

## 1 A medida física

- 1- Sugira uma maneira de medir a espessura de uma folha de papel.
- 2- Sugira uma maneira de medir o raio da Terra.

## 2 Cinemática Escalar

1- A velocidade escalar de uma partícula pode ser negativa? Em caso positivo, dê um exemplo; caso contrário, explique por quê.

2- (a) Um objeto pode ter velocidade nula e estar acelerado? (b) Um objeto pode ter velocidade constante e estar andando cada vez mais rapidamente? (c) A velocidade de um objeto pode inverter de sentido quando sua aceleração for constante? (d) Um objeto pode aumentar o módulo de sua velocidade enquanto sua aceleração decresce? Em cada caso, dê um exemplo se sua resposta for afirmativa; explique por que se sua resposta for negativa.

3- A cada segundo um coelho percorre metade da distância entre seu nariz e um pé de alface. O coelho conseguirá alcançar o pé de alface? Qual o valor limite da velocidade média do coelho? Desenhe gráficos que mostrem a velocidade e a posição do coelho como funções do tempo.

4- Um carro de corrida participa de uma prova eliminatória de duas voltas e percorre a primeira com a velocidade média de  $145\text{km/h}$ . O piloto pretende manter na segunda volta uma velocidade muito maior, de modo que a velocidade média nas duas voltas seja de  $290\text{Km/h}$ . Demonstre que isso é impossível.

5- João vence Maria por  $10\text{m}$  numa corrida de  $100\text{m}$ . João concorda em disputar uma segunda corrida, na qual, por partir  $10\text{m}$  antes da linha de largada, diz que ambos terão igual possibilidade de vencer. Isto é realmente verdade?

6- A velocidade média de uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$  pode ser  $(v_o + v)/2$  se a aceleração não for uniforme? Prove sua resposta desenhando gráficos.

7- Uma pessoa em pé na borda de um penhasco, a uma certa altura acima do solo, lança uma bola verticalmente para cima com velocidade escalar inicial  $v_o$ ; depois, lança outra bola verticalmente para baixo, com a mesma velocidade escalar inicial. Que bola terá maior velocidade escalar ao atingir o solo? Despreze a resistência do ar.

8- Qual a aceleração para baixo de um projétil largado por um míssil que acelera para cima a  $9,8\text{m/s}^2$ ?

9- Em um outro planeta o valor de  $g$  é a metade de seu valor na Terra. Qual a relação entre os tempos que um objeto leva para cair da mesma altura

naquele planeta e na Terra?

10- Uma pedra é lançada para cima com uma certa velocidade escalar em um planeta onde a aceleração de queda livre é  $2g$ . Compare a altura atingida no planeta com a altura correspondente que ela alcançaria na Terra. Se a velocidade escalar inicial fosse dobrada, que alterações isso provocaria na sua resposta?

11- Considere uma bola lançada verticalmente para cima. Levando-se em conta a resistência do ar, devemos esperar que o tempo de subida seja maior ou menor do que o tempo de queda? Por quê?

12- Faça um gráfico qualitativo da velocidade escalar em função do tempo  $t$  para um objeto em queda (a) quando a resistência do ar é ignorada e (b) quando a resistência do ar não é desprezada.

13- Uma bola é largada num poço de elevador e 1 segundo após uma segunda bola é largada da mesma altura. (a) O que acontece à distância entre as bolas com o passar do tempo? (b) Como varia com o tempo a razão  $v_1/v_2$  das velocidades escalares da primeira e da segunda bola? Ignore a resistência do ar e dê respostas qualitativas.

### 3 Cinemática Vetorial

1- Qual das seguintes situações é impossível? (a) Um corpo ter velocidade para leste e aceleração para leste; (b) Um corpo ter velocidade para leste e aceleração para oeste; (c) Um corpo ter velocidade nula mas aceleração não nula; (d) um corpo ter aceleração constante e velocidade variável; (e) um corpo ter velocidade constante e aceleração variável.

2- Dois vetores que tenham módulos diferentes podem ser combinados de modo que sua resultante seja nula? E três vetores?

3- Um vetor pode ter módulo nulo se uma de suas componentes é diferente de zero?

4- A soma dos módulos de dois vetores pode ser igual ao módulo da soma desses dois vetores?

5- O módulo da diferença de dois vetores pode ser maior do que o módulo de cada um dos vetores originais? O módulo dessa diferença pode ser maior do que o módulo da soma dos dois vetores? Dê exemplos.

6- Suponha que  $\vec{d} = \vec{d}_1 + \vec{d}_2$ . Isto significa que temos de ter  $d \geq d_1$  ou  $d \geq d_2$ ? Se não, explique por quê.

7- *Velocidade escalar média* pode significar o módulo da velocidade média. Outro significado, mais comum, é que a velocidade escalar média é igual ao quociente do percurso total pelo tempo decorrido. Esses significados são diferentes? Dê um exemplo que ilustre a sua resposta.

8- Quando a velocidade é constante, a velocidade média em qualquer dado intervalo de tempo pode diferir da velocidade instantânea em qualquer instante? Em caso afirmativo, de um exemplo; em caso negativo, explique porquê.

## 4 As leis de Newton

1- Suponha que um corpo que está sob a ação de exatamente duas forças esteja acelerado. Podemos então concluir que (a) o corpo não pode se mover com velocidade escalar constante; (b) a velocidade nunca será nula; (c) a soma de duas forças não pode ser nula; (d) as duas forças têm de atuar na mesma linha.

2- Um cavalo é instigado a puxar uma carroça. O cavalo se recusa a fazê-lo, citando a terceira lei de Newton como defesa: A força que o cavalo faz ao puxar a carroça é igual mas oposta à força da carroça sobre o cavalo. "Se eu nunca posso exercer uma força sobre a carroça maior do ela exerce sobre mim, como poderia começar a movimentar a carroça?" Pergunta o cavalo. Como você responderia?

3- Comente quais dos seguintes pares de forças são exemplos de ação-reação: (a) A Terra atrai um tijolo; o tijolo atrai a Terra. (b) Num avião a hélice empurra o ar em direção à sua cauda; o ar empurra o avião para frente. (c) Um cavalo puxa para frente uma charrete movendo-a; a charrete puxa o cavalo para trás. (d) Um cavalo puxa para frente uma charrete, mas sem movê-la; a charrete puxa o cavalo para trás. (e) um cavalo puxa para frente uma charrete, mas sem movê-la; a Terra exerce uma força igual e oposta sobre a charrete. (f) A Terra puxa a charrete para baixo; o chão empurra a charrete para cima com uma força igual e contrária.

4- Dois estudantes tentam romper uma corda. Primeiro cada um puxa para seu lado e falha. Então eles amarram uma das extremidades numa parede e puxam juntos pela outra. Este procedimento é melhor do que o primeiro? Explique sua resposta.

5- Em um cabo de guerra, três homens puxam uma corda para a esquerda em  $A$  e três homens puxam para a direita em  $B$  com forças de mesmo módulo. Um peso de  $5kg$  é dependurado verticalmente no centro da corda. (a) Os homens podem manter a corda  $AB$  na horizontal? (b) Se não, explique. Se puderem, calcule o módulo das forças necessárias em  $A$  e em  $B$ .

6- Um elevador é sustentado por um único cabo. Não há contrapeso. O elevador recebe um passageiro no primeiro andar e o leva para o último andar, onde ele desembarca. Novos passageiros entram e são levados para baixo, para o primeiro andar. Durante essa viagem de ida e volta, quando

a tração no cabo iguala o peso do elevador mais os passageiros? Quando é maior? Menor?

7- Uma mulher está em pé sobre uma balança de molas em um elevador. Em qual dos seguintes casos a leitura da balança será mínima e em qual será máxima: (a) o elevador está parado; (b) o cabo do elevador se rompe e há queda livre; (c) o elevador acelera para cima; (d) o elevador acelera para baixo; (e) o elevador está se movendo com velocidade constante.

8- Um bloco de  $5,5\text{kg}$  está inicialmente em repouso numa superfície horizontal sem atrito. Ele é puxado com uma força horizontal constante de  $3,8\text{N}$ . (a) Qual é sua aceleração? (b) Quanto tempo ele tem de ser puxado antes de sua velocidade atingir  $5,2\text{m/s}$ ? (c) Qual a distância percorrida por ele neste tempo?

9- Um bloco de massa  $m$  está sustentado por uma corda  $C$  do teto e uma corda semelhante  $D$  está presa ao fundo do bloco (figura 1). Explique isto: Se você der um puxão súbito em  $D$ , a corda arrebenta aí, mas se você puxar em  $D$  aumentando lentamente a força, a corda arrebenta em  $C$ .

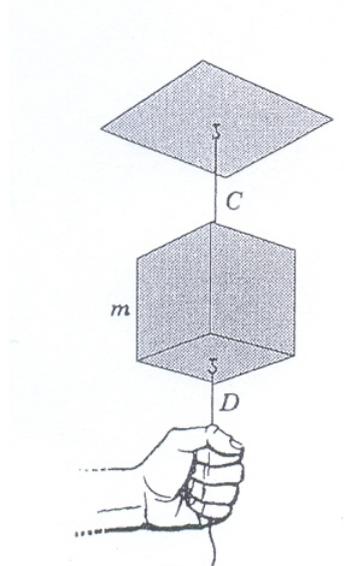


Figura 1: questão 9

10- Um corpo com massa  $m$  sofre a ação de duas forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$ , como mostra a figura 2. Se  $m = 5,2\text{kg}$ ,  $F_1 = 3,7\text{N}$  e  $F_2 = 4,3\text{N}$ , ache o vetor aceleração do corpo.

11- Dois blocos com massa  $m_1 = 4,6\text{kg}$  e  $m_2 = 3,8\text{kg}$ , são ligados por uma mola leve sobre uma mesa horizontal sem atrito. Em certo instante,

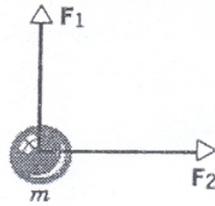


Figura 2: questão 10

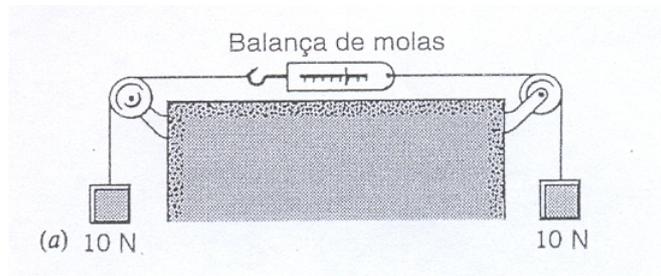


Figura 3: questão 14

quando  $m_2$  tem aceleração  $a_2 = 2,6m/s^2$ , (a) qual é a força em  $m_2$  e (b) qual é a aceleração de  $m_1$ ?

12- Uma garota de  $40kg$  e um trenó de  $8,4kg$  estão sobre a superfície de um lago congelado, separados entre si de  $15m$ . Por meio de uma corda, a garota exerce uma força de  $5,2N$  sobre o trenó, puxando-o para si. (a) Qual é a aceleração do trenó? (b) Qual é a aceleração da garota? (c) A que distância da posição inicial da garota eles vão se encontrar, supondo que a força permaneça constante? Suponha que não haja atrito.

13- Uma esfera carregada, de massa  $2,8 \times 10^{-4}kg$ , está suspensa por uma corda. Uma força elétrica atua horizontalmente na esfera, de tal modo que a corda faz um ângulo de  $33^\circ$  com a vertical quando a esfera está em repouso. Ache (a) o módulo da força elétrica e (b) a tensão na corda.

14- (a) Dois pesos de  $10N$  são presos a uma balança de molas como na figura 3(a). Qual é a leitura da balança? (b) Um único peso de  $10N$  é preso a uma balança de molas que, por sua vez, está presa a uma parede, como na figura 3(b). Qual é a leitura da balança? (Ignore o peso da balança.)

15- Três blocos são ligados como mostra a figura 4, sobre uma mesa horizontal sem atrito e puxados para a direita com uma força  $T_3 = 6,5N$ . Se

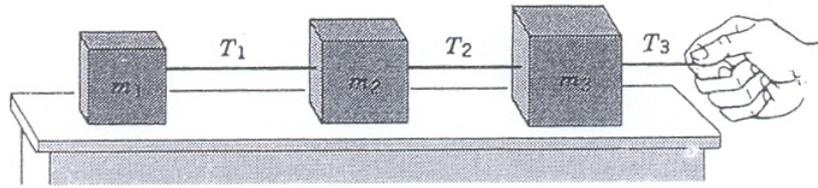


Figura 4: questão 15

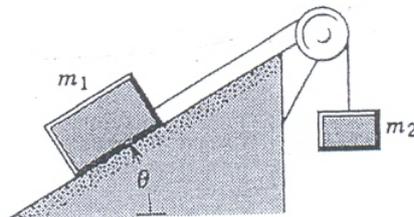


Figura 5: questão 16

$m_1 = 1,2kg$ ,  $m_2 = 2,4kg$  e  $m_3 = 3,1kg$ , calcule (a) a aceleração do sistema e (b) as trações  $T_1$  e  $T_2$ . Faça uma analogia com os corpos que são puxados em fila, tais como uma locomotiva ao puxar um trem de vagões engatados.

16- Um bloco de massa  $m_1 = 3,70kg$  está sobre um plano inclinado sem atrito de ângulo  $\theta = 28^\circ$  e é ligado por uma corda que passa numa polia pequena e sem atrito a um segundo bloco de massa  $m_2 = 1,86kg$ , que pende verticalmente (ver figura 5). (a) Qual é a aceleração de cada bloco? (b) Ache a tração na corda.

## 5 As leis de conservação: parte 1 - Trabalho e energia

1- Para empurrar um engradado de  $25kg$  para cima ao longo de um plano inclinado de  $27^\circ$ , um trabalhador exerce uma força de  $120N$ , paralela ao plano. Depois que o engradado desliza  $3,6m$ , que trabalho foi realizado

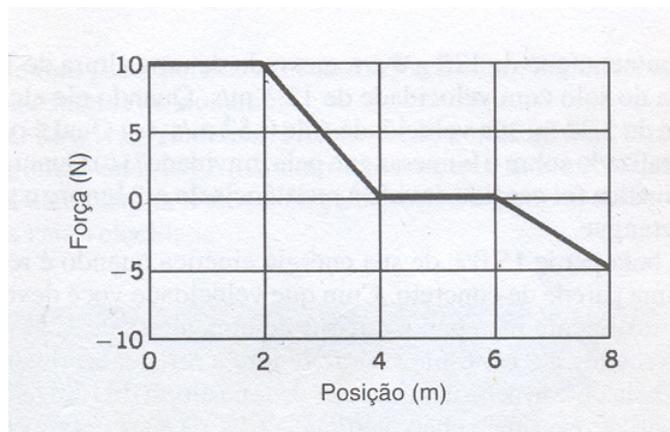


Figura 6: questão 4

sobre o engradado (a) pelo trabalhador, (b) pela força da gravidade e (c) pela força normal ao plano?

2- Uma corda é usada para abaixar verticalmente um bloco de massa  $M$  através de uma distância  $d$  com uma aceleração para baixo de  $g/4$ . (a) Encontre o trabalho realizado pela corda no bloco. (b) encontre o trabalho realizado pela força da gravidade.

3- Um tronco de  $52,3kg$  é empurrado por  $5,95m$  com velocidade constante, para cima, ao longo de um plano inclinado de  $28,0^\circ$ , por uma força horizontal constante. O coeficiente de atrito cinético entre o tronco e o plano inclinado é  $0,19$ . Calcule o trabalho realizado (a) pela força aplicada e (b) pela força da gravidade.

4- Um bloco de  $5,0kg$  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 6. Qual é o trabalho realizado pela força quando o bloco se move desde a origem até  $x = 8,0m$ ?

5- Um objeto de  $10kg$  se move ao longo do eixo  $x$ . A sua aceleração em função da posição é mostrada na figura 7. Qual é o trabalho resultante realizado sobre o objeto quando ele se move desde  $x = 0$  até  $x = 8,0m$ ?

6- A toda potência, uma locomotiva de  $1,5MW$  acelera um trem desde a velocidade de  $10m/s$  até  $25m/s$  em  $6,0min$ . Desprezando o atrito, calcule a massa do trem. (b) Encontre a velocidade do trem como função do tempo em segundos durante o intervalo. (c) Encontre a força que acelera o trem como função do tempo durante o intervalo. (d) Encontre a distância percorrida pelo trem durante o intervalo.

7- Uma única força atua em uma única partícula em movimento retilíneo.

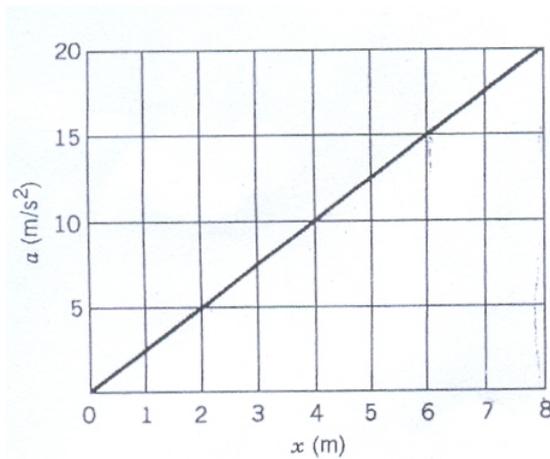


Figura 7: questão 5

Um gráfico da velocidade da partícula como função do tempo é mostrado na figura 8. Determine o sinal (positivo ou negativo) do trabalho realizado *pela força sobre* a partícula em cada um dos intervalos  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  e  $DE$ .

8- De que altura um automóvel de  $1270\text{kg}$  teria que cair para ganhar a energia cinética equivalente a que ele teria que viajar a  $88,5\text{km/h}$ ? A resposta depende do peso do carro?

9- Uma bola perde 15% de sua energia cinética quando é rebatida por uma parede de concreto. Com que velocidade você deve jogá-la verticalmente para baixo a partir de uma altura de  $12,4\text{m}$  para tê-la rebatida até à mesma altura? Ignore a resistência do ar.

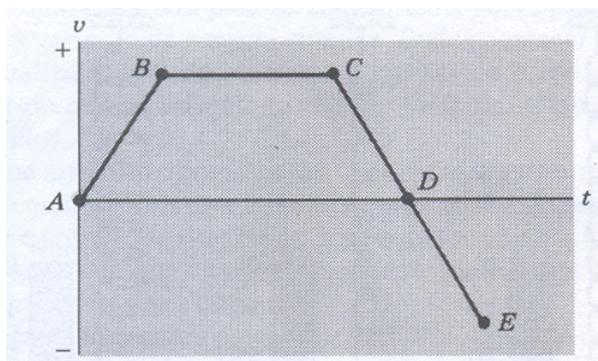


Figura 8: questão 7

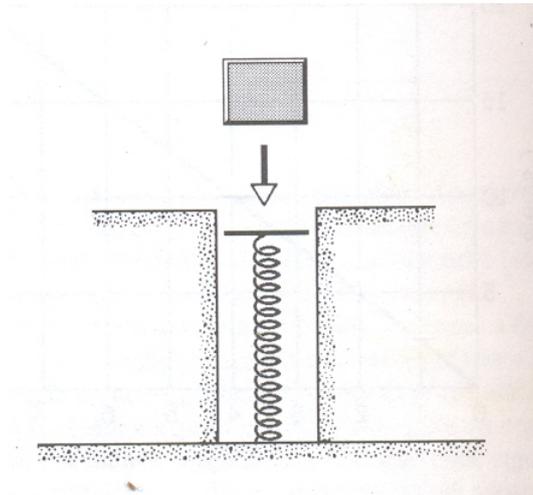


Figura 9: questão 11

10- Uma bola de borracha deixada cair de uma altura de  $1,80m$  é rebatida várias vezes pelo chão, perdendo  $10\%$  de sua energia cinética de cada vez. Depois de quantas colisões a bola não conseguirá se elevar acima de  $0,90m$ ?

11- Um bloco de  $263g$  é deixado cair sobre uma mola vertical de constante elástica  $k = 2,52N/cm$  (Figura 9). O Bloco adere-se à mola, que ele comprime  $11,8cm$  antes de parar momentaneamente. Enquanto a mola está sendo comprimida, qual é o trabalho (a) pela força da gravidade e (b) pela a mola? (c) Qual era a velocidade do bloco exatamente antes de se chocar com a mola? (d) Se está velocidade inicial do bloco for duplicada, qual será a compressão máxima da mola? Ignore o atrito.

12- Um bloco de granito de  $1,380kg$  é arrastado para cima de um plano inclinado por um guincho, à velocidade constante de  $1,34m/s$  (Figura 10). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano inclinado é  $0,41$ . Qual é a potência que deve ser fornecida pelo guincho?

13- Um automóvel de  $1680kg$  se move a partir do repouso numa estrada plana horizontal e desenvolve a velocidade de  $72km/h$  em  $33s$ . (a) Qual a energia cinética do carro no final dos  $33s$ ? (b) Qual a potência média resultante fornecida ao carro durante aquele intervalo de tempo? (c) Qual é a potência instantânea no final do intervalo de  $33s$ , supondo que a aceleração foi constante?

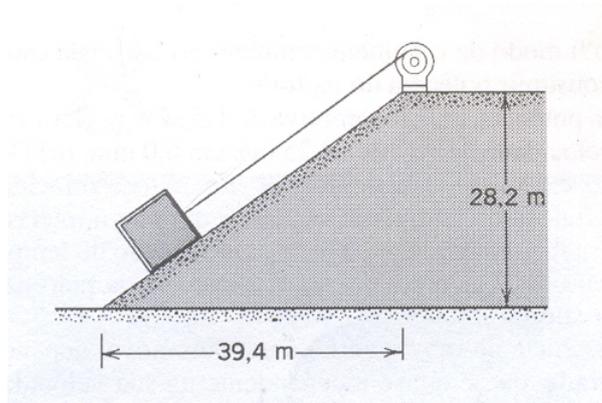


Figura 10: questão 12

## 6 As leis de conservação: parte 2 - Impulso e momento linear

1- Um objeto, com massa de 10kg, move-se com velocidade constante de 10m/s. Uma força constante atua, então, sobre o objeto durante 4,0s, dando-lhe uma velocidade de 2,0m/s no sentido oposto. (a) Calcule o impulso aplicado ao objeto. (b) Qual a intensidade e o sentido da força? (c) Qual a quantidade de movimento do objeto antes e após a ação da força?

2- Uma bola de 0,50kg é lançada verticalmente para cima a 3,0m/s. (a) Qual a quantidade de movimento inicial da bola? (b) Qual a quantidade de movimento no alto da trajetória? (c) Que impulso deteve a trajetória? Por quanto tempo ele atuou? (d) Se a bola tivesse massa de 1,0kg, que alterações haveria nas respostas aos itens (a), (b) e (c)?

3- Um próton (massa  $1,67 \times 10^{-27}$ kg) com velocidade de  $1 \times 10^7$  m/s, colide com um núcleo em repouso; o próton recua com a velocidade de  $6 \times 10^6$  m/s. O núcleo de hélio move-se para frente com velocidade de  $4 \times 10^6$  m/s após a colisão. (a) Pode você calcular a massa do núcleo de hélio? Se puder, qual é ela? (b) Pode você calcular a força que agiu durante a colisão? Se puder, qual é ela? (c) Se você respondeu não às questões (a) ou (b), esteja preparado para discutir em classe porque deu essa resposta.

4- Na figura 11, a bola maior entrou na figura pela parte superior e a menor pela parte inferior. Como você vê, no meio ocorreu uma colisão. (a) Desenhe, na mesma escala, os vetores que representam as variações de velocidade da bola maior e da bola menor. *Tome cuidado para que cada um*

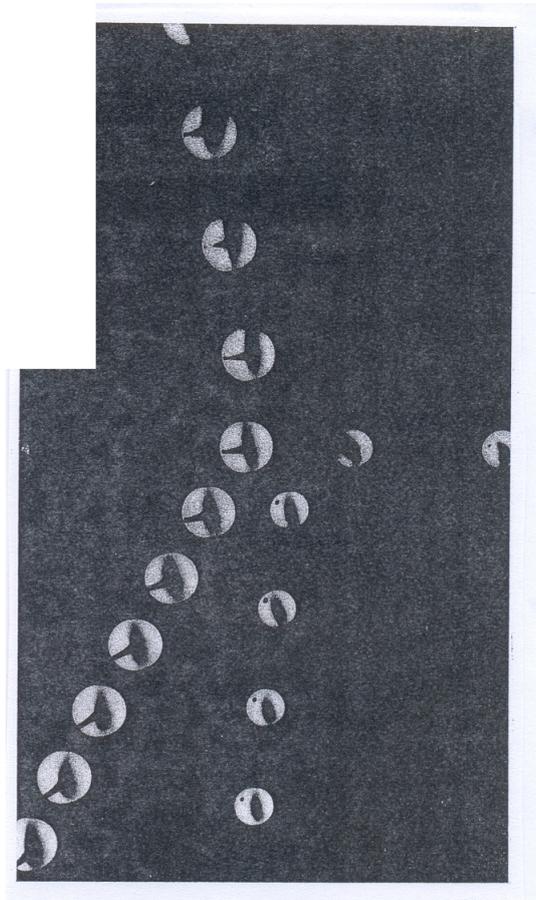


Figura 11: questão 4

*esteja na direção e no sentido corretos.* (b) Essas variações de velocidade têm sentidos opostos? (c) Têm mesmo valor? (d) Se seus valores são diferentes, qual a razão entre eles? (e) A massa da bola grande é 201g. Qual a massa da bola pequena?

5- Um núcleo de urânio, parado, se fragmenta em duas partes, uma partícula  $\alpha$  e um átomo de tório. Uma quantidade  $E$  de energia é liberada na fragmentação, na forma de energia cinética das duas partes. Dado que a massa do Tório é cerca de 58,5 vezes a massa da partícula  $\alpha$ , calcule a energia cinética e o momento linear das duas partículas emitidas em termos de  $E$  e da massa da partícula  $\alpha$ .

6- A figura 12 mostra um esquema do *pêndulo balístico*, que pode ser utilizado para medir a velocidade de um projétil, por exemplo uma bala. Esta, com massa  $M$  e velocidade  $v$ , atinge o bloco de massa  $M$ , suspenso por

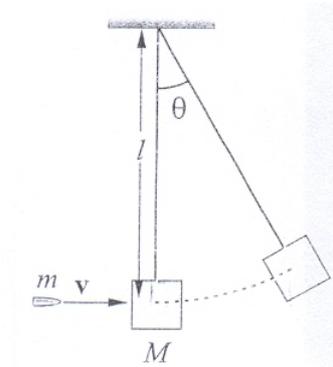


Figura 12: questão 6



Figura 13: questão 8

um fio, e fica incrustada nele. Observa-se o ângulo máximo  $\theta$  alcançado pelo pêndulo. Calcule a velocidade  $v$  em função das outras variáveis do sistema.

7- Um corpo de massa  $m$ , inicialmente à velocidade  $v$ , colide com outro corpo parado de massa  $M$  e os dois corpos se ligam formando um corpo de massa  $M + m$ . Mostre que a diminuição de energia cinética de sistema é  $\Delta K = \frac{Mm}{2(M+m)}v^2$ .

8- As duas esferas à direita, na figura 13, estão próximas e inicialmente em repouso; a esfera da esquerda incide sobre as outras duas com velocidade  $v_0$ . Suponha que a colisão seja frontal e elástica. (a) Se  $M \leq m$ , mostre que há duas colisões e determine todas as velocidades finais; (b) Se  $M > m$ , mostre que há três colisões e calcule todas as velocidades finais.

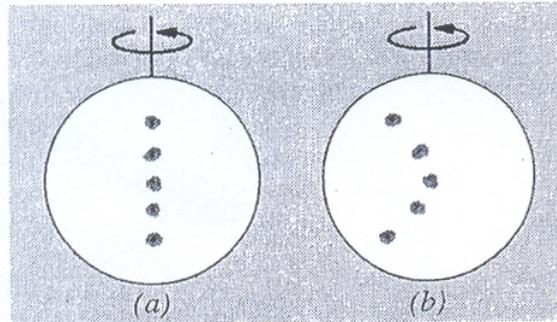


Figura 14: questão 3

## 7 Cinemática das rotações

1- 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- O vetor que representa a velocidade angular de uma roda girante em torno de um eixo fixo tem necessariamente que se encontrar ao longo deste eixo? Ele poderia ser meramente desenhado como paralelo ao eixo mas localizado em qualquer lugar? *Lembre-se que temos liberdade para mover um vetor deslocamento ao longo de sua própria direção ou transladar para os lados sem alterar seu valor.*

3- A rotação do Sol pode ser monitorada acompanhando-se as manchas solares, tempestades magnéticas no Sol que parecem escuras em contraste com o restante brilhante do disco solar. A figura 14(a) mostra a posição inicial de cinco manchas e figura 14(b) a posição das mesmas manchas após uma rotação solar. O que podemos concluir, a partir dessas observações, sobre a natureza física do Sol?

4- 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 linear desta questão? Dê exemplos físicos que ilustrem tais situações.

5- Quando dizemos que um ponto no equador da Terra possui uma velocidade angular de  $2\pi$  rad/dia, que referencial temos em mente?

6- Considerando-se os movimentos de rotação e revolução da Terra, uma árvore move-se mais rapidamente durante o dia ou durante a noite? Sua

resposta foi dada com relação a qual referencial?(A rotação e revolução da Terra possuem o mesmo sentido.)

7- Uma roda está girando sobre seu eixo. Considere um ponto sobre sua borda. O ponto possui aceleração radial quando a roda gira com velocidade constante? E aceleração tangencial? Os módulos dessas acelerações mudam com o tempo?

8- Qual é a relação entre as velocidades angulares de um par de engrenagens de raios diferentes acopladas?

9- Quando uma fita de vídeo ou de rádio é rebobinada, por que a velocidade com que ela se desenrola é mais rápida no final do rebobinamento?

10- Qual é a diferença entre aceleração tangencial e a aceleração radial de um ponto em um corpo que gira?

11- Um volante gira com velocidade angular constante. Um ponto de sua periferia possui aceleração tangencial? Possui aceleração radial? Essas acelerações possuem um módulo constante? Possuem direção constante? Explique o raciocínio usado em cada caso.

## 8 Dinâmica das rotações

1- A figura 15(a) mostra uma régua composta de uma metade de madeira e a outra metade de aço, e é fixada por um pino na extremidade de madeira em  $O$ . Uma força é aplicada na extremidade de aço em  $a$ . Na figura 15(b), a régua é fixada na extremidade de aço em  $O'$  e a mesma força é aplicada na extremidade de madeira em  $a'$ . Obtemos a mesma aceleração angular em ambos os casos? Se não, em qual caso a aceleração angular será maior?

2- É possível distinguir entre um ovo cru e um ovo cozido, girando-os sobre uma mesa. Explique como. Além disso, se você parar com os dedos um ovo cru que esteja girando e o soltar rapidamente, ele voltará a girar. Por quê?

3- Considere uma vareta reta colocada em pé sobre o gelo (sem atrito). Qual será a trajetória do seu centro de massa se ela cair?

4- Um tambor cilíndrico, empurrado por uma prancha desde a posição inicial mostrada na figura 16 rola para a frente sobre o solo a distância  $L/2$ , igual à metade do comprimento da prancha. Não ocorre escorregamento em nenhum dos contatos. Onde estará a prancha então? Que distância foi percorrida pelo homem?

5- Um ioiô desce até o fim do seu cordão e então volta a subir. Ele reverte seu sentido de rotação quando atinge o final inferior do cordão? Explique

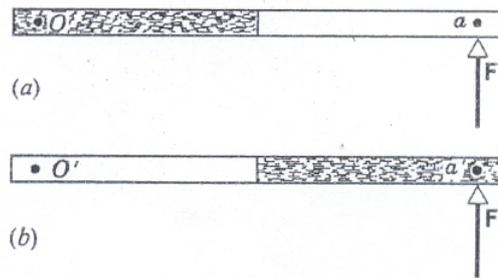


Figura 15: questão 1

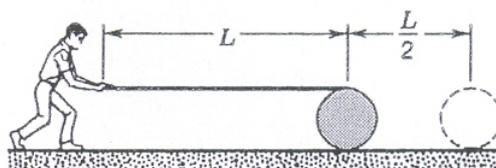


Figura 16: questão 4

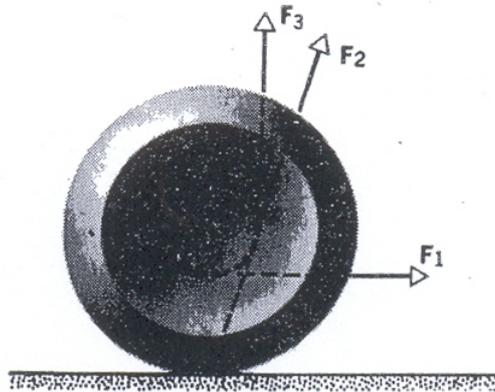


Figura 17: questão 6

sua resposta.

6- Um ioiô está em repouso sobre uma mesa horizontal e pode rolar livremente (veja a figura 17). Se o cordão for puxado por uma força horizontal  $\vec{F}_1$ , em que sentido rolará o ioiô? O que acontece quando for aplicada a força  $\vec{F}_2$ , cuja linha de ação passa através do ponto de contato do ioiô com a mesa? Se o cordão for puxado verticalmente com a força  $\vec{F}_3$ , o que acontece?