

Dinâmica – Trabalho e Energia

Energia

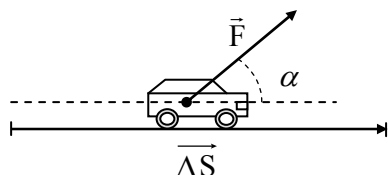
Energia está relacionada à capacidade de realizar movimento. Um dos princípios básicos da Física diz que *a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída.*

Trabalho de uma força

É a relação matemática que nos permite calcular a energia transferida de um corpo para outro ou a energia transformada de um tipo em outro.

Trabalho de uma força constante

A figura abaixo representa um corpo no qual é aplicada uma força \vec{F} constante durante seu deslocamento $\vec{\Delta S}$.

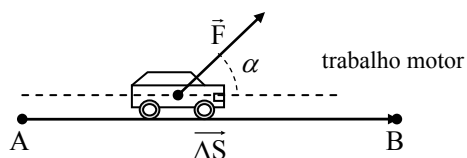


O trabalho da força τ_F é a grandeza escalar que obtemos multiplicando a intensidade da força (F), a intensidade do deslocamento (ΔS) e o cosseno do ângulo formado entre as direções da força e do deslocamento ($\cos \alpha$).

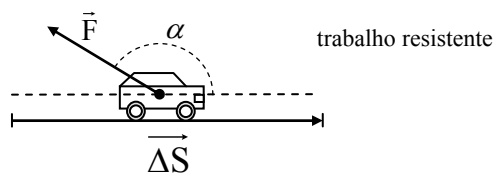
$$\tau_F = F \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha$$

Da expressão acima, (como $F > 0$, $\Delta S > 0$) temos que o cosseno do ângulo α determina o sinal do trabalho:

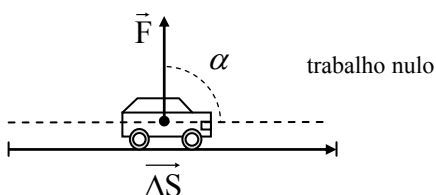
- se α é **agudo ou nulo**, o trabalho é **positivo ou motor**, ou seja, o corpo **recebe** energia através da força.



- se α é **obtuso ou raso**, o trabalho é **negativo ou resistente** e o corpo **perde** energia através da força.



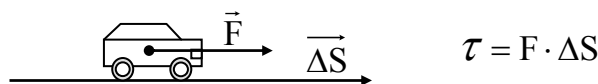
- se o deslocamento e a força possuem **direções perpendiculares** entre si, o trabalho é **nulo**, ou seja, o corpo **não ganha nem perde** energia através da força.



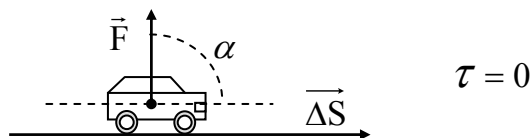
Obs.: No SI, a unidade de trabalho é o **joule (J)**: *1 J* corresponde ao trabalho realizado, em um deslocamento de *1 m* por uma força de intensidade *1 N* paralela a esse deslocamento.

Casos particulares

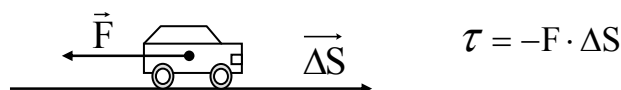
1º caso: $\alpha = 0^\circ$



2º caso: $\alpha = 90^\circ$



3º caso: $\alpha = 180^\circ$



TESTES DE SALA:

T01. Determine o trabalho realizado por uma força de 100 N num deslocamento de 18 m nos seguintes casos:

- a força e o deslocamento formam um ângulo de 30° ;
- a força e o deslocamento formam um ângulo de 90° ;
- a força e o deslocamento formam um ângulo de 120° .

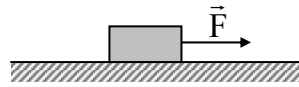
Dados : $\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$; $\cos 120^\circ = -0,5$

T02. Uma caixa desliza num plano sem atrito sob a ação de uma força \vec{F} de intensidade 40 N. Determine o trabalho dessa força em um deslocamento de 6 m, no mesmo sentido dessa força.

T03. Um ponto material de massa 5 kg tem velocidade de 6 m/s quando sobre ele passa a agir uma força de intensidade 20 N na direção do movimento, durante 6 s. Determine:

- o deslocamento durante esses 6s;
- o trabalho realizado nesse deslocamento.

T04. O corpo da figura, de massa 2 kg, é arrastado ao longo do plano horizontal rugoso ($\mu = 0,4$) pela força \vec{F} , horizontal, de intensidade 80 N, durante 20 s.

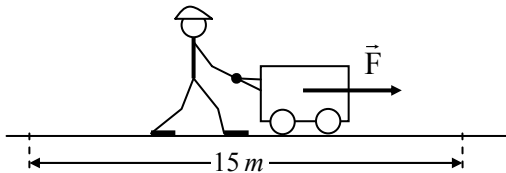


Sabendo que o corpo estava inicialmente em repouso e $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule, nesses 20 s:

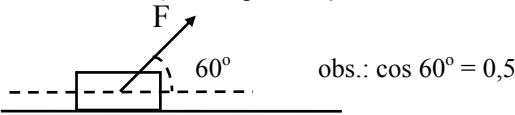
- o trabalho da força \vec{F} e o trabalho da força de atrito;
- o trabalho realizado pela força peso e pela reação normal do apoio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P01. Um homem empurra um carrinho ao longo de uma estrada plana, comunicando a ele uma força constante, paralela ao deslocamento, e de intensidade $3,0 \cdot 10^2 \text{ N}$. Determine o trabalho realizado pela força do homem sobre o carrinho, considerando um deslocamento de 15m.



P02. Uma força constante \vec{F} , de intensidade 40 N, que formando um ângulo de 60° com o deslocamento, age sobre um corpo num percurso de 60 m, conforme indica a figura. Determine o trabalho realizado pela força F.

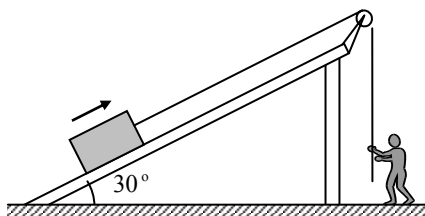


P03. Sobre um corpo de massa 10 kg, inicialmente em repouso, atua uma força constante F, na mesma direção do deslocamento, que faz variar sua velocidade de 28m/s em 4s. Determine:

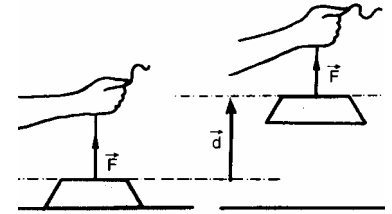
- a aceleração do corpo
- a intensidade da força F
- o trabalho realizado pela força F nos primeiros 6s

P04. Um corpo de massa $m = 2,0 \text{ kg}$ desliza sobre uma superfície horizontal sem atrito, com velocidade $v = 10 \text{ m/s}$, penetrando assim numa região onde existe atrito de coeficiente $\mu = 0,5$. Qual o trabalho realizado pela força de atrito após o bloco ter percorrido 5,0 m com atrito? (dado $g = 10 \text{ m/s}^2$)

P05. O esquema a seguir mostra um homem que puxa a corda verticalmente para baixo com força constante, arrasta a caixa de $4,0 \cdot 10^2 \text{ N}$ de peso em movimento uniforme, ao longo do plano inclinado: Desprezando os atritos e a resistência do ar e admitindo que a corda e a roldana sejam ideais, determine o trabalho da força exercida pelo homem ao provocar na caixa um deslocamento de três metros na direção do plano inclinado. Obs.: $\text{sen } 30^\circ = 0,5$

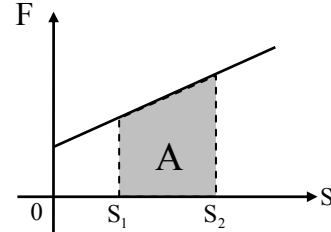


P06. Um corpo foi erguido até a altura de 2,0 m sob a ação de uma força \vec{F} de, de módulo igual a 10 N. Qual foi o trabalho da força \vec{F} ?



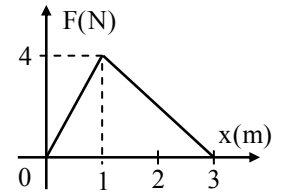
Trabalho de uma força variável

Quando a força varia durante o deslocamento, o trabalho é calculado através do gráfico $F \times d$ e é numericamente igual à área entre a curva e o eixo das abscissas.



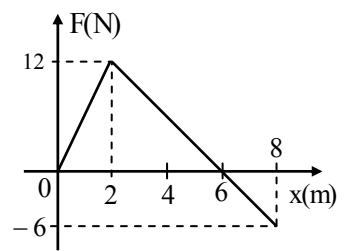
TESTES DE SALA:

T05. (Fuvest-SP) O gráfico ao lado representa a variação da intensidade da força resultante \vec{F} , que atua sobre um corpo de 2 kg de massa, em função do deslocamento x. Sabendo que a força \vec{F} tem a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento, determine:



- a aceleração máxima adquirida pelo corpo;
- o trabalho total realizado pela força \vec{F} entre os pontos $x = 0 \text{ m}$ e $x = 3 \text{ m}$.

T06. O gráfico ao lado representa a variação da intensidade da força resultante \vec{F} , que atua sobre um corpo de 4 kg de massa, em função do deslocamento x. Sabendo que a força \vec{F} tem a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento, determine:

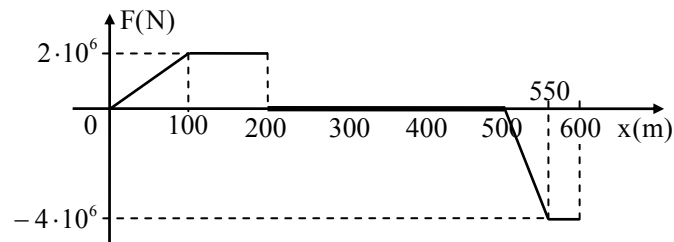


- a aceleração máxima adquirida pelo corpo;
- o trabalho total realizado pela força \vec{F} entre os pontos $x = 0 \text{ m}$ e $x = 8 \text{ m}$.

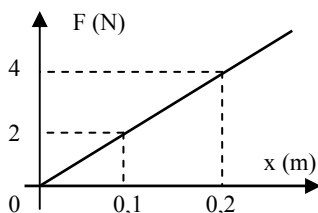
EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P07. Uma composição de metrô sai de uma estação A e atinge a estação B, distante 600 m de A. A força resultante tangencial obedece a este gráfico.

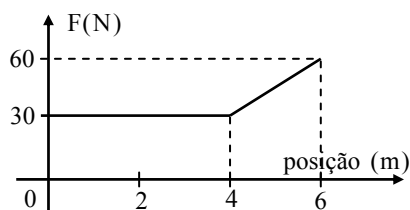
- a) Em algum trecho o metrô teve movimento uniforme? Qual?
- b) Determine o trabalho realizado de uma estação até a outra pela força resultante.



P08. Ao se comprimir uma mola, é necessária uma força variável com a posição, de acordo com o gráfico. Determine o trabalho realizado pela força F entre as posições $x = 0,1$ m e $x = 0,2$ m



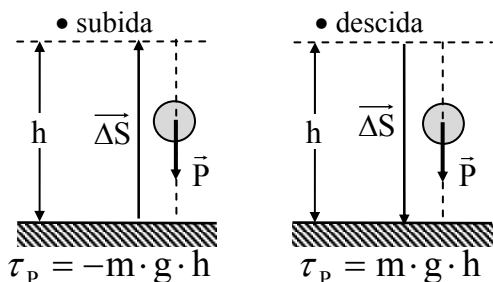
P09. Uma força, agindo sobre um ponto material, varia com a posição de acordo com o gráfico. Calcule o trabalho realizado pela força média no deslocamento de 0 a 6 m.



Trabalho da força peso "τ_p"

Considere um corpo de massa m lançado do solo, verticalmente para cima, e atingindo uma altura h ou abandonado da mesma altura em relação ao solo, num local onde a aceleração da gravidade é igual a g .

Como o corpo fica sujeito à força peso \vec{P} , ela realiza um trabalho *resistente* durante a subida e um trabalho *motor* durante a descida.



Obs.: O trabalho da força peso independe da trajetória, isto é, depende somente das posições final e inicial do corpo (Δh). Forças com essas características são chamadas *forças conservativas*.

TESTES DE SALA:

T07. Um corpo de massa igual a 8 kg encontra-se a 12 m de altura em relação ao solo. Admitindo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

- a) o trabalho realizado pela força peso para colocá-lo nessa posição;
- b) o trabalho realizado pela força peso para o corpo retornar ao solo.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P10. Uma pessoa levanta uma criança de massa 25 kg a uma altura de 2 m, com velocidade constante. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

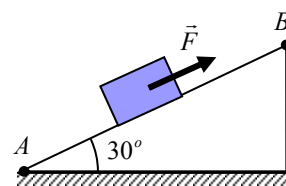
- a) o trabalho realizado pela força peso.
- b) o trabalho realizado pela pessoa.

P11. Uma pessoa levanta uma criança de massa 10 kg a uma altura de 120 cm, com velocidade constante. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine o trabalho realizado pela força peso.

P12. Um corpo de massa 12 kg encontra-se a 8 m de altura em relação ao solo. Admitindo $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

- a) o trabalho realizado pela força peso para deslocá-lo nessa posição;
- b) o trabalho realizado pela força peso para o corpo retornar ao solo;

P13. Um corpo de massa $m = 8,0$ kg está subindo um plano inclinado de 30° em relação a horizontal, conforme mostra a figura. ($\text{sen } 30^\circ = 0,5$)



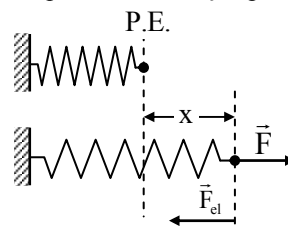
Sabendo que $F = 260 \text{ N}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $AB = 3 \text{ m}$ e a força de atrito entre o corpo e a superfície vale 60 N, determine no deslocamento AB:

- a) o trabalho realizado pela força F;
- b) o trabalho realizado pela força de atrito;
- c) o trabalho realizado pela força peso

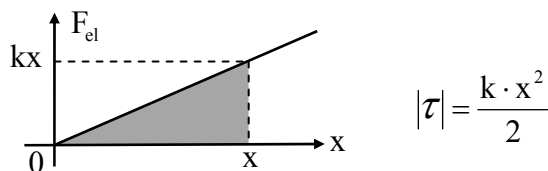
Trabalho da força elástica (τ_{Fel})

A força elástica (F_{el}) é aplicada por corpos elásticos, que podem ser representados por uma mola helicoidal. Quando um corpo aplica uma força na extremidade da mola, causando nela um deformação x , ela reage com uma força elástica de intensidade $F_{el} = k \cdot x$, onde:

- k : constante elástica (no SI sua unidade é N/m)
- x : alongamento ou deformação elástica sofrida pela mola.
- sentido de F_{el} : é oposto ao da força aplicada na mola.



Para esse caso de força variável deve-se usar o método gráfico para calcular o *trabalho da força elástica*



$$|\tau| = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Obs.

- Quando a mola é comprimida ou distendida, o trabalho da força elástica é resistente, portanto o trabalho é negativo.
- Quando a mola é solta, a força elástica restitui à mola sua posição normal, ou seja, a força elástica é no sentido do deslocamento. Portanto, o trabalho é positivo (motor).

TESTES DE SALA:

T08. O comprimento de uma mola não-deformada é 45 cm. A constante elástica da mola é 80 N/m. Determine o trabalho realizado por uma força que distende a mola até que seu comprimento se torne 65 cm.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P14. Uma mola de constante elástica $k = 16 \text{ N/m}$ é esticada desde sua posição de equilíbrio até uma posição em que seu comprimento aumentou de 10 cm com velocidade constante. Determine o trabalho realizado pela força empregada no deslocamento referido.

P15. Um corpo, apoiado sobre um plano horizontal sem atrito, está preso à extremidade de uma mola helicoidal de eixo horizontal, de constante elástica $k = 1000 \text{ N/m}$. A mola tem sua outra extremidade presa a um ponto fixo. Calcule o trabalho realizado pela força elástica, quando a mola se distende de 0,1m.

P16. Uma mola de constante elástica $k = 4 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, é comprimida 40 cm. Qual o trabalho realizado pelo operador?

Potência (Pot)

O conceito de potência de um sistema está relacionado com a rapidez com que esse sistema possa vir a realizar um determinado trabalho.

Se, num dado intervalo de tempo Δt , o trabalho realizado por um sistema é τ , a potência será definida como se segue:

$$Pot = \frac{\tau}{\Delta t}$$

Unidades:

No SI, teremos para o trabalho a unidade watt (W):

$$[Pot] = \frac{[\tau]}{[\Delta t]} \Rightarrow [Pot] = 1 \frac{J}{s} = 1W(\text{watt})$$

Obs.: Como o Watt é uma unidade de potência muito pequena, mede-se a potência em unidades de 1000 W, denominadas quilowatts.

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

Outras unidades de Potência: 1 HP = 746 W
1 CV = 735 W

No caso em que o ângulo (α) entre a força (\vec{F}) e o deslocamento ($\Delta \vec{S}$) é igual a zero, a potência pode ser calculada por

$$Pot = F \cdot V$$

Obs.: Potência média é dada por: “ $Pot_m = F \cdot V_m$ ”
Potência instantânea é dada por: “ $Pot = F \cdot V$ ”

TESTES DE SALA:

T09. Uma força de intensidade 10N é aplicada a um corpo, deslocando-o de 2,0 m na direção e no sentido da força em 5,0 s. Determine:

- a) o trabalho realizado pela força;
- b) a potência média dessa força.

T10. Um carro de 1200 kg pode atingir a velocidade de 25 m/s em 10s, a partir do repouso. Despreze os atritos.

- a) Qual a potência média do motor desse carro?
- b) Qual a potência do carro no instante 10s?

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P17. Um guindaste foi projetado para suspender verticalmente um fardo de massa $3,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ à uma altura de 10 m no intervalo de tempo de 30s. A aceleração da gravidade no local é 10 m/s^2 . Calcular a potência média que o guindaste deve desenvolver.

P18. Determine a potência empregada por um dispositivo para elevar um corpo de massa 2000 kg a uma altura de 200 m em 10 segundos, com velocidade constante. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

P19. Um elevador de 1.000 kg sobe uma altura de 60 m em meio minuto. a) Qual a velocidade média do elevador? b) Qual a potência média desenvolvida pelo elevador?

P20. Um automóvel num trecho retilíneo e horizontal tem velocidade constante de 30m/s, apesar de atuar sobre ele uma força resistente de intensidade 600 N. Qual deve ser a potência média para mantê-lo em movimento?

P21. Um pára-quedista desce com velocidade constante de 5,0 m/s. O conjunto pára-quedista e pára-quedas pesa 1000 N. Determine a potência dissipada pela resistência do ar.

P22. Qual a potência desenvolvida por um motor de um carro de peso $P = 5 \cdot 10^3 \text{ N}$, ao subir uma rampa inclinada de 30° em relação à horizontal, com velocidade constante de 72 km/h?

P23. (FATEC-SP) Uma máquina tem potência útil igual a 2,5 kW. Com essa máquina pode-se erguer um corpo de massa m com velocidade de 5,0 m/s. O valor de m , adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, será:

- a) 25 kg
- b) 50 kg
- c) 250 kg
- d) 12.500 kg
- e) n.d.a.

P24. (ITA-SP) Um automóvel de 500 kg é acelerado uniformemente a partir do repouso até uma velocidade de 40 m/s, em 10 s. A potência desenvolvida pelo automóvel, ao completar esses 10 primeiros segundos, será:

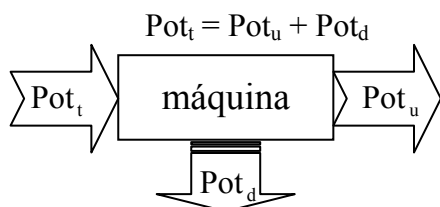
- a) 160 kW
- b) 80 kW
- c) 40 kW
- d) 20 kW
- e) 3 kW

P25. (CESESP-SP) A potência média necessária para se bombear 1.000 litros de água a uma altura de 5,0 m em meia hora é, em watts, igual a:

- a) 28
- b) 42
- c) 64
- d) 80
- e) 96

Rendimento (η)

Quando uma máquina está em funcionamento, deve receber uma determinada potência para que possa operar. Essa potência é denominada **potência total** (Pot_t). Mas, nos casos reais, a potência total não é aproveitada inteiramente, dividindo-se em duas parcelas: a **potência útil** (Pot_u) e a **potência dissipada** (Pot_d):



Para que se saiba qual o aproveitamento que a máquina (ou um sistema físico) fez da potência total recebida, define-se o rendimento (η) através da razão entre as potências útil e total.

$$\eta = \frac{Pot_u}{Pot_t} \quad (0 \leq \eta \leq 1)$$

Obs.: Frequentemente, indica-se o rendimento percentual ($\eta\%$), multiplicando-se η por 100:

$$\eta\% = \eta \cdot 100$$

TESTES DE SALA:

T11. Um motor consome 1,6 kw quando realiza um trabalho de 2800 J em 7 s.

- a) Determine a potência dissipada por este motor.
- b) Calcule o rendimento deste motor.

T12. Uma bomba é acionada por um motor de 10 CV e o seu rendimento é 48%. A bomba eleva água para um reservatório situado a 18 m acima do solo. Dados $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $d_{H_2O} = 1 \text{ kg/l}$, determine o volume de água bombeada em 1,0 hora.

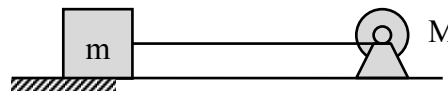
EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P26. Um dispositivo consome 1000 W realizando um trabalho de 3200 J em 4 s. Determine o rendimento desse dispositivo.

P27. O rendimento de uma máquina é de 70% e a potência perdida vale 300W. Determine:

- a) a potência útil;
- b) a potência total fornecida à máquina.

P28. (VUNVESP-SP) No sistema da figura, o motor elétrico estacionário M puxa um bloco de massa $m = 500 \text{ kg}$, com velocidade constante $v_0 = 0,5 \text{ m/s}$ sobre uma superfície horizontal, cujo coeficiente de atrito cinético é 0,10 ($g = 10 \text{ m/s}^2$).



- a) Qual deve ser a potência útil do motor?
- b) Se o rendimento do motor é de 80%, quantos joules de energia são consumidos por hora?

P29. (PUC-SP) Um dispositivo consome 1000 W realizando um trabalho de 3200 J em 4 s. Seu rendimento vale:

- a) 25%
- b) 75%
- c) 20%
- d) 80%
- e) 100%

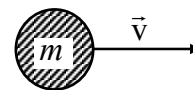
P30. Um motor a explosão tem potência de 50 kW e recebe, por hora, através da combustão da gasolina $7,2 \cdot 10^5 \text{ kJ}$.

- a) Qual a potência dissipada pelo motor?
- b) Qual o rendimento do motor?

Energia cinética de um corpo (E_c)

Também denominada energia atual, é a que se manifesta nos corpos *em movimento*.

Considere um corpo de massa m , que se desloca com uma determinada velocidade escalar v .



Definimos energia cinética E_c desse corpo à grandeza escalar dada por :

$$E_c = \frac{m \cdot V^2}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} m \text{ em kg} \\ e \\ V \text{ em m/s} \end{array} \right.$$

Unidades:

As mesmas de trabalho (joule).

Teorema da energia cinética (T.E.C.)

Seja \vec{F} a força resultante que atua sobre um partícula de massa m que se desloca entre dois pontos **A** e **B**.



Enunciamos como segue:

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

Fórmula matemática

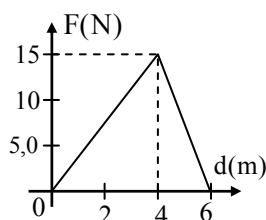
$$\tau_A^B = E_{C_B} - E_{C_A} \quad \text{ou} \quad \tau_A^B = \frac{m \cdot V_B^2}{2} - \frac{m \cdot V_A^2}{2}$$

Obs.: Demonstração a partir da equação de Torricelli.

TESTES DE SALA:

T13. (FATEC-SP) Um corpo de massa 4,0 kg, inicialmente parado, fica sujeito a uma força resultante constante de 8,0 N, sempre na mesma direção e no sentido. Calcule, após 2,0 s, o deslocamento do corpo e sua energia cinética.

T14. Sobre um corpo, de massa 2,4 kg, inicialmente em repouso num plano horizontal sem atrito, atua uma força também horizontal, de direção e sentido constantes, mas cuja intensidade varia com a distância percorrida, como mostra o gráfico ao lado. Determine:



- a) a energia cinética do corpo na posição $d = 6$ m;
- b) a velocidade do corpo na posição $d = 4$ m.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

P31. Qual a energia cinética de um corpo de massa igual a 6,0 kg que se move com velocidade constante e igual a 5,0 m/s?

P32. Qual a energia cinética de uma partícula de 200 g de massa que se movimenta com velocidade de 4,0 m/s.

33. Um corpo de massa 0,5 kg adquire velocidade em função do tempo de acordo com a lei $v = 6 + 2t$ (no SI). Calcule a energia cinética do corpo no instante 4s.

P34. Um veículo de massa 840 kg percorre uma estrada reta e horizontal a 72 km/h. Subitamente são aplicados os freios, reduzindo-se a velocidade para 36 km/h. Determine o trabalho realizado pela força resistente.

P35. Um corpo de massa 6,0 kg está sobre a ação de uma força resultante de intensidade 33 N que atua no sentido do movimento. Sabendo que num determinado instante a velocidade do corpo é de 7,0 m/s, determine sua velocidade após percorrer 16 m.

P36. O trabalho realizado sobre uma partícula de 8,0 kg de massa foi de 256 J. Sabendo que a velocidade inicial da partícula era de 6,0 m/s, calcule a velocidade final.

P37. Um objeto de massa $m = 1,0$ kg é lançado de baixo para cima, na vertical, com velocidade inicial v_0 . Ao passar por uma posição y_1 está com velocidade $v_1 = 4,0$ m/s e numa posição y_2 , sua velocidade é 2,0 m/s. Desprezando a resistência do ar, calcule:

- a) o trabalho realizado pela força da gravidade entre y_1 e y_2
- b) o deslocamento entre y_1 e y_2 .

P38. Uma partícula sujeita a uma força resultante de intensidade de 2,0 N move-se sobre uma reta. Sabendo-se que entre P e Q a variação da energia cinética é de 3,0 J, calcule a distância entre P e Q.

(OSEC-SP) O enunciado abaixo refere-se às questões 39 e 40
Uma bala de revólver, de massa 20 g, tem uma velocidade de 100 m/s. Essa bala atinge o tronco de uma árvore e nela penetra uma certa distância até parar.

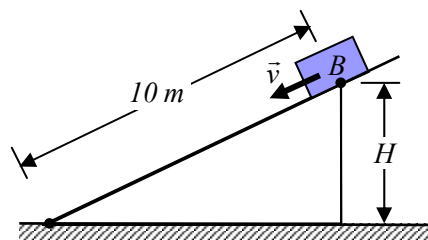
P39. A energia cinética da bala antes da colisão com a árvore era, em joule:

- a) 10^{-1}
- b) 10
- c) 10^2
- d) 10^4
- e) 10^5

P40. O trabalho da força resistente que o tronco exerce na bala, em joules, é:

- a) 0
- b) 10^{-1}
- c) -10
- d) -10^2
- e) -10^4

P41. (FUVEST-SP) Um bloco B de 2,0 kg é lançado do topo de um plano inclinado, com velocidade de 5,0 m/s, conforme indica a figura. Durante a descida, atua uma força de atrito constante de 7,5 N, que faz o bloco parar após deslocar-se 10 m. Calcule a altura H. Adote $g = 10$ m/s².



- a) 1,25 m
- b) 2,00 m
- c) 2,50 m
- d) 3,75 m
- e) 5,00 m

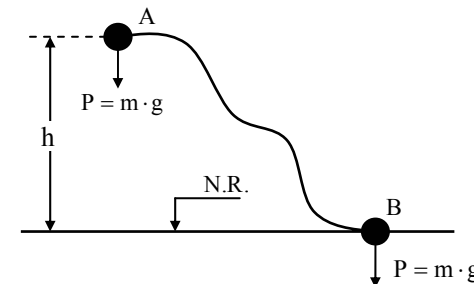
Energia potencial (E_P)

É a energia armazenada num sistema físico e *pode ser transformada em energia cinética*.

Na mecânica são consideradas duas formas de energia potencial: a *gravitacional* (E_{PG}) e a *elástica* (E_{PE}).

Energia potencial gravitacional (E_{PG})

É a energia que corresponde ao trabalho que a força peso realiza no deslocamento do nível considerado até o nível de referência:



$$E_{PG} = P \cdot h \text{ ou } E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

TESTES DE SALA:

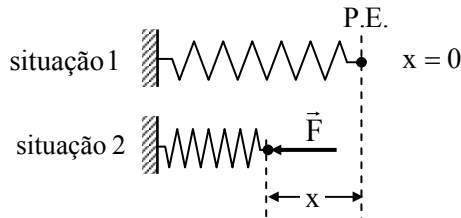
T15. Quanto varia a energia potencial gravitacional de uma pessoa de massa 80 kg ao subir do solo até uma altura de 30 m? Adote para aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$.

EXERCÍCIO PROPOSTO:

P42. Qual a energia potencial gravitacional adquirida por um corpo de massa $m = 5 \text{ kg}$, situado a 12m de altura num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Energia potencial elástica (E_{PE})

Tomemos uma mola de constante elástica k , inicialmente na sua posição de equilíbrio ($x = 0$), tal como se vê a seguir



Aplicando-se à mola uma força F , nós a deformamos de um certo valor x , medido a partir da posição de equilíbrio. Para determinarmos o valor da energia potencial acumulada pelo sistema na situação 2, calculamos o trabalho realizado pela força elástica dessa situação até a posição de equilíbrio (situação 1). Como já vimos, o trabalho da força elástica é dado por:

$$\tau_{Fel} = \frac{k \cdot x^2}{2} \text{ assim temos:}$$

$$E_{PE} = \tau_{Fel} \Rightarrow E_{PE} = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

TESTE DE SALA:

T16. Um pequeno veículo é preso à extremidade livre de uma mola de constante elástica $k = 5,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$. Determine a energia potencial elástica armazenada pelo sistema quando a mola é distendida de 5,0 cm.

EXERCÍCIO PROPOSTO:

P43. Uma mola de constante elástica $4,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, é comprimida de 10 cm, a partir da sua posição de equilíbrio. Qual a energia potencial elástica armazenada pela mola, nessa situação?

Energia mecânica (E_m)

É a soma de dois tipos de energia: *cinética* e *potencial*.

$$E_m = E_c + E_p$$

Princípio da conservação da energia mecânica

Na análise de algumas situações podemos perceber que comumente ocorrem conversões de energia potencial em cinética e vice-versa.

É o caso de um corpo lançado no campo gravitacional terrestre: à medida que vai subindo, vai perdendo velocidade, diminuindo portanto sua energia cinética, mas aumentando sua energia potencial. Observamos que na descida ocorrerá o oposto: aumento da energia cinética e diminuição da energia potencial.

Temos um caso análogo a esse quando lançamos um corpo subindo um plano inclinado, ou ainda um pêndulo simples se movimentando em torno de sua posição de equilíbrio.

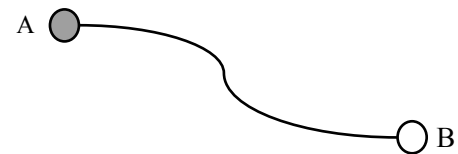
Se quisermos outro exemplo, basta que lancemos um corpo animado de uma certa velocidade v_0 de encontro a uma mola: à medida que a mola vai sendo comprimida, a energia cinética do corpo vai diminuindo, mas irá aumentar a energia potencial elástica da mola.

Se não atuarem forças dissipativas, tais como força de atrito e resistência do ar, podemos afirmar que a energia mecânica do sistema considerado permanecerá constante:

Princípio da conservação da energia mecânica:

Num sistema conservativo, a energia mecânica será sempre a mesma em qualquer instante.

Considere um corpo que passa de um ponto A para outro ponto B, na ausência de forças dissipativas.



A partir do princípio da conservação da energia mecânica, podemos escrever:

$$E_{MA} = E_{MB}$$

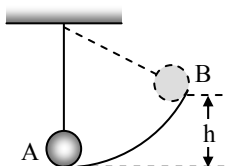
$$E_{PA} + E_{CA} = E_{PB} + E_{CB}$$

TESTE DE SALA:

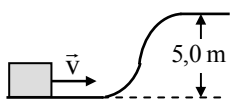
T17. Sob ação de forças conservativas, a energia cinética de um móvel aumenta 50 J. Qual é, no mesmo intervalo de tempo, a variação da energia potencial do móvel? Que acontece com a energia mecânica do móvel?

T18. A uma altura de 20 m, um corpo em repouso possui em relação ao solo uma energia potencial igual a 20 J. Admitindo que o campo gravitacional seja conservativo, determine a energia cinética do corpo quando ele estiver a 10 m de altura.

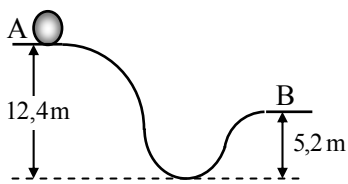
T19. Uma esfera presa a um fio é lançada horizontalmente com velocidade 2,0 m/s, a partir do ponto A, como indica a figura. Considerando desprezível a resistência do ar e $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a altura atingida pela esfera



T20. No percurso esquematizado, o bloco desliza sem atrito ou outras resistências. Determine a mínima velocidade do bloco no plano inferior para alcançar o topo da rampa. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



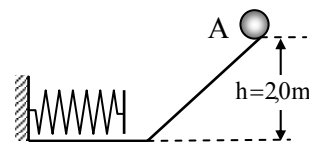
T21. O móvel representado na figura parte do repouso em A e percorre os planos representados sem nenhum atrito ou resistência. Determine a velocidade com que o móvel atinge o ponto B. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



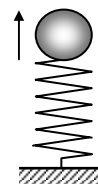
T22. Um corpo de massa 5,0 kg atinge uma mola com velocidade de 2,0 m/s, conforme a figura. Determine a deformação que a mola sofre até o corpo parar. Despreze os atritos e considere a constante elástica da mola igual a $1,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$.



T23. No sistema conservativo esquematizado ao lado, o corpo tem massa $m = 2,0 \text{ kg}$ e desliza a partir do repouso em A até atingir a mola cuja constante elástica é $k = 2,0 \cdot 10^3 \text{ N/m}$. sendo a aceleração da gravidade no local $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine a máxima deformação sofrida pela mola.



T24. Uma mola de constante elástica $k = 1,0 \cdot 10^2 \text{ N/m}$ é colocada na vertical e comprimida 20 cm. Um corpo de massa 0,5 kg é colocado sobre ela, que então é solta. Determine a altura que o corpo atinge, medida a partir do ponto de partida. O sistema é conservativo e $g = 10 \text{ m/s}^2$.



T25. (PUC-SP) Numa montanha russa onde os atritos não são desprezíveis, um carrinho de massa 400 kg parte, sem velocidade inicial, de um ponto A situado a 20 m do solo. Ao passar por um ponto B, sua velocidade é 2 m/s e sua altura em relação ao solo é 10 m.

Considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, podemos afirmar que a quantidade de energia dissipada entre os pontos A e B da trajetória é:

- a) 120,8 kJ c) 39,2 kJ
- b) 120 kJ d) 40 kJ e) 40,8 kJ

EXERCÍCIOS PROPOSTOS:

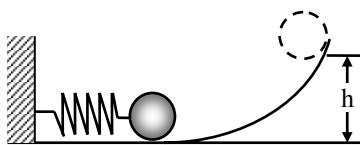
P44. Uma pedra de 5 kg cai de uma altura de 5m em relação ao solo. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e despreze a resistência do ar. Determine a velocidade da pedra quando atinge o solo.

P45. Um objeto de 10 kg é atirado verticalmente para cima com velocidade de 12 m/s. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e despreze a resistência do ar. Determine a altura máxima que atinge.

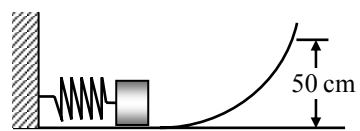
P46. Um bloco de massa $m = 4 \text{ kg}$ e velocidade horizontal $v = 0,5 \text{ m/s}$ choca-se com uma mola de constante elástica $k = 100 \text{ N/m}$. Não há atrito entre o bloco e a superfície de contato. Determine a máxima deformação que a mola experimenta.

P47. Uma mola de constante elástica $k = 1200 \text{ N/m}$ está comprimida de $x = 10 \text{ cm}$ pela ação de um corpo de massa 1 kg. Abandonado o conjunto, o corpo é atirado verticalmente para cima, atingindo a altura h . Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e despreze a resistência do ar, determine h .

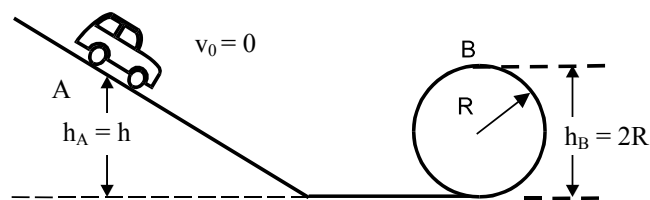
P48. Um corpo de 2,0 kg é empurrado contra uma mola cuja constante elástica é 500 N/m , comprimindo-a 20 cm. Ele é libertado e a mola projeta o corpo ao longo de uma superfície lisa e horizontal que termina numa rampa inclinada, conforme mostra a figura. Determine a altura máxima atingida pelo corpo na rampa. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



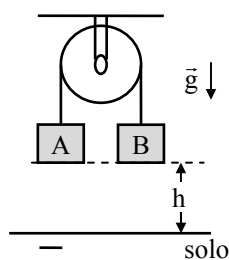
P49. Um bloquinho de 1,0 kg é lançado por uma mola, a partir do repouso, e atinge a altura de 50 cm na rampa, conforme a figura, Não havendo forças dissipativas, qual deve ser a deformação (compressão) x da mola, cuja constante elástica é de 500 N/m ? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)



P50. Um carrinho de dimensões desprezíveis começa a descer uma rampa a partir de uma altura h e do repouso, conforme o esquema. Desprezando as forças dissipativas, qual é a altura mínima da qual deve partir para que realize o looping no trajeto circular de raio R , em plano vertical?



P51. Os blocos A ($m_A = 3,0 \text{ kg}$) e B ($m_B = 2,0 \text{ kg}$) são abandonados de uma altura h , como mostra a figura. Não há forças dissipativas. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $h = 0,20 \text{ m}$, determine a velocidade dos blocos no instante em que A toca o solo.



RESPOSTAS:

- P01.** 4500 J **P02.** 1200 J **P03.** a) 7 m/s^2 b) 70 N c) 8820 J
P04. - 50 J **P05.** $6 \cdot 10^2 \text{ J}$ **P06.** 20 J
P07. a) de $x = 200$ até $x = 500 \text{ m}$ b) 0 **P08.** 0,3 J **P09.** 210 J
P10. a) - 500 J b) 500 J **P11.** - 120 J
P12. a) - 960 J b) 960 J
P13. a) 780 J b) - 180 J c) - 120 J **P14.** 0,08 **P15.** 5 J
P16. 320 J **P17.** 10^4 W **P18.** $4 \cdot 10^2 \text{ kW}$
P19. a) 2 m/s b) $2 \cdot 10^4 \text{ W}$ **P20.** 18000 W ou 18 kW
P21. 5000 W ou 5 kW **P22.** $5 \cdot 10^4 \text{ W}$ ou 50 kW **P23.** b)
P24. c **P25.** a **P26.** 80 % **P27.** a) 700 W b) 1000 W
P28. a) 250 W b) 1125000 J **P29.** d
P30. a) 150 kW b) 25% **P31.** 75 J **P32.** 1,6 J **P33.** 49 J
P34. $1,26 \cdot 10^5 \text{ J}$ **P35.** 15 m/s **P36.** 10 m/s
P37. a) - 6 J b) 0,6 m **P38.** 1,5 m **P39.** c **P40.** d **P41.** c
P42. 600 J **P43.** 20 J **P44.** 10 m/s **P45.** 7,2 m **P46.** 10 cm
P47. 60 cm **P48.** 50 cm **P49.** $\sqrt{0,02} \text{ m} \cong 0,14 \text{ m}$
P50. $h_{\min} = 2,5 R$ **P51.** $\sqrt{0,8} \cong 0,89 \text{ m/s}$