UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
4320195 - Física Geral e Experimental para Engenharia I

LISTA 02

Cinemática e dinâmica

1. Um elétron, com velocidade inicial $v_x = 1,5 \times 10^5\ m/s$, entra em uma região com $1,2\ cm$ de comprimento, onde ele é eletricamente acelerado. O elétron emerge com velocidade de $5,8 \times 10^6\ m/s$. Qual a sua aceleração, suposta constante?
   R: $1,4 \times 10^{15}\ m/s^2$

2. Exploradores espaciais pousam em um planeta de nosso sistema solar. Eles notam que uma pedra jogada verticalmente para cima com velocidade inicial de $14,6\ m/s$ necessita de $7,72\ s$ para retornar ao solo. Qual a gravidade deste planeta?
   R: $3,78\ m/s^2$

3. Um carro da polícia se desloca em linha reta com velocidade constante v_P. Um caminhão que se move no mesmo sentido com velocidade $\frac{3}{2}v_P$ ultrapassa o carro. A motorista que dirige o caminhão verifica que está acelerando e imediatamente começa a diminuir sua velocidade com uma taxa constante. Contudo, ela estava em um dia de sorte e o policial (ainda movendo-se com a mesma velocidade) passa pelo caminhão sem aplicar-lhe a multa.

   (a) Mostre que a velocidade do caminhão no instante em que o carro da polícia passa por ele não depende do módulo da aceleração do caminhão no momento em que ele começa a diminuir sua velocidade e calcule o valor dessa velocidade.
   R: $v_C = \frac{1}{2}v_P$.

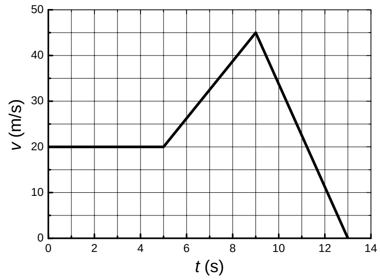
   (b) Faça um gráfico x-t para os dois veículos.

4. O gráfico da figura abaixo mostra a velocidade da motocicleta de um policial em função do tempo.

   (a) Calcule a aceleração instantânea para $t = 3\ s$, $t = 7\ s$ e $t = 11\ s$.
   R: $0\ m/s^2$, $6,25\ m/s^2$ e $-11,25\ m/s^2$.

(b) Qual foi o deslocamento do policial nos 5 s iniciais? E nos 9 s iniciais? E nos 13 s iniciais?

R: 100 m, 230 m e 320 m.



5. O maquinista de um trem de passageiros que se move com velocidade v_1, avista a sua frente, à distância d, um trem de carga que viaja nos mesmos trilhos e no mesmo sentido com velocidade menor v_2. O maquinista do trem de passageiros freia o seu trem, aplicando-lhe uma desaceleração a. Mostre que se

$$d > \frac{(v_1 - v_2)^2}{2a}$$

não haverá colisão, mas se

$$d < \frac{(v_1 - v_2)^2}{2a}$$

haverá colisão.

6. A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo x depende do tempo (para $t \geq 0$) de acordo com a equação

$$x(t) = At^2 - Bt^3$$

com $A = 1\ m/s^2$ e $B = 1\ m/s^3$.

(a) Em que instante a partícula alcança sua posição positiva máxima em x?

R: $t = \frac{2}{3}\ s$

(b) Qual a distância total percorrida pela partícula nos primeiros 4s?

R: $d = 48,3\ m$

(c) Escreva a aceleração da partícula em função do tempo?

R: $a(t) = 2 - 6t$

7. Um método possível para medir a aceleração da gravidade g consiste em lançar uma bolinha, num tubo onde se fez vácuo, e medir com precisão os instantes t_1 e t_2 de passagem da bolinha na subida e na descida, respectivamente, por uma altura z conhecida. Mostre que

$$g = \frac{2z}{t_1 t_2}$$

8. A posição de uma partícula ao longo do eixo x é dada por

$$x(t) = At - Bt^{-2}$$

Onde $A = 1\ m/s$ e $B = 1\ ms^2$. Faça um gráfico para $t > 0$ de $x(t)$, $v(t)$ e $a(t)$.

9. Uma partícula, inicialmente em repouso na origem, move-se durante 10 s em linha reta com aceleração crescente segundo a lei $a = bt$, onde t é o tempo e $b = 0,5\ m/s^3$. A partir de $t = 10\ s$ sua aceleração é nula. Trace os gráficos da velocidade v e da posição x da partícula em função do tempo.

10. Uma bola A cai do topo de um edifício de altura h no mesmo instante em que uma bola B é lançada do solo, verticalmente para cima. Quando as bolas colidem, as velocidades são opostas e o valor da velocidade de A é o dobro da velocidade de B. A que fração da altura do edifício a colisão ocorre?
R: $\frac{2}{3}$

11. Uma partícula move-se no plano xy com uma aceleração $\vec{a} = 4\hat{\imath}\ m/s^2$. A partícula sai da origem em $t = 0$, com a velocidade inicial $\vec{v}_0 = (20\hat{\imath} - 15\hat{\jmath})\ m/s$.

   (a) Determine o vetor velocidade da partícula para qualquer instante.
   R: $\vec{v}(t) = [(20 + 4t)\hat{\imath} - 15\hat{\jmath}]\ m/s$

   (b) Calcule o vetor velocidade da partícula, e o seu módulo para $t = 5\ s$.
   R: $\vec{v}(5) = (40\hat{\imath} - 15\hat{\jmath})\ m/s$ e $v = 43\ m/s$

   (c) Determine o vetor posição da partícula em função do tempo t e a posição da partícula para $t = 5\ s$
   R: $\vec{r}(t) = [(20t + 2t^2)\hat{\imath} - 15t\hat{\jmath}]\ m$ e $\vec{r}(5) = (150\hat{\imath} - 75\hat{\jmath})\ m$

12. Um atleta dá um salto em distância, fazendo um ângulo inicial de 20° com o solo com uma velocidade de 11 m/s.

   (a) Qual o alcance do salto?
   R: $7,94\ m$

   (b) Qual a altura máxima atingida?
   R: $0,722\ m$

13. O movimento de uma partícula, para $t > 0$, é definido pelas equações

$$x(t) = a_x t^2 + c_1$$

$$y(t) = a_y t^2 - c_2$$

(uma partícula carregada, sujeita a uma força gravitacional vertical, movendo-se num campo elétrico horizontal obedeceria a equações desta forma).

(a) Determine a expressão da velocidade e da aceleração como funções do tempo para um movimento descrito por estas equações.

(b) Quais as dimensões das constantes a_x, a_y, c_1 e c_2?

(c) Qual o significado físico das constantes c_1 e c_2?

(d) Determine a velocidade e a aceleração da partícula para $t = 2\ s$.

14. Uma pedra amarrada em uma corda move-se no plano xy. Suas coordenadas são dadas em função do tempo por $x(t) = R\,cos(\omega t)$ e $y(t) = R\,sen(\omega t)$ onde R e ω são constante.

(a) Mostre que a distância da pedra até a origem é constante e igual a R, ou seja, sua trajetória é uma circunferência de raio R.

(b) Mostre que em cada ponto o vetor velocidade é perpendicular ao vetor posição.

(c) Mostre que o vetor aceleração é sempre oposto ao vetor posição e possui módulo igual a $\omega^2 R$.

(d) Mostre que o módulo da velocidade da pedra é constante e igual a ωR.

15. Uma bola é atirada do chão para o alto. A uma altura de 9 m a sua velocidade, em m/s, é dada por $\vec{v} = 7\hat{\imath} + 6\hat{\jmath}$ (x é o eixo horizontal; y o eixo vertical).

(a) Até que altura a bola subirá?
R: $10,84\ m$

(b) Qual será a distância horizontal percorrida pela bola?
R: $20,82\ m$

(c) Qual o módulo da velocidade no ponto mais alto da trajetória?
R: $7\ m/s$

(d) Qual o vetor velocidade da bola no instante em que ela toca o solo?
R: $(7\hat{\imath} - 14,6\hat{\jmath})\ m/s$

16. Um jogador de futebol inexperiente chuta um pênalti a 9 m do gol, levantando a bola com velocidade inicial de 15 m/s. A altura da trave é de $2,4\ m$. Ele erra o chute, e a bola passa tocando levemente a trave (apesar disso a trajetória da bola não é alterada). Calcule as distâncias mínima e máxima entre a trave e o ponto em que a bola cai atrás do gol.
R: $d_{max} = 9,68\ m$ e $d_{min} = 0,56\ m$

17. Mostre que um projétil lançado do chão com velocidade inicial v_0 pode atingir um ponto situado à uma distância x e à altura y para dois ângulos diferentes, contanto que o ponto (x, y) esteja abaixo da “parábola de segurança”:

$$y = \frac{1}{2}\left(A_m - \frac{x^2}{A_m}\right)$$

onde A_m é o alcance máximo.

18. Uma lancha tem o combustível necessário para navegar rio acima até um embarcadouro, a $4,0\ h$ de viagem. A volta é feita com o motor desligado e a velocidade é a mesma da água do rio, onde o tempo de volta é de $8,0\ h$ até chegar ao ponto de partida. Qual seria o tempo de volta caso a lancha voltasse utilizando o motor ligado?
R: $2,0\ h$

19. Um trem viaja para o norte a $120\ km/h$. A fumaça da locomotiva forma uma trilha que se estende numa direção $14°$ ao leste da direção sul, com o vento soprando na direção leste. Qual é a velocidade do vento?
R: $29,92\ km/h$

20. Dois jogadores de futebol, Edinho e Túlio, pricipiam uma corrida, no mesmo instante a partir do mesmo ponto do campo. Edinho corre para leste a $4,0\ m/s$, enquanto Túlio corre a $60°$ na direção nordeste, a $5,4\ m/s$.

    (a) Quanto tempo terá passado até que os dois estejam distantes $25\ m$ um do outro?
    R: $5,15\ s$

    (b) Qual a velocidade de Túlio em relação a Edinho?
    R: $\vec{v}_{relativa} = -1,3\hat{\imath} + 4,676\hat{\jmath}$ e $v = 4,85\ m/s$

    (c) Qual a distância entre ambos depois de $4,0\ s$?
    R: $19,4\ m$

21. Um portuário aplica uma força horizontal constante de $80,0\ N$ em um bloco de gelo sobre uma superfície horizontal lisa. A força de atrito é desprezível. O bloco parte do repouso e se move $11,0\ m$ em $5,00\ s$.

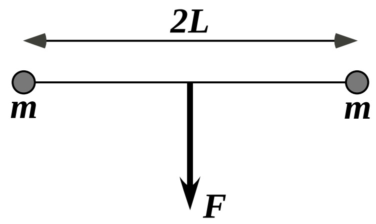
    (a) Qual a massa do bloco de gelo?
    R: $90,9\ kg$

    (b) Se o portuário parar de empurrar o bloco depois de $5,00\ s$, qual será a distância percorrida pelo bloco nos $5,00\ s$ posteriores?
    R: $22,0\ m$

22. Duas partículas, cada uma de massa m, estão conectadas por uma corda leve de comprimento $2L$. Uma força F constante é aplicada no ponto médio da corda ($x = 0$) e faz um ângulo reto com a posição inicial desta (figura abaixo). Mostre que a aceleração de cada massa na direção perpendicular a F é dada por

$$a_x = \frac{F}{2m} \frac{x}{(L^2 - x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

na qual x é a distância perpendicular de uma das partículas à linha de ação de F. Discuta a situação quando $x = L$.



23. Um bloco desliza sobre um plano inclinado de um ângulo θ. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é μ_k.

    (a) Se o bloco acelera, descendo o plano inclinado, mostrar que a aceleração é dada por $a = g[sen(\theta) - \mu_k \, cos(\theta)]$.

    (b) Se o bloco for projetado plano acima, mostrar que a sua aceleração é $a = -g[sen(\theta) + \mu_k cos(\theta)]$.

24. Um bloco é lançado para cima, com velocidade de 5 m/s, sobre uma rampa de 45° de inclinação. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa é $0,3$. Determine a distância máxima atingida pelo bloco ao longo da rampa.
    R: $d = \frac{25}{12{,}7\sqrt{2}}\ m$

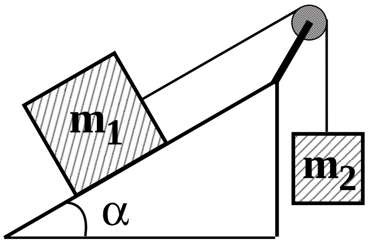
25. Um bloco de massa m_1 está sobre um plano inclinado com um ângulo de inclinação α e está ligado por uma corda que passa sobre uma polia pequena a um segundo bloco suspenso de massa m_2 (figura abaixo). O coeficiente de atrito cinético é μ_C e o coeficiente de atrito estático é μ_S.

    (a) Ache a massa m_2 para a qual o bloco de massa m_1 sobe o plano com velocidade constante depois que ele entra em movimento.
    R: $m_2 = m_1[sen(\alpha) + \mu_C cos(\alpha)]$

    (b) Ache a massa m_2 para a qual o bloco de massa m_1 desce o plano com velocidade constante depois que ele entra em movimento.
    R: $m_2 = m_1[sen(\alpha) - \mu_C cos(\alpha)]$

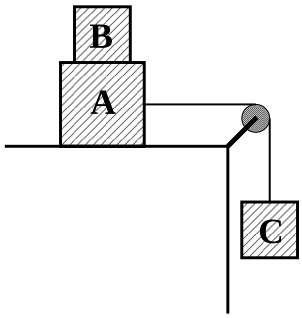
(c) Para que valores de m_2 os blocos permanecem em repouso depois de eles serem liberados a partir do repouso?

R: $m_1[sen(\alpha) - \mu_S cos(\alpha)] \leq m_2 \leq m_1[sen(\alpha) + \mu_S cos(\alpha)]$



26. Um bloco B de massa m_B está sobre um bloco A de massa m_A, que por sua vez está sobre o topo de uma mesa horizontal (figura abaixo). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco A e o topo da mesa é μ_C e o coeficiente de atrito estático entre o bloco A e o bloco B é μ_S. Um fio leve ligado ao bloco A passa sobre uma polia fixa sem atrito e o bloco C está suspenso na outra extremidade do fio. Qual deve ser o maior valor da massa m_C que o bloco C deve possuir para que os blocos A e B deslizem juntos quando o sistema for liberado a partir do repouso?

R: $m_C < \frac{(m_A+m_B)(\mu_S+\mu_C)}{1-\mu_S}$



27. Dois blocos de massas $4,00\ kg$ e $8,00\ kg$ estão ligados por um fio e deslizam para baixo de um plano inclinado de $30,0°$ (figura abaixo). O coeficiente de atrito cinético estre o bloco de $4,00\ kg$ e o plano é igual a $0,25$; e o coeficiente entre o bloco de $8,00\ kg$ e o plano é igual a $0,35$.

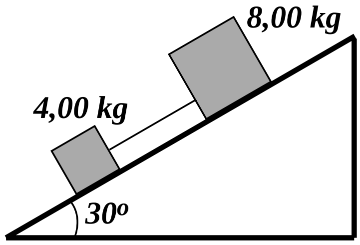
(a) Qual é a aceleração de cada bloco?

R: $a = 2,21\ m/s^2$

(b) Qual é a tensão na corda?

R: $T = 2,27\ N$

(c) O que ocorreria se as posições dos blocos fossem invertidas, isto é, se o bloco de $4,00\ kg$ estivesse acima do bloco de $8,00\ kg$?



28. Um ginasta de massa m está subindo em uma corda vertical presa ao teto. O peso da corda pode ser desprezado. Calcule a tensão na corda quando o ginasta está

    (a) subindo com velocidade constante;
    R: mg

    (b) suspenso em repouso na corda;
    R: mg

    (c) subindo e aumentando de velocidade com uma aceleração de módulo $|\vec{a}|$;
    R: $m(g + |\vec{a}|)$

    (d) descendo e aumentando de velocidade com uma aceleração de módulo $|\vec{a}|$;
    R: $m(g - |\vec{a}|)$

29. Um macaco de 10 kg sobe por uma corda de massa desprezível que passa sobre o galho de uma árvore, sem atrito, e tem presa na outra extremidade um cacho de bananas de 15 kg, que está no solo.

    (a) Qual o módulo da aceleração mínima que o macaco deve ter para levantar o cacho?
    R: $4,9\ m/s^2$

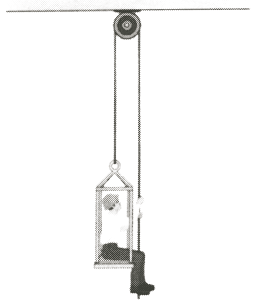
    (b) Se, após levantar o cacho, o macaco para de subir mas continua agarrado à corda, qual é a sua aceleração e a tensão na corda.
    R: $1,96\ m/s^2$ e $117N$

30. A figura abaixo mostra um homem sentado numa plataforma de trabalho, pendendo de uma corda de massa desprezível que passa por uma polia, de massa e atrito nulos, e volta até às mãos do homem. A massa conjunta do homem e da plataforma é $95,9\ kg$.

    (a) Desenhe o diagrama de corpo livre para o homem e a plataforma considerados como sistemas separados, e outro para o homem e a plataforma considerados como um sistema.

    (b) Com que força o homem deve puxar a corda para que ele consiga subir com velocidade constante?
    R: $470\ N$

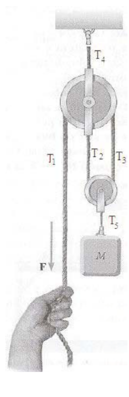
(c) Qual é a força necessária para subir com aceleração de $1,3\ m/s^2$?
R: $532\ N$



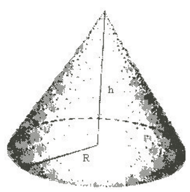
31. Um corpo de massa M é mantido em repouso por uma força aplicada F e por um sistema de polias como mostrado na figura abaixo. As polias são sem massa e sem atrito. Encontre:

(a) a tensão em cada trecho da corda, T_1, T_2, T_3, T_4 e T_5
R: $T_1 = T_2 = T_3 = \frac{Mg}{2}$, $T_4 = \frac{3Mg}{2}$ e $T_5 = Mg$

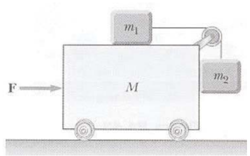
(b) o módulo de F. (Dica: desenhe um diagrama de corpo livre para cada polia).
R: $F = \frac{Mg}{2}$



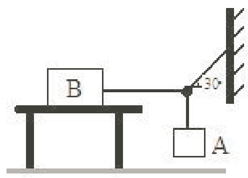
32. Um trabalhador deseja empilhar um monte de areia, em forma de cone, dentro de uma área circular (figura abaixo). O raio do círculo é R e nenhuma areia vaza para fora do círculo. Se μ_e é o coeficiente de atrito estático entre a camada de areia da superfície inclinada e a camada logo abaixo (sobre a qual ela pode deslizar), mostre que o maior volume de areia que pode ser empilhado dessa forma é $\frac{\pi \mu_e R^3}{3}$. (O volume de um cone é $\frac{Ah}{3}$, onde A é a a área da base e h a altura do cone.)



33. Qual é a força horizontal que deve ser aplicada ao carro mostrado na figura abaixo para que os blocos permaneçam estacionários em relação ao carro? (Dica: observe que a força exercida pelo fio acelera m_1).
R: $(M + m_1 + m_2)\left(\frac{m_2 g}{m_1}\right)$



34. O bloco B da figura abaixo pesa $711\ N$. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície horizontal é $0,25$. Determine qual o peso máximo do bloco A para que o sistema ainda permaneça equilibrado.
R: $103\ N$.

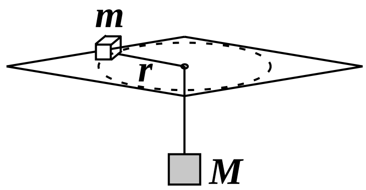


35. Um pequeno botão sobre uma plataforma girante horizontal com diâmetro de $0,320\ m$ gira junto com a plataforma com $40,0\ rev/min$, desde que o botão não esteja a uma distância maior do que $0,150\ m$ do eixo.

    (a) Qual é o coeficiente de atrito estático entre o botão e a plataforma?
    R: $0,269$

    (b) Qual é a distância máxima ao eixo da plataforma que o botão pode ser colocado sem que ele deslize, se a plataforma gira com $60,0\ rev/min$?
    R: $0,067\ m$

36. Um pequeno bloco de massa m repousa sobre o topo de uma mesa horizontal sem atrito a uma distância r de um buraco situado no centro da mesa (figura abaixo). Um fio ligado ao bloco pequeno passa através do buraco e tem um bloco maior de massa M ligado em sua outra extremidade. O pequeno bloco descreve um movimento circular uniforme com raio r e velocidade v. Qual deve ser o valor de v para que o bloco grande permaneça imóvel quando liberado?
R: $v = \sqrt{\frac{grM}{m}}$



37. Considere um grande cilindro oco vertical girando ao redor de seu eixo e uma pessoa dentro dele (figura abaixo). Quando a velocidade do conjunto atinge um valor pre-determinado o piso do cilindro desce repentinamente, mas a pessoa que está dentro dele não cai, permanecendo presa à parede. O coeficiente de atrito estático entre uma pessoa e a parede é $\mu_e = 0,40$, e o raio do cilindro é $R = 2,1\ m$.

    (a) Obtenha o valor do período máximo de revolução necessário para evitar que a pessoa caia.
    R: $1,84s$

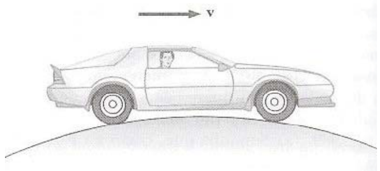
    (b) Qual a velocidade escalar mínima do cilindro pra que a pessoa não caia?
    R: $7,2\ m/s$

    (c) Se a massa da pessoa for de 49 kg, qual o módulo da força centrípeta que atuará sobre ela?
    R: $1200\ N$.

38. Um carro de massa m passa por uma elevação na pista que segue o arco de um círculo de raio R como na figura abaixo.

    (a) Qual a força que a pista exerce sobre o carro quando ele passa pelo ponto mais alto da elevação se o carro viaja com velocidade escalar v?
    R: $m\left(g - \frac{v^2}{R}\right)$

    (b) Qual é a velocidade escalar máxima que o carro pode ter quando ele passa pelo ponto mais alto antes de perder o contato com a pista?
    R: $\sqrt{gR}$.



39. A figura abaixo mostra uma bola de $1,34\ kg$ presa a um eixo girante vertical por duas cordas de massas desprezíveis. As cordas estão esticadas e formam os lados de um triângulo equilátero. A tensão na corda superior é de $35\ N$.

    (a) Desenhe o diagrama de corpo livre para a bola.

    (b) Qual a tensão na corda inferior?
    R: $8,74\ N$

    (c) Qual a força resultante sobre a bola, no instante mostrado na figura?
    R: $37,9\ N$

    (d) Qual a velocidade da bola?
    R: $6,45\ m/s$