

GFI00157 - Física por Atividades

Caderno de Trabalhos de Casa

Conteúdo

1	Cinemática	4
1.1	Velocidade	4
1.2	Representações do movimento	8
1.3	Aceleração em uma Dimensão	13
1.4	Movimento em duas dimensões	18
1.5	Movimento relativo	23
2	Dinâmica	28
2.1	Forças	28
2.2	A segunda e terceira leis de Newton	32
2.3	Tensão	37
3	Leis de Conservação	39
3.1	Trabalho e o teorema trabalho-energia	39
3.2	Variações da Energia e do Momento Linear	42
3.3	Conservação de Momento em uma Dimensão	44
3.4	Conservação do momento em duas dimensões	48
4	Mecânica de Corpos Rígidos	52
4.1	Movimento de Rotação	52
4.2	Dinâmica de Corpos Rígidos	53
4.3	Equilíbrio de Corpos Rígidos	55
5	Sistemas de Muitas Partículas	57
5.1	Pressão em um líquido	57
5.2	Empuxo	58
5.3	A Lei dos Gases Ideais	62
5.4	Primeira Lei da Termodinâmica	62
5.5	Superposição e reflexão de pulsos	64
5.6	Reflexão e Transmissão	68
5.7	Propagação e Refração de ondas periódicas	70

<i>CONTEÚDO</i>	3
6 Circuitos Elétricos	74
6.1 Um modelo para circuitos (1): Corrente e resistência	74
6.2 Um modelo para circuitos (2): Diferença de potencial	77

Parte 1

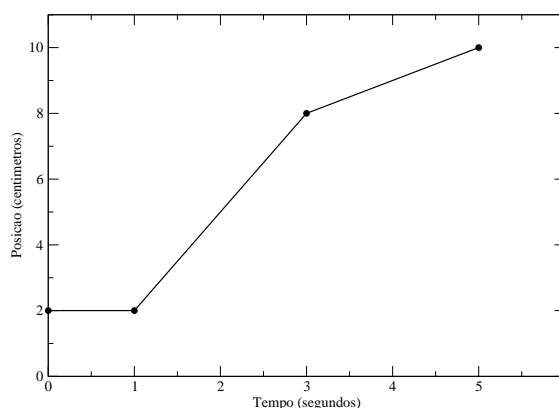
Cinemática

1.1 Velocidade

1. O gráfico posição x tempo abaixo representa o movimento de um objeto que se move em uma trajetória retilínea.

(a) Descreva este movimento. Durante que intervalos de tempo a velocidade do movimento é constante? Explique seu raciocínio.

(b) Determine a velocidade instantânea em cada um dos instantes abaixo. Mostre todos os detalhes de seu raciocínio.



(i) $t = 0,5 \text{ s}$

(ii) $t = 2,0 \text{ s}$

iii) $t = 4,0 \text{ s}$

Faça a conexão entre o método que você usou para responder ao item (b) e sua resposta ao item (a).

(c) Determine a velocidade média do objeto em cada um dos intervalos a seguir.

(i) entre $t = 0$ e $t = 1,0 \text{ s}$ (ii) entre $t = 0$ e $t = 3,0 \text{ s}$ (iii) entre $t = 1,0 \text{ s}$ e $t = 5,0 \text{ s}$

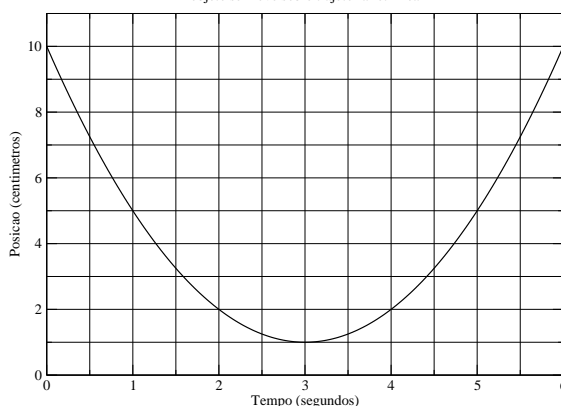
Desenhe e rotule de forma clara no gráfico acima as linhas que representariam o movimento de um objeto que se movesse com velocidade constante entre os pares de pontos do item anterior. Como se compara a inclinação de cada uma destas linhas com a velocidade média correspondente calculada no item anterior?

(d) A velocidade média no intervalo é igual à média das velocidades constantes

que ocorrem neste intervalo em algum dos casos do item (c)? (Por exemplo, a velocidade média no trecho de A a C \bar{v}_{AC} é igual a $(v_{AB} + v_{BC})/2$?)

2. A figura abaixo mostra o gráfico posição x tempo do movimento de um objeto que tem velocidade variável. Vamos analisar este gráfico em detalhe na vizinhança do ponto $t = 2s$ e $x = 2cm$.

Grafico da posicao em funcao do tempo
objeto se move sobre trajetoria retilinea

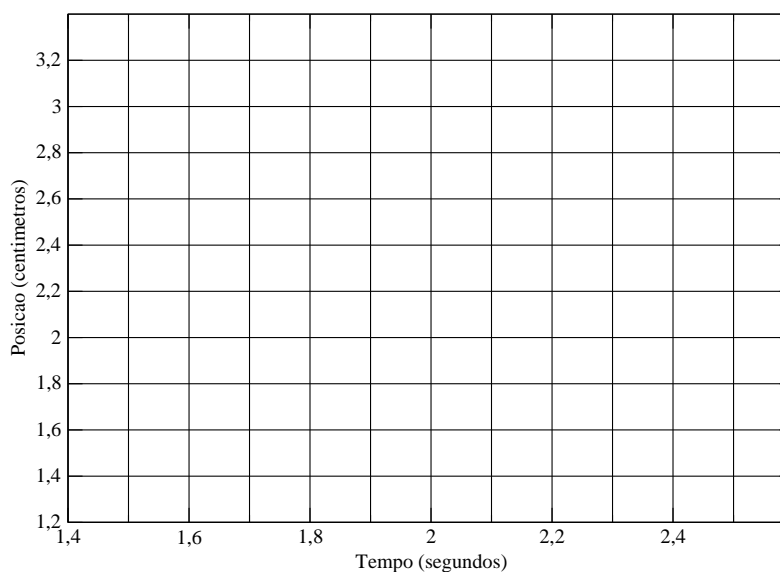


(a) No intervalo entre $t = 0s$ e $t = 6s$, o objeto se move com velocidade praticamente constante ou com velocidade nitidamente variável? Explique seu raciocínio.

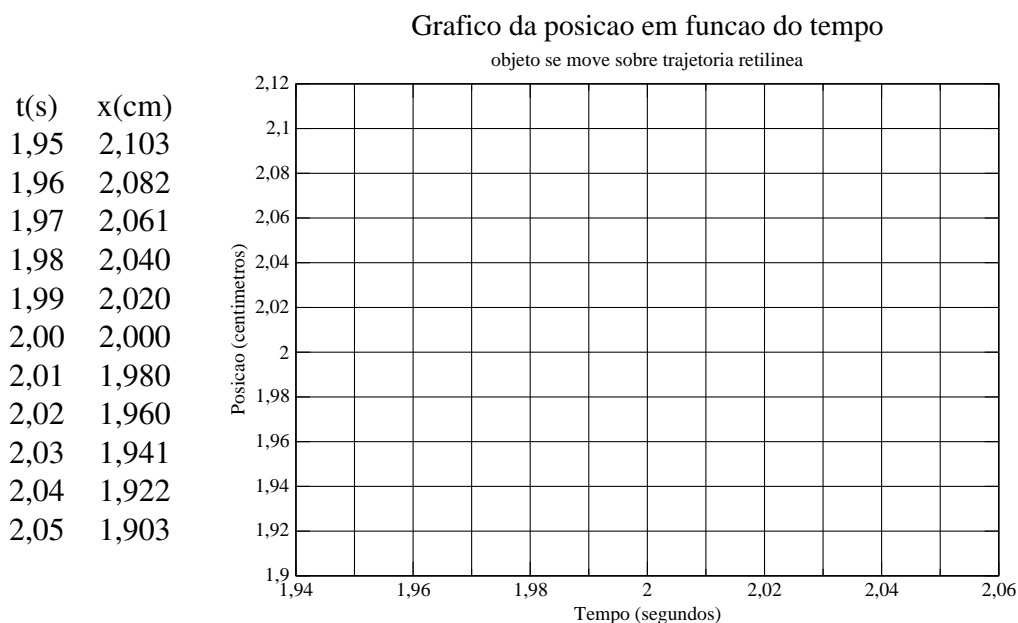
(b) Vamos considerar o trecho do gráfico que corresponde ao movimento entre $t = 1,5s$ e $t = 2,5s$. A tabela abaixo mostra as coordenadas - tempo e posição - de um conjunto de pontos no interior deste intervalo. Represente estes pontos num gráfico para obter uma imagem expandida da representação do movimento neste pequeno intervalo.

Grafico da posicao em funcao do tempo
objeto se move sobre trajetoria retilinea

t(s)	x(cm)
1,5	3,25
1,6	2,96
1,7	2,69
1,8	2,44
1,9	2,21
2,0	2,00
2,1	1,81
2,2	1,64
2,3	1,49
2,4	1,36
2,5	1,25



(c) Vamos, em seguida, ampliar a seção deste último gráfico no intervalo muito pequeno próximo ao instante $t = 2,0s$. A tabela mostra as coordenadas de um conjunto de pontos no intervalo entre $t = 1,95s$ e $t = 2,05s$. Represente estes pontos no gráfico fornecido ao lado da tabela.



(d) Todos estes gráficos representam o mesmo movimento, em escalas de ampliação diferentes.

(i) Porque o último deles é bem mais parecido com uma linha reta que o primeiro?

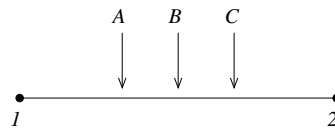
(ii) Como você pode determinar, a partir da representação gráfica do movimento em um intervalo de tempo muito pequeno, se o movimento representado no gráfico inteiro se dá com velocidade constante ou não?

(iii) Determine a velocidade média no intervalo de tempo muito pequeno entre os instantes $t = 1,95s$ e $t = 2,05s$. Mostre todos os passos dados e explique seu raciocínio.

Como se compara esta velocidade média que você acaba de calcular com a velocidade instantânea em $t = 2,0s$? Explique sua resposta com a maior clareza possível.

3. Um objeto se move sobre o segmento de reta mostrado, indo do ponto 1 ao ponto 2 no intervalo de tempo Δt .

(a) Suponha que o objeto esteja se movendo *cada vez mais rapidamente*. Qual dos 3 pontos indicados, A, B ou C, *poderia* corresponder à localização do objeto no instante $\Delta t/2$ depois da partida?



(O ponto B se encontra no ponto médio do segmento formado pelos pontos 1 e 2) Justifique sua resposta.

(b) Suponha agora que o objeto esteja se movendo *cada vez mais lentamente*. Qual dos 3 pontos indicados, A, B ou C, *poderia* corresponder à localização do objeto no instante $\Delta t/2$ depois da partida?

4. A maioria dos carros possui um velocímetro, um odômetro e um relógio.

(a) Descreva como você poderia usar estes instrumentos para determinar a velocidade instantânea do carro.

(b) Descreva como você poderia usar estes instrumentos para determinar a velocidade média do carro.

1.2 Representações do movimento

1. Em cada uma das questões que se seguem, um movimento será descrito em termos de uma das grandezas cinemáticas posição, velocidade ou aceleração. Em cada caso:

(a) Traduza a descrição do movimento dada em palavras simples, que digam como você deveria se mover para que seu movimento fosse corretamente representado pela função cinemática dada. Se não for possível se mover da forma especificada, explique porque.

(b) Construa os gráficos $x \times t$, $v \times t$ e $a \times t$ para este movimento.

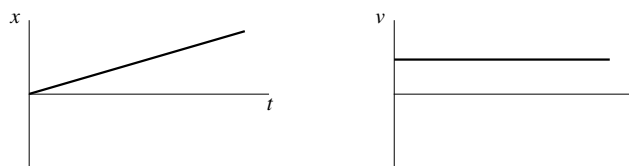
(c) Desenhe uma pista e uma bola que se move sobre esta pista da forma representada em seus gráficos do item (b). Indique em seu diagrama:

- a posição inicial e direção e sentido iniciais do movimento da bola;
- a posição onde $x = 0$;
- o sentido positivo.

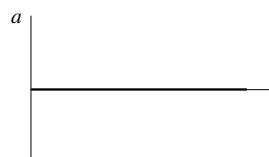
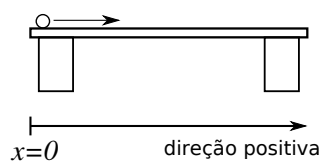
A primeira questão foi resolvida para servir de exemplo.

Velocidade constante positiva

Descrição do movimento:
Move-se com velocidade constante, afastando-se da origem

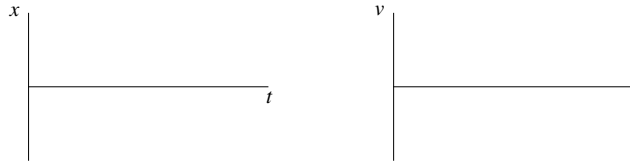


Trajetória:



Velocidade constante nula

Descrição do movimento:

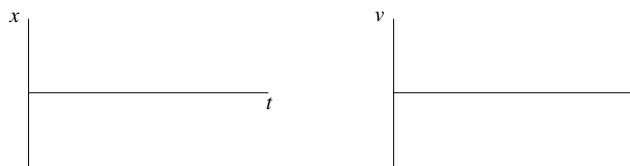


Trajetória:



Velocidade constante negativa

Descrição do movimento:

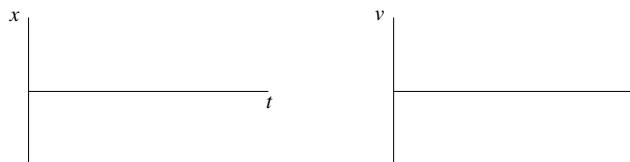


Trajetória:



Posição constante positiva

Descrição do movimento:

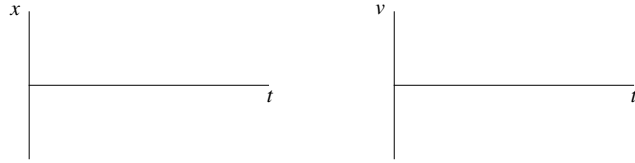


Trajetória:



Posição constante nula

Descrição do movimento:

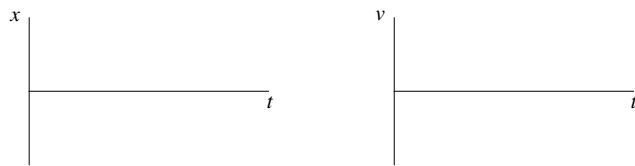


Trajetória:



Posição constante negativa

Descrição do movimento:

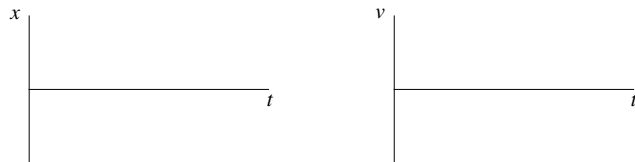


Trajetória:



Aceleração constante positiva

Descrição do movimento:

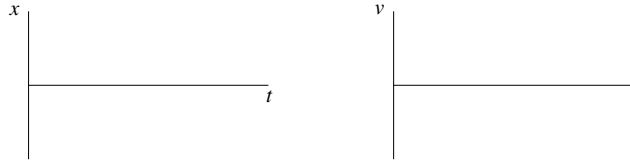


Trajetória:



Aceleração constante nula

Descrição do movimento:

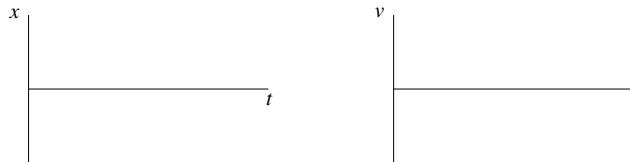


Trajetória:



Aceleração constante negativa

Descrição do movimento:



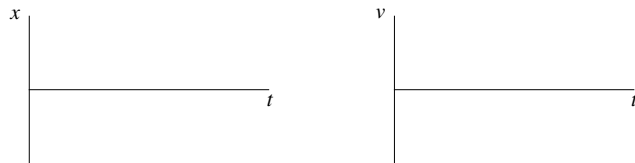
Trajetória:



2. Existem várias respostas possíveis para a maioria das situações da questão anterior. Encontre *peelo menos* mais uma resposta para cada um dos tres movimentos repetidos abaixo.

Aceleração constante positiva

Descrição do movimento:

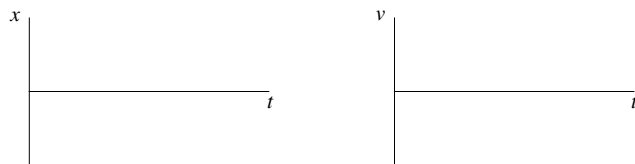


Trajetória:



Aceleração constante nula

Descrição do movimento:

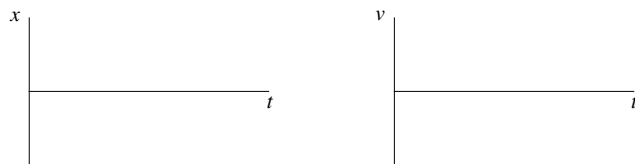


Trajetória:



Aceleração constante negativa

Descrição do movimento:

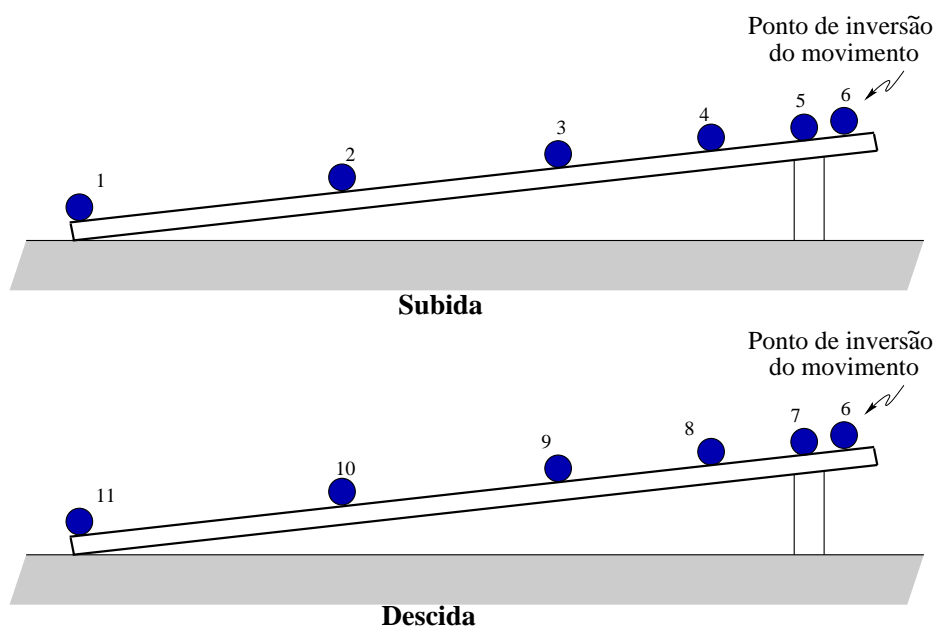


Trajetória:



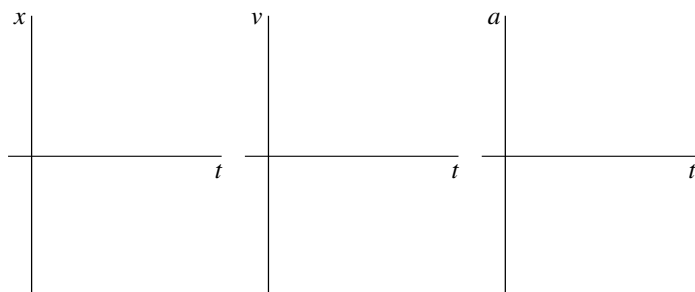
1.3 Aceleração em uma Dimensão

1. Uma bola rola para cima e depois para baixo sobre uma rampa. Desenhe um *diagrama das acelerações* para o movimento todo. Um *diagrama de acelerações* é parecido com um diagrama de velocidades; a diferença é que os vetores de um diagrama de acelerações representam a grandeza *aceleração* ao invés da velocidade do objeto em movimento. (O ponto mais alto nos dois diagramas corresponde ao mesmo instante),

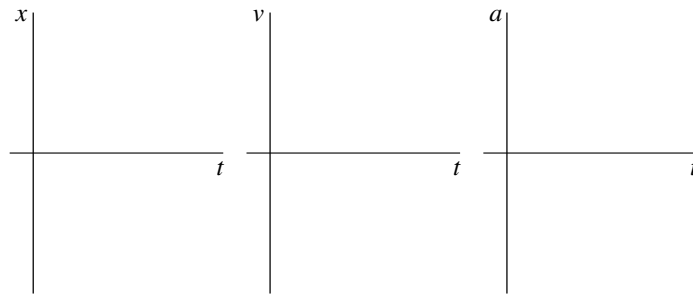


2. Represente gráficos $x \times t$, $v \times t$ e $a \times t$ para o movimento inteiro da bola que rola para cima e depois para baixo sobre a rampa.

(a) Use um sistema de coordenadas no qual o sentido positivo do eixo x aponte *para baixo* ao longo da rampa.



(b) Use um sistema de coordenadas no qual o sentido positivo do eixo x aponte *para cima* ao longo da rampa.

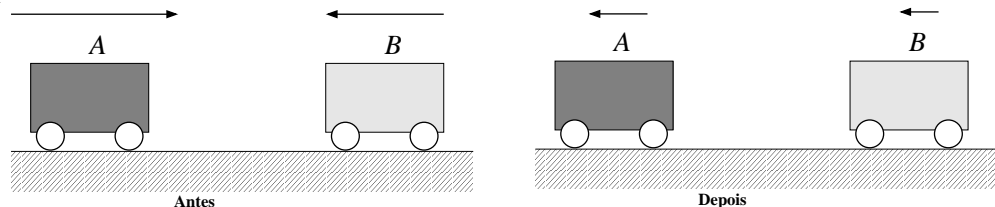


(c) Um objeto com aceleração negativa pode andar cada vez mais depressa? Se pode, descreva uma situação real onde isto poderia acontecer e mostre o sistema de coordenadas usado na descrição matemática desta situação. Se não pode, explique porque.

3. Descreva o movimento de um objeto para o qual

- (a) a direção e sentido da aceleração sejam *os mesmos* que os de seu movimento.
- (b) a direção e sentido da aceleração sejam *opostos* aos de seu movimento.
- (c) a mudança de velocidade seja nula.
- (d) a velocidade inicial seja nula mas a aceleração seja diferente de zero.

4. Dois carrinhos se movimentam em rota de colisão sobre uma mesa horizontal. Os vetores representam as velocidades dos carrinhos um pouco antes e um pouco depois de colidirem.



(a) Desenhe e ponha um rótulo apropriado num vetor que, para cada carrinho, represente a *mudança de velocidade* sofrida por ele entre antes e depois da colisão. Faça com que os módulos, direções e sentidos destes vetores sejam consistentes com os vetores da figura.

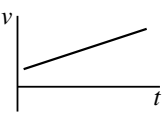
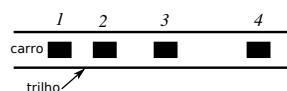
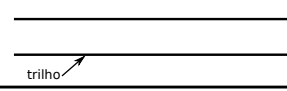

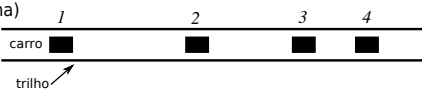
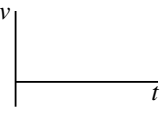
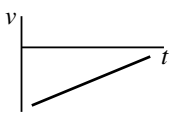
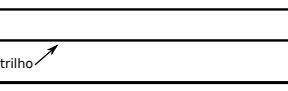
(b) Como se compara o sentido da aceleração média do carrinho A com a do carrinho B no intervalo de tempo mostrado? Explique sua resposta.

(c) Para este mesmo intervalo de tempo mostrado, o módulo da aceleração média do carrinho A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o módulo da aceleração média do carrinho B? Explique sua resposta.

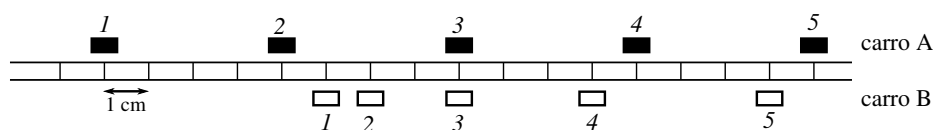
5. Neste problema, um carrinho se move de várias formas diferentes sobre uma

pista horizontal. Um sistema de coordenadas com o sentido positivo do eixo x apontado para a direita é usado para descrever cada movimento. Para cada movimento, é dada uma de cinco diferentes representações: um diagrama estroboscópico, um gráfico de velocidade em função do tempo, um conjunto de vetores velocidade instantânea, uma descrição textual, ou um par de setas representando as direções e sentidos da velocidade e da aceleração.

Construa as *quatro* representações que faltam para cada movimento. O primeiro exercício foi resolvido para servir de exemplo.

Dados: vetores velocidade <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> v_1 → v_2 →→ v_3 →→→ v_4 →→→→ </div>			
gráfico de $v \times t$ 	diagrama estroboscópico (visto de cima) 	descrição escrita O carro se move na direção positiva com velocidade crescente	setas direção de v : → direção de a : →
a. Dados: O carro se move na direção negativa com velocidade constante.			
vetores velocidade v_1 v_2 v_3 v_4	diagrama estroboscópico (visto de cima) 	gráfico de $v \times t$ 	setas direção de v : direção de a :
b. Dados: diagrama estroboscópico (visto de cima) <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;">  </div>			
vetores velocidade v_1 v_2 v_3 v_4	descrição escrita	gráfico de $v \times t$ 	setas direção de v : direção de a :
c. Dado: gráfico de $v \times t$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;">  </div>			
vetores velocidade v_1 v_2 v_3 v_4	diagrama estroboscópico (visto de cima) 	descrição escrita	setas direção de v : direção de a :

6. Os carrinhos A e B se movem sobre uma pista horizontal. O diagrama estroboscópico abaixo mostra as localizações dos carrinhos nos instantes rotulados de 1 a 5, separados por intervalos de tempo iguais.



(a) No instante 3:

- o carrinho A está aumentando sua rapidez, diminuindo sua rapidez, ou mantendo-a constante? Explique sua resposta.

- o carrinho B está aumentando sua rapidez, diminuindo sua rapidez, ou mantendo-a constante? Explique sua resposta.

(b) A rapidez do carrinho B é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a do carrinho A:

- no instante 2?

- no instante 3?

Explique suas respostas.

(c) Durante um intervalo de tempo pequeno que vai desde um pouco antes do instante 2 a um pouco depois deste mesmo instante, a distância entre os carrinhos A e B *aumenta*, *diminui*, ou *permanece a mesma*? Explique sua resposta.

Considere a seguinte resposta a esta pergunta: *Para um pequeno intervalo de tempo contendo o instante 2, o carrinho B está na frente e andando cada vez mais rápido, por isso a distância entre os dois carrinhos tem que estar aumentando.* Você concorda ou discorda desta afirmação? Explique porque.

(d) Há algum intervalo de tempo durante o qual os carrinhos A e B têm a mesma velocidade média? Se sua resposta for "sim", identifique este intervalo e explique seu raciocínio. Se for "não", explique porque.

Há algum instante no qual os carrinhos A e B têm a mesma velocidade instantânea? Se sua resposta for afirmativa, identifique este(s) instante(s) (escrevendo, por exemplo, "no instante 1", ou "em um instante entre 1 e 2") e explique seu raciocínio. Se for negativa, explique porque.

7. Dois carros, C e D, viajam no mesmo sentido sobre uma trecho reto e longo de uma auto-estrada. Durante um certo intervalo de tempo Δt_0 o carro D está na frente (isto é, sua posição é maior que a) do carro C e andando cada vez mais depressa, enquanto o carro C está andando cada vez mais devagar.

Durante este intervalo Δt_0 observa-se que a distância entre os dois carros diminui. Explique como isto é possível e dê um exemplo concreto desta situação.

8. Dois carros, P e Q, viajam no mesmo sentido sobre uma trecho reto e longo de uma auto-estrada. O carro P ultrapassa o carro Q, e está numa posição adjacente a do carro Q no instante t_0 .

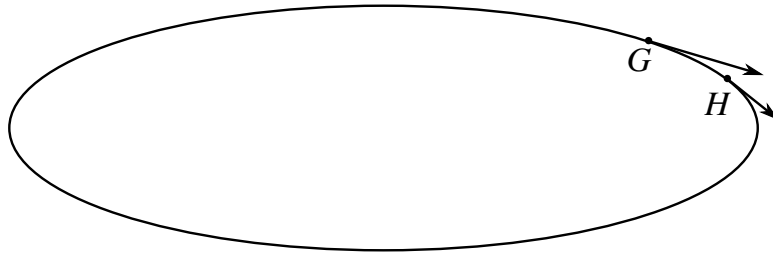
(a) Suponha que os carros P e Q se movam com velocidade constante, cada um com a sua. No instante t_0 , a velocidade instantânea do carro P é *maior que*,

menor que, ou *igual* a do carro Q em módulo? Explique sua resposta.

(b) Suponha agora que o carro P esteja se movendo com velocidade constante, mas que o carro Q esteja se movendo cada vez mais depressa. No instante t_0 a velocidade instantânea do carro P é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a do carro Q em módulo?

1.4 Movimento em duas dimensões

1. Um objeto se move no sentido dos ponteiros do relógio *cada vez mais lentamente* sobre uma pista oval. São mostrados na figura os vetores velocidade nos pontos G e H.



(a) Copie num espaço em branco os vetores velocidade \vec{v}_G e \vec{v}_H . A partir do desenho destes vetores, determine o vetor variação de velocidade $\Delta\vec{v}$.

(b) Se escolhessemos o ponto H mais próximo do ponto G, descreva como o vetor $\Delta\vec{v}$ iria mudarm em direção e módulo.

(c) Descreva como você determinaria o vetor aceleração no ponto G, em módulo, direção e sentido. Faça um desenho indicando a direção e sentido da aceleração do objeto no ponto G.

(d) Faça um desenho representando os vetores \vec{v}_G e \vec{v}_H a partir de uma origem comum aos dois. Com base nesta figura, determine se o ângulo entre o vetor velocidade e o vetor aceleração no ponto G é *maior que*, *menor que* ou *igual a* 90° .

(e) Generalize os resultados obtidos acima e relembre a atividade 1.4 para responder a seguinte pergunta:

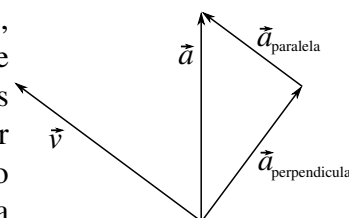
Se um objeto se move ao longo de uma trajetória curva, como o ângulo formado entre seus vetores velocidade e aceleração se comparam com o ângulo reto (isto é, este ângulo é maior que, menor que ou igual ao ângulo reto) se o objeto: (i) anda sempre com a mesma rapidez; (ii) anda cada vez mais rapidamente; (iii) anda cada vez mais lentamente.

2. Cada um dos diagramas abaixo representa os vetores velocidade e aceleração de um objeto num determinado instante de tempo.

	Instante 1	Instante 2	Instante 3	Instante 4
Aceleração	→	↑	↑	↑
Velocidade	→	↖	←	↙

(a) Para cada um destes instantes, diga se o objeto neste instante está andando cada vez mais *rapidamente*, cada vez mais *lentamente*, ou se está mantendo sua rapidez *constante*. Explique seu raciocínio em cada caso.

(b) O diagrama ao lado ilustra como o vetor aceleração no instante 2 pode ser pensado como sendo composto de duas componentes, uma paralela e outra perpendicular ao vetor velocidade. Desenhe um diagrama similar a este para cada um dos demais instantes (1, 3 e 4). Em cada um deles, rotule as componentes do vetor aceleração indicando qual é paralela e qual é perpendicular ao vetor velocidade. Se alguma destas componentes for nula, escreva isto explicitamente.

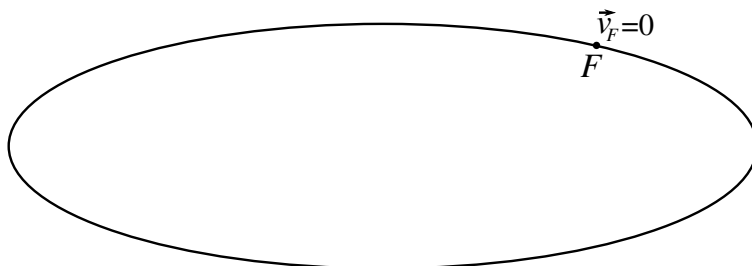


(c) Compare a descrição que voce fez no item (a) com as componentes do vetor aceleração que voce desenhou no item (b) em cada um dos instantes 1 a 4. Use o resultado desta comparação para responder às seguintes perguntas:

(i) Estabeleça uma regra geral que diga de que maneira a componente do vetor aceleração que é *paralela* ao vetor velocidade afeta o movimento de um objeto.

(ii) Estabeleça uma regra geral que diga de que maneira a componente do vetor aceleração que é *perpendicular* ao vetor velocidade afeta o movimento de um objeto.

3. Um objeto parte *do repouso* no ponto F e anda cada vez mais rapidamente ao longo da trajetória oval mostrada abaixo.

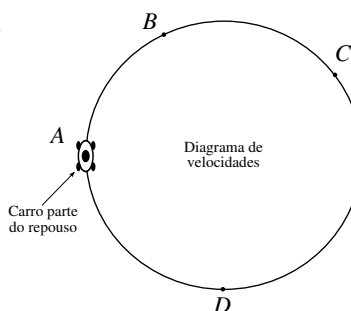


(a) Escolha um ponto a cerca de $1/8$ do perímetro da oval à frente do ponto F e chame-o de ponto G. Desenhe um vetor que represente a velocidade que o objeto tem quando passa pelo ponto G.

- (b) Determine a variação do vetor velocidade $\Delta\vec{v}$ entre os pontos F e G.
- (c) Como voce caracterizaria a direção e sentido do vetor $\Delta\vec{v}$ à medida que o ponto G for escolhido mais e mais próximo ao ponto F?
- (d) As duas afirmações a seguir estão incorretas. Encontre o erro de cada uma delas e diga porque se trata de um erro.
- (i) "A aceleração no ponto F é nula. Quando escolhemos o ponto G cada vez mais próximo do ponto F, o módulo do vetor variação de velocidade vai se tornando cada vez menor. Vai chegar um ponto em que ele se torna nulo. Como ele é o numerador da fração que determina o vetor aceleração, este último é também nulo."
- (ii) "A aceleração no ponto F é perpendicular à trajetória."

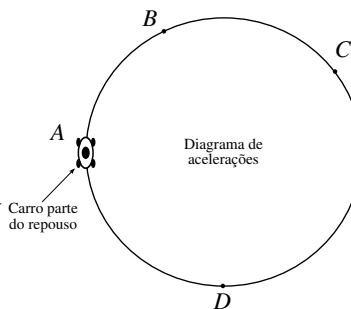
4. Um carro parte *do repouso* no ponto A e se move sobre a trajetória circular mostrada no sentido dos ponteiros do relógio cada vez mais rapidamente, com uma velocidade cujo módulo aumenta a uma taxa constante.

(a) Faça um diagrama que represente os vetores *velocidade* do carro em cada um dos pontos nomeados na figura. Explique seu raciocínio.



(b) Faça um diagrama que represente os vetores *aceleração* do carro em cada um dos pontos nomeados na figura. Explique seu raciocínio.

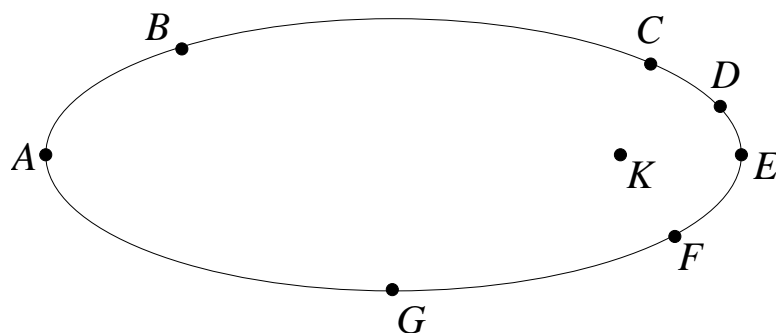
(i) O vetor aceleração no ponto A que voce desenhou agora é consistente com sua resposta à questão 3 acima? Deveria ser? Porque, ou porque não?



(ii) Explique porque os vetores aceleração que voce desenhou são consistentes com a informação de que o carro está andando cada vez mais depressa. (Sugestão: Considere a componente do vetor aceleração que é paralela ao vetor velocidade.)

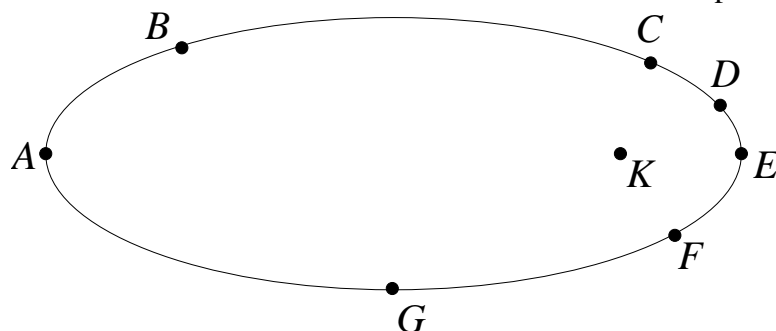
5. Um objeto se move no sentido dos ponteiros do relógio sobre a trajetória mostrada abaixo, numa vista de cima. A aceleração varia, mas aponta *sempre* para o ponto K.

(a) Desenhe vetores que representem a direção e sentido do vetor aceleração em cada um dos pontos nomeados no diagrama (de A a G).



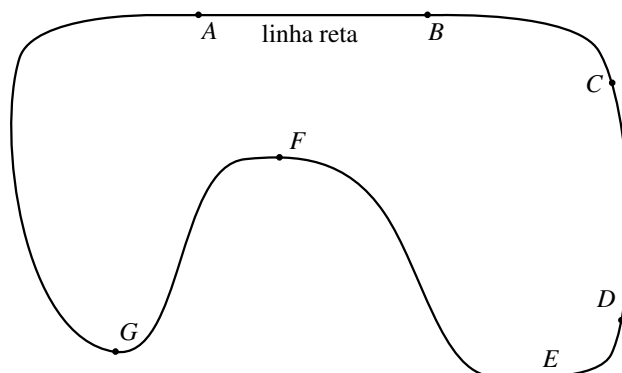
(b) Diga se o objeto está se movendo *cada vez mais rapidamente*, *cada vez mais lentamente* ou *com uma rapidez constante* em cada um dos pontos nomeados na figura.

(c) Desenhe vetores que representem a direção e sentido do vetor velocidade do objeto em cada um dos pontos nomeados na figura. Faça com que os vetores desenhados tenham seus módulos consistentes com sua resposta ao item (b).



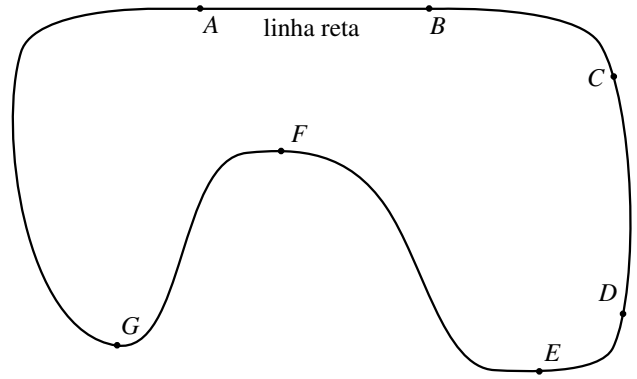
6. Um carro se move no sentido dos ponteiros do relógio sobre a pista mostrada abaixo. Partindo do repouso no ponto A, o módulo da velocidade do carro aumenta a uma taxa constante até passar pelo ponto C. Quando ele chega no ponto D, ele está se movendo com o módulo de sua velocidade constante. Ele continua a trafegar de forma a manter o módulo de sua velocidade constante até completar o percurso.

(a) Desenhe vetores que representem a velocidade do carro em cada um dos pontos nomeados na figura, de A a G. Tome cuidado para que os módulos destes vetores sejam consistentes com o enunciado.



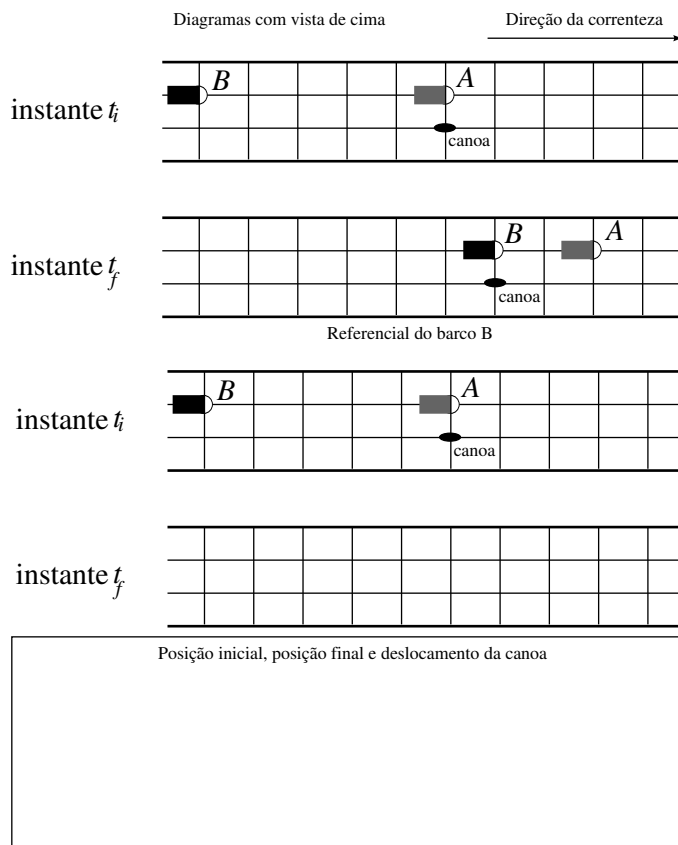
(b) Desenhe vetores que representem a aceleração do carro em cada um dos pontos nomeados na figura, de A a G. Se a aceleração for nula em algum destes pontos, escreva isto explicitamente.

(c) Compare o módulo do vetor aceleração no ponto E com aquele no ponto G e diga qual deles é maior. Justifique sua resposta.



1.5 Movimento relativo

1. Dois barcos, A e B, se movem a favor da correnteza de um trecho reto de um rio como mostrado na figura. No instante t_i o barco A se emparelha com um caiaque e o ultrapassa. No instante t_f o mesmo ocorre com o barco B.

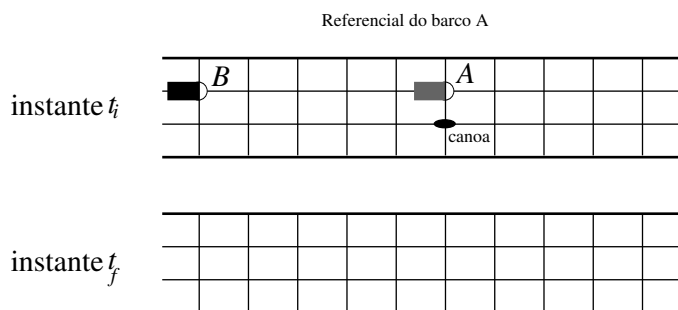


(a) A figura ao lado representa a situação vista do referencial solidário ao barco B. Complete o diagrama, desenhando o caiaque e os barcos, rotulando-os adequadamente, em suas posições como medidas no referencial do barco B no instante t_f .

No quadro de baixo desenhe vetores que representem a posição inicial, a posição final e o deslocamento sofrido pelo caiaque neste intervalo de tempo, como medidos no referencial de B.

No referencial do barco B o caiaque se move *mais rapidamente*, *mais lentamente*, ou cam a *mesma rapidez* que o barco A? Porque?

(b) A figura ao lado representa a situação vista do referencial solidário ao barco A. Complete o diagrama, desenhando o caiaque e os barcos, rotulando-os adequadamente, em suas posições como medidas no referencial do barco A no instante t_f .



No quadro de baixo desenhe vetores que representem a posição inicial, a posição-

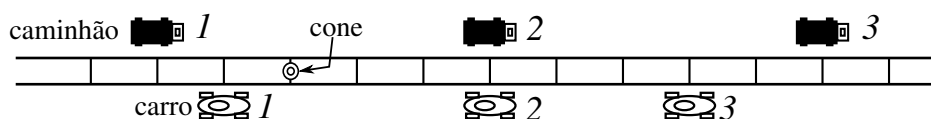
ção final e o deslocamento sofrido pelo caiaque neste intervalo de tempo, como medidos no referencial de A.

(c) A velocidade do caiaque no referencial do barco A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* sua velocidade no referencial do barco B? Porque?

(d) Escreva as quantidades que se seguem em ordem de módulo decrescente, do maior para o menor: (i) o deslocamento do caiaque no referencial de A; (ii) o deslocamento do caiaque no referencial de B; (iii) a distância entre os barcos A e B no instante t_i ; e (iv) a distância entre os barcos A e B no instante t_f . Explique seu raciocínio.

(e) Um terceiro barco C se move a favor da correnteza de modo a ficar sempre uma distância fixa atrás do barco B. Medimos o deslocamento do caiaque entre os instantes t_i e t_f nos referenciais de A, de B e de C. Ponha estes tres deslocamentos em ordem decrescente de módulo. Explique seu raciocínio.

2. A figura representa um carro, um caminhão e um cone de controle de tráfego que estão sobre um trecho reto de uma estrada. Suas posições são mostradas nos instantes de 1 a 3, separados por intervalos de tempo iguais.



(a) Com o módulo representado nas mesmas unidades usadas na figura da estrada:

- Desenhe o vetor deslocamento do carro *no referencial do cone* ocorrido no intervalo de tempo entre os instantes 1 e 3.

- Desenhe o vetor deslocamento do carro *no referencial do caminhão* ocorrido no intervalo de tempo entre os instantes 1 e 3.

- Desenhe o vetor deslocamento do caminhão *no referencial do cone* ocorrido no intervalo de tempo entre os instantes 1 e 3.

(b) Desenhe um diagrama de vetores que indique qual destes tres vetores deslocamento é a soma dos outros dois.

Exprima a relação que você acaba de encontrar como uma equação algébrica ligando estes tres vetores. Use $\Delta \vec{x}_{\text{carro,cone}}$ para designar o deslocamento do carro no referencial do cone, $\Delta \vec{x}_{\text{carro,caminhao}}$ para designar o deslocamento do carro no referencial do caminhão e assim por diante.

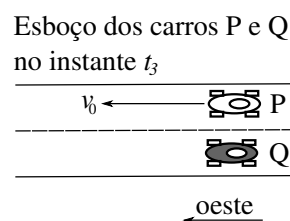
(c) A relação $\vec{v}_{\text{carro,cone}} = \vec{v}_{\text{carro,caminhao}} + \vec{v}_{\text{caminhao,cone}}$ é conhecida como a *transformação de Galileu para as velocidades*. Explique em que sentido esta relação é consistente com a que você obteve no item anterior para os deslocamentos.

Esta relação se aplica às velocidades *instantâneas* no instante 2? E no instante 3? Justifique sua resposta.

3. O carro P se move para o oeste com velocidade de módulo constante v_0 sobre uma estrada reta. O carro Q parte do repouso no instante 1 e se move também para o oeste com velocidade de módulo sempre crescente. No instante 5, o módulo da velocidade do carro Q relativa ao referencial da estrada é w_0 , e $w_0 < v_0$. Instantes sucessivos entre 1 e 5 são separados por intervalos de tempo iguais. No instante 3, os carros P e Q estão emparelhados (isto é, têm a mesma posição).

(a) no referencial da estrada, o módulo da velocidade do carro Q no instante 3 é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o módulo da velocidade do carro P? Porque?

(b) Complete o diagrama ao lado desenhando o vetor velocidade do carro Q medido no referencial da estrada no instante 3. Assegure-se que o desenho seja qualitativamente correto (isto é, que a relação entre os tamanhos dos vetores esteja corretamente representada) e que seja consistente com sua resposta ao item (a).



Nesta situação, qual carro está sendo ultrapassado? Explique seu raciocínio.

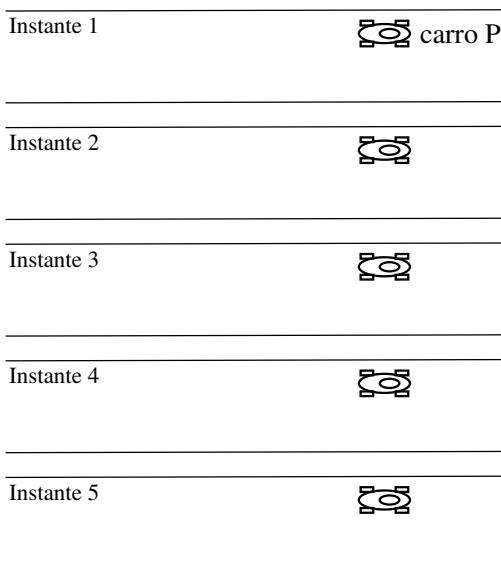
(c) Desenhe e rotule convenientemente um diagrama de vetores que ilustre a transformação de velocidades de Galileu que relaciona $\vec{v}_{P,estrada}$ com $\vec{v}_{Q,estrada}$ e $\vec{v}_{Q,P}$ no instante 3.

No referencial do carro P, no instante 3 o carro Q está se movendo para o *oeste*, para o *leste*, ou *está em repouso (instantâneo)*? Porque?

(d) Aplique outra vez a transformação de Galileu para representar as velocidades do carro Q no referencial do carro P nos instantes 2, 3 e 4. Explique o que você fez.

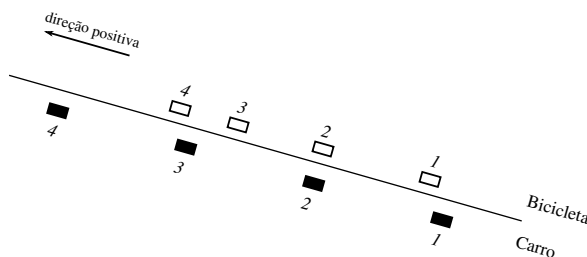
No referencial do carro P, o carro Q está se movendo *cada vez mais depressa*, *cada vez mais devagar*, ou *sempre com a mesma rapidez*? Porque?

Diagrama para o referencial do carro P



(e) Complete o diagrama ao lado desenhando o carro Q nas posições que ocupa nos instantes de 1 a 5 como medidas no referencial do carro P. Identifique em que seu diagrama, depois de completo, é consistente com os vetores velocidade desenhados no item (d) acima.

4. Uma ciclista deixa de pedalar enquanto sua bicicleta sobe uma rampa, ao mesmo tempo que um carro sobe a mesma rampa com velocidade de módulo constante. O diagrama estroboscópico abaixo mostra suas posições em cada um dos instantes de 1 a 4; os intervalos de tempo entre instantes consecutivos são sempre iguais. A bicicleta chega ao repouso, relativamente ao chão da rampa, no instante 4.



(a) Como medidas no referencial solidário ao chão:

- o vetor aceleração da bicicleta entre os instantes 1 e 4 tem o sentido *positivo*, *negativo*, ou *é nula*?

- os vetores velocidade e aceleração da bicicleta tem sentidos *iguais* ou *opostos*?

(b) Desenhe os vetores velocidade da bicicleta nos instantes 2 e 3 como medidos no referencial do carro. Explique como você os determinou.

(c) No referencial do carro, a bicicleta está se movendo no sentido *positivo*, *negativo*, ou *está em repouso*

- no instante 2?

- no instante 3?

(d) No referencial do carro, a bicicleta está se movendo *cada vez mais rapidamente, cada vez mais lentamente, ou sempre com a mesma rapidez*

- no instante 2?
- no instante 3?

(e) No referencial do carro, a aceleração do carro tem o sentido *positivo, negativo, ou é nula*? Explique em que sua resposta é consistente com os vetores velocidade desenhados no item (b).

No referencial do carro, os vetores velocidade e aceleração da bicicleta têm sentidos *iguais* ou *opostos*? Explique em que sua resposta é consistente com as respostas dadas aos itens (c) e (d).

O referencial do chão da rampa e o referencial do carro são exemplos de *referenciais inerciais*. Os vetores aceleração de um objeto medidos em dois referenciais inerciais quaisquer são sempre iguais, em módulo, direção e sentido.

(f) Considere a afirmação:

A aceleração da bicicleta tem que ser a mesma em qualquer referencial inercial. Já que a bicicleta está andando cada vez mais devagar no referencial do chão da rampa, ela tem que estar se movendo cada vez mais lentamente também no referencial do carro.

Você concorda ou discorda? Porque?

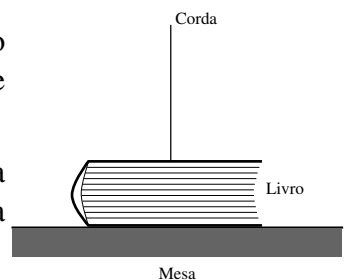
Parte 2

Dinâmica

2.1 Forças

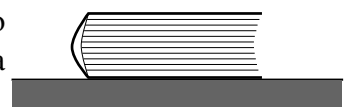
1. Um barbante preso a um livro é puxado suavemente como mostra a figura. O livro continua mantendo contato com a mesa e não se move.

(a) Desenhe um diagrama de corpo livre do livro. Rotule cada uma das forças exercidas sobre o livro da forma apresentada na atividade 2.1.



(b) Compare as forças exercidas sobre o livro neste caso com as que são exercidas sobre ele quando o barbante é retirado. Quais destas forças são iguais nos dois casos (isto é, são do mesmo tipo, têm os mesmos módulo, direção e sentido)? Faça uma lista separada contendo as forças que não são iguais nos dois casos (ou não estão mais presentes em um deles).

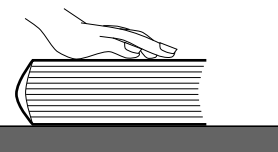
2. (a) Considere a seguinte afirmação feita por um estudante ao refletir sobre a física de um livro em repouso apoiado sobre uma mesa horizontal:



"Duas forças são exercidas sobre o livro, a força normal vertical para cima e o peso do livro, que é vertical para baixo. Estas forças são iguais e opostas. Estas duas forças constituem um par de ação e reação conforme a terceira lei de Newton, por isso o módulo da força normal é sempre igual ao peso do livro."

Você concorda com este estudante? Porque, ou porque não?

(b) Considere um livro em repouso sobre uma mesa horizontal que está sendo pressionado para baixo pela mão de uma estudante.



(i) Desenhe um diagrama de corpo livre do livro. Rotule cada uma das forças exercidas sobre o livro da forma apresentada na atividade 2.1.

(ii) Compare as forças exercidas sobre o livro neste caso com as que são exercidas sobre ele quando não está sendo pressionado. Quais destas forças são iguais nos dois casos (isto é, são do mesmo tipo, têm os mesmos módulo, direção e sentido)? Faça uma lista separada contendo as forças que não são iguais nos dois casos (ou não estão mais presentes em um deles).

(iii) O módulo do peso do livro é igual ao módulo da força normal exercida pela mesa sobre o livro? Porque?

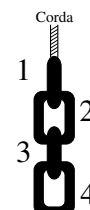
(c) Reveja sua resposta ao item (a) e releia o capítulo de seu livro texto favorito que discute a terceira lei de Newton. Em seguida, considere um livro apoiado sobre uma mesa horizontal.

- Qual é a força que é o par, no sentido de as duas estarem associadas pela terceira lei de Newton, da força normal exercida pela mesa sobre o livro?

- Qual é a força que é o par, no sentido de as duas estarem associadas pela terceira lei de Newton, do peso do livro?

3. Uma corrente é suspensa por uma corda como mostrado. A corrente é formada por quatro elos idênticos e está parada.

(a) Desenhe um diagrama de corpo livre para cada um dos quatro elos. Rotule cada uma das forças exercidas sobre o livro da forma apresentada na atividade 2.1.

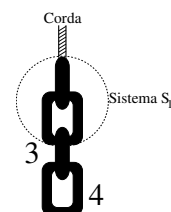


(b) Identifique todos os pares de ação e reação presentes em seus diagramas marcando os dois membros de cada par de forma igual - por exemplo, com o símbolo "x" as duas forças de um par, com o símbolo "xx" as duas de outro par, e assim por diante.

(c) Escreva em ordem decrescente de módulo todas as forças presentes em seus diagramas. Explique de que forma você usou a segunda e a terceira lei de Newton em seus raciocínios.

4. O símbolo S_{12} representa o sistema formado pelos elos 1 e 2 da corrente do problema 3 - isto é, indica que vamos raciocinar sobre os elos 1 e 2 considerando-os como um objeto único.

(a) Desenhe um diagrama de corpo livre para o sistema S_{12} rotulando cada uma das forças da forma apresentada na atividade 2.1.



(b) Compare as forças que aparecem em seu diagrama do sistema S_{12} com aquelas que aparecem nos diagrama dos elos 1 e 2 feitos na questão 3.

(i) Identifique onde cada uma das forças presentes no diagrama do sistema S_{12} aparece nestes últimos.

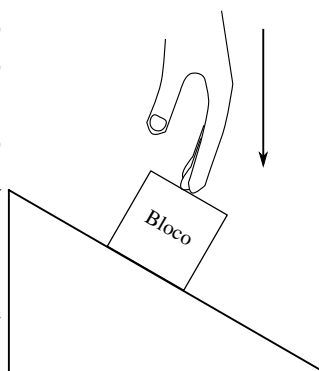
(ii) Existem por acaso forças presentes nos diagramas dos elos 1 e 2 que não apareçam no diagrama do sistema S_{12} ? Se isto acontecer, qual a característica que todas estas forças têm, mas que nenhuma das forças presentes no diagrama do sistema partilham?

(c) Chame de C o sistema formado pela corrente inteira. Desenhe um diagrama de corpo livre para o sistema C, rotulando cada uma das forças da forma apresentada na atividade 2.1. Observe que seu diagrama deve ser consistente com o raciocínio que você usou no item (b).

5. Um bloco está em repouso sobre uma rampa como mostrado na figura. Ele é então empurrado para baixo com uma força constante. O bloco permanece em repouso sobre a rampa.

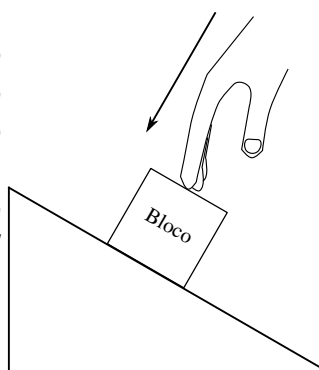
(a) Represente o diagrama de corpo livre do bloco. Rotule as forças na forma apresentada na atividade 2.1.

(b) Identifique a força que completa o par previsto pela terceira lei de Newton (lei da ação e reação) para cada uma das forças representadas em seu diagrama.



(c) Suponha agora que o bloco seja empurrado por uma força oblíqua e constante dirigida como mostra a figura. O bloco permanece em repouso sobre a rampa.

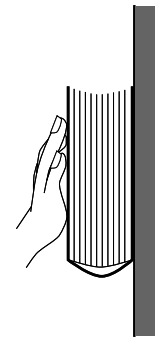
(i) O módulo da força resultante sobre o bloco nesta situação é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força resultante sobre o bloco na situação anterior? Porque?



(ii) O módulo da força de atrito exercida pela rampa sobre o bloco nesta situação é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força de atrito sobre o bloco na situação anterior? Porque?

6. Uma pessoa empurra um livro contra uma parede com uma força horizontal, e o livro não se move.

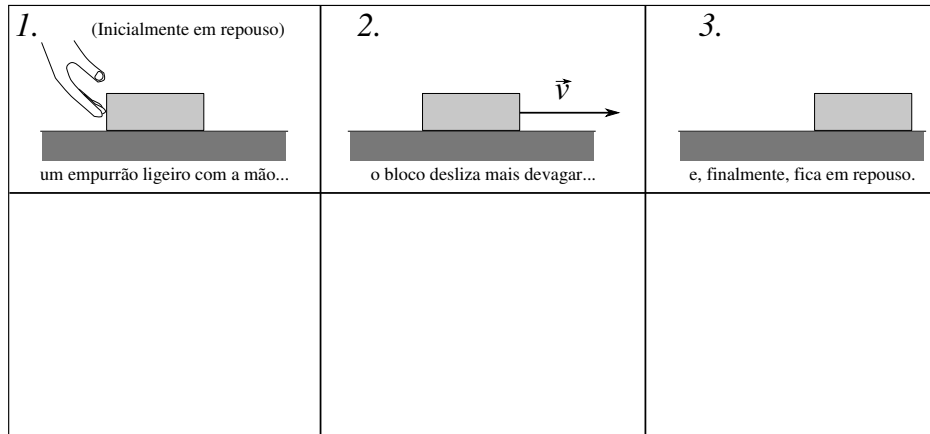
(a) Represente o diagrama de corpo livre do livro. Rotule as forças na forma apresentada na atividade 2.1.



(b) Identifique a força que completa o par previsto pela terceira lei de Newton (lei da ação e reação) para cada uma das forças representadas em seu diagrama.

2.2 A segunda e terceira leis de Newton

1. Um bloco inicialmente em repouso é subitamente empurrado. O bloco escorrega sobre o chão, gradualmente se move cada vez mais lentamente e termina por parar.
 (a) Construa o diagrama de corpo livre, representando e rotulando cada uma das forças que agem sobre o bloco em cada uma das situações mostradas abaixo.



(b) Liste em ordem decrescente de módulo as forças *horizontais* do diagrama para o instante 1. Explique seu raciocínio.

(c) Há alguma força presente no diagrama do instante 1 que não esteja presente no diagrama 2? Caso afirmativo, diga, para cada uma das forças ausentes, como você sabia que devia representá-la no diagrama 1 e não no diagrama 2.

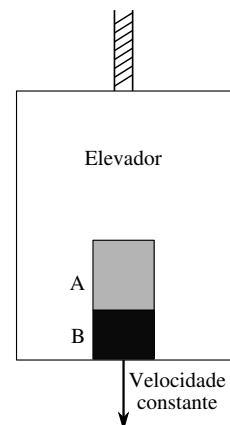
(d) Há alguma força presente no diagrama do instante 1 que não esteja presente no diagrama 3? Caso afirmativo, diga, para cada uma das forças ausentes, como você sabia que devia representá-la no diagrama 1 e não no diagrama 3.

2. Dois caixotes, A e B, estão no interior de um elevador, como mostrado. A massa do caixote A é *maior que* a massa do caixote B.

(a) O elevador se move para baixo *sempre com a mesma rapidez*.

(i) Qual dos dois caixotes tem maior aceleração? Porque?

(ii) Construa diagramas de corpo livre separados para cada um dos dois caixotes.



(iii) Liste as forças representadas nestes diagrama em ordem decrescente de módulo. Explique cuidadosamente seu raciocínio, explicando em que passo e de que

forma você usou as segunda e terceira leis de Newton para chegar a suas conclusões.

(iv) Represente com setas a direção e sentido da força resultante sobre cada um dos caixotes. Se esta for nula, afirme isso explicitamente. Justifique sua resposta. O módulo da força resultante sobre o caixote A é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força resultante sobre o caixote B? Porque?

(b) Quando o elevador se aproxima do andar ao qual se destina, começa a andar, ainda para baixo, cada vez mais lentamente.

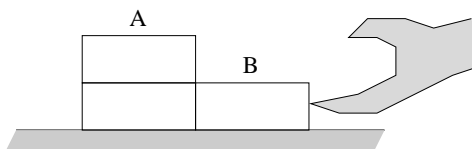
(i) Qual dos dois caixotes tem maior aceleração? Porque?

(ii) Construa diagramas de corpo livre separados para cada um dos dois caixotes.

(iii) Liste as forças representadas nestes diagrama em ordem decrescente de módulo. Explique cuidadosamente seu raciocínio, explicando em que passo e de que forma você usou as segunda e terceira leis de Newton para chegar a suas conclusões.

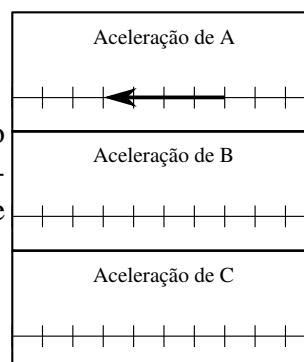
(iv) Represente com setas a direção e sentido da força resultante sobre cada um dos caixotes. Se esta for nula, afirme isso explicitamente. Justifique sua resposta. O módulo da força resultante sobre o caixote A é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força resultante sobre o caixote B? Porque?

3. Tres tijolos idênticos são empurrados sobre uma mesa como mostra a figura. Os tijolos estão se movendo para a esquerda cada vez mais rapidamente. O sistema A consiste de dois tijolos empilhados. O sistema B consiste de um único tijolo. O sistema C consiste dos tres tijolos. *Existe atrito entre os tijolos e a mesa.*

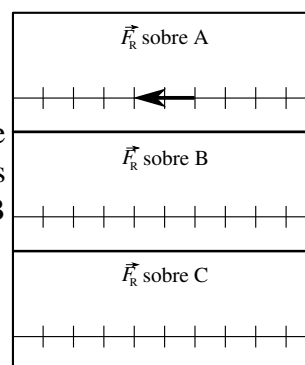


(a) Construa diagramas de corpo livre separados para cada um dos dois sistemas A e B.

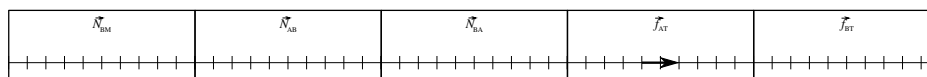
(b) É mostrado o vetor que representa a aceleração do sistema A. Desenhe na mesma escala os vetores que representam as acelerações dos sistemas B e C. Explique sua construção.



(c) É mostrado o vetor que representa a força resultante sobre o sistema A. Desenhe na mesma escala os vetores que representam as forças resultantes sobre os sistemas B e C. Explique sua construção.



(d) É mostrado o vetor que representa a força de atrito que a mesa faz sobre o sistema A. Desenhe na mesma escala os vetores que representam as demais forças horizontais presentes em seu diagramas do item (a). Explique sua construção.



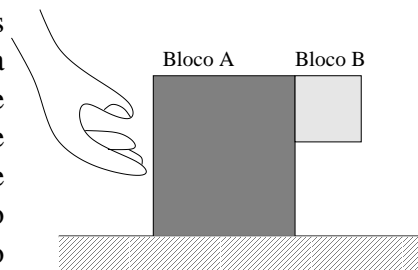
4. O quadro abaixo fornece informação sobre o movimento de um caixote em quatro situações diferentes. Em cada caso, a informação é dada sobre o movimento em uma das formas seguintes: (1) a forma algébrica da segunda lei de Newton; (2) O diagrama de corpo livre do caixote; ou (3) uma descrição por extenso e uma figura representando a situação física. Em cada caso, complete o quadro preenchendo a informação que foi omitida. O caso 1 está resolvido como um exemplo.

(Todos os símbolos nas equações representam quantidades positivas. Em cada caso, use um sistema de coordenadas no qual o sentido positivo do eixo horizontal aponta para a direita e o sentido positivo do eixo vertical aponte para cima. Os objetos presentes nas situações apresentadas são abreviados da seguinte forma:

C - caixote; R - pequeno recipiente; M - mão; S - superfície; T - Terra; B, B_1 , B_2 - barbantes de massa desprezível.

	(1) Forma algébrica da segunda lei de Newton $\vec{F}_R = m\vec{a}$	(2) Diagrama de forças para a caixa	(3) Descrição em palavras e representação gráfica da situação física
Exemplo	$\sum F_x : F_{CM} - f_{Cc} = m_B a_x$ $\sum F_y : N_{CS} - P_{CT} - N_{Cc} = 0$	<p>Força resultante aponta para a direita</p>	<p>Uma caixa pequena (c) está sobre uma caixa maior (C). A caixa C é empurrada por uma mão na direção +x. Existe atrito entre a caixa C e a caixa c. A caixa C está sendo acelerada para a direita numa superfície sem atrito.</p>
b.	$\sum F_x : T_{CR} \cos \theta - F_{CM} = -m_C a_x$ $\sum F_y : T_{CR} \sin \theta + N_{CS} - P_{CT} = 0$	<p>Força resultante aponta</p>	
c.		<p>Força resultante aponta</p>	<p>Uma caixa está na traseira de um caminhão, que acelera na direção +x numa estrada reta. A caixa não se move com relação ao caminhão.</p>
d.		<p>Força resultante aponta para baixo</p>	

5. Dois blocos estão sendo empurrados para a direita de modo a semoverem juntos cada vez mais rapidamente. O bloco B permanece sempre na altura mostrada na figura. Despreze o atrito entre o chão e o bloco A, mas não entre os blocos A e B (Desafio: porque não é possível desprezar este segundo?). A massa do bloco A é 10 kg e a do bloco B é 2 kg. Chame de C o sistema formado pelos blocos A e B tomados em conjunto.



Considere que a aceleração da gravidade local valha $g = 10\text{m/s}^2$.

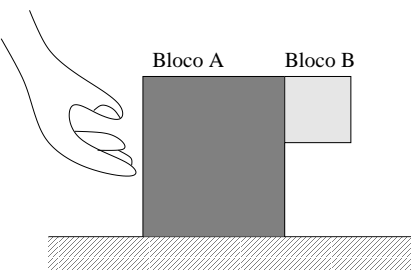
(a) Para os blocos A e B e para o sistema C: (1) Construa diagramas de corpo livre separados; (2) Identifique todos os pares de ação e reação; (3) Escreva a forma algébrica da segunda lei de Newton, separada nas componentes horizontal e vertical.

(b) Usando *apenas* as forças presentes em seu diagrama de corpo livre do sistema C, calcule o módulo da força que o chão faz sobre o sistema C.

(c) Usando *apenas* as forças presentes em seus diagramas de corpo livre dos blocos A e B, calcule o módulo da força que o chão faz sobre o bloco A.

Qual destas duas forças que você acaba de calcular tem maior módulo? Porque?

(d) Suponha que o atrito entre os dois blocos se reduz, de modo que o bloco B comece a escorregar para baixo enquanto os blocos se movem para a direita, e que a componente vertical para baixo da aceleração do bloco B (medida no referencial do laboratório) seja de 1m/s^2



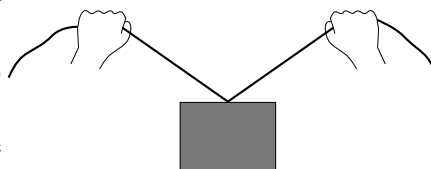
(i) Para os blocos A e B: (1) Construa (novos) diagramas de corpo livre separados; e (2) Escreva a forma algébrica da segunda lei de Newton, separada nas componentes horizontal e vertical.

(ii) O módulo da força exercida pelo chão sobre o bloco A é, neste caso, *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força que exercia sobre o bloco A no item (c)? Porque?

(iii) Calcule o módulo desta força. Mostre todos os passos do seu cálculo.

2.3 Tensão

1. Uma pessoa puxa com igual intensidade dois barbantes de massa desprezível presos a um bloco como mostra a figura. Os barbantes permanecem esticados e simétricos, formando ângulos iguais com a horizontal todo o tempo.



(a) Desenhe uma seta para indicar a direção e sentido da aceleração do bloco para cada um dos quatro movimentos listados abaixo.

- (i) bloco se move para baixo cada vez mais rapidamente;
- (ii) bloco se move para baixo cada vez mais lentamente;
- (iii) bloco se move para cima cada vez mais rapidamente;
- (iv) bloco se move para cima cada vez mais lentamente.

(b) Desenhe uma seta para indicar a direção e sentido da força resultante sobre o bloco para cada um dos quatro movimentos listados abaixo.

- (i) bloco se move para baixo cada vez mais rapidamente;
- (ii) bloco se move para baixo cada vez mais lentamente;
- (iii) bloco se move para cima cada vez mais rapidamente;
- (iv) bloco se move para cima cada vez mais lentamente.

Explique seu raciocínio.

(c) Construa o diagrama de corpo livre, rotulando convenientemente as forças, para cada um dos quatro movimentos. Indique o módulo relativo de cada força pelo tamanho do vetor que a representa. *Faça todos os diagramas na mesma escala.*

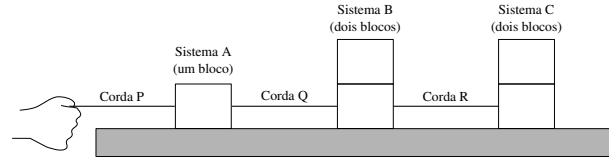
- (i) bloco se move para baixo cada vez mais rapidamente;
- (ii) bloco se move para baixo cada vez mais lentamente;
- (iii) bloco se move para cima cada vez mais rapidamente;
- (iv) bloco se move para cima cada vez mais lentamente.

2. Considere a afirmação abaixo feita por um estudante a respeito de cada um dos quatro movimentos da questão anterior.

O módulo da força exercida pelo bloco num dos barbantes é o mesmo que o módulo da força exercida por aquele barbante sobre o bloco. Estas duas forças constituem um par, sujeito à terceira lei de Newton. Por isso, já que esta lei é verdadeira, não entendo porque o bloco não se move com velocidade constante.

O estudante identificou corretamente um par de ação e reação previsto pela terceira lei de Newton. Explique porque isto **não** quer dizer que o bloco tenha que se mover com velocidade constante.

3. Cinco blocos *idênticos*, cada um com massa m , são puxados sobre uma mesa horizontal como mostra a figura. Use a aproximação de que a mesa seja sem atrito e que os barbantes tenham massa nula.



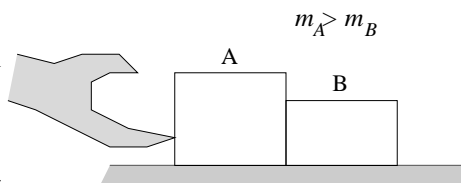
- (a) Descreva o movimento de cada um dos sistemas A, B, e C.
- (b) Desenhe vetores que representam a aceleração de cada um destes sistemas.
- (c) Construa diagramas de corpo livre, rotulando as forças neles contidas, de cada um dos sistemas A, B, e C separadamente.
- (d) Ponha as *forças resultantes* sobre os sistemas A, B, e C em ordem decrescente de módulo. Explique como você determinou esta ordem.
- (e) Escreva expressões que relacionem as tensões nos barbantes P e R com a tensão T_Q no barbante Q. Mostre todos os passos do seu raciocínio.

Parte 3

Leis de Conservação

3.1 Trabalho e o teorema trabalho-energia

1. Com a sua mão, você empurra o bloco A do diagrama abaixo, a partir do repouso, sobre uma mesa horizontal sem atrito. O bloco A está em contato com o bloco B, de massa menor que o primeiro ($m_A > m_B$). O diagrama abaixo ilustra a situação.



(a) Desenhe o diagrama de corpo livre para cada um dos 2 blocos.

O bloco A realiza trabalho sobre o bloco B?

O bloco B realiza trabalho sobre o bloco A?

Se suas respostas foram ambas positivas, como os trabalhos mencionados se comparam, em módulo e sinal? Explique.

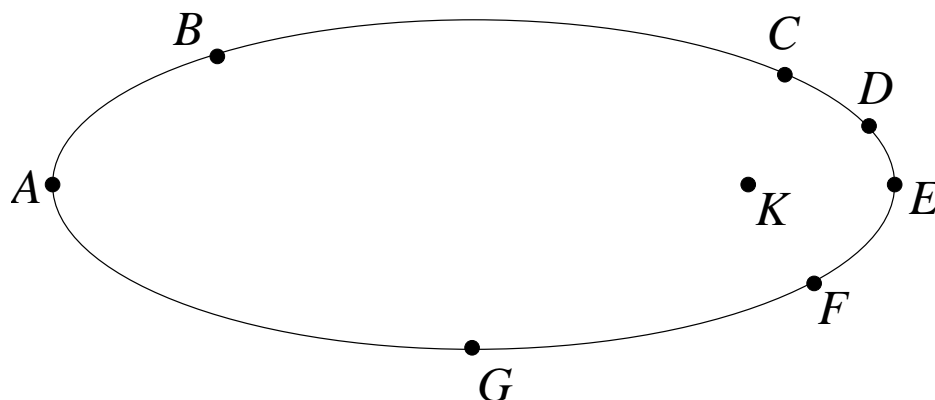
(b) Compare a força resultante sobre A com a força resultante sobre B, em módulo, direção e sentido. Explique com clareza sua resposta.

Que implicação tem sua resposta na comparação entre o trabalho *resultante* realizado sobre o bloco A com o trabalho *resultante* sobre o bloco B? Explique.

(c) Compare as energias cinéticas finais dos blocos A e B. Sua resposta deve se basear no teorema do trabalho e da energia cinética e em sua resposta ao item (b) acima.

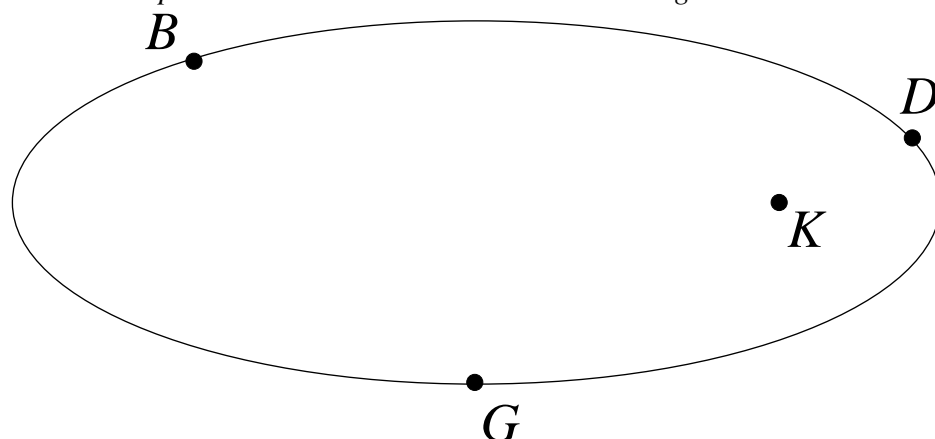
(d) Quando sua mão começou a empurrar o bloco A, os blocos se moviam com velocidade de $2m/s$. Suponha que, ao longo de um certo deslocamento, o trabalho realizado por sua mão sobre o bloco A tenha sido de $10J$. Determine a energia cinética final de cada bloco ao final deste deslocamento. Suponha que $m_A = 4\text{ kg}$ e $m_B = 1\text{ kg}$. Mostre seu raciocínio.

2. Um objeto se move no sentido trigonométrico ao longo da trajetória mostrada numa vista de cima. Sua aceleração varia, mas está *sempre* apontada para o ponto K.



(a) Desenhe e rotule vetores nos pontos de A a G do diagrama que indiquem:
 - a direção do vetor velocidade do objeto quando passa pelo ponto;
 - a direção da força resultante sobre o objeto quando ele passa pelo ponto.
 Explique como foi possível responder a estas duas perguntas.

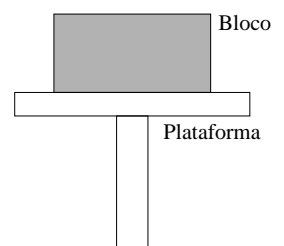
(b) Determine se o módulo da velocidade do objeto em cada um dos pontos B, D, e G é (instantaneamente) crescente, decrescente ou estável. Explique seu raciocínio. Baseie suas respostas no teorema do trabalho e da energia cinética.



3. Um bloco é colocado sobre a plataforma de um elevador que se move para baixo cada vez mais lentamente e tem velocidade inicial v_0 . Considere o intervalo de tempo Δt_0 necessário para que a plataforma alcance o repouso.

(a) Desenhe o diagrama de corpo livre do bloco.

(b) O trabalho resultante realizado sobre o bloco no intervalo de tempo considerado foi *positivo*, *negativo* ou *nulo*? Explique.



Para cada uma das forças de seu diagrama, diga se o trabalho que ela faz sobre o bloco até que este pare é *positivo*, *negativo*, ou *nulo*. Explique sua resposta.

Coloque os trabalhos que você identificou acima em ordem decrescente de módulo. Explique como você determinou o ordenamento.

(c) Considere o referencial R que se move para baixo com velocidade constante v_0 .

(i) Desenhe setas que indiquem a direção da velocidade e da aceleração do bloco no referencial R durante o intervalo de tempo Δt_0 . Explique.

(ii) No referencial R:

- o bloco está se movendo *cada vez mais depressa*, *cada vez mais devagar* ou *com velocidade constante*? (Suas respostas devem se basear na análise das direções da velocidade e da aceleração no referencial R).

- a variação da energia cinética do bloco no intervalo de tempo considerado foi *positiva*, *negativa* ou *nula*? Explique.

(iii) O teorema do trabalho e da energia cinética é válido em qualquer referencial inercial. Aplique este teorema para determinar se o trabalho resultante ao longo do intervalo de tempo considerado sobre o bloco foi *positivo*, *negativo* ou *nulo* no referencial R. Explique.

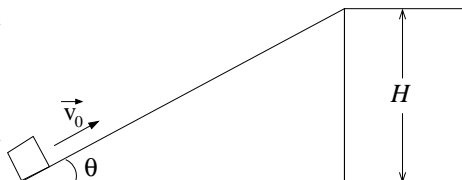
(iv) No referencial R, durante o intervalo de tempo Δt_0 :

- o deslocamento (isto é, a variação de posição) do bloco aponta *para cima*, *para baixo* ou *é nulo*? Explique. (Sua resposta deve se basear na seta desenhada para o vetor *velocidade* no item ci)

- a força resultante sobre o bloco aponta *para cima*, *para baixo* ou *é nula*? Explique. (Sua resposta deve se basear na seta desenhada para o vetor *aceleração* no item ci)

- o trabalho realizado sobre o bloco pela força resultante foi *positivo*, *negativo* ou *nulo*? Explique. (Sua resposta deve se basear nas respostas dadas às 2 perguntas anteriores) Verifique se seu resultado é consistente com suas respostas ao item ciii.

4. Um bloco é lançado para cima sobre uma rampa sem atrito, como mostra a figura, com velocidade inicial \vec{v}_0 . O bloco alcança o trecho horizontal e passa a se mover sobre este.



(a) Desenhe o diagrama de corpo livre do bloco enquanto ele sobe a rampa.

Que forças de seu diagrama realizam trabalho *não-nulo* sobre o bloco?

Que forças de seu diagrama realizam trabalho *nulo* sobre o bloco?

(b) Escreva uma expressão para o trabalho resultante feito sobre o bloco desde o

início até o fim da rampa. Exprima sua resposta em termos de uma ou mais das seguintes quantidades: o peso mg do bloco, o ângulo θ e a altura H da rampa.

5. Suponha que o bloco da questão anterior seja lançado com a mesma velocidade inicial sobre as rampas sem atrito descritas a seguir. Em cada caso, determine se o *módulo* do trabalho resultante feito sobre o bloco enquanto ele se move da base para o topo da rampa é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o trabalho resultante feito sobre o bloco na questão anterior. Explique sua resposta em cada caso.

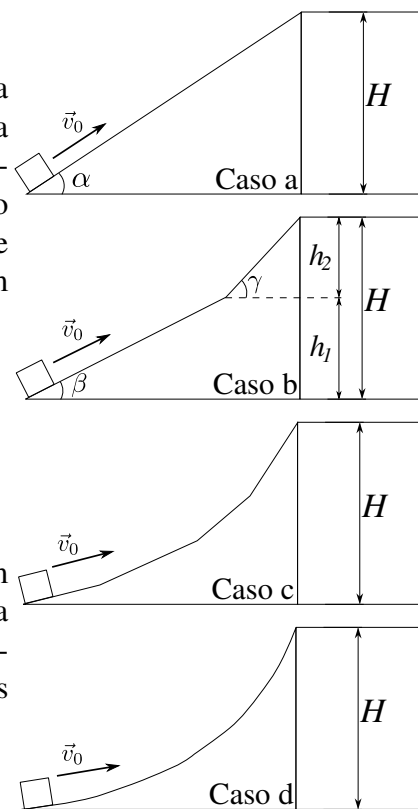
(a) A rampa tem maior inclinação ($\alpha > \theta$);

(b) a rampa tem duas seções de diferentes inclinações;

(c) a rampa tem várias seções de inclinação cada vez maior;

(d) a rampa é curva.

Use o teorema do trabalho e da energia para colocar em ordem decrescente as velocidades finais do bloco nas rampas de (a) a (d), supondo que o bloco seja lançado sempre com a mesma velocidade inicial. Se a velocidade final for a mesma em dois casos diferentes, diga isso explicitamente. Explique seu raciocínio.



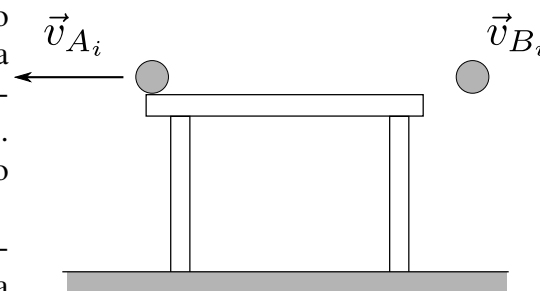
3.2 Variações da Energia e do Momento Linear

1. A bola A atravessa a aresta lateral do tampo de uma mesa horizontal com velocidade v_A e cai ao chão. No instante em que a bola A deixa de estar em contato com a mesa, outra bola idêntica B é abandonada a partir do repouso da altura do tampo da mesa e também cai ao chão. Observe que as duas bolas alcançam o chão ao mesmo tempo.

(a) Em cada uma das questões abaixo, considere o intervalo de tempo que *começa* quando as bolas iniciam sua queda e *termina* no instante em que tocam o chão.

(i) O módulo do impulso sofrido pela bola B é *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo do impulso sofrido pela bola A? Porque?

(ii) Desenhe uma seta que indique a direção e sentido do impulso sofrido por



cada uma das duas bolas. Explique seu raciocínio.

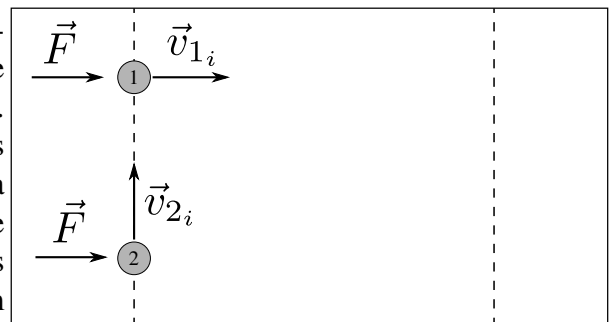
(iii) O trabalho feito sobre a bola B é *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao trabalho feito sobre a bola A? Porque?

(b) Em cada uma das perguntas abaixo, considere as bolas imediatamente antes de tocar o chão.

(i) O módulo do momento linear da bola B é *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo do momento linear da bola A? Porque?

(ii) A energia cinética da bola B é *maior que*, *menor que*, ou *igual* à energia cinética da bola A? Porque?

2. Dois discos idênticos deslizam sem atrito sobre uma mesa horizontal. Os discos têm inicialmente velocidades de mesmo módulo mas de direções ortogonais, como mostrado na figura. Forças constantes e idênticas são então aplicadas aos discos *durante intervalos de tempo iguais*: a partir do instante mostrado na figura e até que o disco 1 *cruze a segunda linha tracejada*. Os discos permanecem sobre a mesa e não colidem durante este intervalo de tempo.



(a) Quando o disco 1 cruzar a segunda linha tracejada, o disco 2 estará *à esquerda*, *à direita*, ou *cruzando* a segunda linha tracejada? Como você sabe?

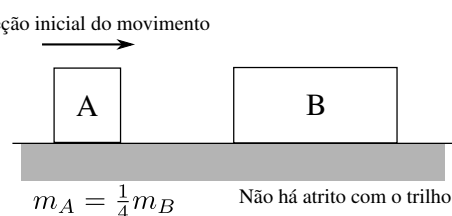
Esboce a trajetória de cada um dos discos. Explique porque você decidiu desenhá-las assim.

(b) No instante em que o disco 1 cruzar a segunda linha tracejada, o módulo de seu momento linear será *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo do momento linear da disco 2 neste mesmo instante? Porque?

(c) No instante em que o disco 1 cruzar a segunda linha tracejada, sua energia cinética será *maior que*, *menor que*, ou *igual* à energia cinética do disco 2 neste mesmo instante? Porque?

3.3 Conservação de Momento em uma Dimensão

1. Dois objetos estão apoiados sobre uma pista horizontal sem atrito. Inicialmente, o objeto A desliza para a direita enquanto o objeto B está em repouso. Após colidirem, o objeto A inverte o sentido de seu movimento e desliza para a esquerda. Chame de sistema C o conjunto formado pelos dois objetos A e B. A massa de A é um quarto da massa de B.



(a) Desenhe um vetor que represente, para cada um dos objetos A e B e para o sistema C (são 3 vetores portanto!), a direção e o sentido da *variação de momento* nesta colisão. Explique como você determinou sua resposta.

O módulo do vetor variação de momento de A é *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo vetor variação de momento de B? Porque?

(b) Desenhe um vetor que represente, para cada objeto, a direção e sentido da *variação de velocidade* desde antes até depois da colisão. Explique como você determinou sua resposta.

O módulo do vetor variação de velocidade de A é *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo vetor variação de velocidade de B? Porque?

(c) Considere a afirmação *incorreta* a seguir:

O objeto B vai se mover para a direita após esta colisão, mas ele se moveria mais depressa se o objeto A parasse como resultado da colisão e lhe transferisse todo o seu momento.

Explique o que está incorreto nesta afirmação e use contra-exemplos para reforçar sua argumentação.

2. (a) Um rojão está em repouso sobre uma mesa horizontal sem atrito. O rojão explode em dois pedaços de massas desiguais, que se movem em sentidos opostos sobre a mesa



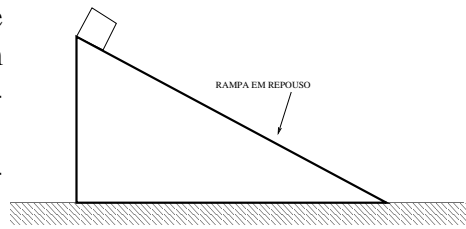
(i) A força resultante sobre o pedaço da esquerda é sempre nula? Porque?

(ii) A força resultante sobre o sistema que consiste nos dois pedaços é sempre nula? Porque?

(iii) O momento linear do pedaço da esquerda é conservado? Porque?

(iv) O momento linear do sistema que consiste nos dois pedaços é conservado? Porque?

(b) Um bloco escorrega para baixo sobre uma rampa sem atrito. A rampa está em repouso, fixada sobre uma mesa horizontal, como mostra a figura.



i. A força resultante sobre o bloco é sempre nula? Porque, ou porque não?

ii. A força resultante sobre a rampa é sempre nula? Explique.

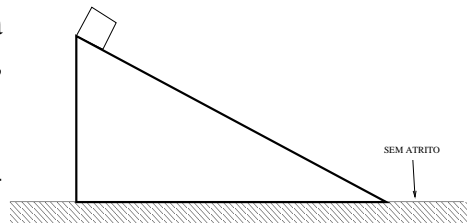
iii. A força resultante sobre o sistema composto pelo bloco e pela rampa é sempre nula? (*Sugestão:* Faça o diagrama de forças para o bloco, a rampa e o sistema composto pelos dois objetos.) Explique.

iv. O momento linear do bloco é conservado? Porque?

v. O momento linear da rampa é conservado? Porque?

vi. O momento linear do sistema formado pelo bloco e pela rampa é conservado? Porque?

(c) A rampa da parte b. é agora posta sobre uma mesa horizontal *sem atrito*, como mostra a figura.



i. A força resultante sobre o bloco é sempre nula? Porque, ou porque não?

ii. A força resultante sobre a rampa é sempre nula? Explique.

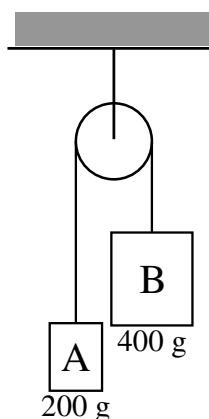
iii. A força resultante sobre o sistema composto pelo bloco e pela rampa é sempre nula? Explique.

iv. O momento linear do bloco é conservado? Porque?

v. O momento linear da rampa é conservado? Porque?

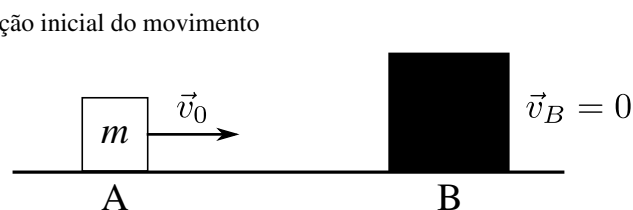
vi. O momento linear do sistema formado pelo bloco e pela rampa é conservado? Porque?

(d) Dois blocos, A e B, estão ligados por um barbante inextensível de massa desprezível. Suas massas são $m_A = 200g$ e $m_B = 400g$. Os blocos são abandonados a partir do repouso. A roldana tem massa desprezível. Chame de S o sistema formado pelos blocos A e B, pelo barbante e pela roldana.



- (i) A força resultante sobre A é sempre nula? Porque?
 (ii) A força resultante sobre o sistema S é sempre nula? Porque?
 (iii) O momento linear do bloco A é conservado? Porque?
 (iv) O momento linear do sistema S é conservado? Porque?

3. Um bloco A, de massa m , desliza para a direita com velocidade constante v_0 sobre um trilho sem atrito em direção ao bloco B, que tem massa $2m$ e está inicialmente em repouso.



O sistema S é constituído pelos dois blocos A e B.

- (a) Desenhe os vetores momento linear dos blocos A e B e do sistema S. Indique o módulo de cada vetor, em termos das quantidades m e v_0 .

O bloco X, de massa $5m$, (que não está mostrado no diagrama) se move para a direita com velocidade v_0 (isto é, tem a mesma velocidade que o bloco A) sobre um segundo trilho sem atrito, paralelo ao primeiro.

- (b) Aplique a transformação de Galileu para determinar os vetores velocidade dos blocos A e B *no referencial do bloco X*. Desenhe vetores que os representem. Indique os módulos destes vetores, expressando-os em termos das quantidades dadas.

- (c) Desenhe os vetores *momento linear* dos blocos A e B no referencial do bloco X. Indique os módulos destes vetores em termos das quantidades dadas. Explique como voce os obteve.

- (d) Considere a seguinte afirmativa *incorreta*: "O bloco X tem momento linear $5mv_0$ para a direita; portanto, no referencial do bloco X, o momento linear do bloco A é $mv_0 - 5mv_0 = -4mv_0$, ou $4mv_0$ para a esquerda.

Localize o erro deste raciocínio.

Suponha agora que o bloco X tenha uma massa diferente (isto é, qualquer coisa diferente de $5m$). O módulo do momento linear do bloco A no referencial do bloco X seria *igual* ou *diferente* do valor determinado no item (c)? Porque?

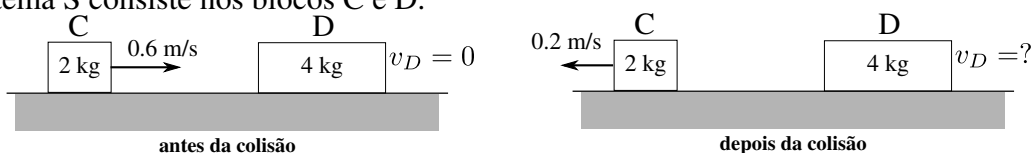
(e) Use os vetores momento linear obtidos no item (c) para determinar o módulo e a direção do momento do sistema S *no referencial do bloco X*. Explique seu raciocínio.

(f) Compare os resultados obtidos nos itens (a) e (e) e use esta comparação para responder às seguintes perguntas:

O *módulo* do momento linear do sistema S é o mesmo no referencial do bloco X e no referencial ligado aos trilhos? Porque?

A *direção* do momento linear do sistema S é a mesma no referencial do bloco X e no referencial ligado aos trilhos? Porque?

4. Os blocos C e D, de massas 2kg e 4kg respectivamente, colidem quando trafegam sobre um trilho sem atrito. O bloco C se move inicialmente para a direita com velocidade $0,6\text{m/s}$ em relação ao trilho, enquanto o bloco D está parado. Depois da colisão, o bloco C se move para a esquerda com velocidade $0,2\text{m/s}$. O sistema S consiste nos blocos C e D.



(a) Desenhe os vetores momento linear dos blocos C e D e do sistema S antes e depois da colisão. Indique os módulos destes vetores e represente-os em escala, de modo que uma unidade de comprimento do vetor represente $0,4\text{kgm/s}$. O momento linear do sistema S *antes* da colisão é o mesmo que ele é *depois* da colisão? Porque?

(b) Use os resultados do item (a) para determinar o módulo, direção e sentido da velocidade do bloco D depois da colisão. Justifique seu raciocínio.

Considere um referencial R que se move para a esquerda com velocidade constante de módulo $0,2\text{m/s}$ em relação ao trilho.

(c) Aplique a transformação de Galileu para desenhar os vetores velocidade dos blocos C e D *no referencial R* antes e depois da colisão.

Use os vetores velocidade que você acabou de construir para desenhar os vetores momento linear dos blocos C e D e do sistema S *no referencial R* antes e depois da colisão. Explique como você procedeu.

(d) Use seus resultados do item (c) para responder às seguintes perguntas:

(i) O momento linear do sistema S no referencial R *antes da colisão* é o mesmo que *depois da colisão*?

(ii) Relembre a definição do termo *conservado* discutido no capítulo 3 das atividades em classe:

"Quando o momento linear de um objeto ou sistema de objetos não se altera

com o tempo, dizemos que o momento linear do objeto ou sistema de objetos é *conservado*."

O momento linear do sistema S é conservado no referencial R? Porque?

(e) Use seus resultados dos itens (a) e (c) acima para responder 'pergunta:

O momento linear do sistema S tem o mesmo valor *no referencial R e no referencial do trilho*? Porque?

(f) Considere o seguinte diálogo:

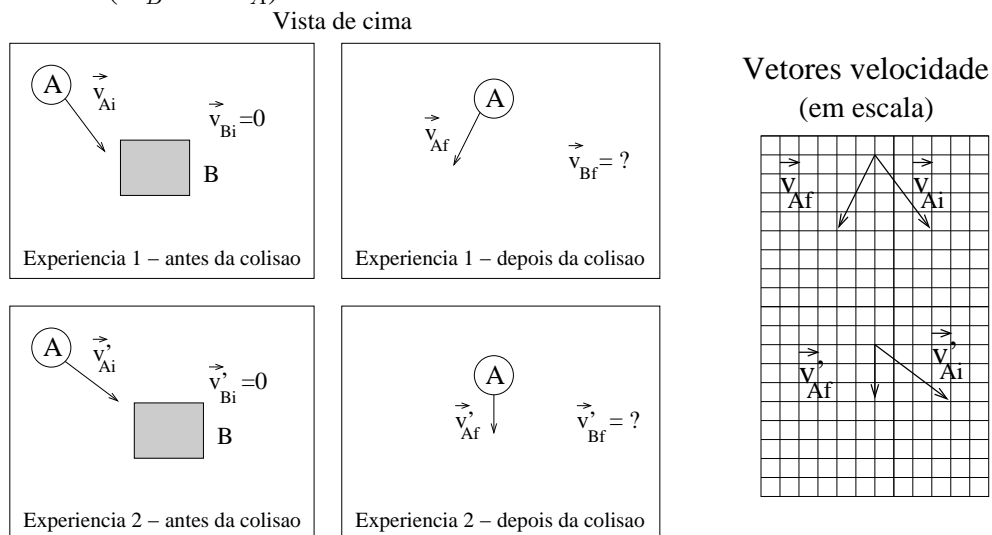
Estudante 1: "O momento linear do sistema S é conservado. Isto significa que ele tem que ter o mesmo valor tanto no referencial R quanto no referencial do trilho."

Estudante 2: "Eu discordo. Mesmo quando o momento linear se conserva, ele poderia ter valores diferentes em dois referenciais diferentes. Ele tem que ter o mesmo valor antes e depois da colisão, mas ambos medidos no mesmo referencial, qualquer que seja o referencial usado."

Você concorda com algum dos dois estudantes? Com qual, e porque?

3.4 Conservação do momento em duas dimensões

1. Dois objetos estão sobre uma mesa horizontal sem atrito. Duas experiências são feitas com estes objetos; nas 2, o objeto A é lançado com uma certa velocidade sobre o B, que está inicialmente parado. O módulo da velocidade inicial de A é o mesmo nas 2 experiências, mas a direção é diferente. As velocidades iniciais e finais de A estão mostradas no diagrama abaixo. A massa de B é 4 vezes maior que a de A ($m_B = 4m_A$).



(a) Desenhe setas representando a direção e o sentido da variação do momento

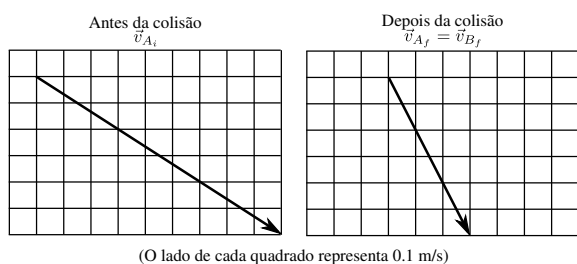
linear de A em cada uma das 2 experiências.

O módulo da variação do momento linear de A na experiência 1 é *maior*, *menor*, ou *igual* ao módulo da variação de seu momento linear na experiência 2? Porque.

(b) Desenhe setas representando a variação do vetor momento linear de B em cada uma das 2 experiências.

Depois da colisão, o módulo do momento linear de B na experiência 1 é *maior*, *menor*, ou *igual* ao da experiência 2? Porque.

2. Dois objetos colidem sobre uma mesa horizontal sem atrito. A massa do objeto A é $5,0\text{ kg}$; a massa de B é $3,0\text{ kg}$. Os objetos grudam depois de colidirem. A velocidade inicial do objeto A e a velocidade final de ambos estão mostradas no diagrama.

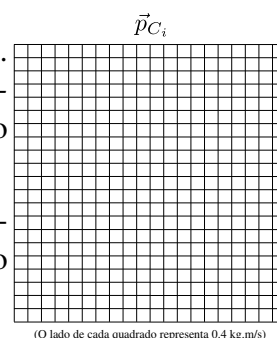


(a) Desenhe setas (duas) que representem a direção da *variação do momento linear* de cada um dos dois objetos.

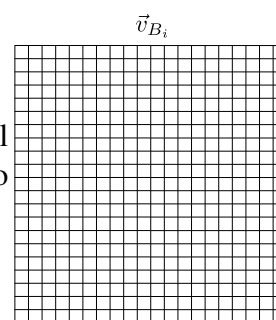
O módulo da *variação do momento linear* do objeto A é *maior que*, *menor que* ou *igual a* o do objeto B? Porque?

(b) O sistema C é formado pelos objetos A e B combinados. Como se comparam o momento linear do sistema C *antes* e *depois* da colisão? Discuta tanto o módulo quanto a direção e o sentido.

Construa e rotule adequadamente o vetor momento linear do sistema C no quadro e na escala indicados ao lado. Deixe claro o procedimento usado.



(c) Construa e rotule adequadamente o vetor velocidade inicial de B no quadro e na escala indicados ao lado. Deixe claro o procedimento usado.

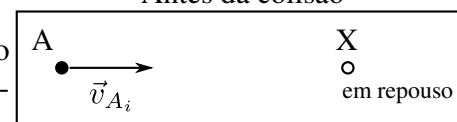


(O lado de cada quadrado representa 0.1 m/s)

3. (a) O objeto A colide com um alvo X inicialmente parado sobre uma mesa horizontal sem atrito. O diagrama mostra as velocidades inicial e final de A. A velocidade final de X não é dada.

Superfície horizontal sem atrito
Vista de cima

Antes da colisão



Depois da colisão



(i) Se focalizarmos um instante qualquer durante o intervalo de tempo no qual os objetos estão em contato durante a colisão, a força resultante sobre A será *nula* ou *não nula*?

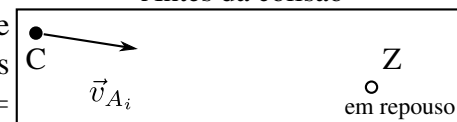
(ii) O momento linear de A é conservado durante a colisão? Porque?

O momento linear do sistema que consiste nos objetos A e X é conservado? Porque?

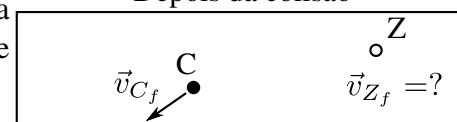
(b) Sobre a mesma superfície horizontal, o objeto C colide com um alvo, o objeto Z, inicialmente parado. As velocidades iniciais dos objetos C e A têm o mesmo módulo, e $m_Z > m_A = m_C$.

Depois da colisão, o objeto C se move na direção mostrada no diagrama e tem velocidade final com o mesmo módulo que a de A.

Antes da colisão



Depois da colisão



(i) Copie os vetores \vec{v}_{C_f} e \vec{v}_{C_i} desenhando-os a partir de uma mesma origem. Use estes vetores para desenhar o vetor variação de velocidade de C $\Delta\vec{v}$.

(ii) O módulo do *vetor variação de velocidade* de A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o módulo do *vetor variação de velocidade* de C? Porque?

(iii) O módulo do *vetor variação do momento linear* de A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o módulo do *vetor variação do momento linear* de C? Porque?

(iv) O módulo da velocidade final de X é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o módulo da velocidade final de Z? Porque?

(c) Considere a seguinte afirmativa incorreta:

"Os objetos A e C sofrem a mesma variação de momento linear. Eles têm a mesma massa e, como eles têm velocidades iniciais e finais de igual módulo, Δv é igual para os dois."

Localize o(s) erro(s) neste raciocínio.

Parte 4

Mecânica de Corpos Rígidos

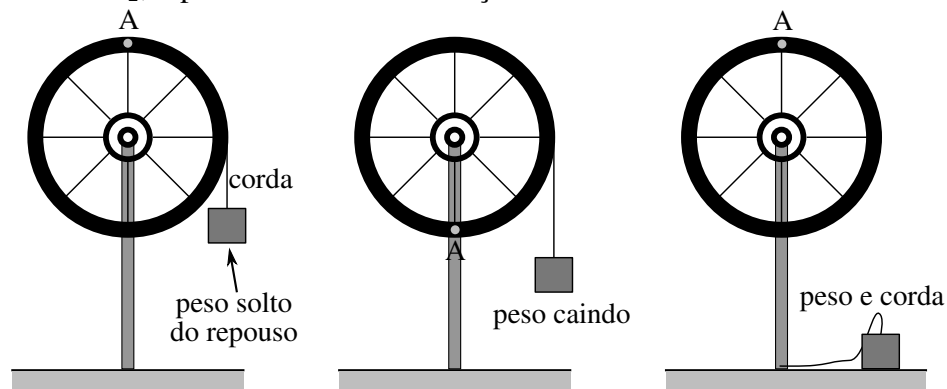
4.1 Movimento de Rotação

1. Uma roda de bicicleta é montada num eixo fixo *com atrito desprezível*. Um peso está suspenso por um barbante leve que é enrolado ao longo do perímetro da roda. Os diagramas abaixo mostram este sistema físico em três instantes distintos:

Em $t = t_0$, o peso é abandonado a partir do repouso.

Em $t = t_1$, o peso está caindo e o barbante está ainda parcialmente enrolado em torno da roda.

Em $t = t_2$, o peso e o barbante alcançaram ambos o chão.



Nota: Os diagramas acima não representam fotografias estroboscópicas da roda.

(a) Qual a direção e sentido do vetor velocidade angular $\vec{\omega}$ da roda em cada um dos instantes mostrados? Se $\vec{\omega} = 0$ em um dos instantes, enuncie isto explicitamente. Justifique suas respostas.

(b) Qual a direção e sentido do vetor aceleração angular $\vec{\alpha}$ da roda em cada um dos instantes mostrados? Se $\vec{\alpha} = 0$ em um dos instantes, enuncie isto explicitamente.

Justifique suas respostas.

(c) Ponha em ordem decrescente de módulo as acelerações centrípetas do ponto A nos tres instantes mostrados ($a_{A_0}, a_{A_1}, a_{A_2}$). Se alguma delas for nula, enuncie isto explicitamente. Justifique suas respostas.

2. Uma pequena quantidade de massa de modelar é grudada perto da beira de um prato de vitrola. $\vec{\alpha}$ representa a aceleração angular da massa de modelar e \vec{a}_R sua aceleração centrípeta.

(a) Para cada uma das situações especificadas abaixo, descreva um movimento do prato da vitrola que seja compatível com a especificação. (Algumas delas têm mais de uma resposta possível. Explique seu raciocínio em cada caso.

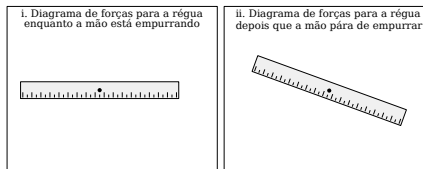
- (i) $\vec{\alpha} = 0$ e $\vec{a}_R = 0$;
- (ii) $\vec{\alpha} = 0$ e $\vec{a}_R \neq 0$;
- (iii) $\vec{\alpha} \neq 0$ e $\vec{a}_R \neq 0$;

(b) A equação vetorial $\vec{\alpha} = \vec{a}_R/r$ está errada.

- (i) Explique porque;
- (ii) A equação *escalar* $\alpha = a_R/r$ está correta? Explique sua resposta.

4.2 Dinâmica de Corpos Rígidos

1. Uma régua está inicialmente em repouso na horizontal quando um estudante exerce uma força de curta duração para baixo em uma de suas extremidades. O módulo da força exercida pelo estudante é menor que o peso da régua. Suponha que o atrito entre a régua e o eixo de sustentação seja desprezível.



(a) Descreva o movimento *rotacional* da régua:

- (i) Durante o tempo de duração da força do estudante;
- (ii) Em um instante posterior ao momento em que cessa a força do estudante.

Descreva o movimento *translacional* da régua (isto é, o movimento de seu centro de massa):

- (i) Durante o tempo de duração da força do estudante;
- (ii) Em um instante posterior ao momento em que cessa a força do estudante.

(b) Desenhe um diagrama de corpo livre para objeto extenso para a régua num instante:

- (i) Durante o tempo de duração da força do estudante;

(ii) posterior ao momento em que cessa a força do estudante.

(c) Coloque todas as forças de seus diagramas em ordem decrescente de módulo.

(d) A rotação da régua em torno do eixo se dá *no sentido horário, no sentido anti-horário* ou *a régua não está girando* em cada um dos dois instantes mostrados? Explique seu raciocínio.

Quais as forças de seus diagramas de corpo livre que produzem torque nulo? Porque?

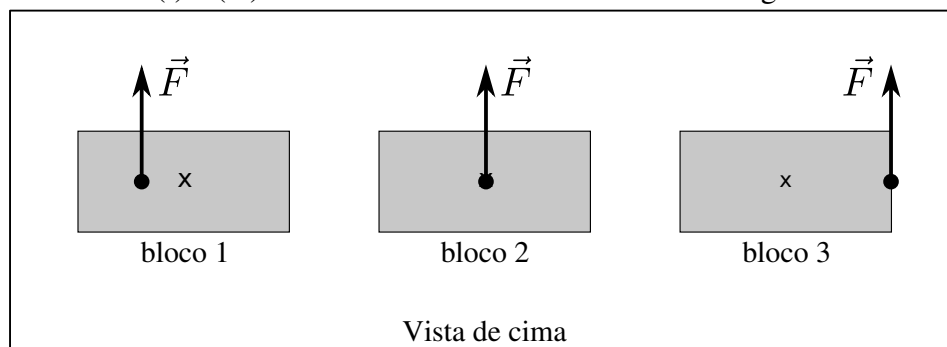
(e) Indique a direção e sentido da força resultante sobre a régua em cada dos dois instante mencionados no item (b). Se esta resultante for nula, enuncie isto explicitamente. Explique seu raciocínio.

Liste todas as forças em cada um de seus diagramas de corpo livre que devem ser somadas para se obter a força resultante. Explique seu raciocínio.

(f) Sua descrição do movimento da régua feita no item (a) é consistente com as respostas dadas aos itens (d) e (e)? Explique seu raciocínio.

2. Três paralelepípedos idênticos estão em repouso na horizontal sobre um rinque de patinação de atrito desprezível. Forças idênticas em módulo, direção e sentido são exercidas sobre os três paralelepípedos. Cada força é exercida num ponto diferente do paralelepípedo, como mostra o diagrama da situação vista de cima. (Os "X" do diagrama indicam a localização do centro de massa do paralelepípedo.)

(a) Os itens de (i) a (iv) se referem ao instante mostrado no diagrama abaixo.



(i) Para cada paralelepípedo, diga se sua *aceleração angular* será *no sentido horário, no sentido anti-horário*, ou *será nula*. Explique seu raciocínio.

(ii) Ponha em ordem decrescente de módulo as acelerações angulares dos paralelepípedos ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$). Explique seu raciocínio.

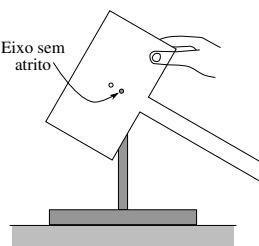
(iii) No diagrama desta questão, desenhe um vetor para cada paralelepípedo que indique a direção e sentido da aceleração de seu centro de massa (a_{CM}). Se $a_{CM} = 0$ para alguma dos três, enuncie isto explicitamente. Explique seu raciocínio.

(iv) Ponha em ordem decrescente de módulo as acelerações dos centros de massa dos paralelepípedos (a_{CM1} , a_{CM2} , a_{CM3}). Explique seu raciocínio.

(b) Suponha que cada uma das forças mostradas no diagrama é exercida durante o mesmo intervalo de tempo Δt . Compare os *módulos* das *velocidades angulares* dos paralelepípedos ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$) ao final do intervalo de tempo Δt . Se $\omega_i = 0$ para algum dos tres paralelepípedos, enuncie isto explicitamente. Explique seu raciocínio.

4.3 Equilíbrio de Corpos Rígidos

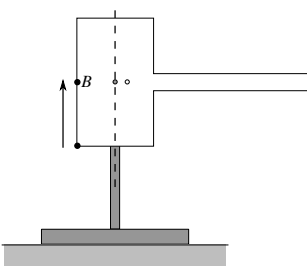
1. Relembre que na parte C da atividade 4.3 Uma placa de madeira em formato de T foi suspensa por um eixo passando pelo seu centro de massa e segura com sua haste inclinada como mostrado. Você observou que a placa permaneceu em repouso depois de abandonada.



(a) O que é que esta observação implica a respeito do torque resultante em relação ao eixo? Porque?

(b) Desenhe um diagrama de corpo livre para objeto extenso para a placa na situação a partir da qual foi abandonada. O ponto no qual você desenhou a força gravitacional sendo aplicada é consistente com sua resposta sobre o torque resultante em relação ao eixo? Porque?

2. Suponha que a placa de madeira e o pedaço de massa de modelar estejam em equilíbrio, como na segunda parte da atividade 4.3. Imagine agora que a massa de modelar seja deslocada para uma posição mais próxima do eixo, representada no diagrama pelo ponto B. Considere desprezível o atrito.

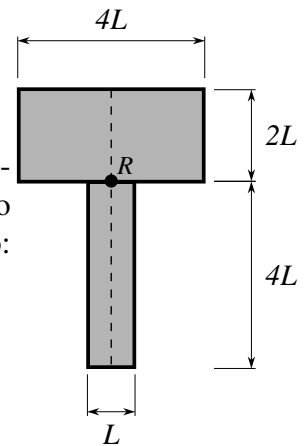


(a) A placa vai permanecer em repouso neste caso? Porque?

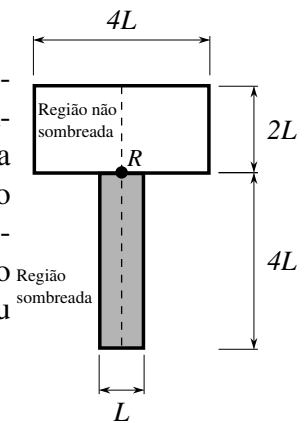
(b) Marque na figura acima a localização aproximada do centro de massa do sistema composto pela massa de modelar no ponto B e pela placa de madeira com um "X". Explique seu raciocínio.

(c) A massa deste último sistema que está à esquerda da linha tracejada é *maior que, menor que, ou igual a* a massa que está à direita desta linha? Porque?

3. (a) Uma placa em forma de T tem espessura e densidade uniformes. O seu centro de massa está localizado *acima*, *abaixo*, ou *sobre* o ponto R? Porque? (Cuidado: esta placa *não é igual* à usada na atividade 4.3).



(b) Uma *outra* placa em forma de T de espessura uniforme é composta por dois materiais diferentes, designados aqui pelas regiões sombreada ou branca do diagrama da direita. A densidade *de cada pedaço* é uniforme ao longo do volume que ocupa. A densidade do material sombreado é o dobro da densidade do material branco. O centro de massa desta placa está localizado *acima*, *abaixo*, ou *sobre* o ponto R? Porque?



Parte 5

Sistemas de Muitas Partículas

5.1 Pressão em um líquido

1. Um tubo em U cheio de água tem uma de suas extremidades fechada por uma rolha. O tubo tem cerca de 1 metro de altura. Quando retiramos um pouco de água da extremidade aberta, o nível da água na extremidade fechada não se altera.

(a) Qual a pressão no ponto F antes da água ser removida?

Com base em sua resposta, diga se a rolha exerce ou não uma força sobre a superfície da água com a qual está em contato.

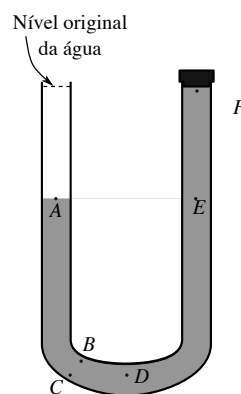
(b) Continuamos a retirar água da extremidade aberta até que o nível no ramo da esquerda alcance o ponto A. Durante este processo, a pressão no ponto A *aumenta*, *diminui*, ou *permanece a mesma*? Porque?

Baseie-se nesta última resposta para decidir se a pressão no ponto D *aumenta*, *diminui*, ou *permanece a mesma* durante este processo de esvaziamento. Explique seu raciocínio. Se você acha que a pressão em D se altera, compare a mudança de pressão sofrida no ponto A com a mudança de pressão sofrida no ponto D.

Ao longo deste mesmo processo, as pressões nos pontos E e F *aumentam*, *diminuem*, ou *permanecem as mesmas*? Como se comparam as mudanças de pressão nestes pontos com a mudança de pressão no ponto A?

E o que você pode dizer sobre a força exercida pela rolha sobre a superfície da água no ramo da direita, ela *aumenta*, *diminui*, ou *permanece a mesma*? Porque?

(c) Suponha que o ponto F esteja $0,5m$ acima do ponto E. Determine a pressão no ponto F na situação mostrada na figura. (Sugestão: Qual a pressão no ponto E?) A densidade da água é $\rho = 1000kg/m^3$, $g \approx 10m/s^2$, e a pressão atmosférica é $P_0 = 1,01 \times 10^5 N/m^2$.

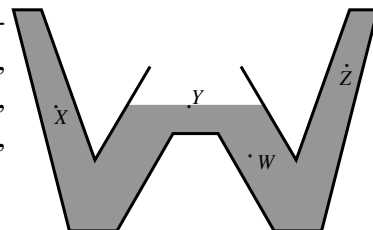


(d) Suponha agora que o tubo tenha uma altura bem maior que $1,0m$. Calcule a que distância acima do ponto E a pressão da água será nula. (Isto é, encontre a altura da coluna de água acima do ponto E).

(e) Use suas respostas ao itens anteriores e a definição de pressão para explicar porque o nível da água na coluna da direita permanece no ponto F quando o tubo em U tem $1,0m$ de altura.

2. Um tubo de vidro com a forma de um W contém água, como mostrado na figura ao lado. O ponto X está na mesma altura que a superfície livre da água na região central do tubo. Para cada um dos pontos nomeados abaixo, determine se a pressão no ponto é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a pressão atmosférica. Explique, em cada caso, seu raciocínio.

- ponto W
- ponto X
- ponto Y

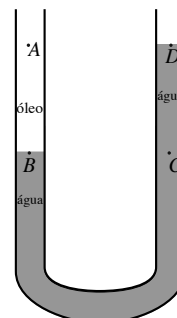


3. Um tubo em U está parcialmente cheio de água. Vertemos então óleo sobre a superfície da água em uma das colunas. O nível final da água nas duas colunas é mostrado na figura ao lado. A superfície do óleo não está sendo mostrada. Os pontos A e D estão no mesmo nível; os pontos B e C também.

(a) A pressão no ponto B é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a pressão no ponto C? Porque?

(b) A pressão na superfície superior do óleo será *maior que*, *menor que*, ou *igual a* pressão no ponto D? (Sugestão: Qual é a pressão no ponto D?)

(c) Baseado nas suas respostas aos itens (a) e (b), diga se a superfície superior do óleo estará *acima*, *abaixo*, ou *no mesmo nível* que a superfície superior da água. Verifique se sua resposta a esta pergunta é consistente com a equação $P = P_0 + \rho gh$. Explique seu raciocínio.

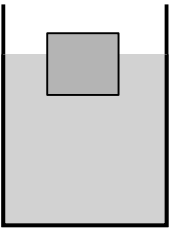
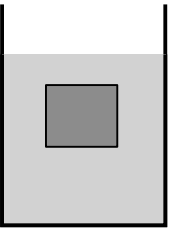
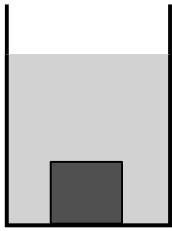


5.2 Empuxo

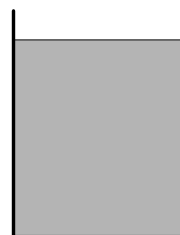
1. Tres objetos estão em repouso no interior de 3 vasilhas de água como mostrado abaixo.

(a) Compare, em cada um dos tres casos mostrados, a massa M , volume V e densidade ρ dos objetos com a massa M_d , volume V_d e densidade ρ_d da água que

deslocaram. Explique seu raciocínio.

<p>objeto 1: flutua na superfície</p> 	<p>objeto 2: flutua como mostrado</p> 	<p>objeto 3: afunda</p> 
$m_1 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} m_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	$m_2 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} m_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	$m_3 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} m_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$
$V_1 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} V_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	$V_2 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} V_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	$V_3 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} V_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$
<p>Baseado nas respostas acima,</p> $\rho_1 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} \rho_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	<p>Baseado nas respostas acima,</p> $\rho_2 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} \rho_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$	<p>Baseado nas respostas acima,</p> $\rho_3 \begin{pmatrix} > \\ < \\ = \end{pmatrix} \rho_{liq.dest.}? \text{ Explique.}$

(b) O objeto 2 é abandonado no centro de um vaso cilíndrico cheio de óleo a partir do repouso. A densidade do óleo é um pouco menor que a da água. Represente na figura a posição final de equilíbrio do bloco 2. Explique seu raciocínio.



(c) Com base nas suas respostas aos itens anteriores, em que condições um objeto abandonado em repouso quando completamente imerso em um líquido incompressível continuará em repouso?

(d) Generalize suas respostas acima de modo a responder às seguintes questões:

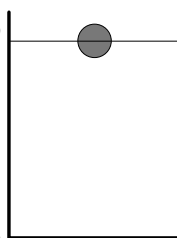
Como deve ser a densidade de um fluido comparada à densidade de um objeto que

(i) flutua no fluido?

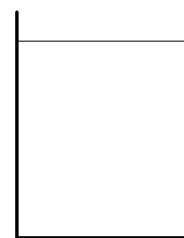
(ii) afunda no fluido?

Porque?

2. Uma esfera sólida de massa m flutua sobre a água contida em um recipiente cilíndrico como mostrado abaixo. Uma segunda esfera do mesmo material mas de massa $2m$ é colocada em um segundo recipiente cheio de água idêntico ao primeiro. Represente a posição final da segunda esfera, depois de alcançado o equilíbrio.



Esfera de massa m



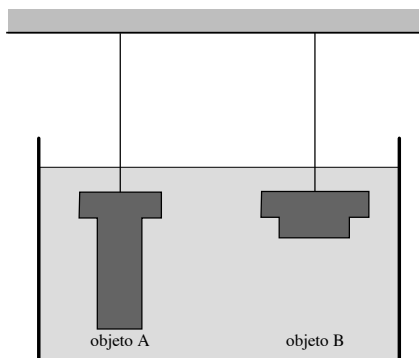
Esfera de massa $2m$

(a) Nesta posição final, quem é maior, o empuxo sofrido pela esfera ou seu peso? Como você pode garantir?

(b) Quem é maior, o volume de água deslocado pela primeira ou o deslocado pela segunda esfera?

(c) Suas respostas são consistentes com o princípio de Arquimedes? Explique.

3. Dois objetos de mesmas massa e volume mas de formatos diferentes são suspensos por barbantes enquanto mergulhados em um tanque de água, como mostra a figura.



Considere a seguinte discussão entre tres estudantes:

Estudante 1: *"Os dois objetos têm o mesmo volume, por isso ambos sofrem empuxos idênticos. Logo, as tensões nos dois barbantes são iguais."*

Estudante 2: *"Não, isto não pode ser verdade. A base do objeto A está mais fundo, onde a pressão é maior. Portanto, o empuxo sobre o objeto A deve ser maior e a tensão no barbante que o sustenta deve ser menor."*

Estudante 3: *"Eu concordo com quase tudo que o estudante 1 disse. O empuxo sobre os dois objetos é o mesmo. No entanto, você esqueceu da força exercida sobre o topo dos objetos pela água acima deles. Esta última força é maior sobre o objeto B porque ele tem uma área maior no topo, e por isso a tensão no barbante que sustenta o objeto B deve ser maior."*

(a) Você concorda com o estudante 1? Porque? Se ele estiver errado, modifica sua afirmativa para torná-la correta.

(b) Você concorda com o estudante 2? Porque? Se ele estiver errado, modifica sua afirmativa para torná-la correta.

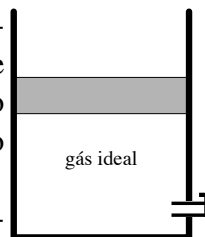
(c) Você concorda com o estudante 3? Porque? Se ele estiver errado, modifica sua afirmativa para torná-la correta.

(b) No instante em que o disco 1 cruzar a segunda linha tracejada, o módulo de seu momento linear será *maior que*, *menor que*, ou *igual* ao módulo do momento linear da disco 2 neste mesmo instante? Porque?

5.3 A Lei dos Gases Ideais

1. (a) Um cilindro com uma válvula em sua base está cheio de um gás ideal. A válvula é então aberta e parte do gás escapa lentamente. Depois, a válvula é fechada, depois do que observa-se que o pistão se encontra numa posição mais baixa que no começo do processo. Suponha que o sistema esteja em equilíbrio térmico com o ambiente durante todo o processo.

A pressão final do gás é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a pressão inicial? Porque?



Explique porque sua resposta é consistente com as forças que agem sobre o pistão nos estados inicial e final.

(b) Neste processo, quais das quantidades P , V , n e T são mantidas constantes e quais podem ter seus valores alterados?

(c) Considere a afirmação *incorreta* a seguir:

"Pela lei dos gases ideais, $P = nRT/V$, e portanto a pressão é inversamente proporcional ao volume. Se o volume diminui, a pressão tem que aumentar."

O que está incorreto nesta afirmação?

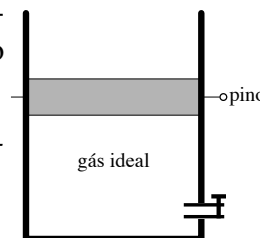
(d) Explique porque não se pode usar a lei dos gases ideais para determinar se a pressão muda ou não ao longo deste processo.

2. Um pino longo é usado para manter o pistão preso a sua posição inicial, como mostra o diagrama. O cilindro é então colocado dentro de água fervente.

(a) A temperatura do gás *aumenta*, *diminui*, ou *permanece constante*?

(b) Represente este processo num gráfico PV .

(c) Explique porque nesta situação particular não é possível determinar a pressão do gás como você fez na primeira parte da atividade 5.3, isto é, considerando um diagrama de corpo livre do pistão.



5.4 Primeira Lei da Termodinâmica

1. Em cada um dos itens abaixo, diga se existe um processo que possa ser realizado por um gás ideal que satisfaça as condições dadas. Se existir, descreva este processo e dê um exemplo da atividade 5.4, se possível. Se não existir, explique porque um tal processo não pode acontecer.

(a) Há transferência de calor, mas a temperatura do gás não se altera ($Q \neq 0$, $\Delta T = 0$).

(b) Não há transferência de calor, mas a temperatura do gás se altera ($Q = 0$, $\Delta T \neq 0$).

(c) Não há transferência de calor, mas trabalho é realizado sobre o gás ($Q = 0$, $W \neq 0$).

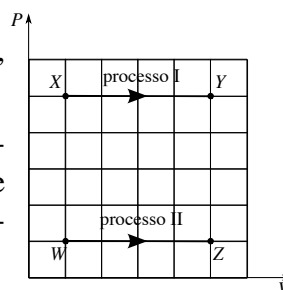
(d) Não há trabalho feito sobre o gás, mas há transferência de calor ($W = 0$, $Q \neq 0$).

2. Um mol de um gás ideal é confinado em um recipiente dotado de um pistão móvel. As questões abaixo se referem aos processos mostrados no diagrama PV à direita. O *Processo I* é uma mudança do estado X para o estado Y à pressão constante. O *Processo II* é uma mudança do estado W para o estado Z, também à pressão constante, mas diferente da primeira.

(a) Ponha os estados W, X, Y e Z em ordem decrescente de temperatura. Se dois destes têm a mesma temperatura, explicita este fato. Justifique sua resposta.

(b) Nestes dois processos, o pistão *se move para dentro*, *se move para fora*, ou *não se move*? Como você sabe?

(c) Baseado em sua resposta ao item (b) diga se as quantidades abaixo são *positivas*, *negativas*, ou *nulas*. Apoie seu raciocínio fazendo referência a uma força e a um deslocamento.



(i) O trabalho feito sobre o gás durante o Processo I (W_I)

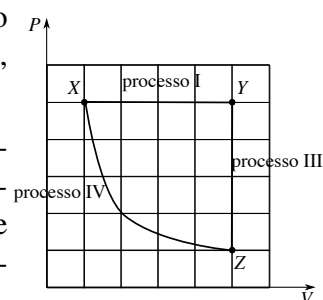
(ii) O trabalho feito sobre o gás durante o Processo II (W_{II})

(d) No Processo I, o calor transferido para o gás foi *positivo*, *negativo*, ou *nulo*? Porque?

3. O Processo I da questão 2 é agora usado juntamente com um processo a volume constante (*Processo III*) e um processo isotérmico (*Processo IV*) para formarem um processo cíclico similar àqueles usados em máquinas a vapor e geladeiras.

(a) Como se compara o deslocamento sofrido pelo pistão no Processo I com o que ele sofre no Processo IV (isto é, qual dos dois é maior)? Porque?

(b) O *valor absoluto* do trabalho feito sobre o gás no Processo I é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* o *valor absoluto* do trabalho feito sobre o gás no Processo IV? Porque (Sugestão: Como se compara a força feita pelo pistão sobre o gás no Processo I com a feita no Processo IV?)



(c) (i) Qual é a relação entre o trabalho feito sobre o gás num ciclo completo (W_{ciclo}) e os trabalhos feitos em cada processo isoladamente, W_I , W_{II} , e W_{III} ? Escreva esta relação como uma equação matemática.

(ii) Há alguma região do gráfico cuja área seja igual ao valor absoluto do trabalho feito sobre o gás num ciclo completo? Se houver, identifique esta região.

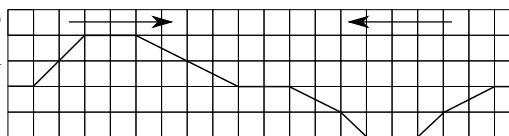
(iii) O trabalho feito sobre o gás num ciclo completo é *positivo*, *negativo*, ou *nulo*? Porque?

(d) Um estudante analisa o trabalho feito em um ciclo: "O trabalho é dado pela expressão $P\Delta V$. Como, ao fim do ciclo, o volume retorna a seu valor original, o trabalho total num processo cíclico tem que ser nulo."

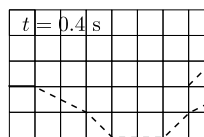
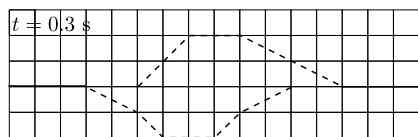
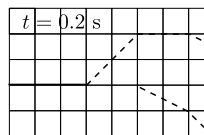
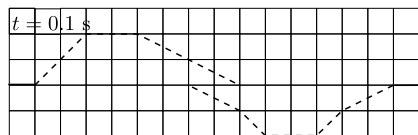
Você concorda com este estudante? Porque, ou porque não?

5.5 Superposição e reflexão de pulsos

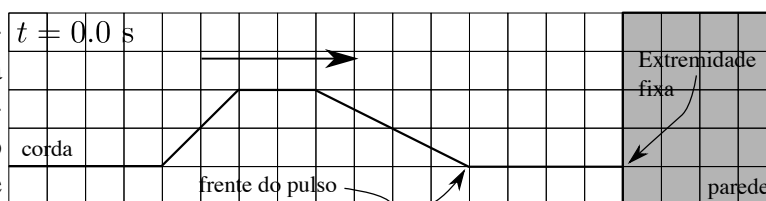
1. Dois pulsos, gerados em extremidades opostas de uma mola, se movem um em direção ao outro. Os diagramas abaixo mostram as localizações dos pulsos em quatro instantes sucessivos.



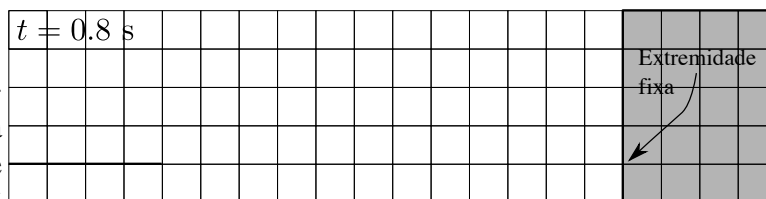
Em cada diagrama, esboce a forma que toma o pulso resultante para o instante mostrado



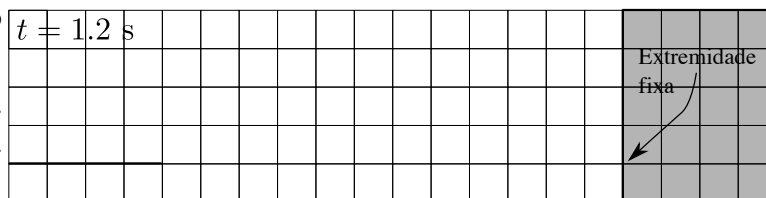
2. Um pulso se move em direção à extremidade de uma mola que está fixa a uma parede. O diagrama à direita mostra o pulso on instante $t = 0,0s$. A frente do pulso alcança a parede no instante $t = 0,4s$.



(a) No espaço ao lado, desenhe *cuidadosamente* a forma da mola nos instantes $t = 0,8s$ e $t = 1,2s$. Note que o pulso está no meio do processo de reflexão no instante $t = 0,8s$.

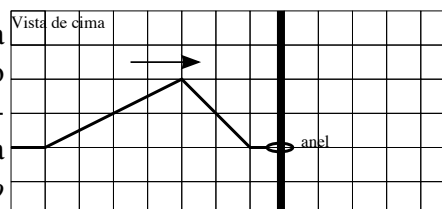


(b) Explique em detalhe os passos que você deu para determinar a forma da mola.



3. Neste problema você vai determinar quais são as condições de contorno apropriadas para a reflexão de um pulso na extremidade livre de uma corda e aplicá-las a uma situação. Diz-se que uma extremidade de uma corda é livre quando ela pode se mover em uma direção transversal à extensão da corda.

(a) Vamos começar considerando as forças exercidas sobre um anel conectado à extremidade da corda e que possa escorregar livremente ao longo de um bastão - veja o diagrama da situação descrita vista de cima. Suponha que o anel tenha *massa desprezível* e que o bastão ofereça *atrito desprezível* ao movimento do anel.



(i) Qual é a *força resultante* sobre o anel? (Dica: Considere o que acontece com a força resultante sobre um objeto quando sua massa vai a zero.) Porque?

A força resultante sobre o anel de massa desprezível depende da aceleração do anel? Porque?

Qual o *módulo* da força gravitacional exercida sobre o anel? (Lembre que sua massa é desprezível.)

(ii) A força exercida pelo bastão sobre o anel tem alguma componente que seja *paralela ao bastão*? Porque? (Dica: Lembre das suposições feitas acima.)

(iii) Faça um diagrama de corpo livre do anel no instante em que ele se encontra à maior distância de seu ponto de equilíbrio, rotulando todas as forças. (Dica: Que objetos estão *em contato* com o anel?)

Verifique se seu diagrama está consistente com as respostas dadas aos itens (i)

e (ii).

(iv) No instante mostrado em seu diagrama de corpo livre, a força exercida pela corda sobre o anel tem alguma componente que seja *paralela ao bastão*? Porque?

Sua resposta a esta pergunta seria diferente se considerássemos um instante no qual a extremidade livre da corda *não* estivesse em seu ponto de maior afastamento da posição de equilíbrio? Porque?

(v) O que suas respostas ao item (iv) sugere a respeito da forma da corda nas vizinhanças do anel? Em particular, qual dos diagramas à direita melhor representa a "inclinação" da corda no ponto onde ela se conecta com o anel?

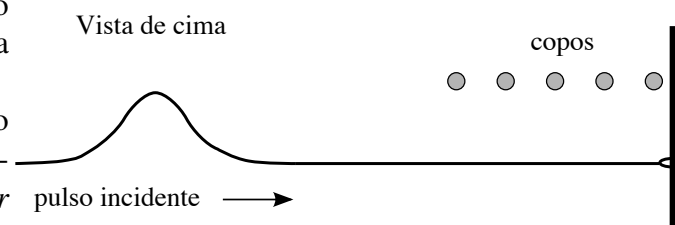
(A resposta correta a esta pergunta é precisamente a condição de contorno satisfeita pela reflexão de um pulso em uma extremidade livre.)



(b) Ao final da Atividade 5.5, você observou uma demonstração experimental do que acontece com um pulso que é refletido pela extremidade livre de uma corda (ou mola). Uma fila de copinhos de papel foi posta perto de uma corda, como mostrado no diagrama abaixo. Um pulso com uma amplitude um pouco menor que a distância entre os copinhos e a corda foi então gerado sobre a corda.

No diagrama ao lado, indique qual (quais) copinho(s) serão atingidos pela corda durante a demonstração.

Com base nesta observação, o deslocamento máximo da extremidade livre da corda foi *maior que, menor que, ou igual a* a amplitude do pulso incidente?



Com base em sua resposta acima, os pulsos incidente e refletido estavam *do mesmo lado* ou *em lados opostos* da corda? Explique seu raciocínio.

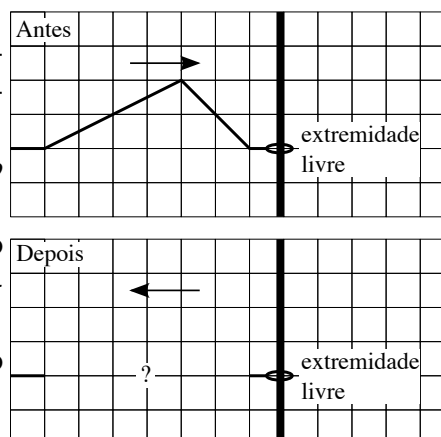
Na Atividade 5.5 nós desenvolvemos um modelo que podemos usar para prever a forma e orientação de um pulso refletido pela extremidade fixa de uma corda. Podemos desenvolver um modelo similar para a reflexão em uma extremidade livre. Neste caso, procedemos como no anterior ao imaginar que a corda se estenda para além de sua extremidade livre. Em seguida, imaginamos que enviamos um pulso em direção ao pulso incidente, de forma e a partir da posição apropriadas para que, ao passarem um pelo outro, sua superposição gere a condição de contorno que deve ser verificada numa extremidade livre.

(c) Considere um pulso incidente sobre a extremidade livre da corda como mostrado no diagrama.

(i) Os pulsos incidente e refletido estarão *do mesmo lado* ou *em lados opostos* da corda?

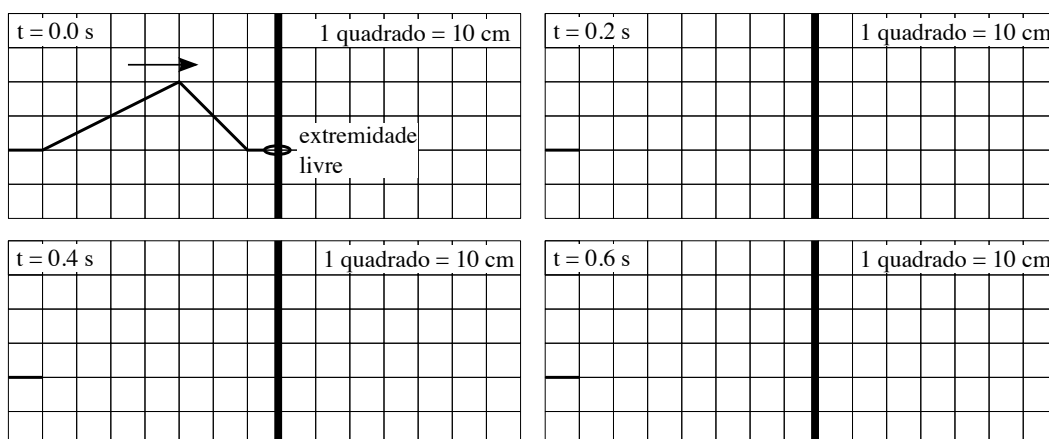
Você esperaria que os pulsos incidente e refletido tenham suas arestas de frente *iguais* ou *diferentes*? Porque?

(ii) Represente sua previsão para a forma do pulso refletido no diagrama da direita.



(d) Em $t = 0,0s$ um pulso com velocidade $1,0m/s$ incide sobre a extremidade livre de uma corda como mostrado abaixo.

(i) Preveja a forma da corda em cada um dos instantes subsequentes $t = 0,2s$, $t = 0,4s$, e $t = 0,6s$.



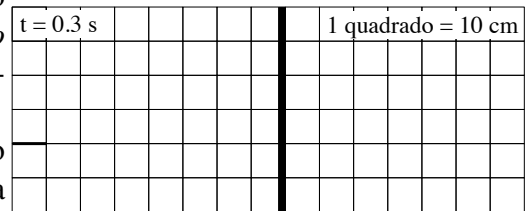
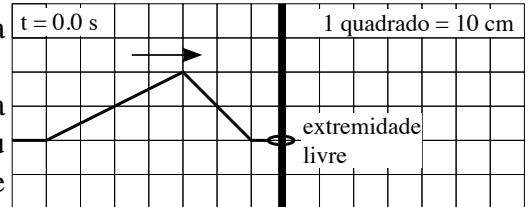
(ii) Seus diagramas estão consistentes com a condição de contorno determinada no item (a) para a extremidade livre de uma corda? Se estão, diga como podemos ver isso. Se não, reveja suas respostas ao item (c) e resolva as inconsistências.

Na Atividade 5.5, nós ilustramos a propagação de pulsos transversais usando formas idealizadas que têm cantos retos e angulosos. Apesar desta aproximação ser conveniente para a aplicação do princípio da superposição, ela pode nos levar a inconsistências quando consideramos a reflexão por uma extremidade livre de uma corda. Esta inconsistência é exibida no próximo problema.

(e) Considere outra vez a situação descrita no item (d), na qual um pulso com velocidade $1,0\text{ m/s}$ incide sobre a extremidade livre de uma corda.

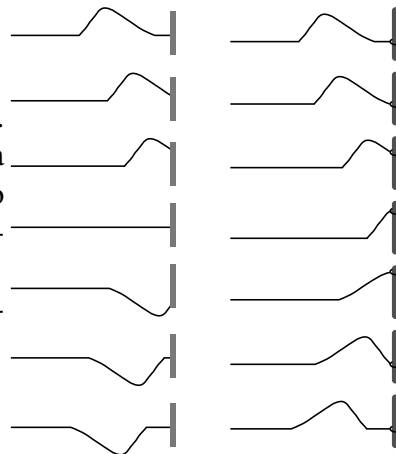
(i) Desenhe no espaço ao lado a forma da corda no instante $t = 0,3\text{ s}$, como prevista pelo seu modelo para a reflexão em extremidades livres, e mostre que o resultado da superposição do pulso incidente real com o pulso fictício do modelo *não* é consistente com a condição de contorno apropriada para este caso.

(ii) Note que o pico do pulso é desenhado como um canto anguloso na corda. De que maneira este canto nos conduz à inconsistência mencionada acima?



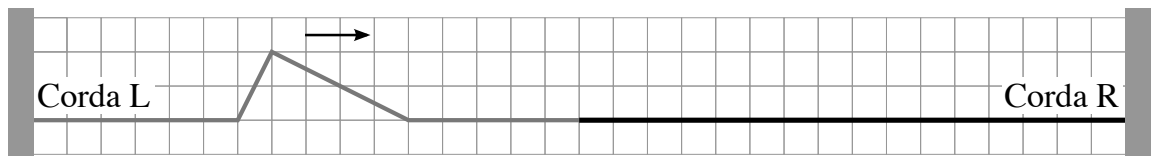
4. O diagrama à direita mostra dois pulsos. Um deles está sendo refletido por uma extremidade fixa de uma corda, enquanto o outro está sendo refletido por uma extremidade livre.

O diagrama contém vários erros. Descreva todos os que você encontrar.

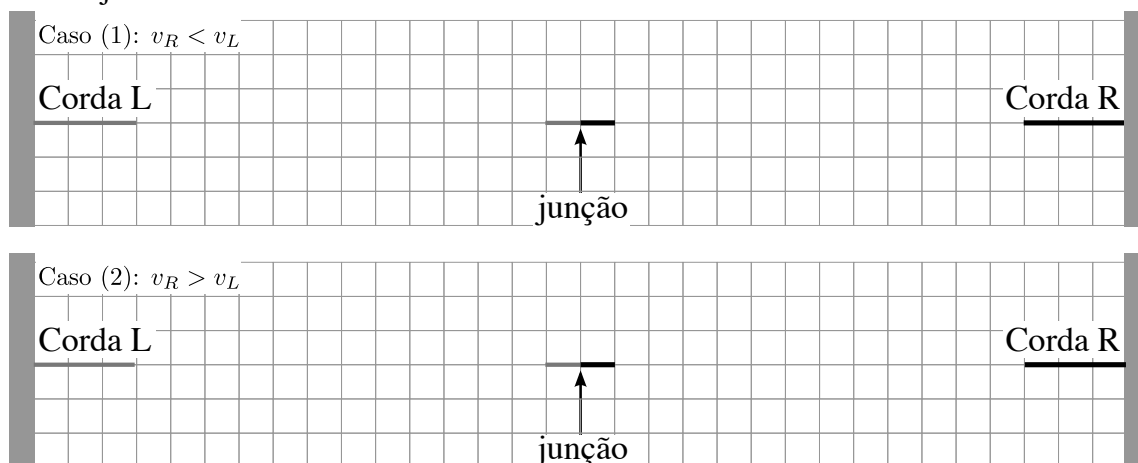


5.6 Reflexão e Transmissão

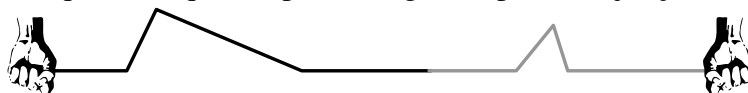
1. Um pulso se move para a direita sobre a mola L, como mostrado no primeiro diagrama abaixo. Depois de transcorrido um pequeno intervalo de tempo, veremos um pulso refletido e um pulso transmitido que se movem partindo do ponto de junção das molas em direção às paredes. Os deslocamentos transversais das molas foram exagerados no diagrama para torná-lo mais claro.



Desenhe a forma das molas antes dos pulsos transmitido e refletido alcançarem as paredes nos seguintes casos: (1) a velocidade da onda na mola R é *menor que* a velocidade da onda na mola L, e (2) a velocidade da onda na mola R é *maior que* a velocidade da onda na mola L. Preocupe-se em que seus desenhos estejam *qualitativamente* corretos; não se preocupe em fazer com que as amplitudes dos pulsos estejam corretamente desenhadas em escala.



2. O diagrama abaixo representa uma fotografia de duas molas num instante *posterior* àquele em que um pulso chegou ao ponto de junção entre elas.



(a) Indique no diagrama acima em qual das molas é *maior* a velocidade de propagação de ondas elásticas. Explique como você chegou a sua conclusão a partir do diagrama.

(b) A reflexão na fronteira entre as duas molas se parece mais com a reflexão numa extremidade fixa ou numa extremidade livre? Porque?

(c) Indique no diagrama qual dos pulsos é o *refletido* e qual é o *transmitido*. Explique seu raciocínio.

3. Cada um dos diagramas abaixo representa uma fotografia de duas molas tirada *depois* da chegada de um pulso à fronteira entre elas. A densidade linear de massa μ da mola representada por uma linha mais grossa (aquela que tem seus anéis bem apertados uns contra os outros) é maior que a da outra mola.

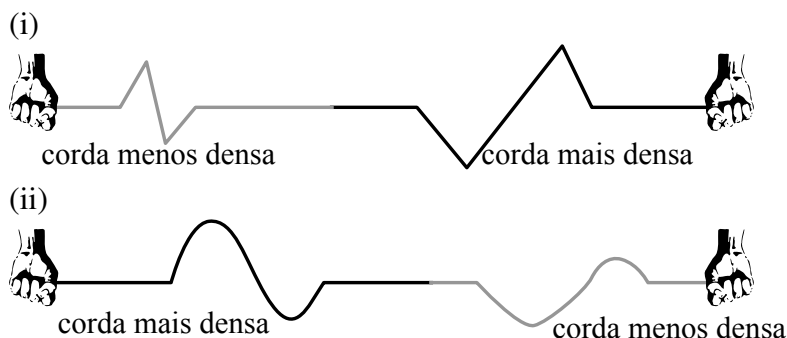
Cada um dos diagramas *pode* conter erros, isto é, pode representar uma situação impossível de acontecer com molas reais. Em cada um destes diagramas:

(a) Determine se existe algum erro. Se existir, descreva-o e passe a examinar o

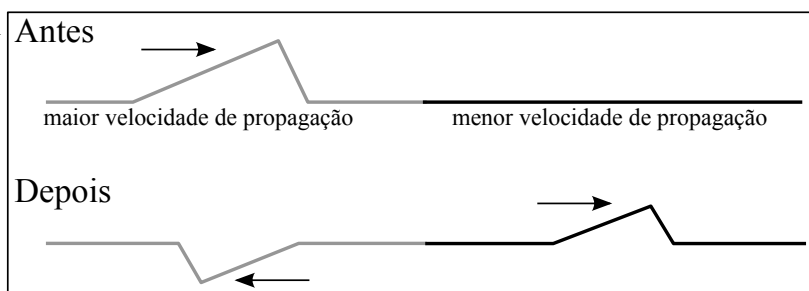
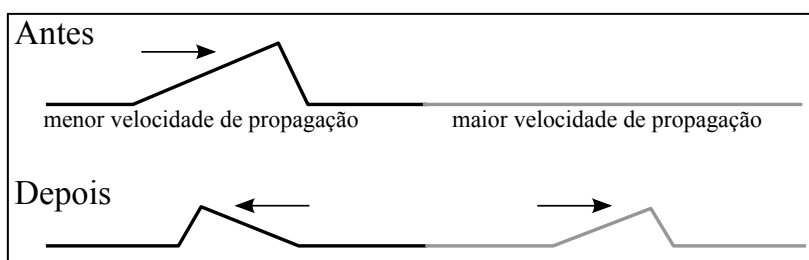
próximo diagrama. Se não existirem erros, passa para os itens (b) e (c).

(b) Faça um diagrama que indique a forma, largura e direção de movimento do pulso incidente.

(c) Determine qual dos pulsos representados é o pulso refletido e qual é o pulso transmitido.



4. A figura à direita contém vários erros. Quantos você achou? Explique sucintamente cada um deles.



5.7 Propagação e Refração de ondas periódicas

1. (a) Os termos abaixo listados são comumente usados, em conjunto com os símbolos apresentados, para caracterizar ondas periódicas. Dê uma interpretação física para cada um deles. (Por exemplo, uma interpretação física do termo *velocidade escalar*, no caso de um objeto que se move em movimento uniforme, poderia ser "a distância que o objeto percorre numa unidade de tempo". Uma interpretação inaceitável seria "A rapidez com que o objeto está se movendo".)

- período (T)

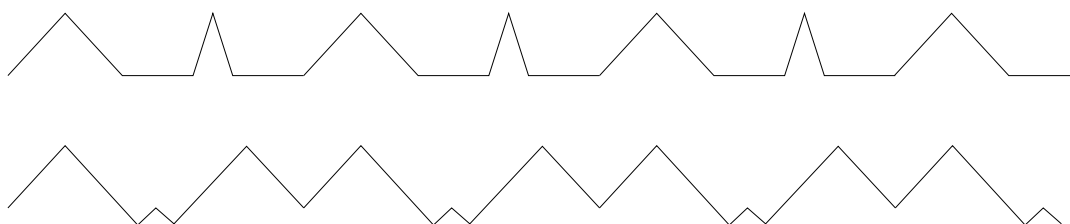
- frequência (f ou ν) (Nota: "O inverso, ou o recíproco, do período", ou " $1/T$ ", não são interpretações aceitáveis.)

- comprimento de onda (λ)

(b) Mostre que a equação da velocidade da onda, $v = \lambda f$, é uma consequência imediata da definição de velocidade de um movimento uniforme. (Dica: Relembre a interpretação dada ao termo velocidade escalar no item (a).)

(c) Explique porque T , λ e f (ou ν) não são termos que se possam aplicar à propagação de um *pulso*. (Dica: Pense na diferença entre as interpretações de λ e da largura de um pulso.)

(d) Em cada uma das funções periódicas mostradas abaixo, indique no diagrama seu comprimento de onda.



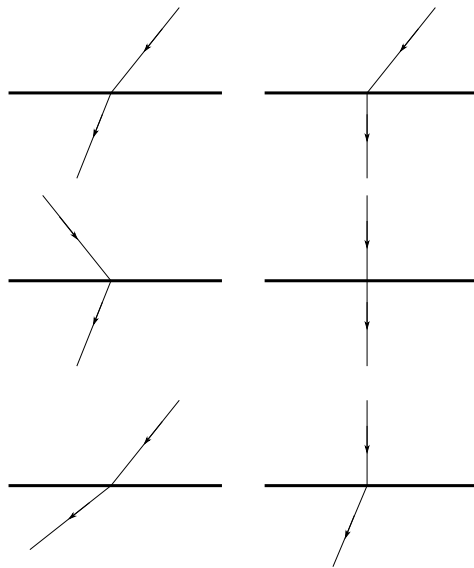
2. Examine cada um dos diagramas de raios mostrados abaixo e indique se contém algum erro.

Se um diagrama *contiver um erro*, descreva com clareza em que a situação física que ele pretende representar não é consistente com as observações que você fez durante a Atividade 5.7 (por exemplo, lá você viu que uma crista de uma onda incidente continua sendo uma crista da onda transmitida).

Se um diagrama *não contiver erro*:

- Use segmentos de reta para desenhar algumas frentes de onda incidente e transmitida que sejam consistentes com os raios e as interfaces mostradas.

- Se possível, determine em qual dos dois meios a onda se propaga com maior velocidade. Se não for possível fazer esta comparação, explique o motivo para esta impossibilidade.



3. O diagrama à direita ilustra a refração de uma onda que se propaga de um meio onde tem maior velocidade para um meio onde sua velocidade é menor.

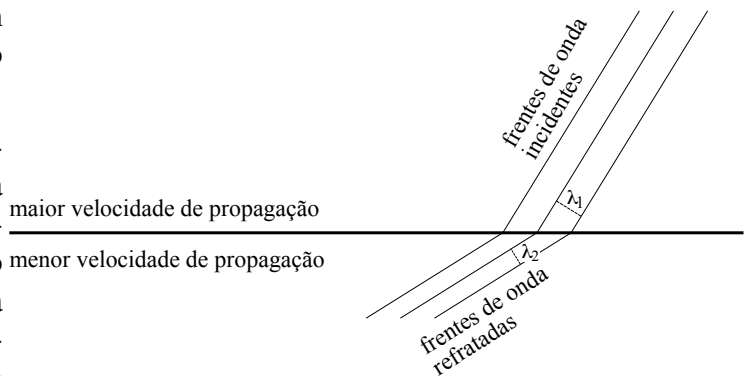
(a) Use a trigonometria para determinar a relação matemática que existe entre o ângulo de incidência (θ_1), o ângulo de refração (θ_2), o comprimento de onda da onda incidente (λ_1) e o comprimento de onda da onda refratada (λ_2). Mostre todos os passos de seu raciocínio.

(b) Começando pela equação que você acaba de obter, deduza uma fórmula matemática que relacione θ_1 , θ_2 , v_1 e v_2 , onde v_1 e v_2 são as velocidades de propagação das ondas incidente e refratada, respectivamente. Mostre todos os passos de sua dedução.

(c) Suponha que a velocidade da onda refratada seja a metade daquela da onda incidente. Determine o ângulo de refração que corresponde a cada um dos ângulos de incidência: 10° , 20° , 40° , e 80° .

O ângulo de refração dobra se o ângulo de incidência dobrar?

(d) As relações matemáticas que você deduziu nos itens (a) e (b) se aplicam também na situação em que uma onda passa de um meio onde sua velocidade de



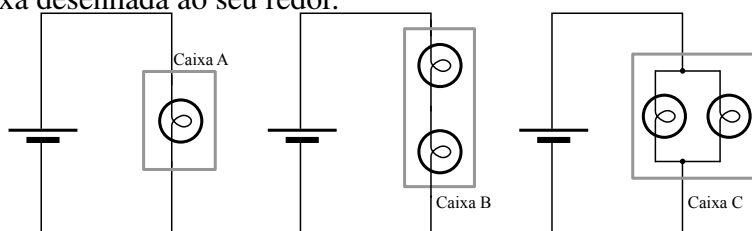
propagação é menor para outro onde sua velocidade é maior? Porque?

Parte 6

Circuitos Elétricos

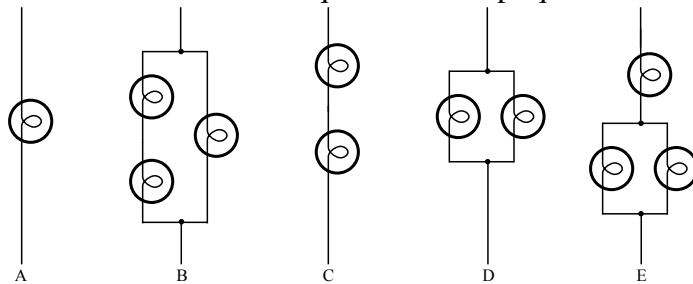
6.1 Um modelo para circuitos (1): Corrente e resistência

1. Na Atividade 6.1 você comparou o brilho das lâmpadas mostradas nos três circuitos abaixo. Nos diagramas, a malha de lâmpadas foi destacada por uma caixa desenhada ao seu redor.



Baseado em suas observações e na regra desenvolvida na Atividade 6.1 a respeito da relação entre a corrente que atravessa a bateria e a resistência total do circuito, coloque as malhas (caixas) de A a C em ordem decrescente de resistência equivalente. Explique seu raciocínio, baseado no modelo construído. (Não use equações!.)

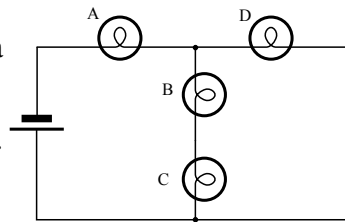
2. Use o modelo para a corrente elétrica para colocar os circuitos abaixo em ordem decrescente de resistência equivalente. Explique seu raciocínio.



6.1. UM MODELO PARA CIRCUITOS (1): CORRENTE E RESISTÊNCIA 75

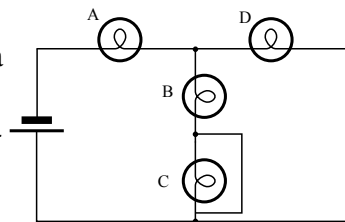
O circuito mostrado tem quatro lâmpadas idênticas e uma bateria suposta ideal.

(a) Ponha as lâmpadas em ordem decrescente de brilho. Explique seu raciocínio.



(b) Um fio é agora adicionado ao circuito, como mostra a figura ao lado.

(i) O brilho da lâmpada C *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Porque?

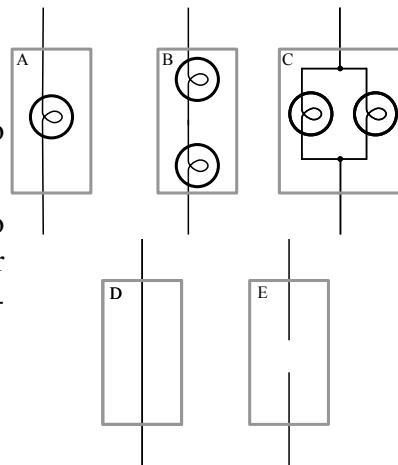


(ii) O brilho da lâmpada A *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Porque?

(iii) A corrente que atravessa a bateria *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Porque?

4. Considere as 5 configurações mostradas ao lado.

(a) Coloque-as em ordem decrescente segundo sua resistência interna. (Dica: Imagine colocar cada uma num circuito em série com uma lâmpada como referência e uma bateria.)



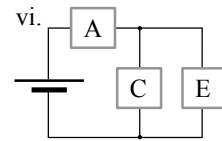
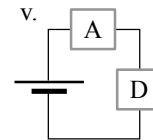
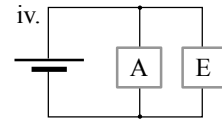
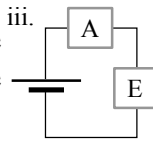
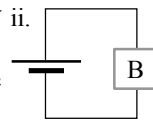
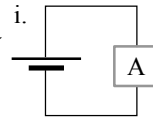
(b) Como a resistência de um circuito é afetada quando colocamos uma única lâmpada ligada *em série* com o circuito original?

(c) Como a resistência de um circuito é afetada quando colocamos uma única lâmpada ligada *em paralelo* com o circuito original?

(d) As malhas rotuladas de A a E acima são agora ligadas, uma de cada vez, a baterias idênticas, como mostrado ao lado. Use o modelo que você desenvolveu na Atividade 6.1 para:

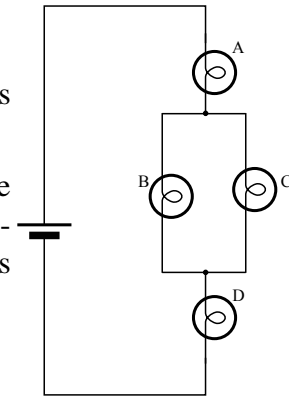
- listar os circuitos em ordem decrescente de resistência equivalente. Explique seu raciocínio.

- listar os circuitos em ordem decrescente de corrente através da bateria. Explique seu raciocínio.



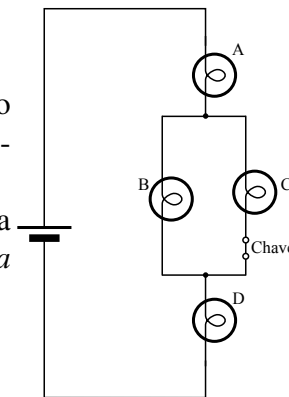
5. O circuito ao lado contém quatro lâmpadas idênticas conectadas a uma bateria ideal.

(a) Liste as lâmpadas em ordem decrescente de brilho. Se duas delas tiverem o mesmo brilho, indique isto explicitamente. Explique como você determinou a ordem dos brilhos destas lâmpadas.



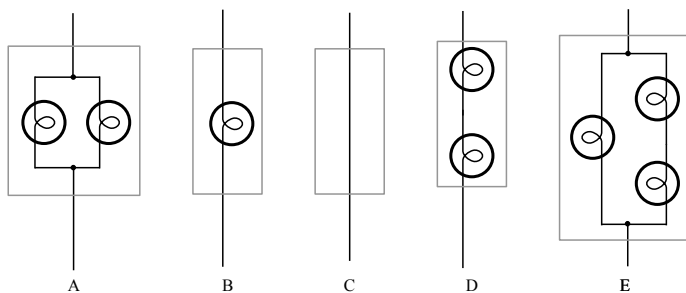
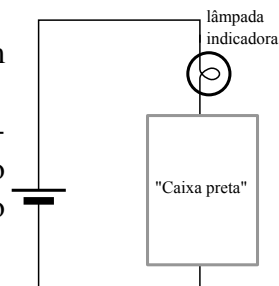
(b) Suponha agora que adicionemos um interruptor ao circuito, como mostrado ao lado. O interruptor está fechado inicialmente.

Quando o interruptor for aberto, a corrente através da lâmpada A vai *aumentar*, *diminuir*, ou *permanecer a mesma que antes*? Porque?



6.2 Um modelo para circuitos (2): Diferença de potencial

1. O circuito ao lado consiste de uma lâmpada ligada em série com uma bateria ideal e uma "caixa preta" elétrica. Abaixo estão representados alguns candidatos a preencher o papel da "caixa preta". Todas as lâmpadas são idênticas. O candidato C consiste de um simples pedaço de fio.

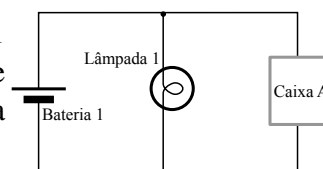


Suponha que cada um dos candidatos é colocado no circuito, um de cada vez, ocupando o lugar da "caixa preta".

- Desenhe os diagramas dos cinco circuitos, mostrando o conteúdo da caixa preta em cada caso.
- Use o modelo desenvolvido em sala para listar os circuitos ordenados pelo brilho da lâmpada de referência em cada circuito.
- Liste os candidatos em ordem decrescente de resistência equivalente. Explique seu raciocínio. (Não calcule a resistência equivalente de cada candidato, use o modelo para comparar as resistências entre si!)

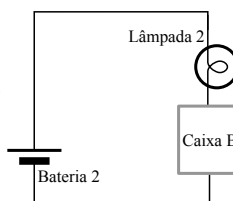
2. Neste problema, as caixas pretas A e B contêm combinações desconhecidas de lâmpadas. As lâmpadas 1 e 2 são idênticas.

(a) No circuito ao lado, a voltagem através da lâmpada 1 e a voltagem através da caixa A são idênticas. O que se pode dizer a respeito da resistência da caixa A, quando a comparamos com a resistência da lâmpada 1? Porque?



Escreva uma expressão que nos dê a tensão através da bateria (V_{bat}) em função das tensões através da caixa A (V_A) e da lâmpada 1 (V_1).

(b) No circuito ao lado, medidas mostram que as voltagens através da lâmpada 2 e da caixa B são iguais. O que se pode dizer a respeito da resistência da caixa B, quando a comparamos com a resistência da lâmpada 2? Porque?



Escreva uma expressão que nos dê a tensão através da bateria (V_{bat}) em função das tensões através da caixa B (V_B) e da lâmpada 2 (V_2).

(c) As caixas A e B são agora trocadas, colocando-se o caixa B no circuito da lâmpada 1 e vice-versa. Observa-se que o brilho da lâmpada 2 é agora maior do que era quando a caixa B estava no circuito.

(i) A resistência da caixa A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a resistência da caixa B? Porque?

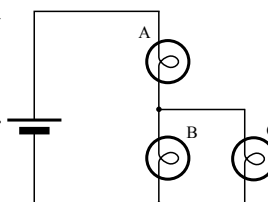
(ii) A corrente através da bateria 1 mudou? Se mudou, foi para mais ou para menos?

(iii) A corrente através da bateria 2 mudou? Se mudou, foi para mais ou para menos?

3. As lâmpadas do circuito ao lado são todas iguais e a bateria é ideal.

(a) Considere o circuito como mostrado.

(i) Ordene as lâmpadas A, B, e C em ordem do maior para o menor brilho. Explique como você determinou sua resposta.



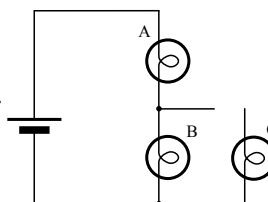
(ii) Ponha em ordem decrescente as voltagens através das lâmpadas. Explique seu raciocínio.

(iii) Escreva uma equação que relacione as voltagens através das lâmpadas A e B com a voltagem da bateria.

(iv) A voltagem através da lâmpada A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a metade da voltagem da bateria? Porque?

(b) Um estudante cortou o fio entre as lâmpadas A e C como mostrado ao lado.

(i) Ordene as lâmpadas A, B, e C em ordem do maior para o menor brilho. Explique como você determinou sua resposta.



(ii) Ponha em ordem decrescente as voltagens através das lâmpadas. Explique seu raciocínio.

(iii) Escreva uma equação que relacione as voltagens através das lâmpadas A e B com a voltagem da bateria.

(iv) A voltagem através da lâmpada A é *maior que*, *menor que*, ou *igual a* a metade da voltagem da bateria? Porque?

6.2. UM MODELO PARA CIRCUITOS (2): DIFERENÇA DE POTENCIAL 79

(c) Considere a seguinte discussão entre dois estudantes a respeito da mudança provocada no circuito quando o fio é cortado como no item (b).

Estudante 1: "Eu acho que a lâmpada B vai brilhar mais. A lâmpada B dividia a corrente com a lâmpada C antes do fio ser cortado, mas agora ela recebe toda a corrente. Por isso, o brilho da lâmpada B vai aumentar."

Estudante 2: "Eu não acho isso. Depois do fio ser cortado a corrente tem menos caminhos para percorrer, e por isso a resistência do circuito aumenta. Uma vez que a resistência aumenta, a corrente no circuito diminui. E por isso o brilho da lâmpada B vai diminuir."

(i) O estudante 1 está certo? Porque?

(ii) O estudante 2 está certo? Porque?

(iii) Use o que você aprendeu sobre a voltagem para determinar se o brilho da lâmpada B vai *aumentar*, *diminuir*, ou *permanecer o mesmo* depois do fio ser cortado. Explique seu raciocínio.

4. Todas as lâmpadas do circuito ao lado são iguais. Considere a bateria como ideal ao responder às perguntas abaixo.

(a) Liste as lâmpadas de 1 a 6 por ordem de brilho, do maior para o menor. Explique seu raciocínio.

(b) Liste as lâmpadas de 1 a 6 por ordem da queda de voltagem que provocam. Explique seu raciocínio.

(c) Escreva uma equação que relacione as quedas de voltagem nas lâmpadas 3, 5 e 6 com a voltagem da bateria.

(d) A lâmpada 1 é removida de seu suporte - veja como fica o circuito no diagrama ao lado. Comparando a situação anterior com o que acontece depois que esta lâmpada é removida:, podemos afirmar que:

(i) O brilho da lâmpada 2 *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Explique seu raciocínio.

(ii) O brilho da lâmpada 6 *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Explique seu raciocínio.

(iii) O brilho da lâmpada 3 *aumenta*, *diminui*, ou *permanece o mesmo*? Explique seu raciocínio.

