

GFI00157 - Física por Atividades

Caderno de Trabalhos de Casa

Conteúdo

1	Cinemática	3
1.1	Velocidade	3
1.2	Representações do movimento	7
1.3	Aceleração em uma Dimensão	12
1.4	Movimento em duas dimensões	17
1.5	Movimento relativo	22
2	Dinâmica	27
2.1	Forças	27
2.2	A segunda e terceira leis de Newton	30
2.3	Tensão	34

Parte 1

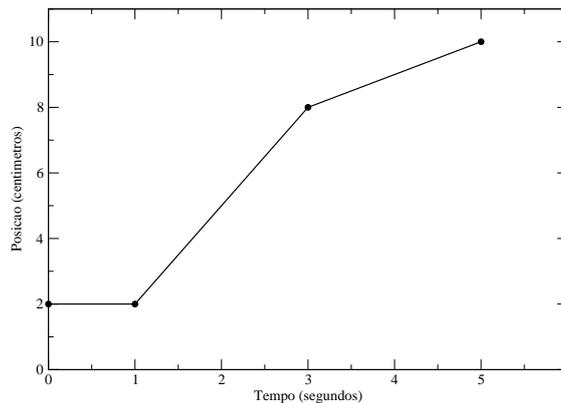
Cinemática

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) $t = 0,5$ s

(ii) $t = 2,0$ s

iii) $t = 4,0$ 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 $t = 1,0$ s (ii) entre $t = 0$ e $t = 3,0$ s (iii) entre $t = 1,0$ s e $t = 5,0$ s

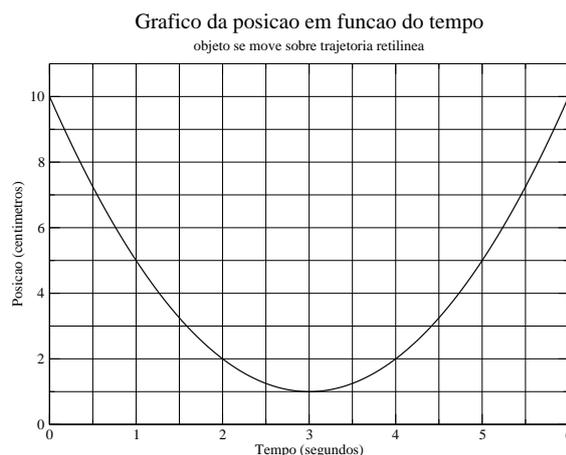
Desenhe e rotule de forma clara no gráfico acima as linhas que representariam o movimento de um objeto que se movesse com velocidade constante entre os pares de pontos do item anterior. Como se compara a inclinação de cada uma destas linhas com a velocidade média correspondente calculada no item anterior?

(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 $(v_{AB} + v_{BC})/2$?)

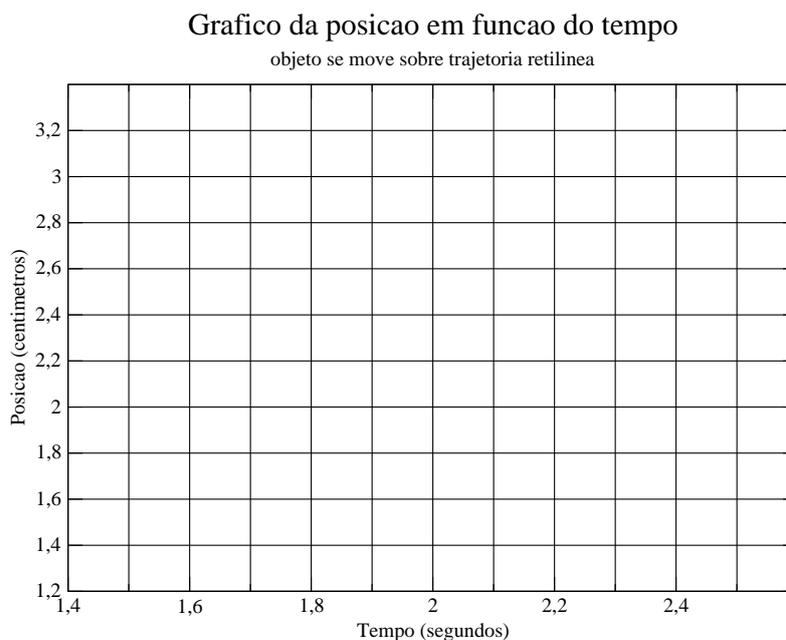
2. A figura abaixo mostra o gráfico posição x tempo do movimento de um objeto que tem velocidade variável. Vamos analisar este gráfico em detalhe na vizinhança do ponto $t = 2s$ e $x = 2cm$.

(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.

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?

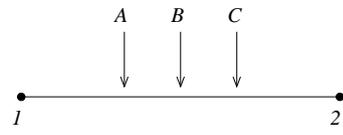
(ii) Como você pode determinar, a partir da representação gráfica do movimento em um intervalo de tempo muito pequeno, se o movimento representado no gráfico inteiro se dá com velocidade constante ou não?

(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.

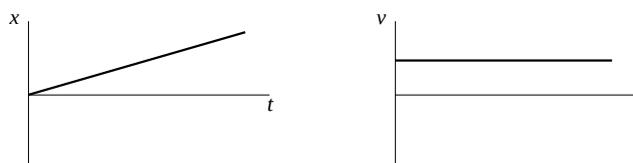
(c) Desenhe uma pista e uma bola que se move sobre esta pista da forma representada em seus gráficos do item (b). Indique em seu diagrama:

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

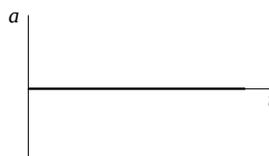
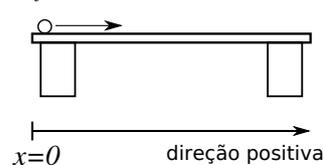
A primeira questão foi resolvida para servir de exemplo.

Velocidade constante positiva

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

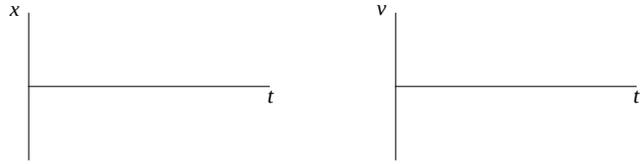


Trajetória:



Velocidade constante nula

Descrição do movimento:

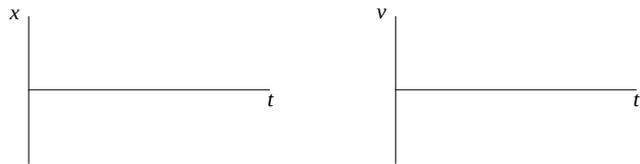


Trajetória:



Velocidade constante negativa

Descrição do movimento:

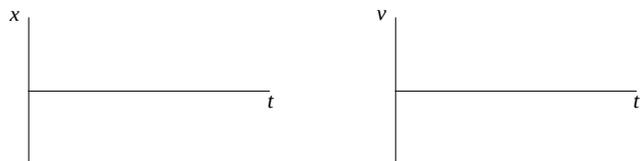


Trajetória:



Posição constante positiva

Descrição do movimento:

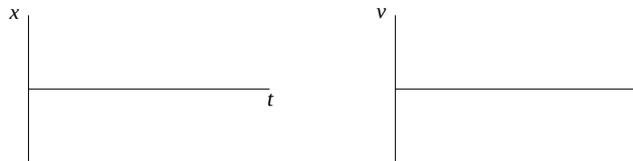


Trajetória:



Posição constante nula

Descrição do movimento:

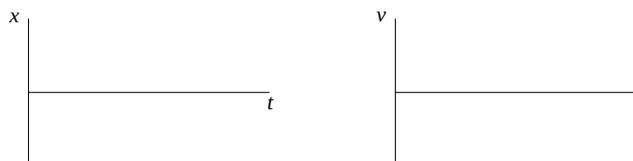


Trajetória:



Posição constante negativa

Descrição do movimento:

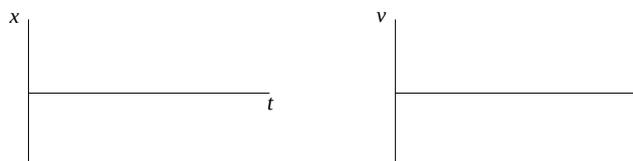


Trajetória:



Aceleração constante positiva

Descrição do movimento:

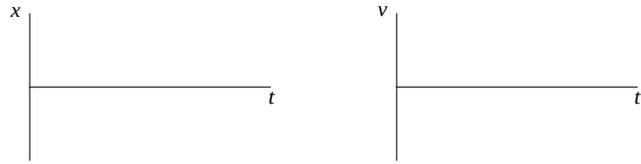


Trajetória:



Aceleração constante nula

Descrição do movimento:

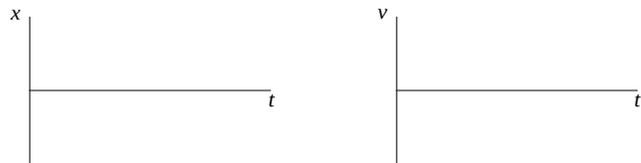


Trajetória:



Aceleração constante negativa

Descrição do movimento:



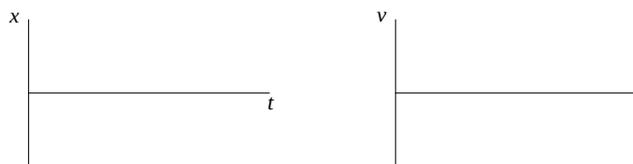
Trajetória:



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:

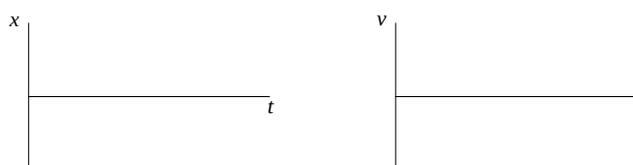


Trajetória:



Aceleração constante nula

Descrição do movimento:

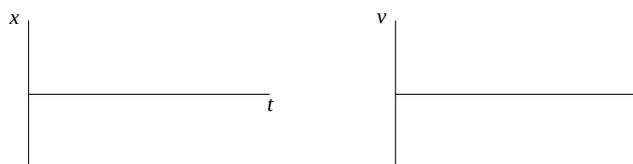


Trajetória:



Aceleração constante negativa

Descrição do movimento:

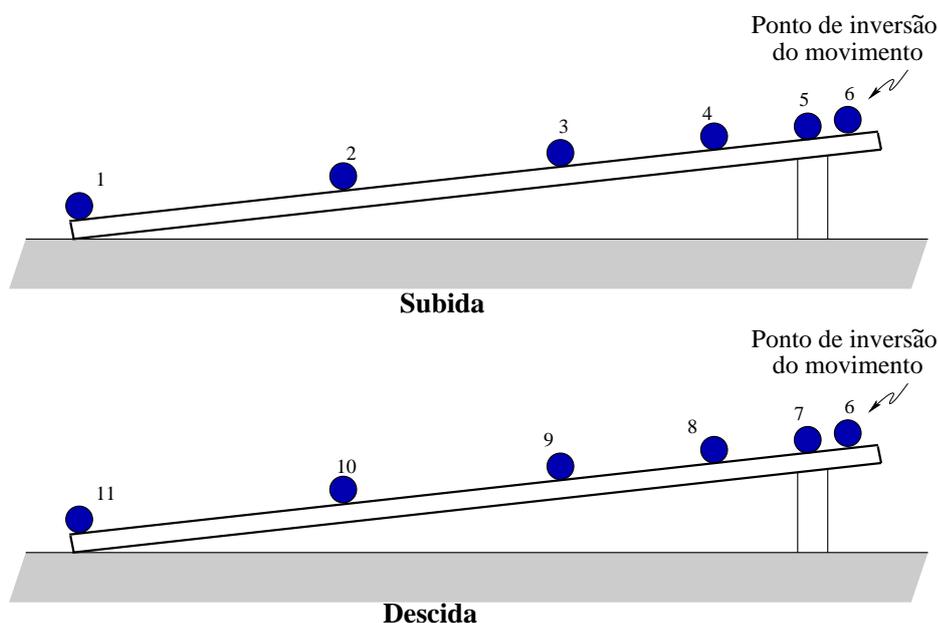


Trajetória:



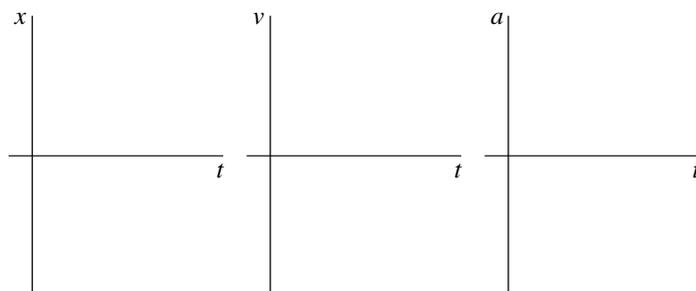
1.3 Aceleração em uma Dimensão

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),

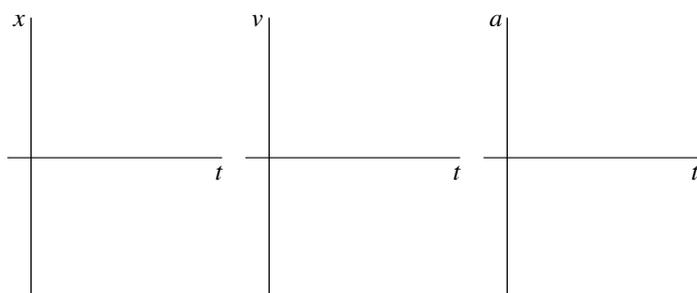


2. Represente gráficos $x \times t$, $v \times t$ e $a \times t$ para o movimento inteiro da bola que rola para cima e depois para baixo sobre a rampa.

(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.

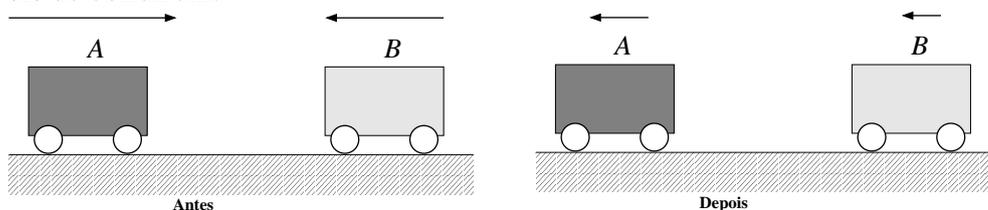


(c) Um objeto com aceleração negativa pode andar cada vez mais depressa? Se pode, descreva uma situação real onde isto poderia acontecer e mostre o sistema de coordenadas usado na descrição matemática desta situação. Se não pode, explique porque.

3. Descreva o movimento de um objeto para o qual

- a direção e sentido da aceleração sejam *os mesmos* que os de seu movimento.
- a direção e sentido da aceleração sejam *opostos* aos de seu movimento.
- a mudança de velocidade seja nula.
- 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.

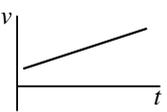
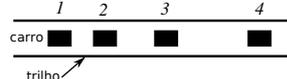
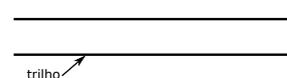
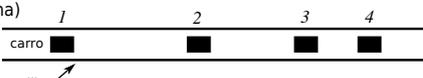
(b) Como se compara o sentido da aceleração média do carrinho A com a do carrinho B no intervalo de tempo mostrado? Explique sua resposta.

(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.

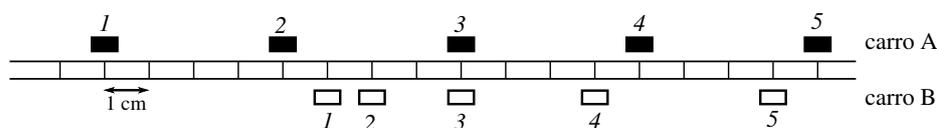
5. Neste problema, um carrinho se move de várias formas diferentes sobre uma

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: flex; align-items: center; 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: flex; align-items: center; 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: flex; align-items: center; 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 .

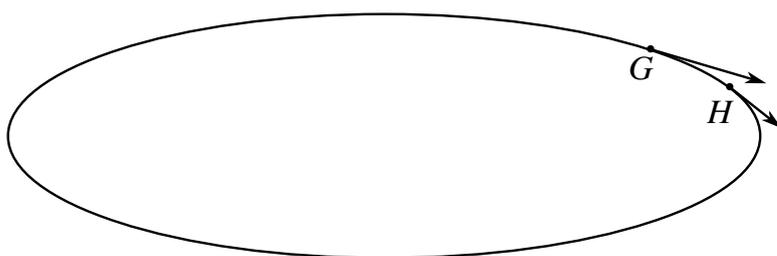
(a) Suponha que os carros P e Q se movam com velocidade constante, cada um com a sua. No instante t_0 , a velocidade instantânea do carro P é *maior que*,

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 mudar 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 lembre a atividade 1.4 para responder a seguinte pergunta:

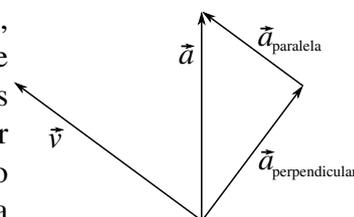
Se um objeto se move ao longo de uma trajetória curva, como o ângulo formado entre seus vetores velocidade e aceleração se comparam com o ângulo reto (isto é, este ângulo é maior que, menor que ou igual ao ângulo reto) se o objeto: (i) anda sempre com a mesma rapidez; (ii) anda cada vez mais rapidamente;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

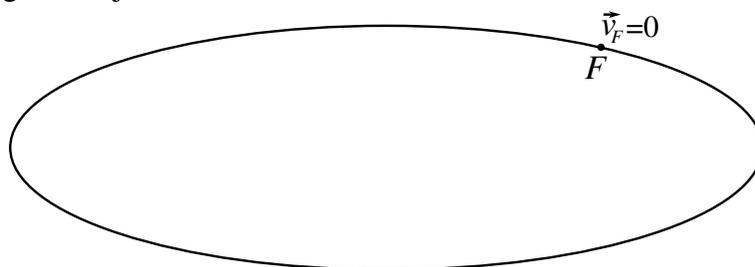


(c) Compare a descrição que voce fez no item (a) com as componentes do vetor aceleração que voce desenhou no item (b) em cada um dos instantes 1 a 4. Use o resultado desta comparação para responder às seguintes perguntas:

(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?

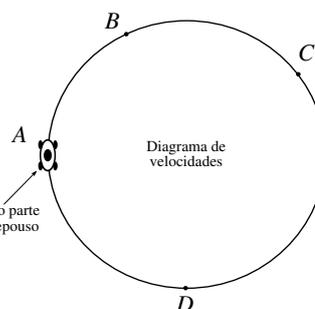
(d) As duas afirmações a seguir estão incorretas. Encontre o erro de cada uma delas e diga porque se trata de um erro.

(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."

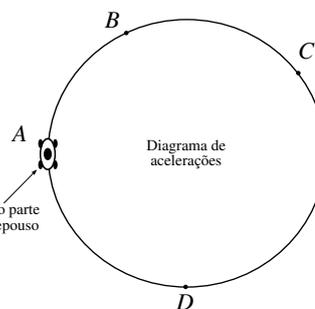
4. Um carro parte *do repouso* no ponto A e se move sobre a trajetória circular mostrada no sentido dos ponteiros do relógio cada vez mais rapidamente, com uma velocidade cujo módulo aumenta a uma taxa constante.

(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.

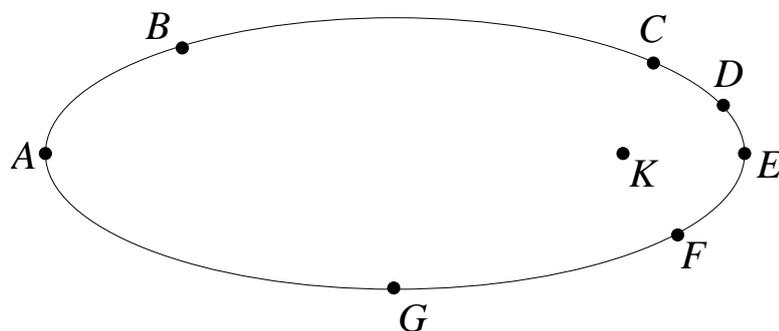
(i) O vetor aceleração no ponto A que voce desenhou agora é consistente com sua resposta à questão 3 acima? Deveria ser? Porque, ou porque não?



(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.)

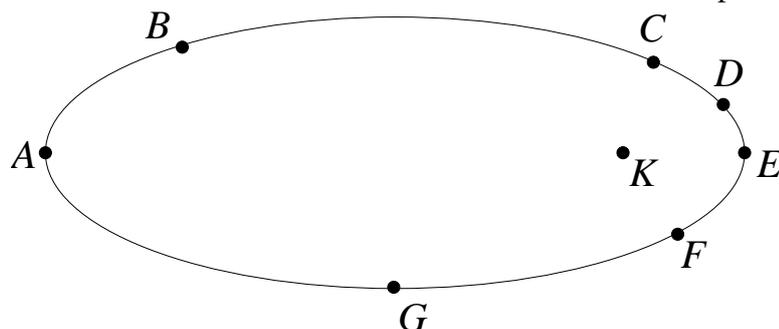
5. Um objeto se move no sentido dos ponteiros do relógio sobre a trajetória mostrada abaixo, numa vista de cima. A aceleração varia, mas aponta *sempre* para o ponto K.

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



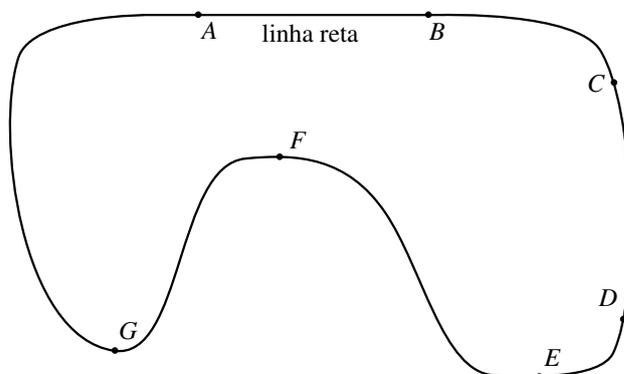
(b) Diga se o objeto está se movendo *cada vez mais rapidamente*, *cada vez mais lentamente* ou *com uma rapidez constante* em cada um dos pontos nomeados na figura.

(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).



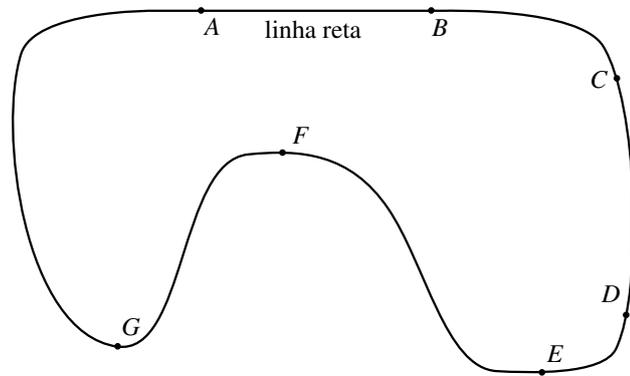
6. Um carro se move no sentido dos ponteiros do relógio sobre a pista mostrada abaixo. Partindo do repouso no ponto A, o módulo da velocidade do carro aumenta a uma taxa constante até passar pelo ponto C. Quando ele chega no ponto D, ele está se movendo com o módulo de sua velocidade constante. Ele continua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



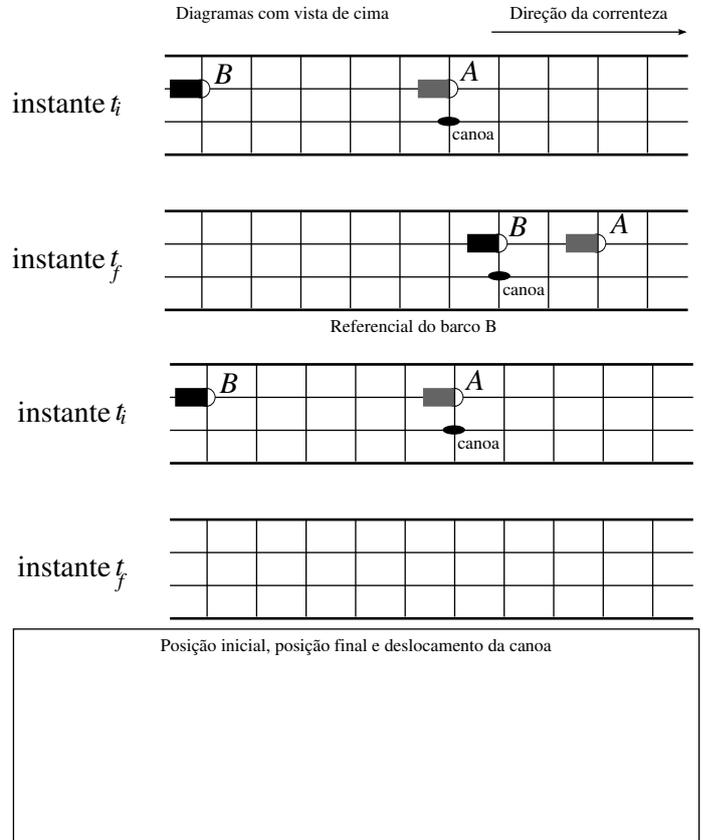
(b) Desenhe vetores que representem a aceleração do carro em cada um dos pontos nomeados na figura, de A a G. Se a aceleração for nula em algum destes pontos, escreva isto explicitamente.

(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.

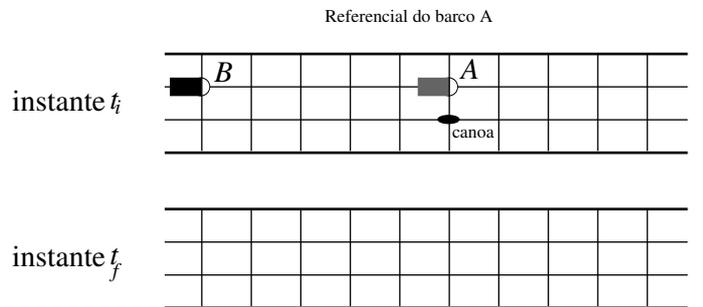


(a) A figura ao lado representa a situação vista do referencial solidário ao barco B. Complete o diagrama, desenhando o caiaque e os barcos, rotulando-os adequadamente, em suas posições como medidas no referencial do barco B no instante t_f .

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

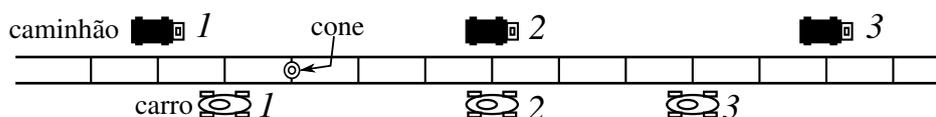
final e o deslocamento sofrido pelo caiaque neste intervalo de tempo, como medidos no referencial de A.

(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.

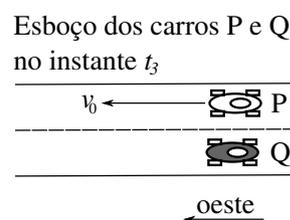
(c) A relação $\vec{v}_{\text{carro,cone}} = \vec{v}_{\text{carro,caminhao}} + \vec{v}_{\text{caminhao,cone}}$ é conhecida como a *transformação de Galileu para as velocidades*. Explique em que sentido esta relação é consistente com a que você obteve no item anterior para os deslocamentos.

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.

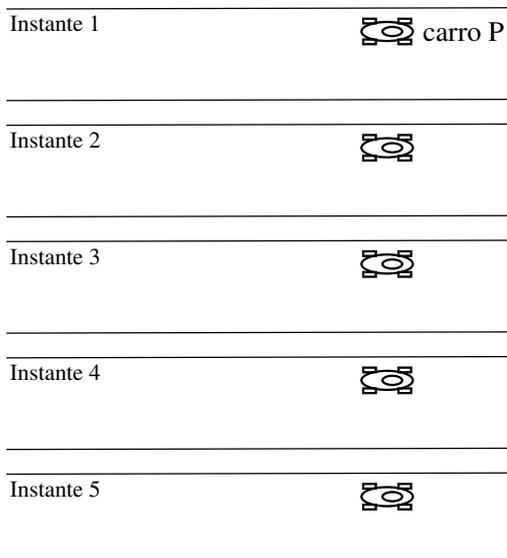
(c) Desenhe e rotule convenientemente um diagrama de vetores que ilustre a transformação de velocidades de Galileu que relaciona $\vec{v}_{P,estrada}$ com $\vec{v}_{Q,estrada}$ e $\vec{v}_{Q,P}$ no instante 3.

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.

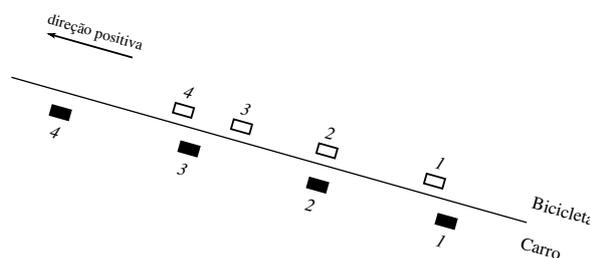
No referencial do carro P, o carro Q está se movendo *cada vez mais depressa*, *cada vez mais devagar*, ou *sempre com a mesma rapidez*? Porque?

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?

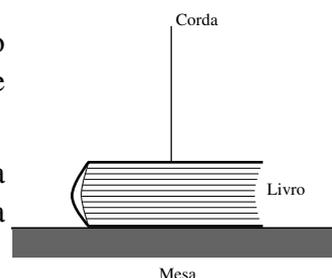
Parte 2

Dinâmica

2.1 Forças

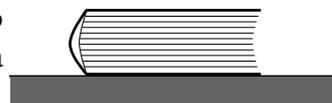
1. Um barbante preso a um livro é puxado suavemente como mostra a figura. O livro continua mantendo contato com a mesa e não se move.

(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).

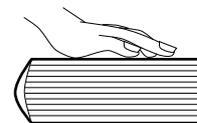
2. (a) Considere a seguinte afirmação feita por um estudante ao refletir sobre a física de um livro em repouso apoiado sobre uma mesa horizontal:



"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?

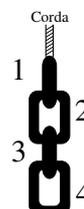
(c) Reveja sua resposta ao item (a) e releia o capítulo de seu livro texto favorito que discute a terceira lei de Newton. Em seguida, considere um livro apoiado sobre uma mesa horizontal.

- 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.

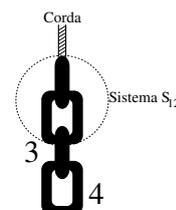


(b) Identifique todos os pares de ação e reação presentes em seus diagramas marcando os dois membros de cada par de forma igual - por exemplo, com o símbolo "x" as duas forças de um par, com o símbolo "xx" as duas de outro par, e assim por diante.

(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.

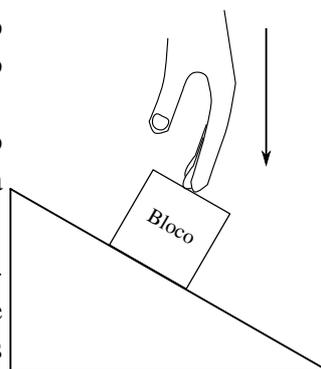
(ii) Existem por acaso forças presentes nos diagramas dos elos 1 e 2 que não apareçam no diagrama do sistema S_{12} ? Se isto acontecer, qual a característica que todas estas forças têm, mas que nenhuma das forças presentes no diagrama do sistema partilham?

(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.

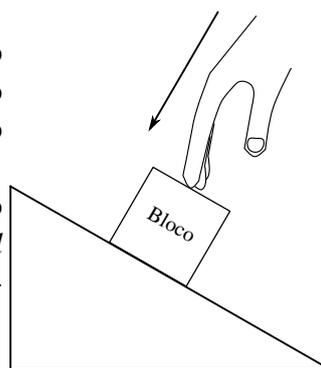
(a) Represente o diagrama de corpo livre do bloco. Rotule as forças na forma apresentada na atividade 2.1.

(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.

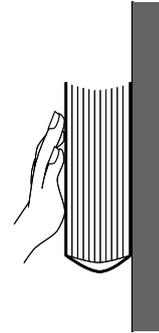
(i) O módulo da força resultante sobre o bloco nesta situação é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força resultante sobre o bloco na situação anterior? Porque?



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

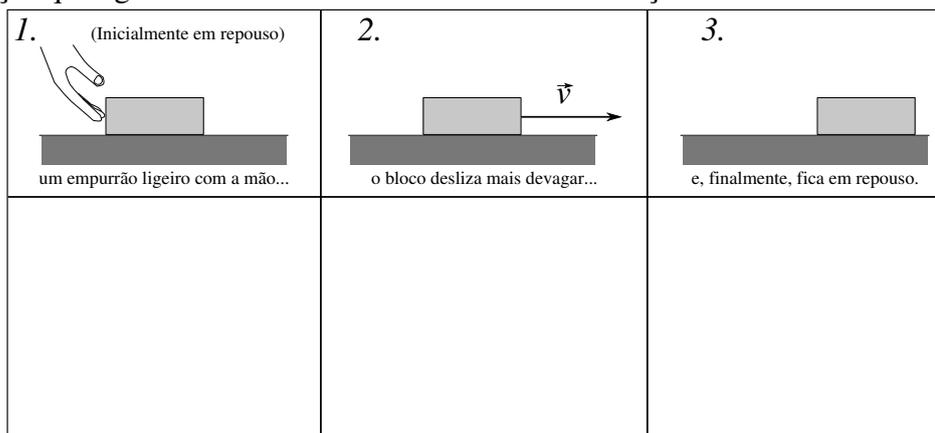
(a) Represente o diagrama de corpo livre do livro. Rotule as forças na forma apresentada na atividade 2.1.



(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.

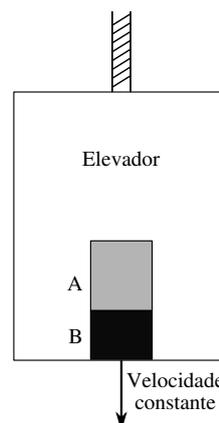
(d) Há alguma força presente no diagrama do instante 1 que não esteja presente no diagrama 3? Caso afirmativo, diga, para cada uma das forças ausentes, como você sabia que devia representá-la no diagrama 1 e não no diagrama 3.

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.

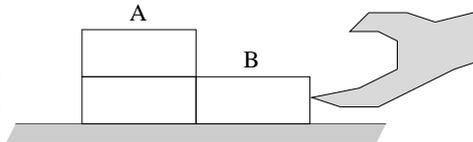
(i) Qual dos dois caixotes tem maior aceleração? Porque?

(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.

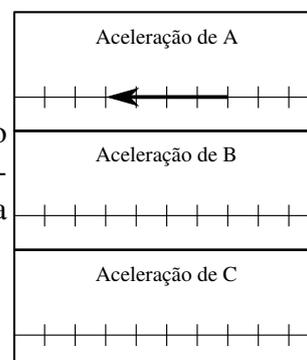
(iv) Represente com setas a direção e sentido da força resultante sobre cada um dos caixotes. Se esta for nula, afirme isso explicitamente. Justifique sua resposta. O módulo da força resultante sobre o caixote A é *maior que*, *menor que*, ou *igual* a força resultante sobre o caixote B? Porque?

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.*

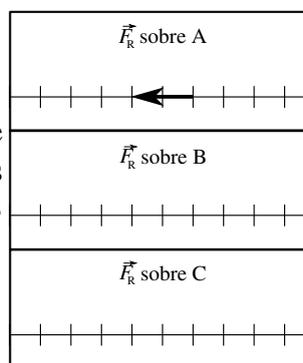


(a) Construa diagramas de corpo livre separados para cada um dos dois sistemas A e B.

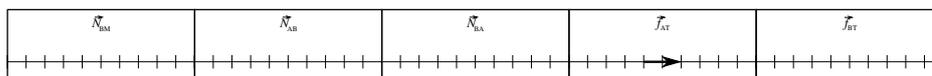
(b) É mostrado o vetor que representa a aceleração do sistema A. Desenhe na mesma escala os vetores que representam as acelerações dos sistemas B e C. Explique sua construção.



(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 diagrama do item (a). Explique sua construção.



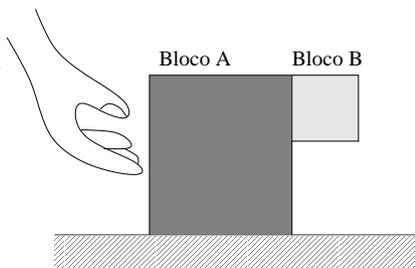
4. O quadro abaixo fornece informação sobre o movimento de um caixote em quatro situações diferentes. Em cada caso, a informação é dada sobre o movimento em uma das formas seguintes: (1) a forma algébrica da segunda lei de Newton; (2) O diagrama de corpo livre do caixote; ou (3) uma descrição por extenso 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.	$\sum F_x : T_{CR} \cos \theta - F_{CM} = -m_C a_x$ $\sum F_y : T_{CR} \sin \theta + N_{CS} - P_{CT} = 0$	Força resultante aponta	
c.		Força resultante aponta	<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 $g = 10\text{m/s}^2$.

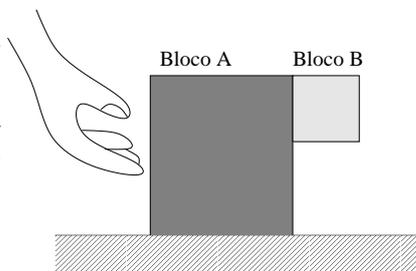
(a) Para os blocos A e B e para o sistema C: (1) Construa diagramas de corpo livre separados; (2) Identifique todos os pares de ação e reação; (3) Escreva a forma algébrica da segunda lei de Newton, separada nas componentes horizontal e vertical.

(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



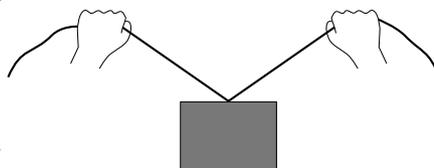
(i) Para os blocos A e B: (1) Construa (novos) diagramas de corpo livre separados; e (2) Escreva a forma algébrica da segunda lei de Newton, separada nas componentes horizontal e vertical.

(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.*

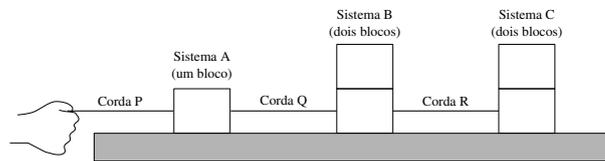
- (i) bloco se move para baixo cada vez mais rapidamente;
- (ii) bloco se move para baixo cada vez mais lentamente;
- (iii) bloco se move para cima cada vez mais rapidamente;
- (iv) bloco se move para cima cada vez mais lentamente.

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.



- Descreva o movimento de cada um dos sistemas A, B, e C.
- Desenhe vetores que representam a aceleração de cada um destes sistemas.
- Construa diagramas de corpo livre, rotulando as forças neles contidas, de cada um dos sistemas A, B, e C separadamente.
- Ponha as *forças resultantes* sobre os sistemas A, B, e C em ordem decrescente de módulo. Explique como você determinou esta ordem.
- 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.