar pela posição de altura mínima.

11) Uma mola de constante elástica de 10 N/m não está submetida a forças de distensão nem de compressão. Para comprimi-la de 10 cm, qual o trabalho que é necessário realizar?

12) Quando um corpo se move com MCU:

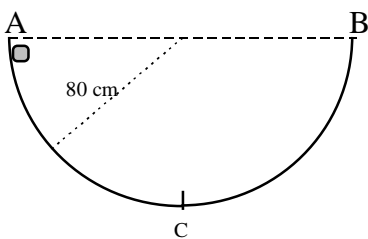
- a) o trabalho realizado pela resultante centrípeta é nulo.  
b) o trabalho realizado pela resultante centrípeta é  $mv^2$ .  
c) o trabalho realizado pela resultante centrípeta é  $\frac{1}{2}mv^2$ .  
d) não há aceleração sobre o corpo.  
e) o vetor velocidade é constante.

13) (Vianna-JF) - Um corpo em movimento horizontal, com velocidade constante de 5,0 m/s bate em obstáculo e transforma 80% de sua energia cinética na forma de calor. A energia calorífica gerada foi de 12 J. Calcule a massa do corpo.

14) Em 1751 um meteorito de massa 40 kg caiu sobre a Terra, penetrando a uma profundidade de 1,8 m. Investigações sobre a força resistiva do solo nas vizinhanças da colisão mostraram que o valor desta foi  $5,0 \times 10^5$  N. Calcule o módulo da velocidade aproximada com que o meteorito chegou à superfície da Terra.

15) Um esquiador de massa 60 kg desliza de uma encosta, partindo do repouso, de uma altura de 50 m. Sabendo que sua velocidade ao chegar ao fim da encosta é de 20 m/s, calcule a perda de energia devida ao atrito. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

16) Abandonado do topo de uma superfície semicilíndrica e sem atrito, um cubo de gelo desliza para a frente e para trás entre os pontos A e B. A massa do cubo é 12 g e o raio do semicilindro é 80 cm. Determine:



- a) a velocidade do cubo ao passar por C;  
b) a reação normal do apoio sobre o cubo de gelo no ponto C.

### 6.9 - Potência:

Consideremos duas pessoas que realizam o mesmo trabalho. Se uma delas leva um tempo menor que a outra para a realização desse trabalho, tem de fazer um esforço maior e, portanto, dizemos que desenvolveu uma potência maior. Vejamos dois casos para exemplificar:

- Um carro é mais potente que outro quando ele "arranca" mais rapidamente, isto é, atinge uma grande velocidade num intervalo de tempo menor.

- Um aparelho de som é mais potente que outro quando ele transforma mais energia elétrica em sonora num menor intervalo de tempo.

Uma máquina não é caracterizada não pelo trabalho que efetua, mas pelo trabalho que pode efetuar em determinado tempo; daí a noção de potência.

Define-se potência média o quociente do trabalho desenvolvido por uma força e o tempo gasto em realizá-lo.

Sua expressão matemática é:

$$P_{ot} = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Efetuada algumas transformações, podemos escrever:

$$P_{ot} = \frac{F \cdot d}{\Delta t} = F \cdot v_m$$

Em que:

- $P_{ot}$  e' a potência me' dia;
- $\tau$  e' o trabalho realizado;
- $\Delta t$  e' o intervalo de tempo;
- $F$  e' a força;
- $v_m$  e' a velocidade me' dia.

Quando o tempo gasto na realização de um trabalho é muito pequeno ( $\Delta t \rightarrow 0$ ), e fica assim caracterizada a potência instantânea:

$$P_{ot} = F \cdot v$$

A unidade de potência no Sistema Internacional é o watt, que se indica pela letra W. As duas outras unidades de potência são o cavalo-vapor e o horse-power, cujas relações são:

$$1 \text{ CV} \cong 735 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} \cong 746 \text{ W}$$

Como o watt é uma unidade de potência muito pequena, mede-se a potência em unidades de 1 000 W, denominadas de quilowatts.

$$1 \text{ kW} = 1 \text{ 000 W}$$

Os números 1 300, 1 600, 1.0, 2.0, 125 cc e 400 cc, que representam a potência de um carro ou moto, indicam o deslocamento em volume, efetuado pelos pistões, dentro dos cilindros do motor; indicam, portanto, o trabalho realizado por eles dentro dos cilindros.

### **EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:**

- 17) Calcular a potência média desenvolvida por uma pessoa que eleva a 20 m de altura, com velocidade constante, um corpo de massa 5 kg em 10 s. Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- 18) Determine a potência desenvolvida pelo motor de um carro de peso  $6 \cdot 10^3 \text{ N}$ , ao subir uma rampa inclinada de  $30^\circ$  com a horizontal, com uma velocidade constante de 72 km/h. Despreze os atritos.



**6.10 - Rendimento:**

Na realidade na maioria das vezes que uma máquina realiza um trabalho, parte da energia total fornecida para a máquina é dissipada por algum motivo (atrito, combustão inadequada, etc.). Sendo assim podemos considerar esta perda no problema pela seguinte relação:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

- $\eta$  é o rendimento da máquina
- $P_u$  é a potência útil (o que se aproveita)
- $P_t$  é a potência total recebida

A potência total é a soma da potência útil com a potência dissipada:  $P_t = P_u + P_d$

**obs.**

1. Como o rendimento é o quociente entre duas grandezas de mesma unidade, ele é adimensional, isto é, não tem unidade
2. O rendimento pode ser expresso em porcentagem.
3. O rendimento é sempre menor do que 1 e maior ou igual a zero, isto é,  $0 \leq \eta < 1$ .

**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:**

19) O rendimento de uma máquina é de 80%. Sabendo-se que ela realiza um trabalho de 1 000 J em 20 s, determinar a potência total consumida pela máquina.

20) O motor de um carro tem potência útil 80 HP. Qual a força aplicada no carro quando ele se desloca com velocidade constante de 90 km/h ?

21) Um motor de 50 HP utiliza efetivamente em sua operação 40 HP. Qual o seu rendimento?

22) Que potência absorve um motor de 40 CV, trabalhando em plena carga, se o seu rendimento é 0,7?

**EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO:****1ª PARTE: PROBLEMAS**

01) Complete as lacunas abaixo:

a) Todo corpo em movimento possui energia \_\_\_\_\_. Quanto maior a velocidade do corpo \_\_\_\_\_ será sua energia cinética. Quanto maior a massa do corpo \_\_\_\_\_ será sua energia cinética. A energia cinética é proporcional ao \_\_\_\_\_ da velocidade.

b) Um corpo largado a uma certa altura em relação a superfície da Terra, entra em movimento; isto porque o corpo armazena uma forma de energia denominada energia \_\_\_\_\_. Quanto maior a altura em relação ao nível de referência (superfície da Terra), \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional. Quanto maior a massa do corpo \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional. Quanto maior o campo gravitacional ( $g$ ), \_\_\_\_\_ será a energia potencial gravitacional.

Um corpo preso a uma mola deformada (comprimida ou distendida), sente a ação de uma força denominada força \_\_\_\_\_. Quanto maior a deformação sofrida pela mola \_\_\_\_\_ será a força elástica. Quanto maior a constante elástica da mola, \_\_\_\_\_ será a força elástica.

Se um corpo está preso a uma mola deformada, quando largado, entra em movimento; isto porque a mola armazena uma forma de energia denominada energia \_\_\_\_\_. Quanto maior a deformação sofrida pela mola \_\_\_\_\_ será sua energia potencial elástica. Quanto maior a constante elástica da mola \_\_\_\_\_ será a energia potencial elástica.

c) Definimos energia mecânica como a \_\_\_\_\_ da energia cinética e a \_\_\_\_\_. Se o sistema for isento de forças de atrito, a energia mecânica é \_\_\_\_\_. Este é o princípio da \_\_\_\_\_ da energia mecânica.

d) A grandeza física que nos informa sobre a variação da energia de um corpo chama-se \_\_\_\_\_. Uma força realiza trabalho quando promove um \_\_\_\_\_. Se o trabalho realizado por uma força for positivo ele é denominado de trabalho \_\_\_\_\_ e se for negativo será denominado de trabalho \_\_\_\_\_. O trabalho realizado por uma força é igual a variação da \_\_\_\_\_ do corpo.

e) A grandeza física que nos informa a rapidez na transformação de energia ou a rapidez na realização do trabalho é denominada \_\_\_\_\_. Quanto maior trabalho realizado num certo intervalo de tempo \_\_\_\_\_ é a potência. Quanto maior o tempo para a realização de um certo trabalho, \_\_\_\_\_ é a potência.

Denomina-se força conservativa, aquela cujo trabalho realizado \_\_\_\_\_ da trajetória seguida pelo corpo. A força gravitacional, elástica e elétrica são denominadas forças \_\_\_\_\_. A força de atrito \_\_\_\_\_ conservativa pois o trabalho realizado \_\_\_\_\_ da trajetória.

02) Um sorveteiro empurra seu carrinho, cuja massa é igual a 40 Kg, aplicando-lhe uma força horizontal de 30 N e deslocando-o por 100 metros. Qual o trabalho realizado pelo sorveteiro? (Despreze o trabalho da força de atrito).

03) Um corpo de massa 2 Kg é arrastado horizontalmente por uma força horizontal de 10 N, percorrendo a distância de 4m, numa superfície cujo coeficiente de atrito com o corpo é 0,2. Qual o trabalho realizado por cada uma das forças que atuam no corpo?

04) Uma força de 100 N é aplicada a um corpo, deslocando-o 6m na direção do deslocamento em 2 min. Determine a potência desta força.

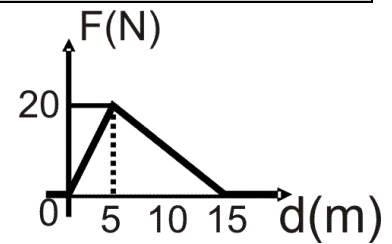
05) Uma pessoa caminha horizontalmente, carregando uma mala. A mala pesa 70 N. Qual o trabalho realizado pela força-peso, se o deslocamento horizontal foi de 20 metros?

06) Um guindaste suspende um automóvel de 500 Kg de massa a uma altura de 5 metros, num local em que a aceleração da gravidade é de  $10 \text{ m/s}^2$ . Determine o trabalho realizado:

a) pela força-peso.

b) pela força exercida pelo guindaste.

07) O gráfico ao lado representa a variação de uma força que atua na direção do deslocamento, em função desse deslocamento. Determine o trabalho realizado.



08) Um corpo de peso  $P = 100 \text{ N}$  cai num lugar onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual a energia cinética do corpo em unidades S.I., 5 segundos após o início da queda?

09) Um projétil de  $10 \text{ g}$  abandona o cano de um fuzil, em posição horizontal, com velocidade de  $800 \text{ m/s}$ . Qual o trabalho realizado pelos gases da combustão da pólvora, no interior do cano?

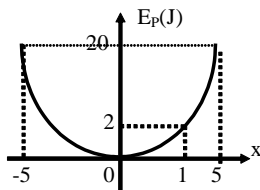
10) Lança-se um bloco de baixo para cima, verticalmente, e ele atinge uma altura  $h$  e retorna ao solo. Sendo  $m$  a massa do bloco, qual o trabalho realizado pelo peso da ida e na volta?

11) Um pêndulo simples de 2 metros de comprimento passa pelo ponto inferior da sua trajetória com uma velocidade tal que a força centrípeta é igual ao peso. Determine:

- Qual a relação entre a tração no fio e o peso da partícula no ponto mais baixo da trajetória;
- Até que altura se elevará acima desse ponto.

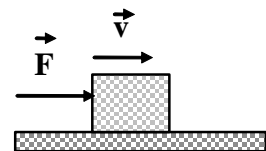
12) (FUVEST) - Um bloco de  $1,0 \text{ kg}$  de massa é posto a deslizar sobre uma mesa horizontal com uma energia cinética inicial de  $2,0 \text{ joules}$ . Devido ao atrito entre o bloco e a mesa, ele pára após percorrer a distância de  $1,0 \text{ m}$ . Pergunta-se:

- Qual o coeficiente de atrito, suposto constante, entre a mesa e o bloco?
- Qual o trabalho efetuado pela força de atrito?



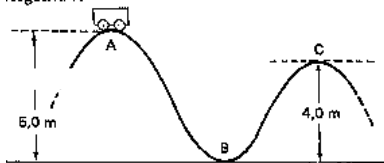
13) O gráfico da figura abaixo representa a energia potencial de uma partícula em função da posição, em um sistema mecânico conservativo. Determine as energias potencial e cinética, para a posição  $x = 1 \text{ m}$ .

14) (CESGRANRIO) - O corpo da figura ao lado se desloca da esquerda para a direita com velocidade constante. Sobre o corpo está aplicada, entre outras, uma força  $F$  constante, de módulo igual a  $1,0 \text{ N}$ , cujo sentido é da esquerda para a direita. O trabalho realizado pelas outras forças, durante  $2,0 \text{ s}$ , sendo  $v = 4,0 \text{ m/s}$ , é:



- nulo
- $8,0 \text{ J}$
- $4,0 \text{ J}$
- $-4,0 \text{ J}$
- $-8,0 \text{ J}$

15) (FUVEST) - Numa "montanha-russa", um carrinho com  $300 \text{ kg}$  de massa é abandonado do repouso de um ponto A, que está a  $5,0 \text{ m}$  de altura. Supondo que o atrito seja desprezível, pergunta-se:



- O valor da velocidade do carrinho no ponto B.
- A energia cinética do carrinho no ponto C, que está a  $4,0 \text{ m}$  de altura.

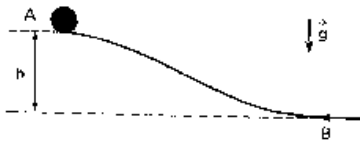
16) Um pedreiro ergue um saco de cimento de massa igual a  $50 \text{ kg}$  a uma altura de  $5 \text{ m}$ , em  $10 \text{ s}$ . Sabendo que são nulas as velocidades inicial e final do saco de cimento e considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , calcule nessa tarefa:

- o trabalho realizado pela força que o pedreiro exerceu no saco de cimento (trabalho útil);
- a potência média útil;
- o rendimento do processo, sabendo-se que o pedreiro consumiu  $12\,500 \text{ J}$  de energia.

17) Quilowatt-hora (kwh) é a quantidade de energia fornecida ou consumida por um sistema que opera com potência de um quilowatt ( $1 \text{ kw} = 1\,000 \text{ W}$ ) durante 1 hora. Converta 1 kwh em joules.

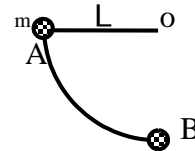
18) Uma pessoa anda de bicicleta em movimento retilíneo, horizontal e uniforme, com velocidade de 5,0 m/s. Supondo que a força total oposta ao movimento seja horizontal e tenha intensidade igual a 20 N, qual a potência que essa pessoa precisa desenvolver só para manter a velocidade constante?

19) Um bloco de massa  $m$  é abandonado no ponto **A** do escorregador da figura a seguir e desliza até atingir o ponto **B**, na base do mesmo, na ausência de forças de atrito. A aceleração da gravidade local é  $g$ .

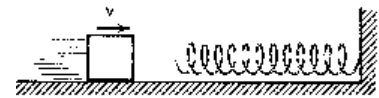


Qual a velocidade desse corpo ao atingir o ponto **B**?

20) Um corpo de massa  $m = 4,0$  kg está preso à extremidade de um fio de comprimento  $L = 2,0$  m e pode deslocar-se livremente na vertical (pêndulo simples), como se vê, na figura ao lado. Se ele é abandonado no ponto A, qual a intensidade da força de tração no fio no ponto mais baixo da trajetória? Adote  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

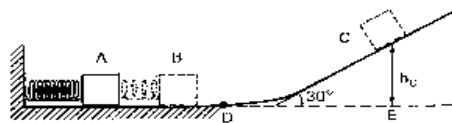


21) Um bloco de massa  $m = 0,80$  kg desliza sobre um plano horizontal, sem atrito, e vai chocar-se contra uma mola de constante elástica  $k = 2 \cdot 10^3$  N/m, como se mostra na figura ao lado. Sabendo que a velocidade do bloco antes do choque, é de 20 m/s, determine a máxima compressão sofrida pela mola.



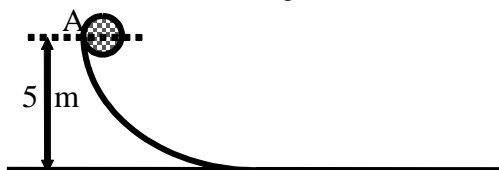
22) Um corpo de massa 2 kg está em contato com uma mola de constante elástica  $k = 500$  N/m, comprimida de 20 cm. Uma vez libertado o corpo, ele desliza pelo plano horizontal, sem atrito, atingindo o plano inclinado da figura. Determine:

- a velocidade desse corpo quando se destaca da mola;
- o deslocamento do corpo sobre o plano inclinado, até parar.



23) (UFV-MG) - Uma esfera de massa igual a  $5,0 \cdot 10^{-2}$  kg desce uma rampa de 1,0 m de altura. A velocidade da esfera no final da rampa é de 4,0 m/s. Determine o percentual de energia mecânica dissipada na descida, considerando  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

24) (UFOP-MG) - Uma esfera de massa  $m = 1$  kg é abandonada do repouso de um ponto A situado sobre uma guia, conforme a figura. Supondo que  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> e que não haja atrito no trecho AB, mas que exista atrito entre a esfera e a guia no trecho BC, determine:



- a energia cinética da esfera em B;
- a velocidade da esfera em B;
- a energia transformada em calor no trecho BC, sendo que a esfera pára no ponto C.

## IIª PARTE: Vestibular

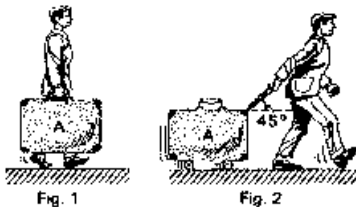
### 01) Assinale a alternativa incorreta:

- Nenhum corpo pode, por si, alterar o seu estado de repouso ou de movimento.
- A matéria normalmente não é destruída e sim, transformada.
- Nem todo corpo possui massa.
- Energia é a capacidade de realizar trabalho.
- Quando um corpo entra em combustão libera luz e calor.

02) Num certo intervalo de tempo, a energia cinética de uma partícula varia de 30 J para 5 J. Podemos afirmar que, neste mesmo intervalo, o trabalho da força resultante que atua sobre a partícula é:

- a) 7,5 J
- b) 14,8 J
- c) - 10 J
- d) - 32,4 J
- e) - 25 J

03) A mala A, de 20 kg, pode ser transportada por 10 metros na horizontal, de dois modos: de acordo com a figura 1, carregada pela alça, e na figura 2 puxada pela correia por uma força de 30N, que faz ângulo de  $45^\circ$  com a horizontal. O atrito entre as rodinhas e o piso é desprezível, e a aceleração da gravidade local,  $10 \text{ m/s}^2$ . Os trabalhos da força-peso em 1 e 2 são, respectivamente:



- a) 0 J e  $\sqrt{2} \cdot 10^3 \text{ J}$
- b) 200 J e  $15\sqrt{2} \text{ J}$
- c) 2 000 J e  $3\sqrt{2} \cdot 10^3 \text{ J}$
- d) 2 000 J e 2 000 J
- e) 0 J e 0 J

04) Um corpo é arrastado sobre uma superfície horizontal por uma força constante de intensidade igual a 10 N, que forma com a horizontal um ângulo de  $60^\circ$ . Durante a ação da força, o corpo se deslocou 4 metros e sua energia cinética sofreu uma variação de 12 Joules. Determine a intensidade da força média de atrito que a superfície exerceu sobre o corpo:

- a) 0 N
- b) 2 N
- c) 5 N
- d) 5,5 N
- e) 7 N

05) Um motor elétrico suspende um peso de 2000 N a uma altura de 8 metros em 5 segundos. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , podemos afirmar que a potência desenvolvida pelo motor foi de:

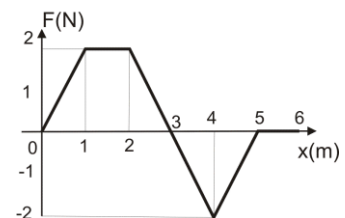
- a) 1,6 kw
- b) 3,2 kw
- c) 0,8 kw
- d) 320 w
- e) 160 w

06) O trabalho realizado para se elevar, verticalmente, de 100 metros um corpo de 30 kg de massa, com velocidade constante, em local em que a aceleração da gravidade é de  $10 \text{ m/s}^2$ , é:

- a) 3 000 kJoules
- b) 30 kJoules
- c) 3 000 Joules
- d) 300 Joules
- e) 30 Joules

07) Um bloco de 10 Kg se movimenta em linha reta sobre uma mesa lisa, em posição horizontal, sob a ação de uma força variável que atua na mesma direção do movimento, conforme mostra o gráfico ao lado. O trabalho realizado pela força quando o bloco se desloca da origem até o ponto  $X = 6\text{m}$ , é em joules, de:

- a) 1
- b) 6
- c) 4
- d) zero
- e) 2



08) Um menino mantém uma pedra amarrada a um barbante de comprimento  $L$  em movimento circular uniforme, na horizontal, acima da cabeça. Sendo  $g$  a aceleração da gravidade local,  $m$  a massa e  $v$  a velocidade da pedra, o trabalho realizado pela força tensora no barbante, numa volta completa, é:

- a)  $m \cdot g \cdot L$
- b)  $2\pi m \cdot g \cdot L$
- c)  $m \cdot v^2 / L$
- d)  $m \cdot v^2$
- e) zero.

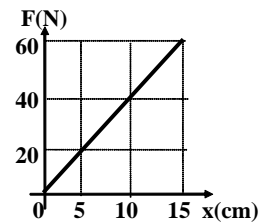
09) Qual dentre as expressões abaixo dá a dimensional de energia cinética?

- a)  $ML^2T^{-2}$ .
- b)  $MLT^{-2}$ .
- c)  $MLT^{-1}$ .
- d)  $ML^2T$ .
- e)  $ML^2T^{-1}$ .

10) (STA. CASA SP) - Numa ferrovia plana e horizontal, uma composição cuja massa é  $1,0 \times 10^3$  toneladas move-se com velocidade de 20 m/s. O valor absoluto da energia a ser dissipada para levar a composição ao repouso é, em joules, um valor mais próximo de:

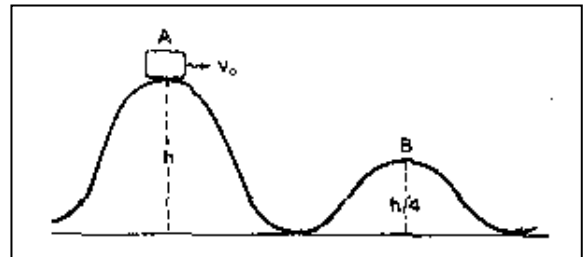
- a)  $2,0 \times 10^9$
- b)  $1,0 \times 10^9$
- c)  $5,0 \times 10^8$
- d)  $4,0 \times 10^8$
- e)  $2,0 \times 10^8$

11) (FATEC-SP) - Uma mola helicoidal é submetida a ensaio de tração. O diagrama ao lado representa a força tensora  $F$  em função da distensão  $x$ .



- a) A constante elástica da mola é  $k = 4,0$  N/m.
- b) A distensão  $x$  é inversamente proporcional a força tensora  $F$ .
- c) O trabalho da distensão de 0 a 20 cm é 8,0 J.
- d) Com  $F = 160$  N é  $x = 40$  cm, necessariamente.
- e) n.r.a.

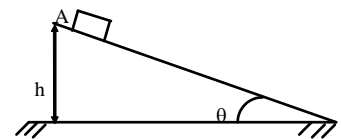
12) Um trilho de “montanha russa” tem a forma mostrada na figura. Um carro desliza sem atritos neste trilho. Sabe-se que no ponto A, o carro tem velocidade  $v_0$ . A velocidade do carro no ponto B, que está a uma altura  $h/4$ , será:



- a)  $v_0^2 + \frac{5}{2}gh$
- b)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{3}{2}hg}$
- c)  $\sqrt{v_0^2 + \frac{5}{2}hg}$
- d)  $v_0$
- e) n.r.a.

13) O bloco da figura tem massa “ $m$ ” e é abandonado no ponto A do plano inclinado. Sendo  $h$  a altura de A em relação ao solo, o trabalho realizado pelo peso do bloco, quando este escorrega de A até o solo é:

- a) Nulo
- b)  $mgh$
- c)  $mgh \cos \theta$
- d)  $mgh \sin \theta$
- e)  $mgh \operatorname{tg} \theta$



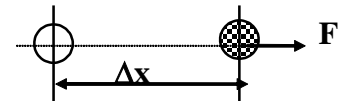
14) (FUVEST - SP) - Um pai de 70 kg e seu filho de 50 kg pedalam lado a lado, em bicicletas idênticas, mantendo sempre velocidade uniforme. Se ambos sobem uma rampa e atingem um patamar plano, podemos afirmar que, na subida da rampa até atingir o patamar, o filho, em relação ao pai:

- realizou mais trabalho.
- realizou a mesma quantidade de trabalho.
- possuía mais energia cinética.
- possuía a mesma quantidade de energia cinética.
- desenvolveu potência mecânica menor.

15) (VUNESP-SP) - Um motor de potência útil igual a 125 W, funcionando como elevador, eleva a 10 m de altura, com velocidade constante, um corpo de peso igual a 50 N, no tempo de:

- 0,4 s
- 2,5 s
- 12,5 s
- 5,0 s
- 4,0 s

16) (UNIFOR-CE) - O produto da força  $F$  constante pelo deslocamento de seu ponto de aplicação  $\Delta x$ , conforme ilustra a figura ao lado, dá o valor de uma grandeza física denominada:



- aceleração.
- impulso.
- potência.
- trabalho.
- quantidade de movimento.

17) (ESAL-MG) - Um homem está em repouso com um caixote também em repouso às costas.

- Como o caixote tem um peso, o homem está realizando trabalho.
- O homem está realizando um trabalho sobre o caixote pelo fato de o estar segurando.
- O homem realiza trabalho pelo fato de estar fazendo força.
- O homem não realiza trabalho pelo fato de não estar se deslocando.
- O homem não realiza trabalho pelo fato de o caixote estar sujeito à aceleração da gravidade.

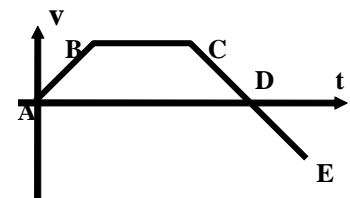
18) (UFSE) - Um corpo está sendo arrastado sobre uma superfície horizontal não-lisa, em movimento uniforme. Considere as afirmações seguintes:

- O trabalho da força de atrito é nulo.
- O trabalho da força-peso é nulo.
- A força que arrasta o corpo é nula.

Dentre as afirmações:

- é correta I, somente.
- é correta II, somente.
- é correta III, somente.
- são corretas I e II.
- são incorretas I, II e III.

19) (UFCE) - Uma força única atua sobre um corpo em movimento retilíneo. O gráfico da velocidade em função do tempo está indicado na figura ao lado. O trabalho realizado pela força sobre o corpo nos intervalos AB, BC e DE será:



- positivo em AB e nulo em BC.
- nulo em AB e positivo em BC.
- nulo em BC e negativo em DE.
- negativo em AB e positivo em CD.
- negativo em CD e em DE.

20) (FATEC-SP) - A força única que age numa partícula é conservativa. Nessa condição:

- a energia potencial aumenta, quando a velocidade aumenta.
- a energia potencial aumenta, quando a velocidade diminui.
- a energia potencial aumenta com a energia cinética.
- a energia mecânica depende da velocidade.
- as alternativas anteriores são falsas.

21) (FUVEST-SP) - Um ciclista desce uma ladeira, com forte vento contrário ao movimento. Pedalando vigorosamente, ele consegue manter a velocidade constante. Pode-se então afirmar que sua:

- energia cinética está aumentando.
- energia cinética está diminuindo.
- energia potencial gravitacional está aumentando.
- energia potencial gravitacional está diminuindo.
- energia potencial gravitacional é constante.

22) (FUVEST-SP) - Um carrinho de 20 kg percorre um trecho de montanha russa. No ponto A, a uma altura de 10 m, o carrinho passa com uma velocidade de 20 m/s. No ponto B, a uma altura de 15 m, a velocidade é de 10 m/s. O trabalho das forças de atrito no trecho AB, em valor absoluto, é igual a:

- 0 J
- 1 000 J
- 2 000 J
- 5 000 J
- 1 500 J

23) (FATEC-SP) - Um bloco de massa "m", sobre uma mesa horizontal sem atrito, preso a uma mola leve de constante elástica k, é deslocado a uma distância L da posição de equilíbrio e depois solto. A energia total do sistema é constante. Para  $x = -L$ , a energia total do sistema é de:

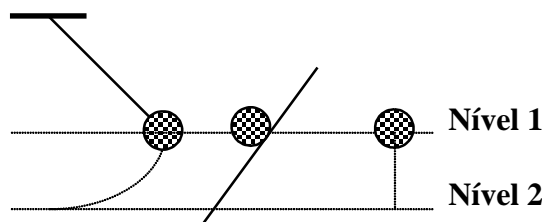
- $\frac{1}{2} mv^2$
- $\frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} k(-L)^2$
- $\frac{1}{2} kv^2$
- $\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k(-L)^2$
- $\frac{1}{2} k(-L)^2$

24) (FUVEST-SP) - Uma bola de 0,2 kg de massa é lançada verticalmente para baixo, com velocidade inicial de 4 m/s. A bola bate no solo e, na volta, atinge uma altura máxima que é idêntica à altura do lançamento. Qual a energia mecânica perdida durante o movimento?

- 0 J
- 1 600 J
- 1,6 J
- 800 J
- 50 J

25) (CESGRANRIO-RJ) - Na figura estão representadas três experiências. Em cada experiência, solta-se uma bola, com velocidade inicial nula, de um nível horizontal 1. Mede-se a velocidade da bola ao atingir o nível horizontal inferior 2. Na experiência 1, a bola é a de um pêndulo simples. Ela atinge o nível 2 com velocidade  $v_1$ . Na experiência 2, a bola cai ao longo de um plano inclinado, com atrito desprezível. Ela atinge o nível 2 com velocidade  $v_2$ . Na experiência 3, a bola cai livremente. Ela atinge o nível 2 com velocidade  $v_3$ . Em todos os casos, despreza-se a resistência do ar. Indique a alternativa em que as velocidades  $v_1$ ,  $v_2$  e  $v_3$  são corretamente comparadas:

- $v_1 > v_2 = v_3$
- $v_1 < v_2 = v_3$
- $v_1 < v_2 < v_3$
- $v_1 = v_2 < v_3$
- $v_1 = v_2 = v_3$



26) (FATEC-SP) - Considere as afirmações:

- O rendimento de uma máquina simples é a razão entre o trabalho útil e o trabalho do operador.
- Nas máquinas simples reais, o rendimento é maior que a unidade.
- O rendimento de uma máquina é dado por um número puro. É(são) correta(s):

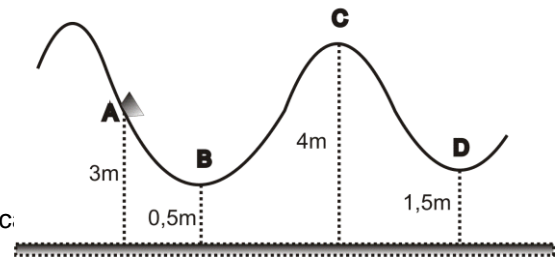
- I e II
- II e III
- I e III
- I, II e III



e) II.

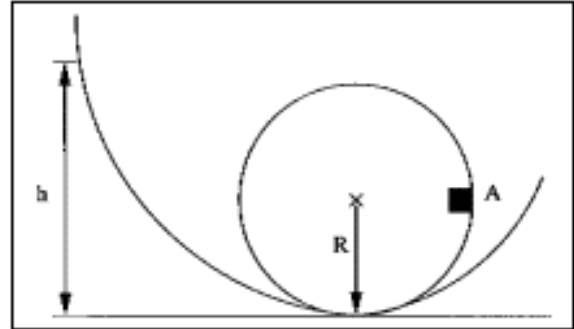
27) (UFJF 99/2) - A figura abaixo mostra o perfil de uma montanha russa, na qual um carrinho de massa 150 kg se movimenta. Qual é a energia cinética mínima do carrinho em A a partir da qual ele consegue chegar a D?

- a)  $1,50 \times 10^3$  J;  
 b)  $4,50 \times 10^3$  J;  
 c)  $2,25 \times 10^3$  J;  
 d) o carrinho nunca chega a D, independente da energia cinética.



28) (UFJF 99/2) - Na figura ao lado, representamos um trilho com uma volta circular sobre o qual um bloco é solto de uma altura inicial  $h > 2R$ . O atrito entre o bloco e o trilho é desprezível. Identifique qual(is) a(s) força(s) que fornece(m) contribuição não-nula para a força centrípeta quando o bloco se encontra no ponto A (situado a uma altura R do chão):

- a) o peso e a normal;  
 b) a normal;  
 c) a força centrífuga;  
 d) a força centrífuga e a normal.



29) (Vianna-JF) - Um cavalo puxa uma carroça de peso  $P = 20\,000$  N em uma estrada horizontal que possui um morro a partir de um certo trecho. Ao transpor o morro o conjunto volta para a mesma horizontal. O trabalho resultante da força peso para transpor o morro é:

- a) 400 000 J.  
 b) Nulo.  
 c) Um valor que depende da altura do morro.  
 d) Um valor que não é possível calcular, pois faltam dados.

**Gabarito:**

**Exercícios de aprendizagem:** 1) 250J 2) -80J 3) 300J 4) 30 J e  $6 \text{ m/s}^2$  5) a) -100 J b) 100 J c) 0 6) 20 J e 0 7) 2m 8) 48J 9) 10 m/s 10) 4 m/s 11) 0,05 J 12) a 13) 1,2 kg 14)  $\cong 212$  m/s 15) 18 000 J 16) 4 m/s e 0,36 N 17) 100W 18) 60 kw 19)  $P_U = 50 \text{ W}$  e  $P_T = 62,5 \text{ W}$  20)  $F = 2\,387,2 \text{ N}$  21) 80 % 22) 12 CV

**Exercícios de Fixação:** 01) a) cinética, maior, quadrado. b) potencial gravitacional, maior, maior, maior, elástica, maior, potencial elástica, maior, maior. c) soma, energia potencial, conservada, conservação. d) trabalho, deslocamento, motor, resistente, energia cinética. e) potência, maior, independe, conservativas, depende.

- 02) 3.000 J 03) 40 J, 16 J, 0 J, 0 J 04) 5W 05) 0  
 06) - 25 000 J e 25 000 J 07) 150 J 08) 12 500 J  
 09) 3 200 J 10) 0 11)  $T = 2P$   $h = 1\text{m}$   
 12) a) 0,2 b) -2 J 13)  $E_P = 2 \text{ J}$   $E_C = 18 \text{ J}$   
 14) E 15) a) 10 m/s b) 3 000 J  
 16) a) 2 500 J b) 250 W c) 20 %  
 17)  $3,6 \times 10^6 \text{ J}$  18) 100 W 19)  $V_B = \sqrt{2gh}$   
 20)  $T = 120 \text{ N}$  21)  $x = 0,40 \text{ m}$   
 22) a)  $\sqrt{10} \text{ m/s}$  b) 1m  
 23) 20 % 24) a) 50J b) 10 m/s c) - 50J



# Aula de Física

**Aula particular de Física pela internet, individual ou em grupo.**

☎ (21) 98469-9906 - [Whatsapp](https://www.whatsapp.com)

Programas Skype ou [TeamViwer](https://www.teamviewer.com)

Veja como funciona em

[www.medeirosjf.net](http://www.medeirosjf.net)

**Vestibular:**

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
A									x										x						
B				x	x	x						x	x					x		x					
C	x										x												x		x
D																x	x					x			
E		x	x					x	x		x				x	x								x	

	25	26	27	28	29
A			x		
B				x	X
C		x			
d					
e	x				