

1. O significado da medida de ângulo em radianos.

Em que sentido o radiano é uma medida “natural” de ângulo e o grau uma medida “arbitrária” desta mesma grandeza? Que vantagens existem em se utilizar radianos em vez de graus?

2. Cinemática das rotações: por que  $\omega = 0$  não implica  $\alpha = 0$ ?

Um corpo rígido pode girar livremente em torno de um eixo fixo. O corpo pode ter aceleração angular diferente de zero mesmo que sua velocidade angular seja (talvez instantaneamente) nula? Qual seria o equivalente desta questão nos movimentos de translação? Dê exemplos físicos que ilustrem tais situações.

3. Um mergulhador faz 2,5 revoluções durante o seu salto de uma plataforma, a 10 metros do nível da água. Admitindo-se que sua velocidade inicial fosse nula, calcule a velocidade angular média desse mergulhador.

4. Um automóvel tem pneus com 40 cm de **diâmetro** e movimenta-se numa estrada plana e horizontal.

a) Calcule quantas rotações realiza essa roda por quilômetro rodado, sem derrapar.

O automóvel faz uma curva que corresponde a um arco de circunferência de  $\pi/2$  rd e **raio** 30 m, medido na roda interna e 31,4 m, medido na roda externa.

b) Calcule quantas voltas a mais deu a roda externa.

O carro demorou 3,7 s para descrever esse arco de circunferência.

c) Calcule as velocidades angulares das rodas internas e externas.

d) Determine o vetor velocidade angular total das rodas, considerando também a rotação do carro em torno do centro da curva.

5. Determinar velocidade e aceleração angulares a partir de  $\phi(t)$  por derivação

O ângulo que o volante de um gerador descreve durante um intervalo de tempo  $t$  é dado por

$$\phi(t) = at + bt^3 - ct^4$$

onde  $a$ ,  $b$  e  $c$  são constantes. Qual é a expressão para sua a) velocidade angular e b) aceleração angular?

6. Dado  $\alpha(t)$ , determinar  $\omega(t)$  e  $\phi(t)$  por integração.

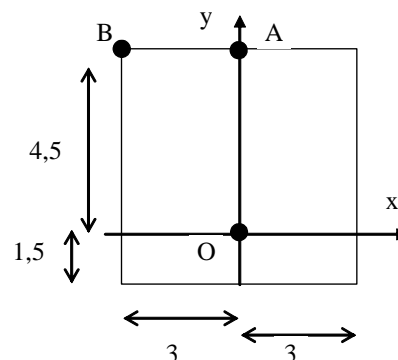
Uma roda gira com aceleração angular  $\alpha$  dada por

$$\alpha(t) = 4at^3 - 3bt^2$$

onde  $t$  é o tempo e  $a$  e  $b$  são constantes. Se a roda possui velocidade angular inicial  $\omega_0$ , escreva as equações para a) a velocidade angular da roda e b) o ângulo descrito, como função do tempo.

7. A chapa quadrada da figura ao lado gira em torno do ponto O.

Determine os vetores velocidade e aceleração dos pontos A e B sabendo que a velocidade angular tem módulo 6 rad/s e a aceleração angular, 4 rad/s<sup>2</sup>. As dimensões estão em cm e os pontos foram exagerados para facilitar sua visualização.

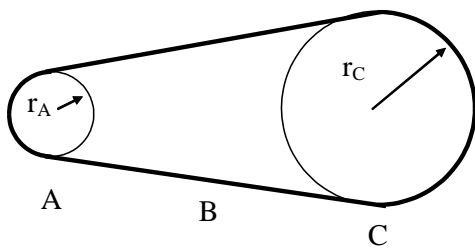


8. Um objeto rígido roda em torno do eixo Oz e é desacelerado a 2,66 rad/s<sup>2</sup>. Considere uma partícula localizada em  $\mathbf{r} = 1,83 \mathbf{j} +$

1,26  $\mathbf{k}$ , em metros. No instante em que  $\boldsymbol{\omega} = 14,3 \mathbf{k}$  (em rad/s),

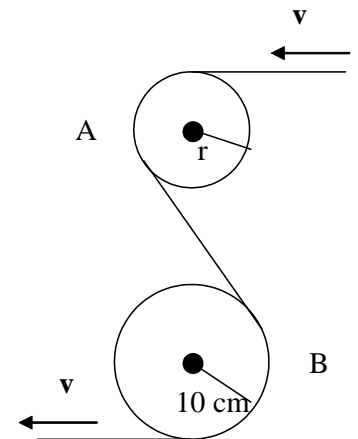
encontre a) a velocidade da partícula e b) o raio da trajetória circular da partícula.

9. a) Qual a velocidade angular em torno do eixo polar de um ponto sobre a superfície da Terra na latitude de 40° S? b) Qual a velocidade linear desse ponto? c) Quais os valores destas velocidades para um ponto no Equador?



10. Uma roda de raio  $r_A = 10,0$  cm está acoplada por uma correia B à roda C de raio  $r_C = 25,0$  cm, como mostra a figura abaixo. A roda A aumenta sua velocidade angular à razão uniforme de  $1,60$   $\text{rad/s}^2$ . Determine o tempo necessário para que a roda C atinja uma velocidade rotacional de  $100$   $\text{rev/min}$  a partir do repouso; suponha que não haja deslizamento da correia. Note que, se a correia não desliza, os módulos das velocidades lineares na borda das duas rodas são iguais.

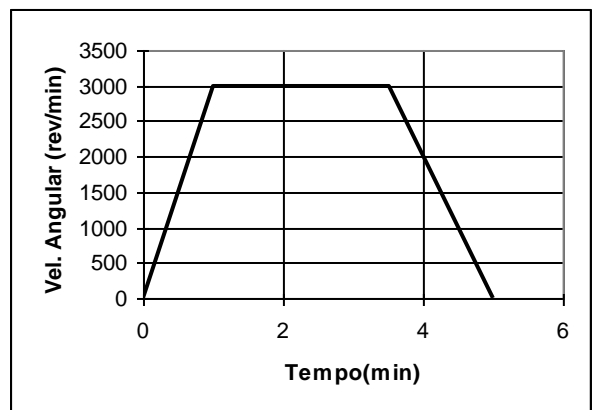
11. (MK5/11) Uma fita passa por duas polias conforme a figura ao lado. Se a velocidade da fita é constante e se o módulo da aceleração do ponto A da fita é  $4/3$  a do ponto B, calcule o raio da polia menor.



12. A hélice de um certo avião possui um raio de  $1,5$  m e gira a  $2000$   $\text{rev/min}$ . Se o avião é impulsionado à velocidade de  $480$   $\text{km/h}$  com relação ao solo, qual é o módulo da velocidade linear de um ponto na ponta da hélice, quando visto a) pelo piloto e b) por um observador no solo? Suponha que a velocidade do avião seja paralela ao eixo de rotação da hélice.

13. O disco de CD de música (“compact disk/digital áudio) possui raios interno e externo para o material gravado (os concertos de violino de Tchaikovsky e Mendelssohn) de  $2,50$  e  $5,80$  cm, respectivamente. Durante a execução, o disco é varrido a uma velocidade linear constante, iniciado na borda interna para fora. a) Se a velocidade angular do disco é  $50,0$   $\text{rad/s}$ , qual é sua velocidade angular final? b) As linhas da varredura em espiral estão separadas de  $1,60$   $\mu\text{m}$ ; qual é o comprimento total da varredura? c) Qual o tempo de execução?

14. RKH E.14. Como parte de uma inspeção de manutenção, a turbina de um motor a jato é posta a girar de acordo com o gráfico mostrado na figura ao lado. Quantas revoluções esta turbina realizou durante o teste?



15. Um dia solar é o intervalo entre duas aparições sucessivas do Sol para uma dada longitude – isto é, o tempo de uma rotação completa da Terra em relação ao Sol. Um dia sideral é o tempo para uma rotação completa da Terra em torno a estrelas fixas – isto é, o intervalo de tempo entre duas observações sucessivas de uma direção fixa no céu chamada equinócio vernal. a) Mostre que em um ano existe exatamente um dia solar (médio) a menos que dias siderais (médios). b) Se o dia solar (médio) tem exatamente 24 horas, qual é a duração do dia sideral (médio)?

16. A órbita da Terra em torno do Sol é quase um círculo. a) Qual a velocidade angular da Terra (vista como uma partícula) em torno do Sol? b) Qual é sua velocidade linear nesta órbita? c) Qual é a aceleração da Terra com relação ao Sol?

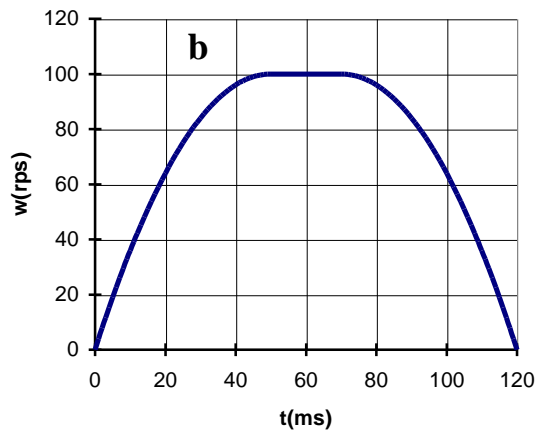
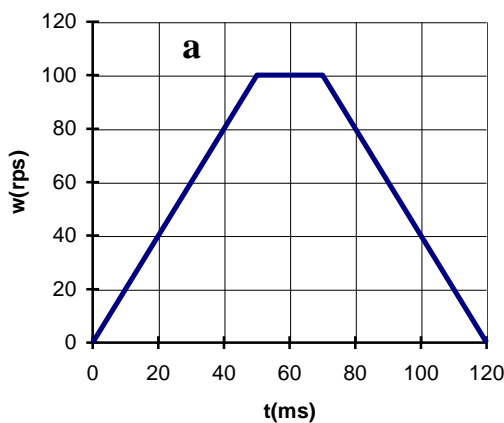
17. Um computador efetua uma leitura de disco em uma unidade de CD-ROM. O disco inicialmente está parado e retorna ao estado de repouso após o fim da leitura.

a) Supondo que o gráfico mostrado na figura a) abaixo à esquerda descreva apropriadamente o movimento do disco, determine quantas revoluções o disco realizou durante a leitura.

b) Um modelo mais realista para a movimentação do disco é apresentado no gráfico da figura b) abaixo à direita. A equação que descreve a velocidade angular do disco em função do tempo é

$$w(t) = \begin{cases} 4t - 0,04t^2 & t < 50 \text{ ms} \\ 100 & , 50 \leq t \leq 70 \text{ ms} \\ 5,60t - 0,04t^2 - 96 & , 70 < t < 120 \text{ ms} \end{cases}$$

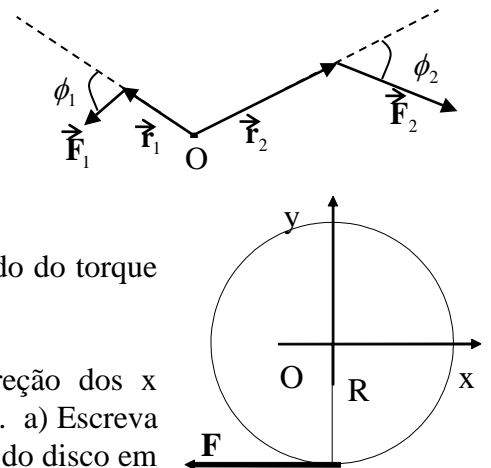
onde  $w(t)$  está em rotações por segundo (rps) quando  $t$  está em ms. Determine quantas revoluções o disco realizou durante a leitura de acordo com este modelo. Atenção, como  $w(t)$  está em rps, o número de rotações é  $\int w dt'$  com  $t'$  em s e não em ms como o  $t$  da equação de  $w(t)$ , por isso faça a transformação  $t = 1000t'$  no  $dt'$  da integral.



18. São dados  $\vec{r} = 2\vec{i} + 4\vec{j} - 5\vec{k}$  (m) e  $\vec{F} = -3\vec{i} + 4\vec{j} + 2\vec{k}$  (N). a) Determine o torque. b) Calcule o vetor momento angular de uma partícula localizada em  $\vec{r}$  com momento linear  $\vec{p} = 3\vec{i} - 4\vec{j} + 6\vec{k}$  (em unidades do SI).

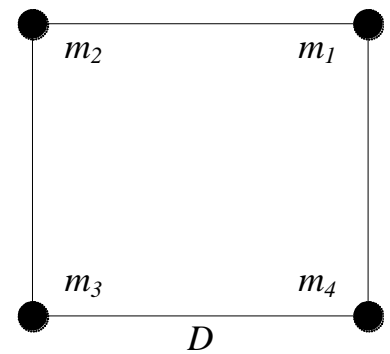
19. RKH E-9. Qual é o torque em relação à origem sobre a partícula localizada em  $x = 1,5$  m,  $y = 2,0$  m,  $z = 1,6$  m devido à força  $\vec{F} = (3,5 \text{ N}) \vec{i} - (2,4 \text{ N}) \vec{j} + (4,3 \text{ N}) \vec{k}$ ? Expresse os seus resultados usando vetores unitários.

20. RHK E.2. A figura ao lado mostra as linhas de ação e os pontos de aplicação de duas forças em relação à origem O. Todos os vetores estão no plano da figura. Imagine estas forças atuando sobre um corpo rígido articulado no ponto O através de um pino. a) Encontre a expressão para a intensidade do torque resultante sobre o corpo. b) Se  $r_1 = 1,30$  m,  $r_2 = 2,15$  m,  $F_1 = 4,20$  N,  $F_2 = 4,90$  N,  $\theta_1 = 75,0^\circ$  e  $\theta_2 = 58,0^\circ$ , quais são a intensidade, a direção e o sentido do torque resultante?



21. Aplica-se uma força de módulo  $F$ , horizontalmente, na direção dos  $x$  negativos, à borda de um disco de raio  $R$ , conforme a figura ao lado. a) Escreva a força e o vetor posição do ponto de aplicação em relação à origem do disco em termos dos versores  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$  e  $\vec{k}$ . b) Calcule o torque exercido pela força em relação à origem do disco.

22. Quatro partículas ligadas por pequenas vigas de massa desprezível estão nos vértices de um quadrado, conforme figura ao lado. As massas das partículas são  $m_1 = m_3 = 3 \text{ kg}$  e  $m_2 = m_4 = 4 \text{ kg}$ , e o comprimento do lado do quadrado é  $D = 2 \text{ m}$ . a) Determine o momento de inércia em relação a um eixo perpendicular ao plano das partículas e que passe por  $m_4$ .



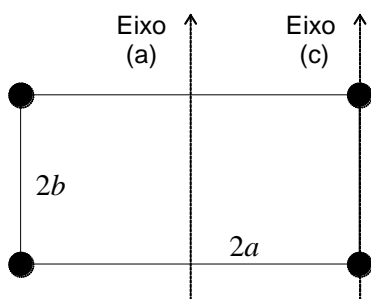
23. Calcule o momento de inércia para:

- Uma vareta homogênea de comprimento  $L$  e massa  $M$ ;
- Um aro circular que gira em torno a um eixo perpendicular ao seu plano passando pelo próprio centro;
- Um disco homogêneo em relação a o eixo perpendicular ao seu plano e passando pelo próprio centro;
- Uma casca esférica delgada em relação a um diâmetro.

24. Calcule o momento de inércia para:

- Um cilindro homogêneo em relação ao próprio eixo;
- Uma esfera maciça em relação a um diâmetro

25. Uma esfera, um cilindro e um aro, com distribuição de massa homogênea, partem do repouso e rolam para baixo sobre o mesmo plano inclinado, sem escorregarem. Qual corpo atingirá a base primeiro?



26. Quatro partículas de massa  $m$  estão fixas mediante hastes rígidas de massa desprezível, formando um retângulo de lados  $2a$  e  $2b$ , conforme mostra a figura ao lado. O sistema gira em torno de um eixo situado no plano da figura e que passa pelo centro.

- Determine o momento de inércia em torno desse eixo.
- Determinar o momento de inércia do sistema quando o eixo de rotação é um eixo paralelo ao primeiro, mas passa por duas das massas, ainda conforme a figura ao lado.

27. Ruth e Rogério estão pedalando ao longo de um caminho com a mesma velocidade escalar. As rodas da bicicleta dela possuem um diâmetro um pouco maior do que as rodas da bicicleta de Rogério. Como se relacionam as velocidades angulares das suas rodas? E as velocidades do topo de cada uma das rodas?

28. (RHK P.8). O volante de uma máquina a vapor gira com uma velocidade angular constante de  $156 \text{ rev/min}$ . Quando o vapor é cortado, o atrito dos mancais e do ar leva a roda a parar em  $132$  minutos.

- qual é a aceleração angular constante da roda?
- quantas rotações a roda desenvolvera antes de atingir o repouso?
- qual é a aceleração linear tangencial de uma partícula posicionada a  $52,4 \text{ cm}$  do eixo de rotação quando o volante esta girando a  $72,5 \text{ rev/min}$ .
- qual e a intensidade da aceleração linear total da partícula na parte c)?

29. Uma bola de massa  $m$  está a uma distância  $x$  da origem do sistema de referencia. Uma vez colocado o sistema em rotação, explique se o momento de inércia em relação ao eixo que contem o centro da bola é igual ou não ao momento de inércia do sistema em rotação em relação a um outro eixo perpendicular ao primeiro.

Tente resolver também os exercícios 6, 12, 15, 21, 25 e problema 9, do capítulo 8 do RHK.