

FAP 153 – MECÂNICA. Lista 6 - Outubro 2018

Trabalho de força constante

1. **a)** Calcule o trabalho realizado pela força que um levantador de pesos faz ao erguer, com velocidade praticamente nula, uma massa de 100 kg a 2,0 m de altura. **b)** Compare o resultado da parte a) com o trabalho realizado pela componente vertical da força realizada por uma pessoa subindo, a velocidade constante, quatro lances de escada (12 m de altura).

2. (RHK11.P.2). Uma corda é usada para baixar um bloco de massa M verticalmente por uma distância d , com uma aceleração de $g/4$, constante e para baixo. **a)** Encontre o trabalho realizado pela corda no bloco. **b)** Encontre o trabalho realizado pela força da gravidade.

3. (RHK11.E.1). Para empurrar um engradado de 52 kg sobre um assoalho horizontal, um trabalhador aplica uma força de 190 N, inclinada em 22° para baixo da horizontal. Quando o engradado percorrer 3,3 m, quanto trabalho terá sido realizado sobre o engradado **a)** pelo trabalhador, **b)** pela força da gravidade e **c)** pela força normal do assoalho sobre o engradado.

4. (RHK11.E.2) Um objeto com 106 kg está inicialmente se movendo em linha reta com velocidade igual a 51,3 m/s. **a)** Se ele for levado ao repouso por uma desaceleração de $1,97 \text{ m/s}^2$, qual será a força necessária, qual será a distância que o objeto percorre e quanto trabalho é realizado pela força? **b)** Responda às mesmas perguntas se a desaceleração do objeto for igual a $4,82 \text{ m/s}^2$.

5. (Probl. resolvido. 11.2 RHK) Um garoto puxa um trenó de 5 kg por 10 m ao longo de uma superfície horizontal com velocidade constante. Que trabalho ele realiza sobre o trenó, sendo o coeficiente de atrito cinético entre o trenó e a neve $\mu_c = 0,2$ e o ângulo formado entre a corda e a horizontal igual a 45° ?

6. (RHK11.E.4) Um trabalhador empurrou um bloco de 26,6 kg por uma distância de 9,54 m ao longo de um assoalho horizontal, com velocidade constante, aplicando-lhe uma força inclinada em $32,0^\circ$ para baixo da horizontal. O coeficiente de atrito cinético é 0,21. Qual o trabalho realizado pelo homem?

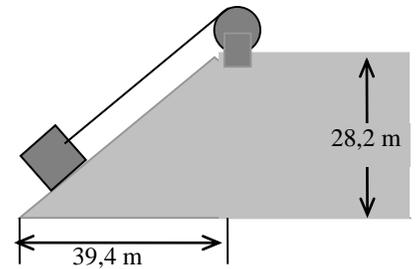
Potência

7. Uma mulher de 57 kg sobe um lance de escadas, elevando-se de 4,5 m em 3,5 s. Qual é a potência média que ela deve desenvolver?

8. Como ainda não estamos livres dos apagões, é bom saber como subir escadas longas. Determine a velocidade adequada para subir uma escada com muitos degraus, considerando que um ser humano consegue desenvolver no máximo 100 W de energia mecânica com as pernas por um tempo longo. Dê a velocidade em degraus/segundo e determine o tempo para subir ao 10º andar, usando valores razoáveis para a massa da pessoa e as alturas de um degrau e um andar.

9. Alega-se que até 900 kg de água podem ser evaporados diariamente pelas grandes árvores. A evaporação ocorre nas folhas e, para chegar lá, a água tem que ser elevada desde as raízes da árvore. **a)** Suponha que, em média, a água seja elevada a 9,20 m acima do solo; quanta energia deve ser fornecida? **b)** Qual a potência média envolvida, se admitirmos que a evaporação ocorra durante 12 horas?

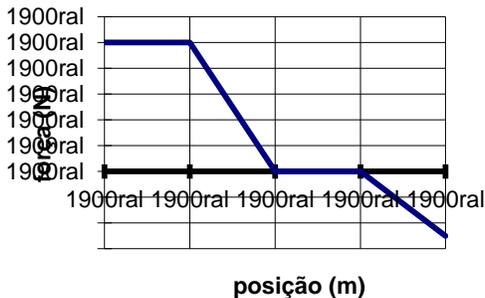
10. Um guincho arrasta um bloco de granito com 1380 kg a uma velocidade constante igual a 1,34 m/s sobre um plano inclinado (veja figura ao lado). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano inclinado é 0,41. Qual é a potência que precisa ser fornecida pelo guincho?



Trabalho de força variável

11. Uma mola “rígida” tem uma lei de força dada por $F = -kx^3$. O trabalho necessário para distender a mola desde a sua posição relaxada $x = 0$ até o comprimento distendido $x = l$ é W_0 . Qual é o trabalho necessário para estender a mola do comprimento distendido l até o comprimento $3l/2$? Dê sua resposta em função de W_0 .

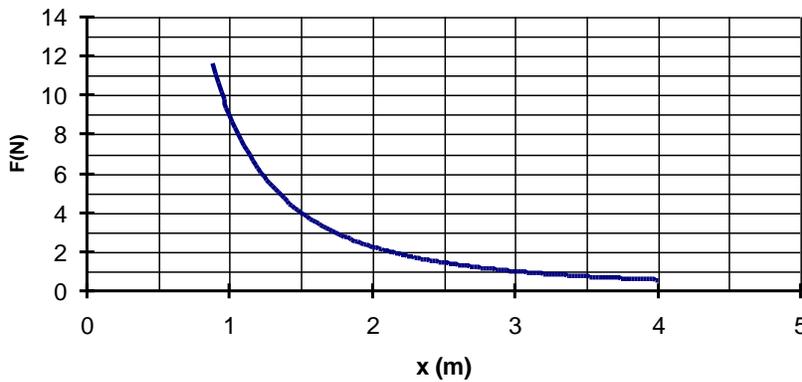
12. **Reformular!!** A força aplicada em um objeto tem módulo igual a $F = F_0 \left(\frac{x}{x_0} - 1 \right)$, sentido e direção constantes ao longo do eixo x , com F_0 e x_0 constantes positivas. Encontre o trabalho realizado ao mover-se o objeto desde $x = 0$ até $x = 3x_0$.



13. (RHK11.E.22). Um bloco de 5,0 kg se move em linha reta sobre uma superfície horizontal sem atrito sob influência de uma força que varia com a posição, como mostra a figura ao lado. Qual é o trabalho realizado pela força quando o bloco se move desde a origem até $x = 8,0$ m?

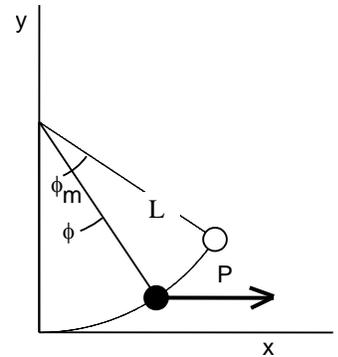
14. (RHK11.E.24) Uma mola tem constante elástica igual a 15,0 N/cm. **a)** Qual o trabalho necessário para alongar a mola em 7,60 mm a partir de sua posição de repouso? **b)** Qual o trabalho necessário para alongar a mola em 7,60 mm adicionais?

15. A força gravitacional que uma massa puntiforme M , localizada em $x = 0$, aplica em outra massa m , também puntiforme e localizada em x ($x > 0$), é dada por $F = -(GMm/x^2)\hat{i}$, onde G é uma constante positiva. Supondo que a massa M permaneça parada em $x = 0$: **a)** faça o gráfico qualitativo de F em função de x . **b)** Calcule o trabalho realizado pela força F , quando m é deslocada da posição inicial x_i para a posição x_f . **c)** Se m estiver se afastando de M , o trabalho será positivo ou negativo? E se m estiver se aproximando de M ?



16. (RHK11.P.12) **a)** Estime o trabalho realizado pela força mostrada no gráfico abaixo, ao deslocar uma partícula desde $x = 1$ m até $x = 3$ m. **b)** A curva é dada analiticamente por $F = A/x^2$, sendo $A = 9 \text{ Nm}^2$. Calcule, por meio de uma integral, o trabalho pedido no item a).

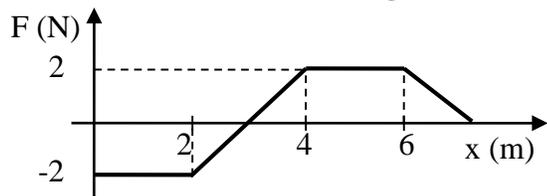
Trabalho de força variável



em deslocamento em duas dimensões

17. (Probl. resolvido. 11.5 RHK) Um pequeno objeto de massa m é suspenso por um fio de comprimento L , conforme figura ao lado. O objeto é puxado para o lado por uma força P sempre horizontal até que, finalmente, o fio faz um ângulo ϕ_m com a vertical. O deslocamento é efetuado tão lentamente que podemos considerar o sistema como estando em equilíbrio durante o processo. Encontre o trabalho realizado por cada uma das forças que atuam no objeto.

Teorema do Trabalho-Energia

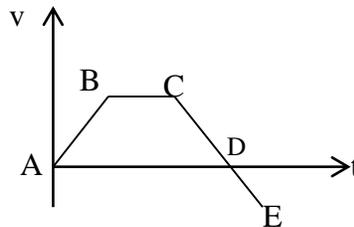


poderia chegar até o ponto

18. Uma partícula de massa $m = 2 \text{ kg}$ desloca-se ao longo de uma reta. Entre $x = 0$ e $x = 7$ m, ela está sujeita a uma força $F(x)$ representada no gráfico.

- a)** Calcule a velocidade da partícula depois de percorrer 2, 3, 4, 6 e 7 m, sabendo que sua velocidade em $x = 0$ m é de 3 m/s.
- b)** Se no ponto $x = 0$ m sua velocidade fosse 2 m/s, ela $x = 7$ m? Justifique.

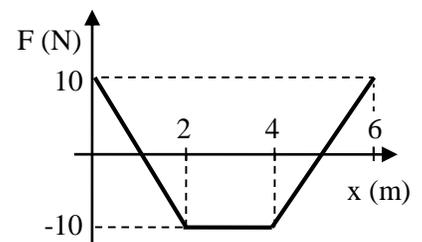
19. (RHK11.E.30) Uma única movimento retilíneo. Um gráfico do tempo é mostrado na figura negativa) do trabalho realizado dos intervalos AB, BC, CD e



força atua em uma partícula em da velocidade da partícula como função ao lado. Determine o sinal (positivo ou pela força sobre a partícula em cada um DE.

20. De que altura um automóvel de 1270 kg teria que cair para ganhar a energia cinética equivalente à que ele teria ao viajar a 88,5 km/h? A resposta depende do peso do carro?

21. Um corpo de massa $m = 2 \text{ kg}$ se desloca ao longo de uma reta (eixo x), sob a ação de uma única força, cuja componente x é ilustrada na figura. **a)** Se o corpo for lançado da origem com uma velocidade $v_x = 5 \text{ m/s}$, com que velocidade atingirá o ponto $x = 5$ m? **b)** Se o corpo for abandonado em $x = 2$ m, qual será a sua velocidade após percorrer 2 m? Em que sentido será o movimento?



22. (Merrian e Kraige, Ex 3.110 re-escrito) O pára-choque com molas de um carro é projetado de modo a absorver o impacto de outro veículo a 9 km/h e com 1500 kg; uma colisão dessas comprimirá cada uma das

duas molas idênticas, escondidas no interior do pára-choque, em 15 cm. Determine a constante de força de cada mola, supondo o choque frontal e que elas não estejam deformadas no início da batida.

23. Um tanque de água cilíndrico com 10 m de altura tem uma capacidade de 1000 m^3 . Ele deve ser preenchido com água de um grande lago cuja superfície está na mesma altura que o fundo do tanque.



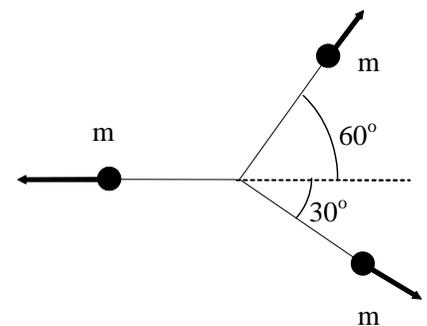
- a) Calcule o trabalho realizado pela força que eleva a água até o tanque, supondo que toda a água seja elevada até à boca do mesmo, a 10 m de altura e a velocidade praticamente nula, e despejada para dentro dele até o preenchimento do tanque.
- b) Supondo que toda a água seja empurrada, a velocidade praticamente nula, por uma conexão no fundo do tanque, calcule o trabalho realizado pela força que empurra para cima a água até o preenchimento do tanque.
- c) O valor obtido em b) é menor que a), o que indica que na condição descrita em a) foi usada mais energia que a necessária para preencher o tanque. O que aconteceu com a energia excedente?

Energia cinética em colisões

24. Uma bola perde 20 % de sua energia cinética quando é rebatida por um piso de concreto. Com que velocidade você deve jogá-la contra esse piso, verticalmente para baixo, a partir de uma altura de 10 m para tê-la rebatida até a mesma altura? Ignore a resistência do ar e use $g = 10 \text{ m/s}^2$.

25. (HRK 9.37) Um núcleo radioativo, inicialmente em repouso, decai pela emissão de um elétron e um neutrino com velocidades perpendiculares entre si. O momento linear do elétron é $1,2 \cdot 10^{-22} \text{ kg m/s}$ e o do neutrino, $6,4 \cdot 10^{-23} \text{ kg m/s}$. a) Determine a direção e o módulo do momento linear do núcleo que recua. b) A massa do núcleo residual é $5,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$. Qual é a energia cinética de recuo? O neutrino é uma das partículas fundamentais da natureza.

26. Uma mina explode em três fragmentos, de 100 g cada um, que se deslocam em um plano horizontal conforme mostrado na figura ao lado. A energia cinética total liberada pela explosão é 100 kJ. Ache as velocidades iniciais dos três fragmentos.



27. Durante a madrugada, um carro de luxo, com massa total igual a 2400 kg, bate na traseira de um carro de massa total 1200 kg, que estava parado em um sinal vermelho. O motorista do carro de luxo alega que o outro estava com as luzes apagadas e que ele vinha reduzindo a marcha ao aproximar-se do sinal, estando a menos de 10 km/h quando o acidente ocorreu. A perícia constata que o carro de luxo arrastou o outro por uma distância igual a 10,5 m e estima o coeficiente de atrito cinético com a estrada no local do acidente em 0,6. Calcule a velocidade real do carro de luxo, no momento da colisão.

28. Na reação $d+d \rightarrow p+t$, onde a diferença entre a energia cinética final e a inicial é 4 MeV, tem-se um feixe de d de 3 MeV incidindo sobre um alvo contendo d em repouso. Tome as massas como sendo $m_p=1u$, $m_d=2u$ e $m_t=3u$.

- a) Qual é a energia (em MeV) dos p emergentes num ângulo de 45° em relação à direção de incidência?
- b) Qual é a energia dos t associados a esses p ?
- c) Em que direção emergem estes t , relativamente à direção de incidência?

29. (RHK 11.E.41) Um vagão de carga de 35,0 toneladas choca-se com outro vagão que está parado. Eles engatam e 27,0 % da energia cinética inicial é dissipada como calor, som, vibração, deformação, etc. Determine a massa do segundo vagão.

30. Um próton (massa atômica 1,01 u) choca-se elasticamente, a 518 m/s, com outro próton parado. O primeiro próton é desviado 64° de sua direção inicial.

- a) Qual a direção do próton-alvo após a colisão?
- b) Quais as velocidades dos prótons depois da colisão?

Obs.: Você só pode usar que a soma dos ângulos de espalhamento iguala 90° se DEMONSTRAR esse fato. É possível resolver sem usar essa propriedade.

31. Uma partícula A, de massa m e velocidade $3v_0\vec{i}$, colide com uma outra partícula B, em repouso, de massa $2m$. A primeira partícula é desviada de um ângulo θ_1 (com $\tan(\theta_1)=2$) com uma velocidade cuja magnitude é $\sqrt{5}v_0$. Determine:

- a) a magnitude da velocidade da partícula B depois da colisão;
- b) o ângulo θ_2 em que emerge a partícula B;
- c) o impulso recebido pela partícula A;
- d) o impulso recebido pela partícula B e
- e) se a colisão é elástica.

32. Um núcleo de massa $2m$ e velocidade \vec{v} colide com um núcleo estacionário de massa $10m$. Há variação de energia cinética na colisão e observa-se que o núcleo de massa $2m$ tem uma velocidade \vec{v}_1 cuja direção é perpendicular à que ele tinha antes da colisão e o núcleo de massa $10m$ tem velocidade \vec{v}_2 cuja direção faz um ângulo θ com a direção do núcleo de massa $2m$ antes da colisão tal que $\sin\theta=3/5$.

- a) Quais as magnitudes de \vec{v}_1 e \vec{v}_2 ?
- b) Que fração da energia cinética é perdida ou ganha como resultado da interação?

33. Um átomo de hidrogênio, movendo-se com velocidade cuja magnitude é v , colide elasticamente com uma molécula de hidrogênio em repouso, sofrendo uma deflexão de 45° . Calcule:

- a) a magnitude da velocidade do átomo após a colisão;
- b) a direção de movimento da molécula (com respeito à direção inicial do movimento do átomo) e a magnitude de sua velocidade.

34. Dois objetos A e B se chocam. A massa de A é 2,0 kg e a de B é 3,0 kg. Suas velocidades antes da colisão eram respectivamente $v_{iA}=15\vec{i}+30\vec{j}$ e $v_{iB}=-10\vec{i}+5\vec{j}$. Após a colisão, $v_{fA}=-6\vec{i}+30\vec{j}$. Todas as velocidades estão em m/s.

- a) Qual a velocidade final de B?
- b) Quanta energia cinética foi ganha ou perdida na colisão?

35. Em um acidente de trânsito, um carro de massa 2000 kg, trafegando na direção sul, colidiu, no meio de um cruzamento, com um caminhão de massa 6000 kg que trafegava na direção oeste. Os veículos se engancharam e derraparam para fora da estrada numa direção praticamente coincidente com a direção sudoeste. Uma testemunha do acidente afirmou que o caminhão havia entrado no cruzamento a 80 km/h. **a)** Você acredita nesta testemunha? **b)** Que fração da energia cinética total inicial foi convertida em outras formas de energia pela colisão?

Colisões no Centro de Massa

36. Considere a colisão elástica entre duas partículas de massas m_1 e m_2 que se movem em uma dimensão. **a)** Calcule as velocidades iniciais v'_{i1} e v'_{i2} das duas partículas em relação ao centro de massa do sistema, exprimindo-as em função da velocidade relativa inicial v_{ri} da partícula 2 em relação à partícula 1 e das massas m_1 e m_2 . **b)** Calcule as velocidades finais v'_{f1} e v'_{f2} das duas partículas em relação ao centro de massa do sistema, exprimindo-as em função da velocidade relativa final v_{rf} da partícula 2 em relação à partícula 1 e da massa M . **c)** Como um observador no centro de massa das partículas descreve a colisão?

37. (HRK 10.Q.10) A potência necessária para elevar uma caixa até uma plataforma depende da velocidade com que ela é levantada?

38. (HRK 10.Q.28) Duas bolas de barro com a mesma massa e a mesma velocidade sofrem uma colisão frontal, ficam juntas e atingem o repouso. A energia cinética certamente não é conservada. O que acontece a ela? Como a quantidade de movimento é conservada?

39. Demonstre o Teorema de Trabalho-Energia cinética.

40. A massa de um pêndulo é afastada da vertical de um ângulo de 60° e solta a partir do repouso. Para que ângulo com a vertical sua velocidade será a metade da velocidade máxima atingida.

41. Um elevador é suspenso pelos cabos mantendo velocidade constante. O trabalho total realizado sobre o elevador é positivo, negativo ou nulo? Explique.

42. a energia cinética de um carro varia mais quando um carro acelera de 10 a 15 m/s ou quando acelera de 15 a 20 m/s? Explique.

43. Pode o trabalho total realizado sobre um objeto durante um deslocamento ser negativo? Explique. Caso o trabalho total seja negativo, pode seu módulo ser maior que a energia cinética inicial do objeto? Explique.

44. Considere um gráfico da potência instantânea contra o tempo, com o eixo vertical da potência P começando em $P = 0$. Qual o significado físico da área da curva de P contra t entre as linhas verticais t_1 e t_2 ? Como você poderia achar a potência média nesse gráfico? Faça um gráfico P contra t consistindo de duas seções de linhas retas e para o qual a potência máxima seja igual ao dobro da potência média.