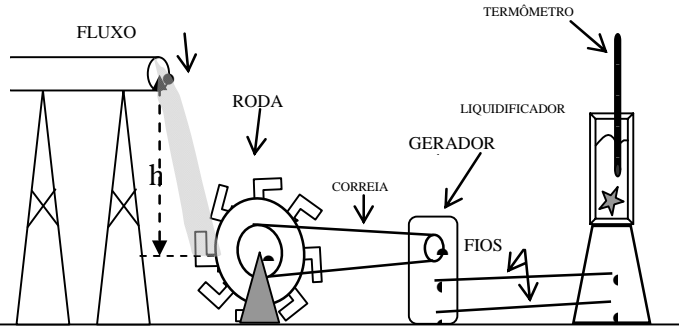


**TRABALHO, ENERGIA E POTÊNCIA**

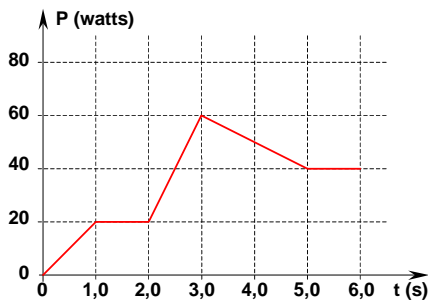
1. (UFRN 1999) O projeto de um grupo de alunos para a feira de ciências da escola consiste de uma miniatura, na forma de maquete, de um sistema de produção, transporte e consumo de energia elétrica, conforme esquematizado na figura abaixo.



O sistema é iniciado com um fluxo de água dado por  $\phi$ , caindo de uma altura  $h$  sobre uma roda d'água, fazendo com que esta gire. O fluxo  $\phi$  é medido em quilogramas por segundo. Através de uma correia, o giro da roda é transmitido a um gerador elétrico. Fios condutores são conectados dos terminais do gerador a um liquidificador, cujo copo, termicamente isolado, contém um líquido cuja massa é  $m_1$  e cujo calor específico é  $c_1$ . O módulo da aceleração da gravidade é  $g$ .

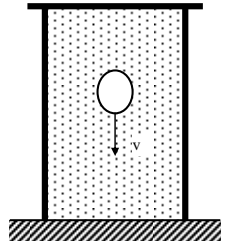
- Especifique, em ordem sequencial, as transformações de energia que ocorrem no sistema.
- Expresse literalmente a energia mecânica por unidade de tempo (potência),  $P$ , inicialmente disponível, em função de  $\phi$ ,  $h$  e  $g$ .
- Expresse literalmente a quantidade de calor,  $Q_1$ , recebida pelo líquido, em função de  $m_1$ ,  $c_1$  e  $\Delta T$ , considerando que  $\Delta T$  foi o aumento de temperatura que o líquido sofreu.
- Considerando que a temperatura do líquido aumente de  $\Delta T$  e o liquidificador funcione durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ , expresse literalmente a potência transferida ao líquido,  $P_1$ , em função de  $m_1$ ,  $c_1$ ,  $\Delta T$  e  $\Delta t$ .
- Expresse literalmente o aumento de temperatura,  $\Delta T$ , do líquido, em função de  $\phi$ ,  $h$ ,  $g$ ,  $m_1$ ,  $c_1$  e  $\Delta t$ , considerando que apenas 20 % da potência inicialmente disponível,  $P$ , é transferida para o líquido.

2. (COVEST 1999) O desempenho de um sistema mecânico pode ser representado pelo gráfico abaixo, que mostra a potência fornecida pelo mesmo em uma certa operação. Calcule o trabalho total, em joules, efetuado por esse sistema nos três primeiros segundos.

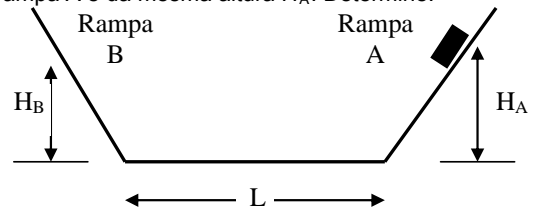


- (COVEST 2000) Uma usina hidroelétrica de 90 MW produz energia elétrica por meio de uma turbina acionada pela água que cai de uma cachoeira cuja altura é 100 m. Supondo que não há perdas, calcule o volume de água, em  $m^3$ , que passa pela turbina em cada segundo.
- (FUVEST 1989) Um objeto de 20 kg desloca-se numa trajetória plana retilínea de acordo com a equação:  $s = 10 + 3t + t^2$ , onde  $s$  é medido em metros e  $t$  em segundos.
  - Qual a expressão da velocidade do objeto no instante  $t$ ?
  - Calcule o trabalho realizado pela força resultante que atua sobre o corpo durante um deslocamento de 20 m.
- (FUVEST 1998) Uma esteira rolante transporta 15 caixas de bebida por minuto, de um depósito no subsolo até o andar térreo. A esteira tem comprimento de 12 m, inclinação de  $30^\circ$  com a horizontal e move-se com velocidade constante. As caixas a serem transportadas já são colocadas com a velocidade da esteira. Se cada caixa pesa 200 N, o motor que aciona esse mecanismo deve fornecer a potência de:
  - 20 W
  - 40 W
  - 300 W
  - 600 W
  - 1800 W

6. (FUVEST 1999) Um objeto de massa 8,0 kg e volume 1,0 litro está imerso em um líquido, de densidade igual à da água, contido num grande recipiente, como mostra a figura. O objeto se move para baixo com velocidade constante  $v = 0,20$  m/s, devido à ação conjunta da gravidade, do empuxo e da resistência viscosa do líquido ao movimento. Podemos afirmar que a quantidade de energia transformada em calor, a cada segundo, no sistema "objeto-líquido" é de:



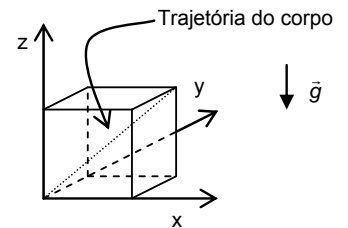
- 0
  - 0,14 J
  - 0,16 J
  - 14 J
  - 16 J
7. (FUVEST 2000) Uma pista é formada por duas rampas inclinadas, A e B, e por uma região horizontal de comprimento  $L$ . Soltando-se, na rampa A, de uma altura  $H_A$ , um bloco de massa  $m$ , verifica-se que ele atinge a altura  $H_B$  na rampa B (conforme figura), em experimento realizado na Terra. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a pista é nulo nas rampas e igual a  $\mu$  na região horizontal. Suponha que esse mesmo experimento seja realizado em Marte, onde a aceleração da gravidade é  $g_M \approx g/3$ , e considere que o bloco seja solto na mesma rampa A e da mesma altura  $H_A$ . Determine:



- a razão  $R_A = V_{A \text{ Terra}}/V_{A \text{ Marte}}$ , entre as velocidades do bloco no final da rampa A (ponto A), e em cada uma das experiências (Terra e Marte).
- a razão  $R_B = W_{\text{Terra}}/W_{\text{Marte}}$ , entre as energias mecânicas dissipadas pela força de atrito na região horizontal, em cada uma das experiências (Terra e Marte).
- a razão  $R_C = H_{B \text{ Terra}}/H_{B \text{ Marte}}$ , entre as alturas que o bloco atinge na rampa B, em cada uma das experiências (Terra e Marte).

8. (ELITE) Lembrando que o produto escalar de dois vetores é calculado pela soma do produto entre suas componentes, ou seja, sendo  $\vec{u} = u_x\vec{i} + u_y\vec{j} + u_z\vec{k}$  e  $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$  dois vetores no espaço tridimensional, então o produto escalar entre eles é dado por:  $\vec{u} \cdot \vec{v} = u_x \cdot v_x + u_y \cdot v_y + u_z \cdot v_z$ . Observe que o produto escalar entre dois vetores nos fornece um escalar, e não um vetor. Sabendo-se o ângulo entre os dois vetores, é possível calcular o produto escalar usando o co-seno:  $\vec{u} \cdot \vec{v} = |\vec{u}| \cdot |\vec{v}| \cdot \cos(\theta)$ , sendo  $\theta$  o ângulo entre o vetor  $\vec{u}$  e o vetor  $\vec{v}$  e lembrando que  $|\vec{u}| = \sqrt{(u_x)^2 + (u_y)^2 + (u_z)^2}$  e  $|\vec{v}| = \sqrt{(v_x)^2 + (v_y)^2 + (v_z)^2}$ .

Como o Trabalho de uma força  $\vec{F}$  atuando em um corpo que sofreu um deslocamento vetorial  $\vec{d}$  é calculado usando-se o co-seno ( $\tau = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$ , sendo  $\theta$  o ângulo entre o vetor deslocamento  $\vec{d}$  e a força  $\vec{F}$ ), um resultado sugestivo é que o Trabalho de uma força é dado pelo produto escalar entre o vetor deslocamento e a força. De fato isso é verdade, assim sendo, suponha uma força constante dada por  $\vec{F} = 9\vec{i} + 17\vec{j} + P_x\vec{k}$  atuando em um corpo de massa 1 kg que se desloca ao longo da diagonal de um cubo de face 5 m localizado na origem, conforme desenho a seguir.  $P_x$  é o peso do corpo (perceba que ele tem sentido oposto ao eixo z e que  $\vec{F}$  é a força resultante atuando sobre o corpo, incluindo a da gravidade) e a aceleração da gravidade local é  $10 \text{ m/s}^2$ .

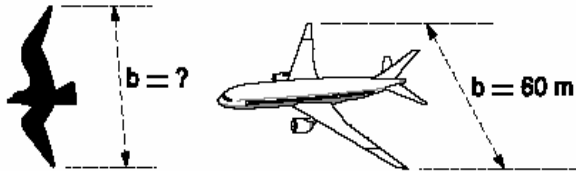


- Assim, o trabalho da força  $\vec{F}$  considerado acima é:
- 130 J
  - 80 J
  - 50 J
  - 180 J
  - 180 J
9. (UNICAMP) Um corpo que voa tem seu peso  $P$  equilibrado por uma força de sustentação atuando sobre a superfície de área  $A$  das suas

asas. Para vôos em baixa altitude esta força pode ser calculada pela expressão:

$$\frac{P}{A} = 0,37 V^2.$$

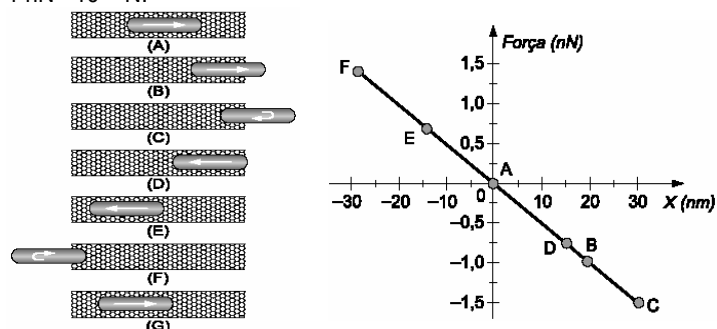
onde  $V$  é uma velocidade de vôo típica deste corpo. A relação  $P/A$  para um avião de passageiros é igual a  $7200 \text{ N/m}^2$  e a distância  $b$  entre as pontas das asas (envergadura) é de  $60 \text{ m}$ . Admita que a razão entre as grandezas  $P/A$  e  $b$  é aproximadamente a mesma para pássaros e aviões.



- Estime a envergadura de um pardal.
- Calcule a sua velocidade de vôo.
- Em um experimento verificou-se que o esforço muscular de um pássaro para voar a  $10 \text{ m/s}$  acarretava um consumo de energia de  $3,2 \text{ J/s}$ . Considerando que  $25\%$  deste consumo é efetivamente convertido em potência mecânica, calcule a força de resistência oferecida pelo ar durante este vôo.

10. (UNICAMP) Os átomos de carbono têm a propriedade de se ligarem formando materiais muito distintos entre si, como o diamante, o grafite e os diversos polímeros. Há alguns anos foi descoberto um novo arranjo para esses átomos: os nanotubos, cujas paredes são malhas de átomos de carbono. O diâmetro desses tubos é de apenas alguns nanômetros ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). No ano passado, foi possível montar um sistema no qual um "nanotubo de carbono" fechado nas pontas oscila no interior de um outro nanotubo de diâmetro maior e aberto nas extremidades, entre os dois tubos dão origem a uma força restauradora representada no gráfico.

$1 \text{ nN} = 10^{-9} \text{ N}$ .



- Encontre, por meio do gráfico, a constante de mola desse oscilador.
- O tubo oscilante é constituído de  $90$  átomos de carbono. Qual é a velocidade máxima desse tubo, sabendo-se que um átomo de carbono equivale a uma massa de  $2 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ?

**POTÊNCIA**

11. (FUVEST) Um pai de  $70 \text{ kg}$  e seu filho de  $50 \text{ kg}$  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:

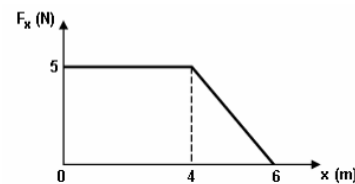
- realizou mais trabalho.
- realizou a mesma quantidade de trabalho.
- possuía mais energia cinética.
- possuía a mesma quantidade de energia cinética.
- desenvolveu potência mecânica menor.

12. (UNESP) Certa máquina  $M_1$  eleva verticalmente um corpo de massa  $m_1 = 1,0 \text{ kg}$  a  $20,0 \text{ m}$  de altura em  $10,0 \text{ s}$ , em movimento uniforme. Outra máquina  $M_2$  acelera em uma superfície horizontal, sem atrito, um corpo de massa  $m_2 = 3,0 \text{ kg}$ , desde o repouso até a velocidade de  $10,0 \text{ m/s}$ , em  $2,0 \text{ s}$ .

- De quanto foi o trabalho realizado por cada uma das máquinas?
- Qual a potência média desenvolvida por cada máquina?

13. O que é kWh?

14. Uma força atuando em uma caixa varia com a distância  $x$  de acordo com o gráfico. O trabalho realizado por essa força para mover a caixa da posição  $x = 0$  até a posição  $x = 6 \text{ m}$  vale.

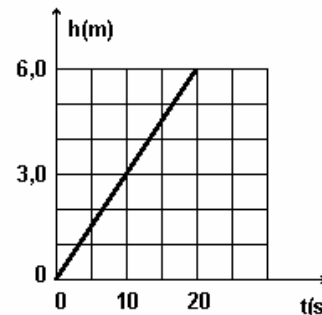


- 5 J
- 15 J
- 20 J
- 25 J
- 30 J

15. (UNITAL) Um exaustor, ao descarregar grãos do porão de um navio, ergue-os até a uma altura de  $10,0 \text{ m}$  e depois lança-os com uma velocidade de  $4,00 \text{ m/s}$ . Se os grãos são descarregados à razão de  $2,00 \text{ kg}$  por segundo, conclui-se que, para realizar esta tarefa, o motor do exaustor deve ter uma potência mínima de (considere  $g = 10,0 \text{ m/s}^2$ )

- $1,96 \cdot 10^2 \text{ W}$ .
- $2,16 \cdot 10^2 \text{ W}$ .
- $2,00 \cdot 10^2 \text{ W}$
- $1,00 \cdot 10^2 \text{ W}$ .
- $16 \text{ W}$ .

16. (FUVEST) Uma empilhadeira elétrica transporta do chão até uma prateleira, a  $6 \text{ m}$  do chão, um pacote de  $120 \text{ kg}$ . O gráfico adiante ilustra a altura do pacote em função do tempo. A potência aplicada ao corpo pela empilhadeira é:



- $120 \text{ W}$
- $360 \text{ W}$
- $720 \text{ W}$
- $1200 \text{ W}$
- $2400 \text{ W}$

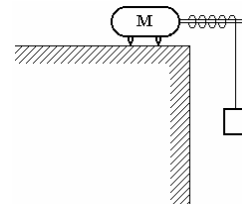
17. (UEL) Um motor, cuja potência nominal é de  $6,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ , eleva um corpo de peso  $6,0 \cdot 10^2 \text{ N}$  até a uma altura de  $5,0 \text{ m}$ , com velocidade constante de  $0,5 \text{ m/s}$ . Nessas condições, o rendimento do motor vale

- 0,90
- 0,75
- 0,60
- 0,50
- 0,25

18. (UNESP) Um motor de potência útil igual a  $125 \text{ W}$ , funcionando como elevador, eleva a  $10 \text{ m}$  de altura, com velocidade constante, um corpo de peso igual a  $50 \text{ N}$ , no tempo de

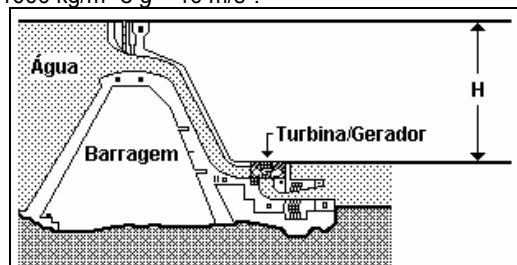
- 0,4 s
- 2,5 s
- 12,5 s
- 5,0 s
- 4,0 s

19. (MACK) A figura a seguir representa um motor elétrico  $M$  que eleva um bloco de massa  $20 \text{ kg}$  com velocidade constante de  $2 \text{ m/s}$ . A resistência do ar é desprezível e o fio que sustenta o bloco é ideal. Nessa operação, o motor apresenta um rendimento de  $80\%$ . Considerando o módulo da aceleração da gravidade como sendo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a potência dissipada por este motor tem valor:



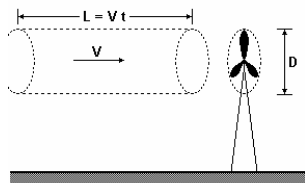
- 500 W
- 400 W
- 300 W
- 200 W
- 100 W

20. (UNICAMP) Uma usina hidrelétrica gera eletricidade a partir da transformação de energia potencial mecânica em energia elétrica. A usina de Itaipu, responsável pela geração de  $25\%$  da energia elétrica utilizada no Brasil, é formada por  $18$  unidades geradoras. Nelas, a água desce por um duto sob a ação da gravidade, fazendo girar a turbina e o gerador, como indicado na figura a seguir. Pela tubulação de cada unidade passam  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  de água. O processo de geração tem uma eficiência de  $77\%$ , ou seja, nem toda a energia potencial mecânica é transformada em energia elétrica. Considere a densidade da água  $1000 \text{ kg/m}^3$  e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



- Qual a potência gerada em cada unidade da usina se a altura da coluna d'água for  $H = 130 \text{ m}$ ? Qual a potência total gerada na usina?
- Uma cidade como Campinas consome  $6 \cdot 10^9 \text{ Wh}$  por dia. Para quantas cidades como Campinas, Itaipu é capaz de suprir energia elétrica? Ignore as perdas na distribuição.

21. (UNICAMP) Um cata-vento utiliza a energia cinética do vento para acionar um gerador elétrico. Para determinar essa energia cinética deve-se calcular a massa de ar contida em um cilindro de diâmetro  $D$  e comprimento  $L$ , deslocando-se com a velocidade do vento  $V$  e passando pelo cata-vento em  $t$  segundos. Veja a figura a seguir. A densidade do ar é  $1,2 \text{ kg/m}^3$ ,  $D = 4,0 \text{ m}$  e  $V = 10 \text{ m/s}$ . Aproxime  $\pi = 3$ .



- Determine a vazão da massa de ar em  $\text{kg/s}$  que passa pelo cata-vento.
- Admitindo que este cata-vento converte 25 % da energia cinética do vento em energia elétrica, qual é a potência elétrica gerada?

22. (UNICAMP) "Era uma vez um povo que morava numa montanha onde havia muitas quedas d'água. O trabalho era árduo e o grão era moído em pilões. [...] Um dia, quando um jovem suava ao pilão, seus olhos bateram na queda-d'água onde se banhava diariamente. [...] Conhecia a força da água, mais poderosa que o braço de muitos homens. [...] Uma faísca lhe iluminou a mente: não seria possível domesticá-la, ligando-a ao pilão?"

(Rubem Alves, "Filosofia da Ciência": Introdução ao Jogo e suas Regras, São Paulo, Brasiliense, 1987.)

Essa história ilustra a invenção do pilão d'água (monjolo). Podemos comparar o trabalho realizado por um monjolo de massa igual a 30 kg com aquele realizado por um pilão manual de massa igual a 5,0 kg. Nessa comparação desprezamos as perdas e considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- Um trabalhador ergue o pilão manual e deixa-o cair de uma altura de 60 cm. Qual o trabalho realizado em cada batida?
- O monjolo cai sobre grãos de uma altura de 2 m. O pilão manual é batido a cada 2,0 s, e o monjolo, a cada 4,0 s. Quantas pessoas seriam necessárias para realizar com o pilão manual o mesmo trabalho que o monjolo, no mesmo intervalo de tempo?

23. (FUVEST) No medidor de energia elétrica usado na medição do consumo de residências, há um disco, visível externamente, que pode girar. Cada rotação completa do disco corresponde a um consumo de energia elétrica de 3,6 watt-hora. Mantendo-se, em uma residência, apenas um equipamento ligado, observa-se que o disco executa uma volta a cada 40 segundos. Nesse caso, a potência "consumida" por esse equipamento é de, aproximadamente,

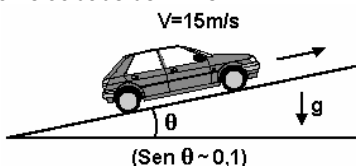
- 36 W
- 90 W
- 144 W
- 324 W
- 1000 W

24. (UFSCAR) De acordo com publicação médica especializada, uma pessoa caminhando à velocidade constante de 3,2 km/h numa pista plana horizontal consome, em média, 240 kcal em uma hora. Adotando  $1,0 \text{ kcal} = 4200 \text{ J}$ , pode-se afirmar que a potência desenvolvida pelo organismo e a força motriz exercida pelo solo, por meio do atrito, sobre os pés dessa pessoa valem, em média, aproximadamente,

- 280 W e 0 N.
- 280 W e 315 N.
- 1400 W e 175 N.
- 1400 W e 300 N.
- 2000 W e 300 N.

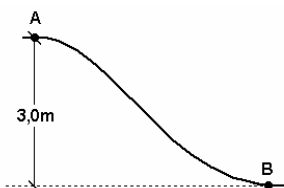
25. (FUVEST) Nos manuais de automóveis, a caracterização dos motores é feita em CV (cavalo-vapor). Essa unidade, proposta no tempo das primeiras máquinas a vapor, correspondia à capacidade de um cavalo típico, que conseguia erguer, na vertical, com auxílio de uma roldana, um bloco de 75 kg, à velocidade de 1 m/s.

Para subir uma ladeira, inclinada como na figura, um carro de 1000 kg, mantendo uma velocidade constante de 15 m/s (54 km/h), desenvolve uma potência útil que, em CV, é, aproximadamente, de



- 20 CV
- 40 CV
- 50 CV
- 100 CV
- 150 CV

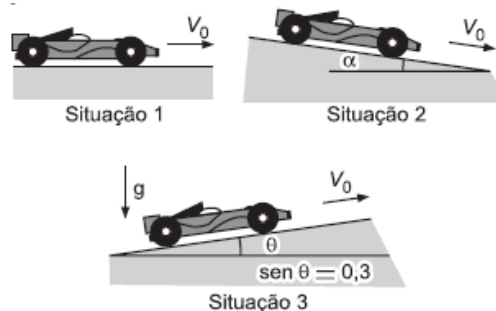
26. (UEL) Um corpo de massa  $m = 0,50 \text{ kg}$  desliza por uma pista inclinada, passando pelo ponto A com velocidade  $V_A = 2,0 \text{ m/s}$  e pelo ponto B com velocidade  $V_B = 6,0 \text{ m/s}$ . Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$



- Considerando também a figura, o trabalho realizado pela força de atrito no deslocamento de A para B vale, em joules,
- 8,0
  - 7,0
  - 4,0
  - 7,0
  - 8,0

27. (FUVEST) Um carro de corrida, de massa  $M = 800 \text{ kg}$ , percorre uma pista de provas plana, com velocidade constante  $V_0 = 60 \text{ m/s}$ . Nessa situação, observa-se que a potência desenvolvida pelo motor,  $P_1 = 120 \text{ kW}$ , é praticamente toda utilizada para vencer a resistência do ar (Situação 1, pista horizontal).

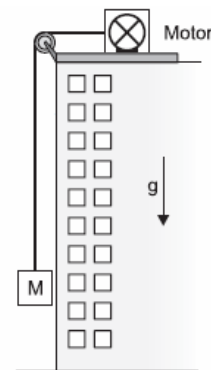
Prosseguindo com os testes, faz-se o carro descer uma ladeira, com o motor desligado, de forma que mantenha a mesma velocidade  $V_0$  e que enfrente a mesma resistência do ar (Situação 2, inclinação  $\alpha$ ). Finalmente, faz-se o carro subir uma ladeira, com a mesma velocidade  $V_0$ , sujeito à mesma resistência do ar (Situação 3, inclinação  $\theta$ ).



- Estime, para a Situação 1, o valor da força de resistência do ar  $F_R$ , em Newtons, que age sobre o carro no sentido oposto a seu movimento.
  - Estime, para a Situação 2, o seno do ângulo de inclinação da ladeira,  $\text{sen } \alpha$ , para que o carro mantenha a velocidade  $V_0 = 60 \text{ m/s}$ .
  - Estime, para a Situação 3, a potência  $P_3$  do motor, em kW, para que o carro suba uma ladeira de inclinação dada por  $\text{sen } \theta = 0,3$ , mantendo a velocidade  $V_0 = 60 \text{ m/s}$ .
- NOTE E ANOTE: Considere, nessas três situações, que apenas a resistência do ar dissipa energia.

28. (FUVEST) Um elevador de carga, com massa  $M = 5.000 \text{ kg}$ , é suspenso por um cabo na parte externa de um edifício em construção. Nas condições das questões abaixo, considere que o motor fornece a potência  $P = 150 \text{ kW}$ .

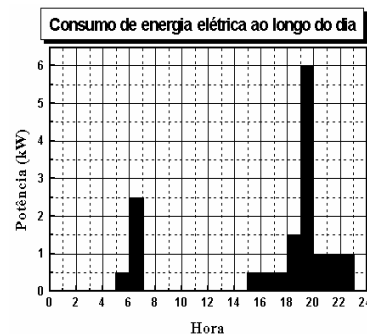
- Determine a força  $F_1$ , em N, que o cabo exerce sobre o elevador, quando ele é puxado com velocidade constante.
- Determine a força  $F_2$ , em N, que o cabo exerce sobre o elevador, no instante em que ele está subindo com uma aceleração para cima de módulo  $a = 5 \text{ m/s}^2$ .



- Levando em conta a potência  $P$  do motor, determine a velocidade  $V_2$ , em m/s, com que o elevador estará subindo, nas condições do item (b) ( $a = 5 \text{ m/s}^2$ ).
- Determine a velocidade máxima  $V_L$ , em m/s, com que o elevador pode subir quando puxado pelo motor.

29. (UNICAMP-MODIFICADO) O gráfico ao lado mostra a potência elétrica (em kW) consumida em uma certa residência ao longo do dia. A residência é alimentada com a voltagem de 120 V.

Essa residência tem um fusível que queima se a corrente ultrapassar um certo valor, para evitar danos na instalação elétrica. Por outro lado, esse fusível deve suportar



- a corrente utilizada na operação normal dos aparelhos da residência.
- Qual o valor mínimo da corrente que o fusível deve suportar? (Sugestão: lembre-se de que a voltagem  $U$  se relaciona com a potência total  $P$  e com a corrente  $i$  pela equação  $P = U \cdot i$ )
  - Qual é a energia em kWh consumida em um dia nessa residência?
  - Qual será o preço a pagar por 30 dias de consumo se o kWh custa R\$ 0,12?

30. (UNICAMP) Em um forno de microondas, as moléculas de água contidas nos alimentos interagem com as microondas que as fazem oscilar com uma frequência de 2,40 GHz ( $2,40 \cdot 10^9$  Hz). Ao oscilar, as moléculas colidem inelasticamente entre si transformando energia radiante em calor. Considere um forno de microondas de 1.000 W que transforma 50 % da energia elétrica em calor. Considere a velocidade da luz  $3,0 \cdot 10^8$  m/s.

a) Determine o comprimento de onda das microondas.  
b) Considere que o forno é uma cavidade ressonante, na qual a intensidade das microondas é nula nas paredes. Determine a distância entre as paredes do forno, na faixa entre 25 e 40 cm, para que a intensidade da radiação seja máxima exatamente em seu centro.  
c) Determine o tempo necessário para aquecer meio litro de água de 20 °C para 40 °C. O calor específico da água é 4000 J/kg °C.

31. (UNICAMP) O fenômeno “El Niño”, que causa anomalias climáticas nas Américas e na Oceania, consiste no aumento da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico.

a) Suponha que o aumento de temperatura associado ao “El Niño” seja de 2 °C em uma camada da superfície do oceano de 1500 km de largura, 5000 km de comprimento e 10 m de profundidade. Lembre que  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ . Considere o calor específico da água do oceano 4000 J/kg °C e a densidade da água do oceano 1000 kg/m<sup>3</sup>. Qual a energia necessária para provocar este aumento de temperatura?  
b) Atualmente o Brasil é capaz de gerar energia elétrica a uma taxa aproximada de 60 GW ( $6,0 \cdot 10^{10}$  W). Se toda essa potência fosse usada para aquecer a mesma quantidade de água, quanto tempo seria necessário para provocar o aumento de temperatura de 2 °C?

32. (UNICAMP) O enormus, o normus e o pequenus são três seres vivos de temperatura maior que a temperatura ambiente. Eles têm a mesma densidade e a forma de um cubo de lados 10,0, 1,0 e 0,10, respectivamente. O enormus se alimenta de normus e este de pequenus. Porque suas temperaturas estão acima da ambiente, eles perdem diariamente a quantidade de calor:

$$\Delta Q = (1/1000) \times \text{área da superfície}$$

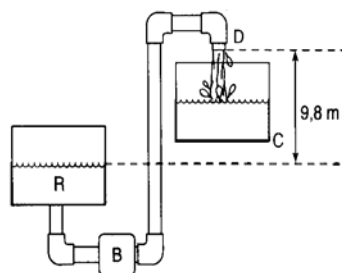
Para cada ser ingerido eles ganham a energia:

$$\Delta E = (1/10) \times \text{volume do ser ingerido}$$

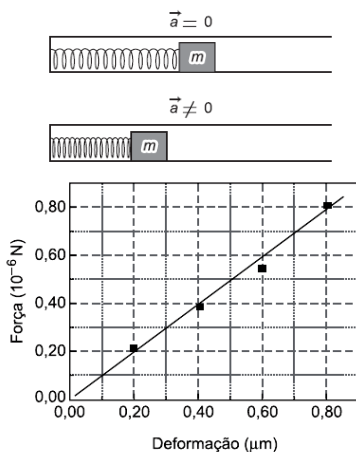
As quantidades e fórmulas acima estão em um mesmo sistema de unidades:

- a) Quantos normus o enormus deve ingerir diariamente só para manter sua temperatura constante?  
b) Quantos pequenus o normus deve ingerir diariamente só para manter sua temperatura constante?  
c) Que fração de sua própria massa o enormus precisa comer diariamente? E o normus?

33. Uma bomba B recalca água com uma vazão de  $3,0 \cdot 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s, de um reservatório R para uma caixa C. A altura de recalque é de 9,8 m e a água é injetada na caixa com uma velocidade escalar de 2,0 m/s. Considere  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> e a densidade da água  $1,0 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. Desprezando as perdas de energia, determine a potência da bomba.



34. (UNICAMP) Sensores de dimensões muito pequenas têm sido acoplados a circuitos micro-eletrônicos. Um exemplo é um medidor de aceleração que consiste de uma massa  $m$  presa a uma micro-mola de constante elástica  $k$ . Quando o conjunto é submetido a uma aceleração  $a$ , a micro-mola se deforma, aplicando uma força  $F_{el}$  na massa (ver diagrama ao lado). O gráfico abaixo do diagrama mostra o módulo da força aplicada versus a deformação de uma micro-mola utilizada num medidor de aceleração.

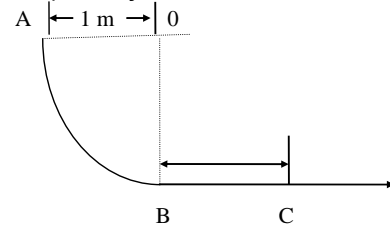


- a) Qual é a constante elástica  $k$  da micro-mola?  
b) Qual é a energia necessária para produzir uma compressão de 0,10 μm na micro-mola?  
c) O medidor de aceleração foi dimensionado de forma que essa micro-mola sofra uma deformação de 0,50 μm quando a massa tem uma aceleração de módulo igual a 25 vezes o da aceleração da gravidade. Qual é o valor da massa  $m$  ligada à micro-mola?

35. Um corpo de peso  $P$  é arrastado para cima de um plano inclinado de ângulo  $\alpha$  mantendo uma determinada velocidade constante. Sobre um piso horizontal é possível arrastar o peso  $P$  junto a um outro peso  $P_1$  com a mesma velocidade anterior utilizando-se da mesma potência. Determinar  $P_1$  sendo  $\mu$  o coeficiente de atrito entre o solo horizontal e o corpo e entre o plano inclinado e o corpo.

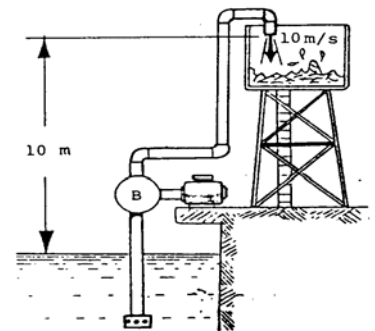
**APROFUNDAMENTO ENERGIA**

36. (EN 1983) Uma partícula de massa 1 kg é liberada do repouso, em A, sobre uma guia cujo perfil é um quadrante de circunferência de 1 m de raio. O trabalho realizado pela força de atrito que atua sobre a partícula no trecho AB é de -2 J. De B em diante, a partícula percorre na horizontal uma distância de 2 m até C, onde pára. Considere  $g = 10$  m/s<sup>2</sup> e desprezar os efeitos na resistência do ar. A potência média desenvolvida pela força de atrito no trecho BC é de:



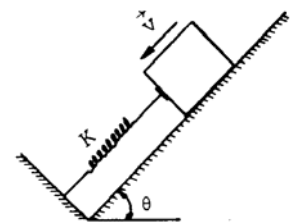
- a) - 4 W    b) - 8 W    c) - 6 W    d) - 10 W    e) - 12 W

37. (EN 1985) Uma bomba de água aspira de uma cisterna descarregando 600 litros por minuto, a uma velocidade de 10 m/s e numa altura de 10 m. A potência mínima da bomba (desprezando as perdas e considerando  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>) será, em quilo-Watt:



- a) 1,0 kW    b) 1,5 kW  
c) 2,0 kW    d) 2,5 kW  
e) 3,0 kW

38. (EN 1988) Na posição mostrada na figura, a velocidade do bloco de 2 kg é 5 m/s, a mola é ideal, tem constante elástica 20 N/m e está comprimida de 1 metro. O plano inclinado faz com o plano horizontal um ângulo  $\theta$  cujo seno é 0,6. Sabe-se que a aceleração da gravidade no local é 10 m/s<sup>2</sup> e que a energia cinética do bloco será 5 Joules



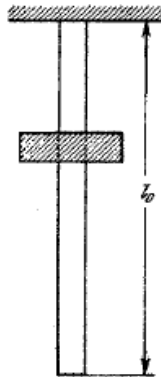
quando a mola estiver comprimida de 2 metros. O valor absoluto do trabalho realizado sobre o bloco, pela força de atrito entre o mesmo e o plano inclinado, no deslocamento, da posição inicial (mostrada na figura) até à posição em que a mola está comprimida de 2 metros, em joule, é:

- a) 0    b) 1    c) 2    d) 3    e) 4

39. (SARAEVA) Que trabalho é realizado por uma força de 30 N, ao levantar um peso de 10 N a uma altura de 5 m?

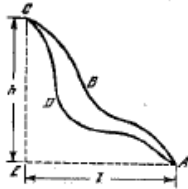
40. (SARAEVA) Dois pedaços iguais de gelo flutuam, em direção um ao outro, com velocidades iguais e ao chocarem-se transformam-se em vapor. Determinar as velocidades mínimas dos pedaços de gelo, se, antes do choque, a temperatura dos mesmos era igual a -12 °C .

41. (SARAEVA) Ao longo de um cordão de peso desprezível e de comprimento  $\ell_0$  desliza uma arruela (observe a figura). A força de atrito, que atua entre o cordão e a arruela, é constante e igual a  $f$ . O coeficiente de elasticidade do cordão é conhecido e igual a  $k$ . Encontrar a quantidade de calor despreendida  $Q$ .



42. (SARAEVA) A experiência de Guericke (com hemisfério de Magdeburgo) consistiu em que, duas semi-esferas de cobre se unissem hermeticamente pelas bases e da esfera obtida se tirasse o ar. A pressão atmosférica uniu tão fortemente as semi-esferas uma à outra, que foi possível separá-las somente com a ajuda de vários cavalos. Determinar quantos cavalos são necessários para separar semi-esferas, atuando cada cavalo com uma força  $F$ ? O raio das semi-esferas é  $R$ , a pressão atmosférica é  $p$ .

43. (SARAEVA) Ergue-se um corpo até o cume de uma montanha, uma vez, percorrendo o caminho ADC e outra, o caminho ABC (figura abaixo). Demonstrar que se a subida é lenta, o trabalho realizado será o mesmo, caso o coeficiente de fricção em ambos os trajetos será igual.



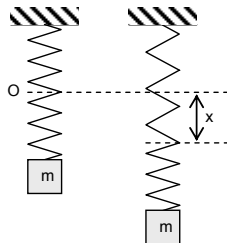
44. (SARAEVA) Como deve variar a potência de um motor de uma bomba, para que ela possa bombear, através de um orifício fino, o dobro da unidade de água por unidade de tempo? A fricção é desprezada.

45. (SARAEVA) Um poço retangular, cuja área da base é igual a  $S$  e a profundidade  $H$ , está até a metade com água. Uma bomba bombeia a água até a superfície da terra através de um cano cilíndrico de raio  $R$ .

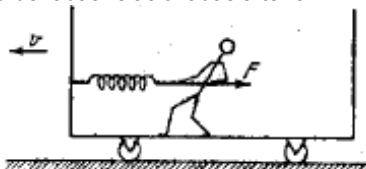
a) Que trabalho deve realizar a bomba para bombear toda água no decorrer do tempo  $\tau$  ?  
b) Que trabalho realizou a bomba nesse mesmo tempo, sendo que no fundo do poço, encontra-se uma laje de forma retangular, cuja área da base é igual a  $S_1$  e altura  $h$ ? (A profundidade da água no poço é a mesma e igual a  $H/2$ ).

46. (SARAEVA) Que trabalho é necessário realizar para que no tempo  $\tau$  seja possível subir por uma escada de metrô, que se mova para baixo? A altura subindo é  $h$ , a velocidade da escada é igual a  $v$ , o ângulo, que faz a escada rolante com plano horizontal, é  $\alpha$ .

47. (SARAEVA) Tomemos uma mola pelo ponto médio  $O$  e estique mos em uma distância  $x$  (figura ao lado) e depois soltemo-la. A mola com rapidez torna-se uniformemente esticada e a passagem a esse estado está relacionada com a perda de certa energia. Estimar essa perda de energia, considerando a constante elástica da mola  $k$  muito grande. (Depois que a mola estica-se uniformemente, surgem oscilações do peso  $m$ , o que está relacionado com perda de energia adicional).

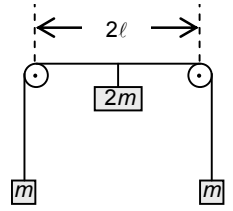


48. (SARAEVA) No vagão de um trem que se move uniformemente, um homem atua com uma força  $F$  sobre uma mola estendida (figura abaixo). O trem percorreu o trajeto  $L$ . Que trabalho realiza o homem no sistema de coordenadas relacionadas a terra.



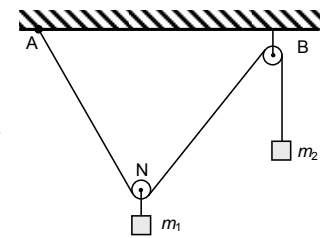
49. (SARAEVA) No vagão de um trem que se move uniformemente, um homem estendeu uma mola prendendo-a na parede frontal do vagão, em um comprimento  $\ell$ ; durante este tempo o trem percorreu uma distância  $L$ . Que trabalho realiza o homem no sistema de coordenadas relacionado a terra? A que é igual esse trabalho no sistema relacionado ao trem? Ao estender a mola o homem caminha no sentido contrário ao do movimento do trem.

50. (SARAEVA) Nos extremos de uma corda muito comprida foram penduradas duas cargas de massa igual a  $m$ , conforme figura abaixo. A corda passa através de duas roldanas fixas, que se encontram em uma distancia  $2\ell$  uma da outra. Encontrar as velocidades das cargas, no decorrer de um tempo suficientemente grande se, no meio da corda, penduramos um peso de massa  $2m$ .



51. (SARAEVA) Um peso de massa  $m_1 = 536$  g, que se encontrava inicialmente no teto, entre os pontos A e B, começa a descer, conforme figura a seguir. Para qual valor do ângulo ANB, a sua velocidade em valor absoluto será igual a velocidade de outro peso de massa  $m_2 = 1000$  g?

Como mover-se-ão os pesos depois desse momento.



52. (SARAEVA) Sobre dos roletes de diferentes raios encontra-se uma tábua pesada, que forma um ângulo  $\alpha$  com o plano horizontal. Determinar como se moverá a tabua. Não existe deslizamento. A massa dos roletes pode ser desprezada.

53. (IME 1979) Um trem constituído de 20 vagões com peso de 200.000 N cada e uma locomotiva com peso de 500.000 N desloca-se sobre trilhos horizontais com velocidade constante de 60 km/h. A resistência ao movimento equivale a uma força com módulo de 1% do peso. Calcule:

a) a força de tração exercida pela locomotiva.  
b) a potência desenvolvida pelo motor da locomotiva.

54. Um corpo de massa  $m$  é acelerado uniformemente, partindo do repouso até atingir a velocidade  $v_0$ , no tempo  $t_0$ . Obtenha a potência instantânea fornecida ao corpo em um instante  $t$  qualquer contado desde o início do movimento.

55. Em cima de uma mesa estão espalhadas  $n$  moedas iguais, cada uma com massa  $m$  e espessura  $t$ . Com todas essas moedas forma-se uma pilha. Nesse processo, qual o trabalho da gravidade, sendo  $g$  a sua aceleração?

56. De um poço de profundidade  $H = 20$  m retira-se água com um balde. O balde é cheio de água até sua borda. Durante a elevação parte da água derrama e volta a cair no poço. Supondo que o balde se eleva em movimento uniforme e a velocidade com que se derrama água é constante, determinar o trabalho que deve ser realizado para subir o balde, se até chegar em cima ficam  $2/3$  da massa inicial de água. A massa do balde vazio é  $m = 2$  kg e seu volume,  $V = 15$  litros.

57. Uma escada rolante liga um andar de uma loja com outro situado 7,5 m acima. O comprimento da escada é de 12 m e ela se move a 0,60 m/s.

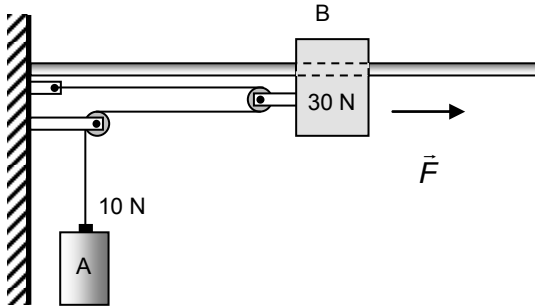
a) Qual deve ser a potência mínima do motor para transportar até 100 pessoas por minuto, sendo a massa média 70 kg?  
b) Um homem de 70 kg sobe a escada em 10 s. Que trabalho o motor realiza sobre ele?  
c) Se o homem, chegando ao meio, põe-se a descer a escada, de tal forma a permanecer sempre no meio dela, isto requer que o motor realize trabalho? Em caso afirmativo, com que potência?

58. Que potência mínima deve ter uma bomba que eleva água por um tubo até uma altura  $h$ . A seção do tubo é  $S$  e o volume de água que bombeia por unidade de tempo é  $V_t$ .

59. Um esquiador, deslizando através de uma superfície horizontal de gelo a uma velocidade constante  $v = 6,0$  m/s, se dirige a uma superfície asfaltada. O comprimento do esqui é  $L = 2$  m. O coeficiente de atrito entre o asfalto e o esqui é igual a  $\mu = 1$ . Que espaço percorrerá o esquiador até parar totalmente?

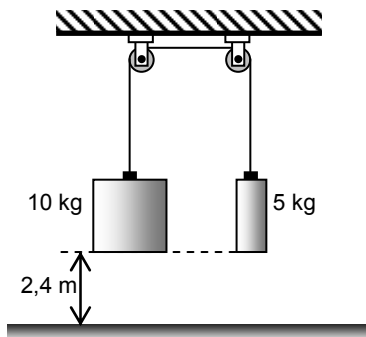
60. O motor de uma bomba hidráulica tem potência igual a 500 W. Em quanto tempo, aproximadamente, esta bomba enche um reservatório de 1000 litros colocando a uma altura de 10 m de modo que a água seja injetada no reservatório com uma velocidade escalar de 2 m/s?

61. Sabendo que o sistema ilustrado está inicialmente em repouso e desprezando o efeito do atrito, determine a força  $F$  necessária se a velocidade do colar B deve ser de 2,4 m/s, após ter percorrido 0,75 m para a direita. Nos blocos estão representados seus respectivos pesos. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



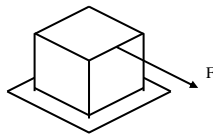
62. Dois cilindros estão suspensos por cabos inextensíveis conforme representado na figura a seguir. Adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , se o sistema é liberado do repouso, determine:

- a máxima velocidade alcançada pelo cilindro de 5 kg.
- a máxima altura acima do piso que o bloco de 5 kg atingirá.

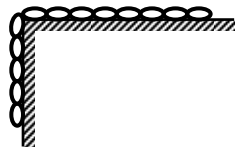


63. Um automóvel, de 800 kg de massa, percorre em três horas 120 km na horizontal e 400 m na vertical (desnível), com velocidade constante. O coeficiente de atrito do piso é 1/50. As resistências do mecanismo absorvem 30% da potência. Calcular a potência do motor em CV, usando  $1 \text{ W} = 750 \text{ CV}$  e a aceleração da gravidade igual a  $10,0 \text{ m/s}^2$ .

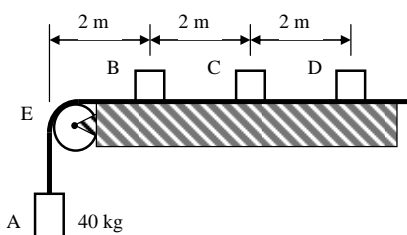
64. Um cubo homogêneo com aresta  $2a$  e massa  $m$  apoia-se em uma superfície horizontal. Em uma das arestas superiores aplica-se uma força  $F$ , horizontal e normal à aresta. Determinar o mínimo coeficiente de atrito para que o cubo possa tomar e o trabalho que o operador despense até levar o cubo à posição instável, sendo  $g$  a aceleração da gravidade.



65. Uma corrente de comprimento  $l$  descansa, em parte, sobre uma mesa horizontal com coeficiente de atrito  $\mu$ , mantendo o máximo comprimento possível para equilíbrio suspenso a partir da borda. É feita uma pequena perturbação e a corrente começa a deslizar devido a ação da força de gravidade sobre a parte da corrente que ficou pendurada fora da mesa. Que velocidade terá a corrente quando seu extremo superior atingir a borda da mesa? Considere  $g$  como a aceleração da gravidade.



66. Três caixas de 20 kg estão em repouso na correia que passa sobre a polia e está presa ao bloco de 40 kg. Sabendo que o coeficiente de atrito entre a correia e a superfície horizontal e também entre a correia e as caixas é de 0,50, determine a velocidade da caixa B quando ela cai da correia em E.



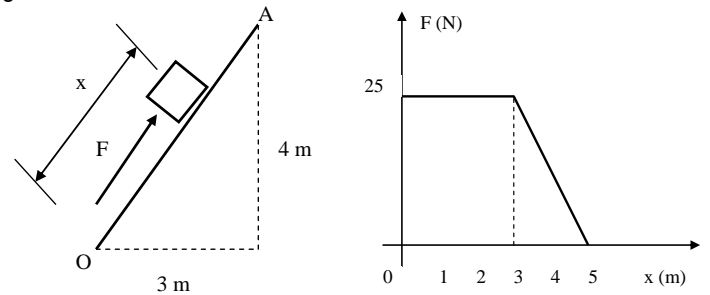
67. Um helicóptero é usado para erguer do oceano um astronauta de massa igual a 70 kg até uma altura de 17 m, numa direção vertical, por meio de um cabo. A aceleração do astronauta vale  $g/8$ .

- Calcule o trabalho realizado pelo helicóptero sobre o astronauta.
- Qual é o trabalho realizado pela força gravitacional sobre o astronauta?

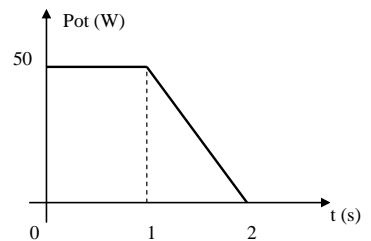
68. O bloco M possui velocidade inicial  $v_0$  dirigida da esquerda para a direita e sua posição é tal que a mola não exerce nenhuma força sobre ele, isto é, a mola não está comprimida nem esticada. O bloco percorre uma distância  $L$  para a direita, antes de parar na posição pontilhada. A constante do mola é  $k$  e o coeficiente de atrito cinético entre a mesa e o bloco vale  $\mu_c$ . Determine para o deslocamento  $L$  da massa M:

- O trabalho realizado pela força de atrito,
- o trabalho realizado pela força elástica da mola,
- o trabalho realizado pelo peso do bloco,
- o trabalho realizado pela reação normal da mesa sobre o bloco,
- o trabalho total realizado sobre o bloco.
- Determine a distância  $L$  em função das grandezas pertinentes usando o teorema que relaciona o trabalho com a energia cinética.

69. O bloco de peso 10 N parte do repouso e sobre a rampa indicada na figura mediante a aplicação da força  $F$  de direção constante e cuja intensidade varia com a abscissa  $x$  de acordo com o gráfico. O trabalho realizado de O até A pelo atrito existente entre o bloco e a rampa é igual a 10 J, em valor absoluto. Adotar  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Nestas condições a velocidade do bloco, ao atingir o ponto culminante A, é igual a:

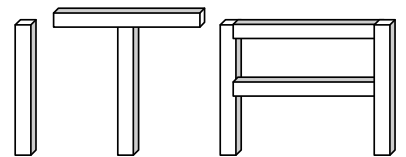


70. Um corpo de peso 20 N sobre um plano inclinado sem atrito é puxado por uma força  $F$  paralela a esse plano. O corpo parte do repouso e após dois segundos atinge uma altura de dois metros acima do ponto de partida. A potência desenvolvida pela força  $F$  é dada pelo gráfico ao lado.



Determinar o trabalho realizado pela força  $F$  nos dois primeiros segundos do movimento e a velocidade do corpo no fim desse tempo. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

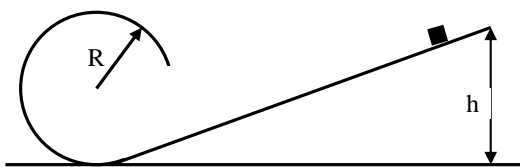
71. Suponha que você dispõe de 7 estacas de madeira, todas idênticas (de massa  $m$ ) e da forma de um prisma de base quadrada, com altura  $h$  e aresta



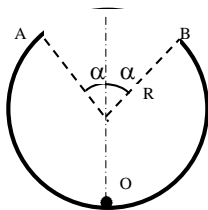
de base  $a$ . Suponha também que está disponível um vidro de cola para madeira. Determine o trabalho necessário para, partindo das estacas deitadas no solo, formar a palavra ITA, da forma que está na figura abaixo, podendo para isso mover as estacas e colar o que achar necessário.

Obs: Considere que nas colagens o trabalho despendido é nulo e que a estaca horizontal inferior do A está na metade da altura.

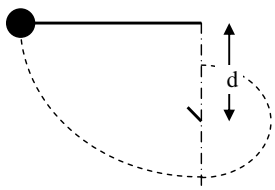
72. Um corpo é abandonado do repouso sobre trilhos acoplados a uma circunferência, a uma altura  $h = 2R$  do solo. Sendo  $R$  o raio da circunferência, determine a máxima altura alcançada pelo corpo, em relação ao solo, depois que abandona os trilhos.



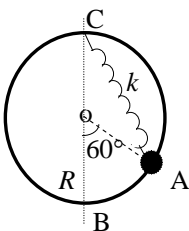
73. Um arame é dobrado em forma de arco com raio  $R$ . No arame foi colocada uma conta, que pode movimentar-se ao longo do arame sem atrito. No momento inicial a conta encontrava-se no ponto  $O$ . Qual velocidade horizontal é necessário transmitir à conta, a fim de que a mesma, percorrendo parte do trajeto no ar, caísse novamente no ponto  $B$  no arame?



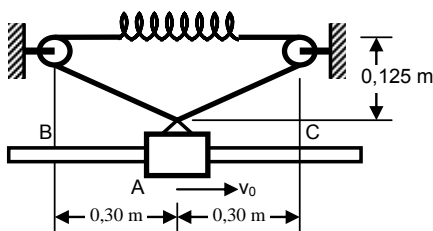
74. O fio indicado na figura abaixo possui comprimento  $l$  tem preso em uma extremidade um corpo de massa  $m$ . Um prego está colocado a uma distância  $d$  abaixo do ponto de suspensão do pêndulo. Abandona-se do repouso o corpo na posição horizontal. Determine o maior valor de  $d$  para que o corpo descreva um círculo completo tendo o prego como centro.



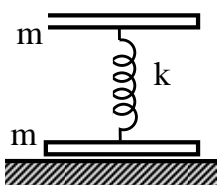
75. Um corpo de massa  $m = 300$  g, enfiado num aro circular de raio  $R = 1$  m situado num plano vertical, está preso por uma mola de constante elástica  $k = 200$  N/m ao ponto  $C$ , no topo do aro. Na posição relaxada da mola, o corpo está em  $B$ , no ponto mais baixo do aro. Se soltarmos o corpo em repouso a partir do ponto  $A$  indicado na figura, com que velocidade ele chegará a  $B$ ?



76. O corpo de  $10$  N pode deslizar sem atrito ao longo da barra horizontal. Sabendo que a mola tem constante de  $600$  N/m e está indeformada na posição ilustrada, determine a velocidade  $v_0$  necessária para o corpo alcançar o ponto  $C$ .

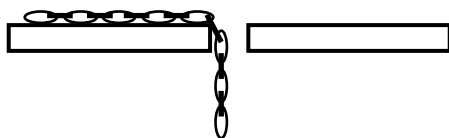


77. (SARAEVA) Duas lâminas, cujas massas são iguais a  $m$ , estão ligadas através de uma mola de coeficiente de rigidez  $k$ . A lâmina superior foi comprimida para baixo, o suficiente, para que a deformação da mola fosse igual a  $x$ , sendo depois liberada. Determinar a que altura elevar-se-á depois disso do centro de massas do sistema.

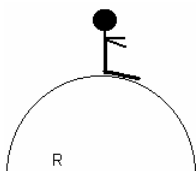


78. (SARAEVA) Uma corrente uniforme de comprimento  $2l$  e massa  $M$  está situada numa tábua absolutamente lisa. Uma pequena parte da corrente foi introduzida numa abertura na tábua. No momento inicial o extremo da corrente, que se encontrava sobre a tábua, estava fixo, mas depois foi liberado e a corrente começou a mover-se sob a ação da força de gravidade da parte da corrente que ficou pendurada fora da tábua. Determinar a velocidade de movimento da corrente no momento em que o comprimento da parte pendurada da corrente é igual a  $x$ , ( $x < l$ ).

Determinar, para esse mesmo momento, a aceleração da corrente e a reação do extremo da tábua.



79. Uma criança está sentada no topo de um iglu de raio  $R$  (hemisfério feito de gelo). Ela dá um pequeno empurrão inicial e começa a escorregar, descendo o hemisfério. A que altura ela o abandona? (desprezar atritos)



**TRABALHO, ENERGIA E POTÊNCIA**

1. a) Energia Mecânica (potencial gravitacional → cinética da água → rotacional da roda) → Energia Elétrica (no gerador) → Energia Mecânica no liquidificador (rotação do motor) → Energia Térmica (no líquido).

- b)  $\Phi gh$       c)  $m_1 c_1 \Delta T$       d)  $\frac{m_1 c_1 \Delta T}{\Delta t}$       e)  $\frac{0,2 \Phi gh}{m_1 c_1 \Delta t}$
2. 70 J      3. 90      4. a)  $v = 3 + 2t$       b) 800 J
5. C      6. D      7. a)  $R_A = \sqrt{3}$       b)  $R_B = 3$       c)  $R_C = 1$
8. B
9. a) O pardal ('*Passer domesticus*') tem envergadura da ordem de 25 cm, massa 30 g (peso 0,3 N) e comprimento 15 cm.  
b)  $V_{\text{pássaro}} \approx 9$  m/s      c)  $F = 0,08$  N
10. a)  $k = 5 \cdot 10^{-2}$  N/m      b)  $v = 5 \cdot 10^{-3}$  m/s

11. E      12. a) 200 J e 150 J      b) 20 W e 75 W
13. É uma unidade de energia, muito empregada em medidas elétricas. Corresponde a 3.600.000 J
14. D      15. B      16. B      17. D      18. E      19. E
20. a) Em cada unidade  $Pot = 7,0 \cdot 10^8$  W;  $Pot_{\text{total}} = 1,26 \cdot 10^{10}$  W  
b) O número de cidades é aproximadamente 50.
21. a) 144 kg/s      b) 1800 W      12. a) 30 J      b) 10 pessoas
23. D      24. B      25. A      26. D
27. a) 2000 N      b)  $\sin \alpha = 0,25$       c) 264 kW
28. a)  $5,0 \cdot 10^4$  N      b)  $7,5 \cdot 10^4$  N      c) 2,0 m/s      d) 3,0 m/s
29. a) 50 A      b) 15 kWh/dia      c) R\$ 54,00
30. a) 12,5 cm      b) 31,25 cm      c) 80 s
31. a)  $6 \cdot 10^{20}$  J      b)  $10^{20}$  s      c) 0,6 % e 6 %
32. a) 6      b) 60      c) 0,6 % e 6 %
33.  $3 \cdot 10^3$  W
34. a) 1N/m      b)  $5 \cdot 10^{-15}$  J      c)  $2 \cdot 10^{-9}$  kg
35.  $P_1 = P(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \mu$

**APROFUNDAMENTO ENERGIA**

36. B      37. B      38. C
39.  $\tau = 150$  J sendo que desse esse trabalho provocara o aumento da energia potencial de 50 J e da energia cinética da carga de 100 J.
40.  $V = 2464$  m/s      41.  $Q = f L_0 f^2 / 2k$
42. O número de cavalos é  $F_1 / F$  sendo  $F_1 = \rho \pi R^2$  a força de pressão na tampa.
43. Demonstração
44. A potência do motor deve ser aumentada em oito vezes.
45. a)  $\tau = \frac{3}{8} \rho g S H^2 + \frac{1}{16} \rho \frac{H^3 S^3}{\pi^2 R^4 \tau^2}$   
b)  $\tau_2 = \frac{3}{8} \rho g S H^2 + \frac{1}{2} \rho \frac{(HS/2 - hS_1)}{\pi^2 R^4 \tau^2} - \rho g S_1 h (H - h/2)$
46.  $W = (h / \sin \alpha + v \tau) m g \sin \alpha$
47.  $kx^2 / 2$ , observando que isto é um cálculo aproximado.
48. O trabalho realizado pelo homem no sistema de coordenadas, ligado a terra, é igual a zero, assim como no sistema ligado ao trem.
49. O trabalho total no sistema de coordenadas dado é  $k l^2 / 2$ , ou seja, o mesmo que no sistema do vagão.
50.  $V = \sqrt{g l}$
51. Os pesos oscilarão ao redor da posição de equilíbrio, que corresponde ao ângulo  $\text{ANB} = 2 \arcsin(m_1 / 2m_2) = 2 \arcsin(0,268)$ .
52. Sugestão: observe que se não há deslizamento, então ambos os roletes mover-se-ão com a mesma velocidade de translação e, por isso, a tábua terá somente movimento de translação. Com isso, pode-se obter que a tábua terá aceleração de módulo  $a = v^2 / 2S = g \sin(\alpha / 2)$
53. a)  $T = 4,5 \cdot 10^4$  N      b)  $P = 7,5 \cdot 10^5$  W      c) 525 W      54.  $m v_0^2 t / t_0^2$
55.  $W = n(n - 1) m g t / 2$
56.  $W = (2m + 5\rho V/3) g H / 2 = 2,9$  kJ
57. a) 8,575 kW      b) 2573 J      58.  $\rho V_1 (g h + V_1^2 / 2S^2)$
59. 2,84 m      60. 204 s      61. 35,36 N
62. a) 4 m/s      b) 2 m      63. 3,96      64.  $\mu = 1/2$ ;  $W = (\sqrt{2} - 1) m g a$

65.  $v = \sqrt{\frac{g \cdot l}{1 + \mu}}$
66.  $v = 1,981 \text{ m/s}$
67. a)  $\square$  13,4 kJ  
b) 11,9 kJ
68. a)  $-\mu_c MgL$   
b)  $-\frac{kL^2}{2}$  c) 0 d) 0
- e)  $-(\mu_c MgL + kL^2 / 2)$  f)  $L = [(\mu_c^2 M^2 g^2 + v_0^2 kM)^{1/2} - \mu_c Mg] / k$
69. 10 m/s 70. 75 J e 5,9 m/s 71.  $mg \frac{9h - 2a}{2}$
72.  $h = 50R/27$  73.  $v = \sqrt{gR \left( 2 + 2\cos\alpha + \frac{1}{\cos\alpha} \right)}$
74.  $d = 0,6 \text{ l}$  75. 7,59 m/s 76. 2,13 m/s
77.  $H = \frac{1}{8g} \left( \frac{kx^2}{m} - 2gx - 3 \frac{mg^2}{k} \right)$
78.  $v = \sqrt{gx^2 / 2l}$ ;  $a = gx / 2l$ ;  $N = Mgx(l - x)\sqrt{2} / l^2$
79.  $h = 2R/3$