



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

TUTORIAIS EM ATIVIDADES DE APOIO À APRENDIZAGEM EM MECÂNICA

Hugo dos Reis Detoni
Carlos Augusto Domingues Zarro
Marta Feijó Barroso

Material instrucional associado à
dissertação de mestrado de Hugo dos Reis
Detoni, apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Física da
Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2016

TUTORIAIS EM ATIVIDADES DE APOIO À APRENDIZAGEM EM MECÂNICA

Neste texto, são apresentados tutoriais desenvolvidos para aplicação em um curso para ingressantes em cursos universitários da área de Ciência e Tecnologia. O tema discutido nestes tutoriais correspondem à abordagem de Mecânica Introdutória, utilizando conceitos de cálculo.

Essas atividades foram elaboradas e utilizadas em sala de aula no ano de 2016, conforme descrito no texto da dissertação.

Apresentam-se os tutoriais elaborados para cada unidade de trabalho em sua versão final, tal como foram utilizados em sala de aula durante o primeiro semestre do ano de 2016. As unidades encontram-se numeradas de 1 a 5, e suas atividades foram enumeradas obedecendo uma ordem sequencial crescente.

Para uma melhor compreensão dos objetivos de cada atividade, aconselha-se observar as informações situadas no *Guia do Professor – Tutoriais em Atividades de Apoio à Aprendizagem em Mecânica*, onde são detalhadas as dificuldades abordadas em cada tutorial, as estratégias utilizadas em seu desenvolvimento, as eventuais respostas e/ou conclusões desejáveis por parte dos alunos, além das referências bibliográficas que sustentam seu uso.

Ao abordar cada um dos temas, não é obrigatório utilizar todos os tutoriais da unidade. A seleção das atividades que melhor se enquadram às necessidades específicas de cada turma fica a cargo do professor, que deve também o melhor momento para empregá-las.

Por fim, as listas não têm a intenção de esgotar todos as possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos em cada tema em específico. São abordadas as dificuldades que mais se fazem notar tanto nas referências bibliográficas citadas, quanto na observação do desempenho dos alunos em sala de aula (como indicado no Guia do Professor).

Tutoriais em mecânica

Unidade 1. Vetores	pág. 4
Unidade 2. Cinemática Unidimensional.....	pág. 18
Unidade 3. Cinemática Vetorial	pág. 27
Unidade 4. Dinâmica	pág. 43
Unidade 5. Trabalho e Energia	pág. 56

Unidade 1. Vetores

1 – Um avião, partindo de Salvador, voa até Teresina. Logo após segue viagem para Fortaleza. Represente no mapa a seguir os deslocamentos do avião, identificando-os da seguinte forma:

$\vec{d}_1 = \text{deslocamento Salvador} \rightarrow \text{Teresina}$

$\vec{d}_2 = \text{deslocamento Teresina} \rightarrow \text{Fortaleza}$

Represente no mesmo mapa o deslocamento resultante (\vec{d}_r); ou seja, aquele que teria o mesmo efeito que \vec{d}_1 e \vec{d}_2 combinados.

Por intuição, podemos afirmar que:

A $\vec{d}_1 = \vec{d}_2 = \vec{d}_r$

B $\vec{d}_1 - \vec{d}_2 = \vec{d}_r$

C $\vec{d}_1 + \vec{d}_2 = \vec{d}_r$

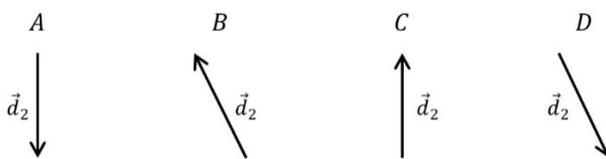
D Nenhuma das anteriores



2 – Suponha agora que o mesmo avião parte de Salvador e voa até São Luís (\vec{d}_1). No entanto, a viagem tinha como destino a cidade de Teresina (\vec{d}_r). Represente \vec{d}_1 e \vec{d}_r no mapa a seguir.



Considerando que, após pousar em São Luís, o piloto seguiu direto para seu destino, podemos afirmar que o segundo deslocamento \vec{d}_2 se deu da seguinte forma:



Nesta situação, julgue as proposições “Verdadeiras” (V) ou “Falsas” (F). Corrija as proposições falsas, justificando brevemente seu raciocínio.

A $\vec{d}_1 = \vec{d}_r + \vec{d}_2$

D $\vec{d}_r = \vec{d}_1 + \vec{d}_2$

B $\vec{d}_r = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$

E $\vec{d}_r = \vec{d}_1 - \vec{d}_2$

C $\vec{d}_2 = \vec{d}_r - \vec{d}_1$

3 – Na semana seguinte, o mesmo piloto fez o seguinte trajeto:

$$\vec{d}_1 = \text{Salvador} \rightarrow \text{Mossoró}$$

$$\vec{d}_2 = \text{Mossoró} \rightarrow \text{Fortaleza}$$

$$\vec{d}_3 = \text{Fortaleza} \rightarrow \text{Sobral}$$

$$\vec{d}_4 = \text{Sobral} \rightarrow \text{São Luís}$$

$$\vec{d}_5 = \text{São Luís} \rightarrow \text{Teresina}$$

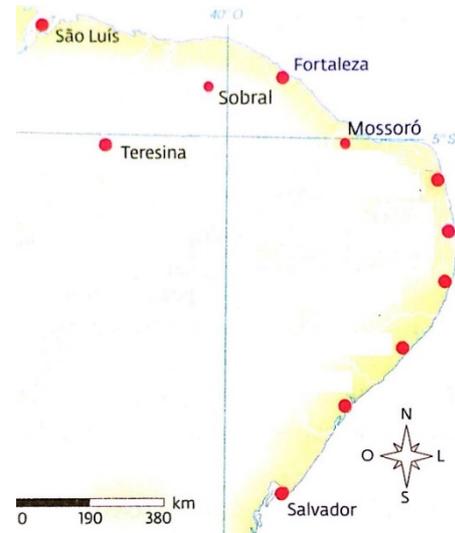
Represente no mapa a seguir os trajetos descritos.

No mesmo mapa, represente o deslocamento resultante (\vec{d}_r) do piloto.

Suponha que o piloto, após chegar em Teresina, deseje voltar a Salvador.

Represente no mapa o deslocamento (\vec{d}_6) que o piloto deverá realizar.

Tendo em vista esta nova situação, julgue as proposições “Verdadeiras” (V) ou “Falsas” (F). Corrija as proposições falsas, justificando brevemente seu raciocínio.



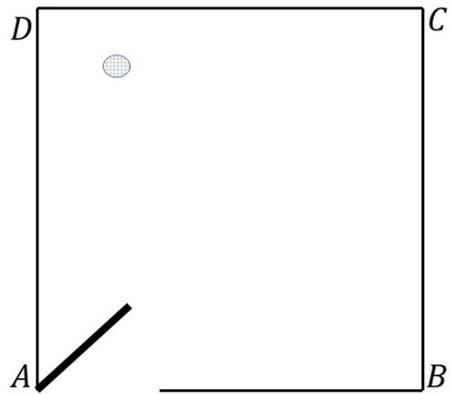
A $\vec{d}_6 = \vec{d}_r$

B $\vec{d}_6 = -\vec{d}_r$

C $\vec{d}_r = \vec{d}_1 + \vec{d}_2 + \vec{d}_3 + \vec{d}_4 + \vec{d}_5$

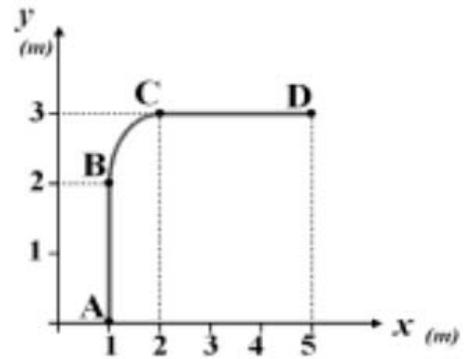
D $\vec{d}_6 = \vec{d}_1 + \vec{d}_2 + \vec{d}_3 + \vec{d}_4 + \vec{d}_5$

4 – Na figura ao lado está representada, vista do alto, uma sala quadrada de paredes com 5 metros de comprimento. Você entra na sala pela porta, em A, e anda ao longo da parede AB por 4 metros, até o ponto P, e depois paralelamente à parede BC por mais 3 metros, até o ponto Q.



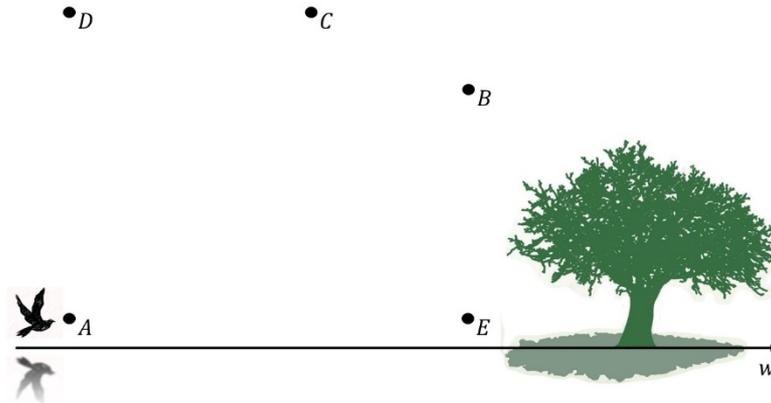
- (i) Represente graficamente estes deslocamentos, e marque na figura os pontos P e Q. Qual a distância que você percorreu? A que distância do ponto de partida você chegou?
- (ii) Estabeleça um sistema de coordenadas (x,y) com origem no ponto A, eixo x ao longo da parede AB e eixo y ao longo da parede AD. Escreva as coordenadas (x,y) dos pontos P, Q, A, B, C e D.
- (iii) Quanto vale o cosseno do ângulo que a direção AQ faz com a direção AB? E o seno deste ângulo?

5 – O gráfico a seguir refere-se ao movimento de um carro que se move indo do ponto A ao ponto D.



- (i) Qual grandeza física está representada no eixo das abscissas (horizontal)? Qual está representada no eixo das ordenadas (vertical)?
- (ii) O gráfico ao lado representa o caminho percorrido pelo carro? Justifique brevemente sua resposta.
- (iii) Represente as coordenadas (x,y) dos pontos A, B, C e D da trajetória percorrida.
- (iv) Escreva, em termos dos vetores unitários \hat{i} e \hat{j} das direções x e y e das componentes dos vetores ao longo destes eixos, os vetores que representam as posições em relação ao ponto O dos pontos A, B, C e D.
- (v) Represente, em termos destes unitários, os vetores deslocamento entre A e B, entre B e C, entre C e D e entre A e D.
- (vi) Escreva o vetor deslocamento que representa a volta de D para A. Como este vetor se relaciona com aquele que representa o deslocamento de A para D?

6 – Em um dia ensolarado, quando os raios solares incidiam perpendicularmente ao chão, um pássaro adestrado efetua quatro deslocamentos sucessivos: do ponto A ao ponto B (\overline{AB}), do ponto A ao C (\overline{AC}), do ponto A ao D (\overline{AD}) e do ponto A ao E (\overline{AE}), conforme a figura abaixo.



(i) Represente na figura acima os deslocamentos \overline{AB} , \overline{AC} , \overline{AD} e \overline{AE} .

Ao executar o deslocamento \overline{AB} , a sombra do pássaro no chão (eixo w) descreverá a projeção \overline{AB}_w deste deslocamento sobre o eixo w indicado. Analogamente, \overline{AC}_w , \overline{AD}_w e \overline{AE}_w serão as projeções de \overline{AC} , \overline{AD} e \overline{AE} , respectivamente.

(ii) Represente na figura cada projeção citada acima (não as sobreponha).

(iii) Julgue cada proposição como verdadeira (V) ou falsa (F). Corrija as que forem falsas.

a. $|\overline{AB}| > |\overline{AE}|$

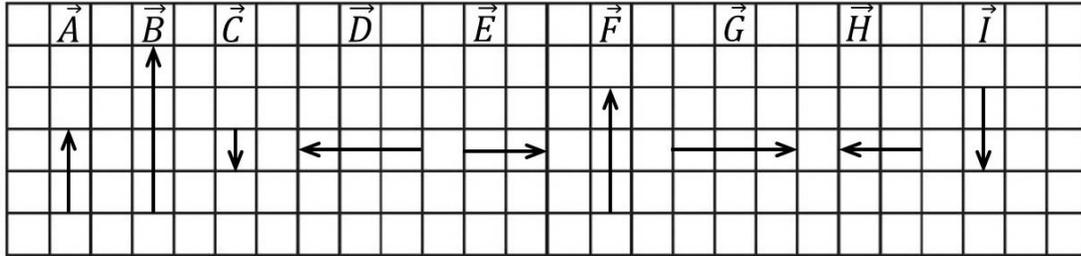
d. $\overline{AD}_w > \vec{0}$

b. $|\overline{AB}_w| > |\overline{AE}_w|$

e. $|\overline{AD}| = 0$

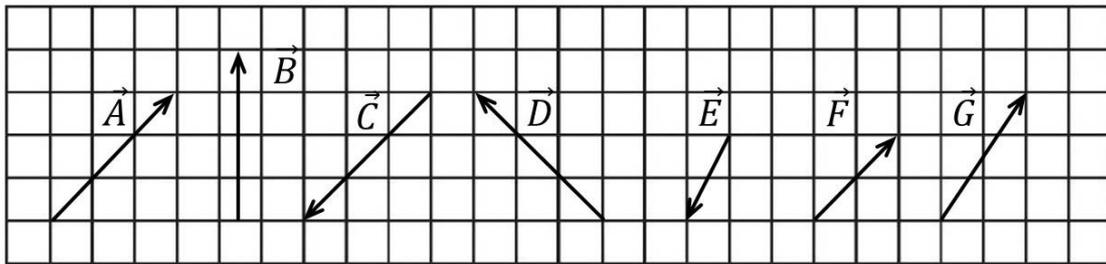
c. $|\overline{AC}_w| < |\overline{AE}_w|$

7 – Observe os vetores representados graficamente abaixo. Indique **todos** os vetores que possuem a mesma **magnitude** (módulo). Por exemplo, se os vetores \vec{w} e \vec{x} possuem o mesmo módulo, escreva $|\vec{w}| = |\vec{x}|$. Bem como se os vetores \vec{a} , \vec{s} e \vec{r} possuem o mesmo módulo (diferente de \vec{w} e \vec{x}) escreva $|\vec{a}| = |\vec{s}| = |\vec{r}|$.

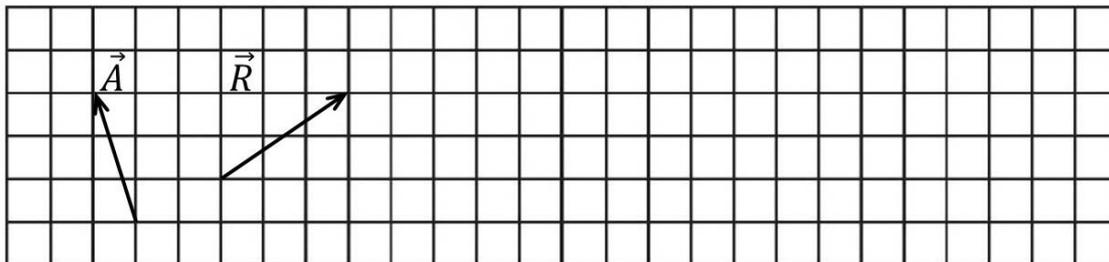


Resposta:

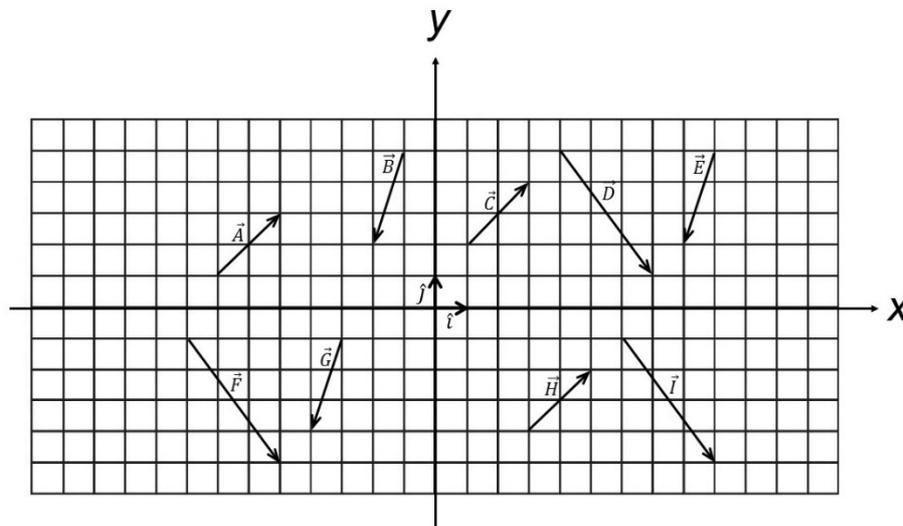
8 – Indique todos os vetores que possuem a mesma **direção** que o vetor \vec{A} , conforme figura abaixo. Comente brevemente seu raciocínio.



9 – Na figura abaixo, o vetor \vec{R} é mostrado como o **vetor resultante** da soma dos vetores \vec{A} e \vec{B} . O vetor \vec{A} é dado. Encontre o vetor \vec{B} que, quando somado a \vec{A} , produzirá \vec{R} . Indique-o claramente na figura a seguir. *Dica: Não tente encontrar \vec{B} através de tentativas!!! Utilize um raciocínio plausível para encontrá-lo.*

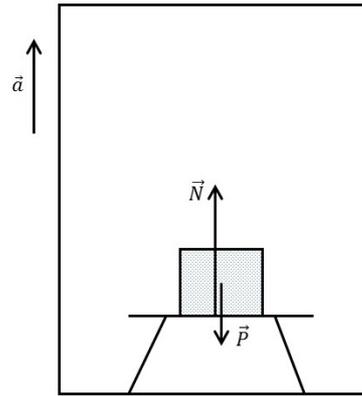


10 – Dados os seguintes vetores deslocamento representados, efetue as operações indicadas.



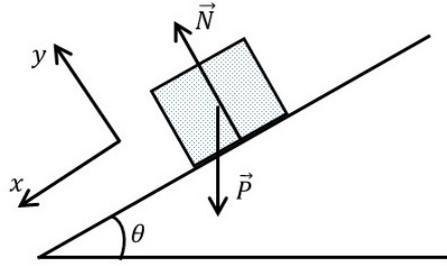
- (i) Escreva, em termos dos vetores unitários \hat{i} e \hat{j} das direções x e y e das componentes dos vetores ao longo destes eixos, todos os deslocamentos representados. Que conclusão você obtém analisando os deslocamentos \vec{A} , \vec{C} e \vec{H} conjuntamente? Há outros deslocamentos que se comportam da mesma forma que os anteriores?
- (ii) Utilizando os vetores expressos em termos dos unitários (item anterior), efetue:
- $\vec{A} + \vec{B}$
 - $\vec{H} - \vec{i}$
 - $\vec{E} + \vec{D}$
 - $\vec{C} - \vec{F}$
- (iii) Efetue as mesmas operações indicadas do item anterior graficamente no plano cartesiano dado acima. Compare os vetores obtidos graficamente com suas respostas ao item anterior.
- (iv) Quanto vale o seno do ângulo que o vetor \vec{H} faz com o eixo y ? E o cosseno deste ângulo? Através destes valores obtidos, quanto vale tal ângulo?

11 – A figura a seguir representa um bloco de massa m em repouso sobre uma mesa. A mesa está fixa em um elevador acelerado verticalmente para cima. Sobre o bloco atuam as forças normal de contato \vec{N} e peso \vec{P} . Indique quais afirmativas são falsas, justificando suas respostas.



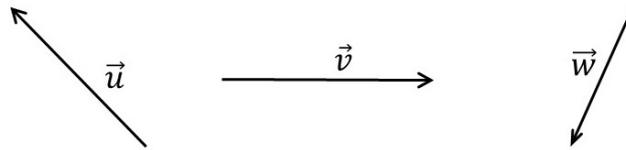
- (i) A força resultante sobre o bloco é $\vec{R} = \vec{N} - \vec{P}$.
- (ii) A força resultante sobre o bloco é $\vec{R} = \vec{N} + \vec{P}$.
- (iii) O módulo da força resultante sobre o bloco é $R = N - P$.
- (iv) O módulo da força resultante sobre o bloco é $R = N + P$.
- (v) A força resultante sobre o bloco é nula.
- (vi) A projeção da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $\vec{R}_y = \vec{N}_y - \vec{P}_y$.
- (vii) A projeção da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $\vec{R}_y = \vec{N}_y + \vec{P}_y$.
- (viii) A componente da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $R_y = N_y - P_y$.
- (ix) A componente da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $R_y = N - P$.

12 – A figura ao lado representa um bloco de massa m sobre um plano inclinado liso que forma um ângulo θ com a horizontal. Sobre o bloco atuam as forças normal de contato \vec{N} e peso \vec{P} . Indique quais afirmativas são falsas, justificando suas respostas.



- (i) A força resultante sobre o bloco é $\vec{R} = \vec{N} - \vec{P}$.
- (ii) A força resultante sobre o bloco é $\vec{R} = \vec{N} + \vec{P}$.
- (iii) O módulo da força resultante sobre o bloco é $R = N - P$.
- (iv) O módulo da força resultante sobre o bloco é $R = N + P$.
- (v) A componente da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $R_y = N_y - P_y$.
- (vi) A componente da força resultante sobre o bloco na direção do eixo y é $R_y = N_y + P_y$.
- (vii) A componente da força peso na direção x é $P \sin \theta$.
- (viii) O vetor normal é $\vec{N} = -P \cos \theta$.
- (ix) O vetor normal é $\vec{N} = P \cos \theta$.
- (x) O vetor normal é $\vec{N} = \vec{P} \cos \theta$.
- (xi) O vetor força resultante sobre o bloco é nulo.

13 – Dados os vetores a seguir, conduza as operações indicadas.

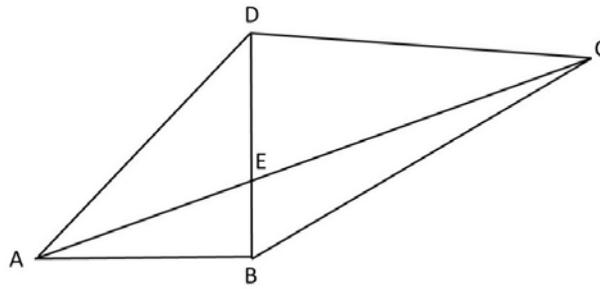


- (i) $\vec{u} + \vec{v}$
- (ii) $\vec{v} + \vec{u}$
- (iii) $(\vec{u} + \vec{v}) + \vec{w}$
- (iv) $\vec{u} + (\vec{v} + \vec{w})$
- (v) $\vec{u} - \vec{v}$
- (vi) $\vec{v} - \vec{u}$

Baseado nos resultados obtidos, complete com "=" ou " \neq ".

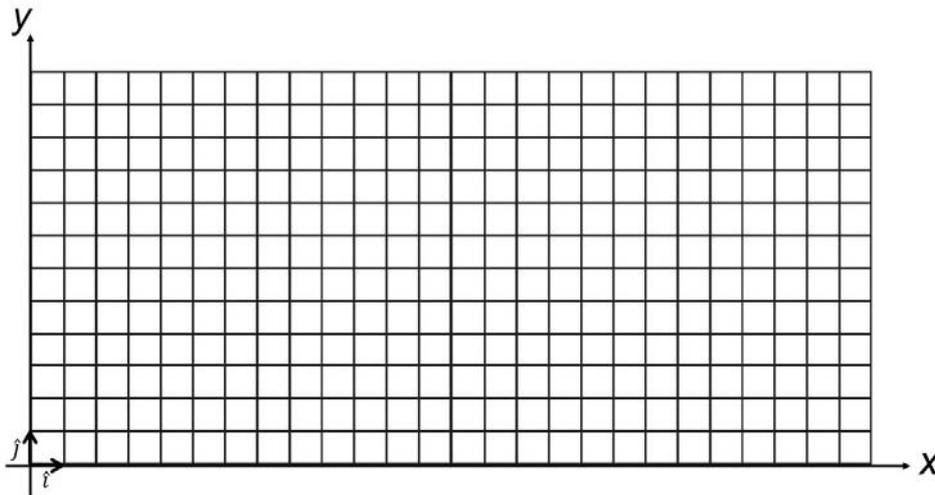
- (i) $\vec{u} - \vec{v}$ _____ $\vec{v} - \vec{u}$
- (ii) $\vec{u} + \vec{v}$ _____ $\vec{v} + \vec{u}$
- (iii) $(\vec{u} + \vec{v}) + \vec{w}$ _____ $\vec{u} + (\vec{v} + \vec{w})$

14 – Observe a figura a seguir e indique claramente um vetor equivalente.



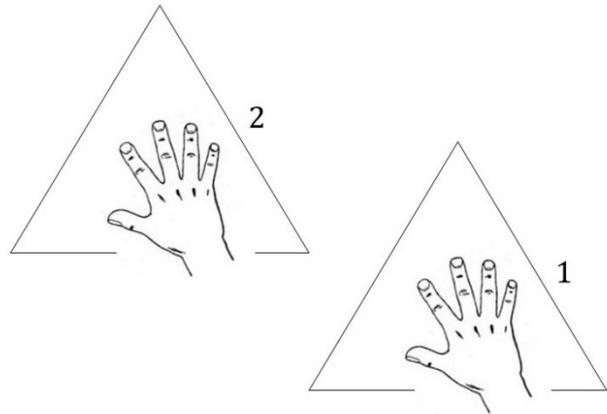
- (i) $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC}$
- (ii) $\overrightarrow{AB} - \overrightarrow{AD}$
- (iii) $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{CA}$
- (iv) $\overrightarrow{CD} - \overrightarrow{ED}$

15 – No diagrama a seguir represente o vetor $\vec{a} = -4\hat{i} + 4\hat{j}$.



- (i) Encontre $|\vec{a}|$.
- (ii) Trace um vetor \vec{b} paralelo a \vec{a} e com módulo igual ao seu dobro, ou seja, $\vec{b} = 2\vec{a}$.
- (iii) Escreva \vec{b} em função dos vetores unitários \hat{i} e \hat{j} .
- (iv) Que relação se pode perceber entre as componentes do vetor \vec{b} em comparação com as do vetor \vec{a} ? Estendendo a qualquer vetor \vec{n} , o que significa, em termos de suas componentes, multiplicar o vetor \vec{n} por um escalar k ?

16 – A figura a seguir mostra um triângulo que sofreu uma translação no plano, sendo empurrado da configuração 1 para a 2.



Represente na figura acima os seguintes deslocamentos:

\vec{a} → Deslocamento do dedo polegar

\vec{b} → Deslocamento do dedo médio

\vec{c} → Deslocamento da palma da mão

Baseado nestes deslocamentos, leia a seguinte afirmação e responda.

Os deslocamentos \vec{a} , \vec{b} e \vec{c} não são equivalentes, pois embora possuam mesmo módulo, direção e sentido, estão aplicados a diferentes pontos do plano.

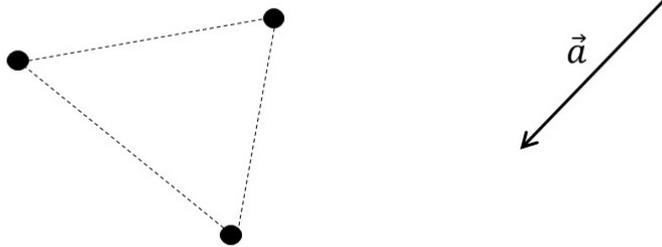
A afirmativa é:

A Verdadeira

B Falsa

C Nada podemos afirmar

17 – Os pontos marcados a seguir são os vértices de um triângulo. A cada um deles, aplique o deslocamento representado por \vec{a} e obtenha o triângulo final cujos vértices são os pontos transladados.



Analisando os triângulos inicial e final, conclui-se que o mesmo resultado teria sido obtido aplicando-se o deslocamento \vec{a} a qualquer conjunto fixo de pontos do triângulo.

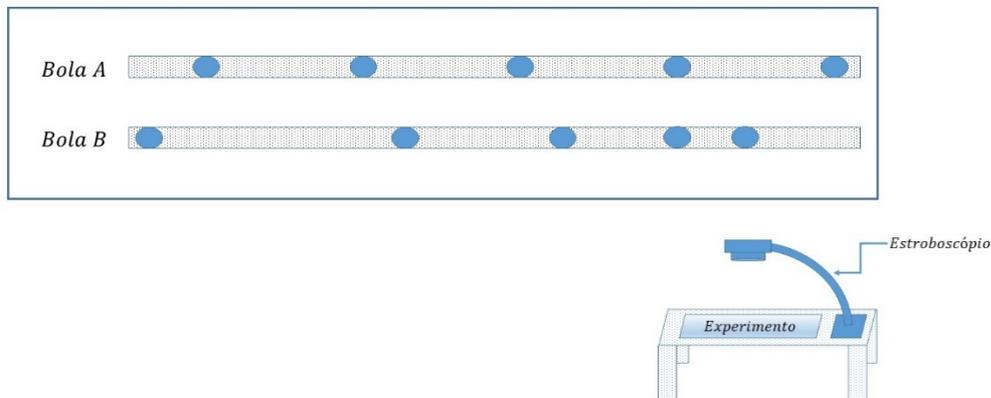
Esta afirmativa é:

- A Verdadeira
- B Falsa

Reveja sua resposta do exercício anterior. Ela condiz com sua análise deste exercício? Caso necessário, corrija-a.

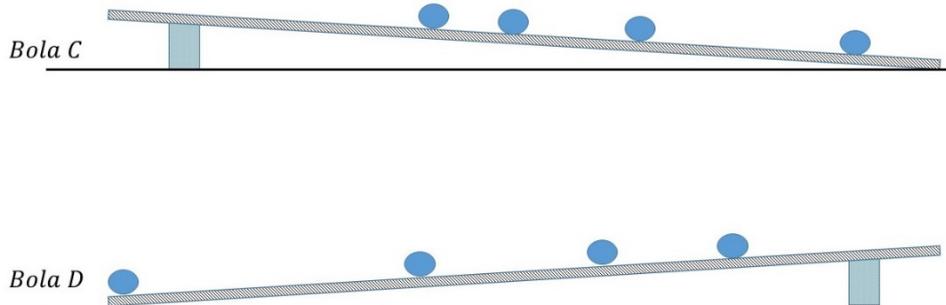
Unidade 2. Cinemática Unidimensional

1 – Observe a figura a seguir. Nela está representada a visão de cima do movimento simultâneo das bolas A e B, que se deslocam sobre uma superfície plana da esquerda para a direita com velocidades iniciais de módulo v_A e v_B , respectivamente. É sabido que a velocidade inicial da bola B é maior que a da bola A. As posições sucessivas estão representadas da forma como seriam visualizadas em uma exposição de um estroboscópio, que é um aparelho que tira fotos em intervalos iguais de tempo e ao final apresenta uma única foto com a superposição de todas as fotos tiradas no processo.



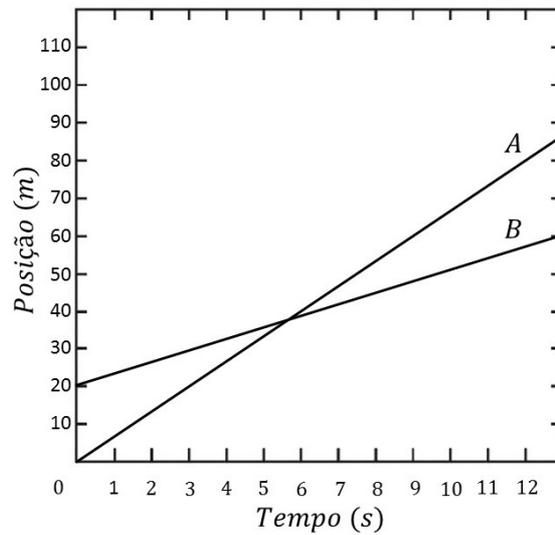
- (i) Observando a foto, o que você pode concluir sobre a velocidade da bola A? A velocidade é constante ou varia com o passar do tempo? É um movimento uniforme ou acelerado? Justifique brevemente explicando como você chegou a esta conclusão. Faça a mesma análise para a bola B.
- (ii) Em algum momento as bolas possuem a mesma posição? Se sim, indique na figura acima tal (tais) momento(s).
- (iii) Em algum momento as bolas se movem com a mesma velocidade? Se sim, indique na figura acima tal (tais) momento(s).
- (iv) Sabendo que o movimento se inicia em $t = 0\text{ s}$, esboce *qualitativamente*, num mesmo gráfico posição x tempo ($x \times t$), a função horária de ambas as bolas.
- (v) Sinalize no gráfico o(s) momento(s) quando as bolas possuem mesma posição e aqueles no(s) qual(is) possuem mesma velocidade.

2 – A figura a seguir representa a visão lateral de um novo experimento, também obtida com o auxílio de um estroboscópio. Ambas as bolas se movem sobre canaletas da esquerda para a direita. A bola C parte do repouso enquanto a bola D tem velocidade inicial v_D . Suas posições sucessivas estão representadas a seguir.



- (i) Observando a foto, o que você pode concluir sobre a velocidade da bola C? A velocidade é constante ou varia com o passar do tempo? É um movimento uniforme ou acelerado? Justifique brevemente sua conclusão evitando basear-se na posição da canaleta. Faça a mesma análise para a bola D.
- (ii) Em algum momento as bolas possuem a mesma posição? Se sim, indique na figura acima tal (tais) momento(s).
- (iii) Em algum momento as bolas se movem com a mesma velocidade? Se sim, indique na figura acima tal (tais) momento(s).
- (iv) Sabendo que o movimento se inicia em $t = 0$ s, esboce *qualitativamente*, num mesmo gráfico posição x tempo ($x \times t$), a função horária de ambas as bolas.
- (v) Sinalize no gráfico o(s) momento(s) quando as bolas possuem mesma posição e aqueles no(s) qual(is) possuem mesma velocidade.

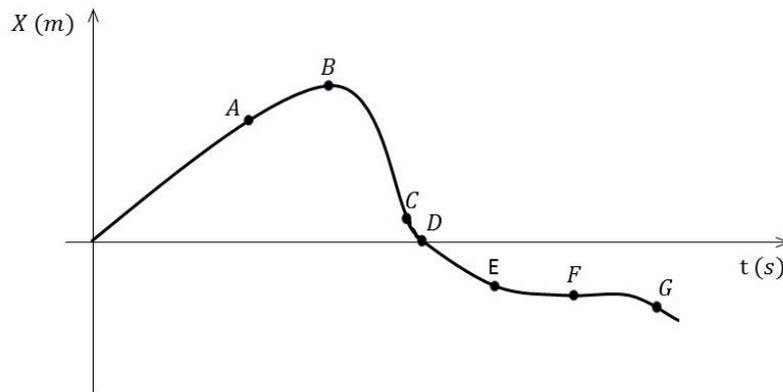
3 – O gráfico abaixo representa o movimento de duas bolas que se deslocam sobre canaletas paralelas. Responda:



- (i) No instante $t = 2\text{ s}$ qual das bolas se movimenta mais rapidamente? Explique resumidamente seu raciocínio.
- (ii) Ainda no instante $t = 2\text{ s}$, a bola A se encontra a frente ou atrás da bola B? Explique brevemente seu raciocínio.
- (iii) Há algum momento onde ambas as bolas possuem a mesma velocidade? Se sim, em qual momento? Explique seu raciocínio.
- (iv) Há algum momento onde se observa uma ultrapassagem? Se sim, em qual momento? Explique seu raciocínio.

4 – No gráfico a seguir refere-se ao movimento unidimensional de determinado corpo.

Responda:



- (i) Qual grandeza física está representada no eixo das abscissas? Qual está representada no eixo das ordenadas?
- (ii) O que este gráfico representa? Ele representa o caminho seguido pelo corpo?
- (iii) Em qual(quais) ponto(s) o corpo se move para frente? Em qual(quais) se move para trás?
- (iv) Em qual(quais) ponto(s) o móvel possui a menor velocidade em módulo?
- (v) Em qual(quais) ponto(s) o muda o sentido do movimento?
- (vi) Em qual(quais) intervalo(s) está acelerando? Em qual(quais) está freando?

- (vii) Sendo \vec{v}_0 a velocidade instantânea do móvel no instante inicial, \vec{v}_A a velocidade instantânea em A, etc. Lembrando que $v_A = |\vec{v}_A|$ e que v_{Ax} é a componente x de \vec{v}_A , e assim sucessivamente, complete as lacunas na seguinte tabela com os símbolos “>” (maior que), “<” (menor que) ou “=” (igual).

Pontos	Velocidade
0	v_{0x} _____ 0
A	v_{Ax} _____ 0
B	v_{Bx} _____ 0
C	v_{Cx} _____ 0
D	v_{Dx} _____ 0
E	v_{Ex} _____ 0
F	v_{Fx} _____ 0
G	v_{Gx} _____ 0

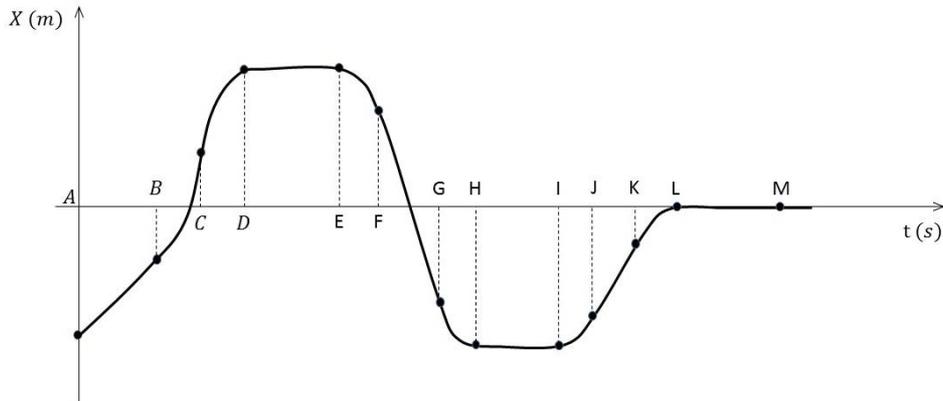
Intervalos	Δv
0 – A	$v_{Ax} - v_{0x}$ _____ 0
A – B	$v_{Bx} - v_{Ax}$ _____ 0
B – C	$v_{Cx} - v_{Bx}$ _____ 0
C – D	$v_{Dx} - v_{Cx}$ _____ 0
D – E	$v_{Ex} - v_{Dx}$ _____ 0
E – F	$v_{Fx} - v_{Ex}$ _____ 0
F – G	$v_{Gx} - v_{Fx}$ _____ 0

- (viii) Com base nas tabelas anteriores, confira suas respostas dos itens (i) ao (iv) e corrija-as caso necessário.
- (ix) Os dois argumentos a seguir foram dados pelos alunos A e B, respectivamente. Julgue se cada um é *verdadeiro* ou *falso*, citando exemplos do gráfico.

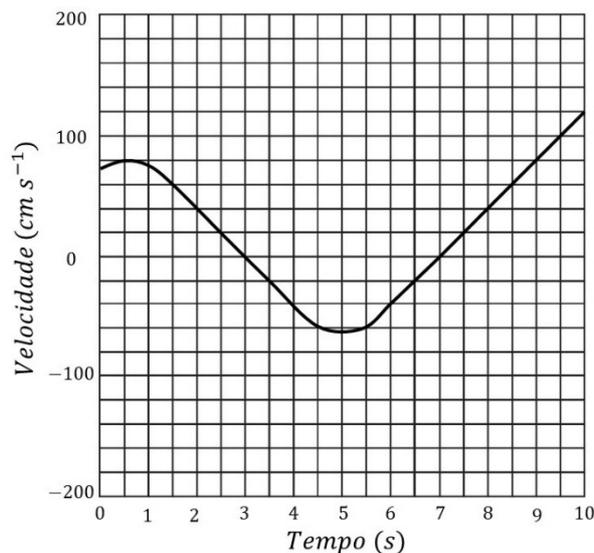
Aluno A: “O corpo sempre se moverá para frente quando sua posição for positiva e se moverá para trás quando sua posição for negativa.”

Aluno B: “O corpo sempre se desloca cada vez mais rápido quando sua aceleração for positiva e cada vez mais devagar quando for negativa.”

5 – No gráfico abaixo estão representados diversos instantes de tempo (A, B, C, D, etc.). A partir deste gráfico posição x tempo plote os gráficos velocidade x tempo e aceleração x tempo deste movimento, destacando os instantes A até M.

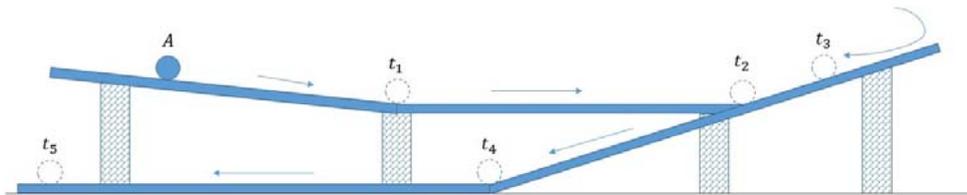


6 – O gráfico a seguir representa o movimento de um corpo que parte de $x = 10 \text{ cm}$ quando $t = 0 \text{ s}$.



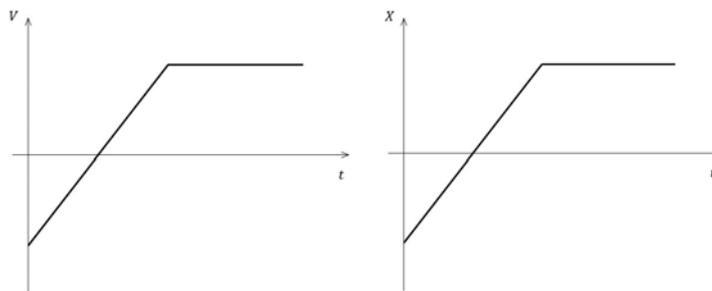
- (i) Em qual(ais) instante(s) de tempo o móvel está em repouso?
- (ii) Em qual(ais) instante(s) de tempo a aceleração do móvel é nula?
- (iii) Em qual(ais) instante(s) de tempo o móvel se encontra na posição $x = 120 \text{ cm}$? Explique brevemente seu raciocínio.
- (iv) Em algum momento o móvel se encontra em $x = 0 \text{ cm}$? Se sim, em qual momento? Explique brevemente seu raciocínio.

7 – A figura a seguir representa um aparato experimental realizado em laboratório. A bola parte do repouso do ponto A. Após isso, desce um plano levemente inclinado, chegando a uma superfície horizontal. Ao final de tal superfície, sobe um plano um pouco mais íngreme que o primeiro, onde chega ao repouso e tem a direção de seu movimento invertida. Após descer o segundo plano inclinado, continua indefinidamente sobre outra superfície horizontal.



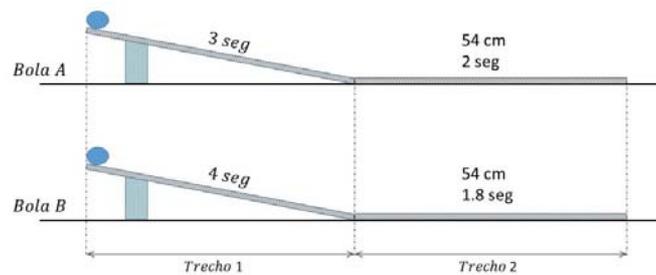
- (i) Esboce *qualitativamente* os gráficos velocidade x tempo e aceleração x tempo do movimento descrito pela bola, representando os instantes de tempo t_1 a t_5 .
- (ii) A partir do gráfico velocidade x tempo traçado no anterior, esboce *qualitativamente* o gráfico posição x tempo de tal movimento, também representando os instantes t_1 a t_5 .

8 – Os gráficos a seguir foram obtidos qualitativamente através da observação dos movimentos de uma bola em situações distintas.



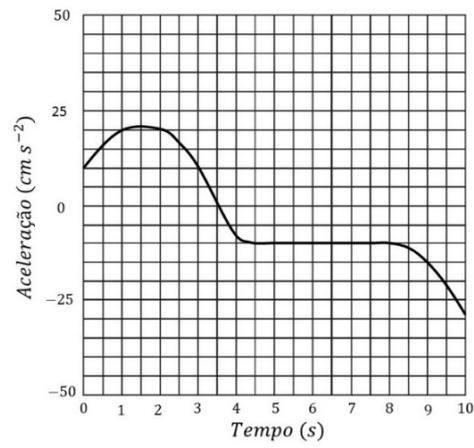
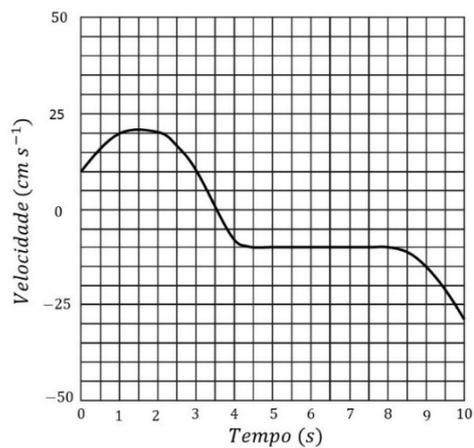
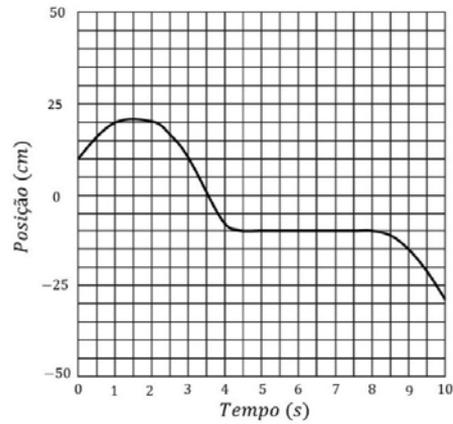
Sabendo que você dispõe de canaletas de tamanhos variados e diversos blocos de diferentes alturas, sugira a montagem de aparatos experimentais (vide exemplo no exercício anterior), levando em conta as condições iniciais da bola (posição e velocidade), que reproduzam os movimentos representados nos gráficos. OBS: Deve ser construído *um* aparato para *cada* gráfico.

9 – Na figura a seguir estão representados os movimentos de duas bolas que se movem sobre superfícies distintas, sendo cada superfície composta por um trecho inclinado (trecho 1) e um trecho horizontal (trecho 2). Para o trecho 1 é fornecido o intervalo de tempo que as bolas demoram para percorrê-lo. No trecho 2 são fornecidos tanto os intervalos de tempo que cada bola leva para percorrê-lo, quanto seus tamanhos. Sabe-se que ambas as bolas partem do repouso.



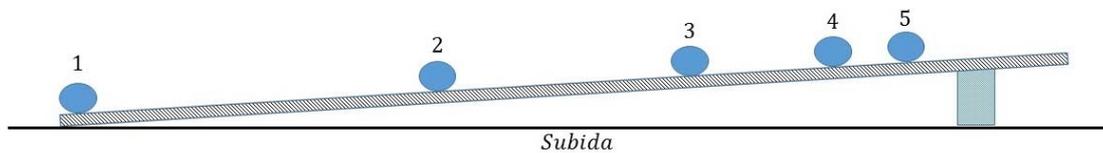
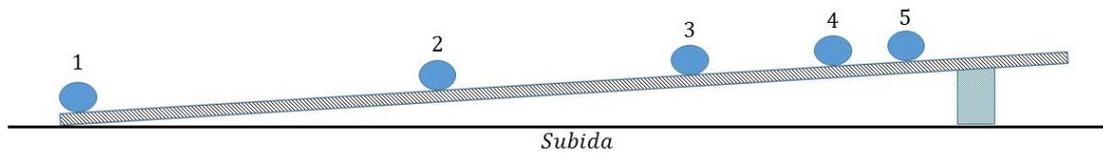
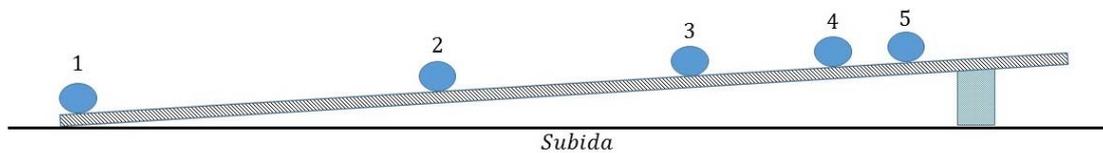
Baseado nestas informações, qual bola possui maior aceleração durante a descida do trecho 1? Justifique brevemente seu raciocínio.

10 – Observe os gráficos a seguir. Cada gráfico representa um movimento diferente. Em todos os casos, a velocidade inicial do móvel é 10 cm/s . Em cada caso, encontre a velocidade do móvel no instante $t = 9 \text{ s}$.



Unidade 3. Cinemática Vetorial

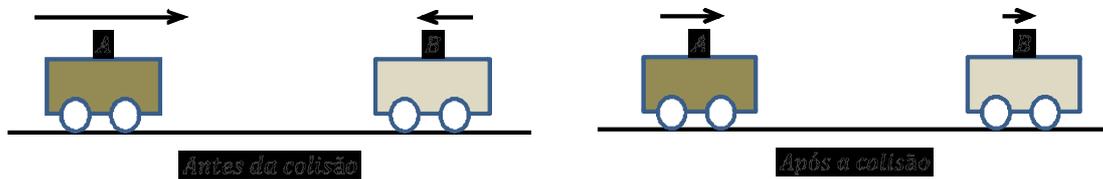
1 – As figuras a seguir representam as sucessivas posições (figura estroboscópica) de uma bola que sobe uma canaleta inclinada em relação à horizontal, alcançando o repouso em sua última posição. As três figuras são iguais e foram propositalmente repetidas. Considere o intervalo de tempo entre duas posições sucessivas como sendo igual a *duas* unidades de tempo.



- (i) Na primeira figura, escolha um ponto arbitrário para ser a origem de seu sistema coordenado. Denomine-o O (origem).
- (ii) Para este sistema, identifique claramente os *vetores posição* ($\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \vec{r}_4$ e \vec{r}_5).

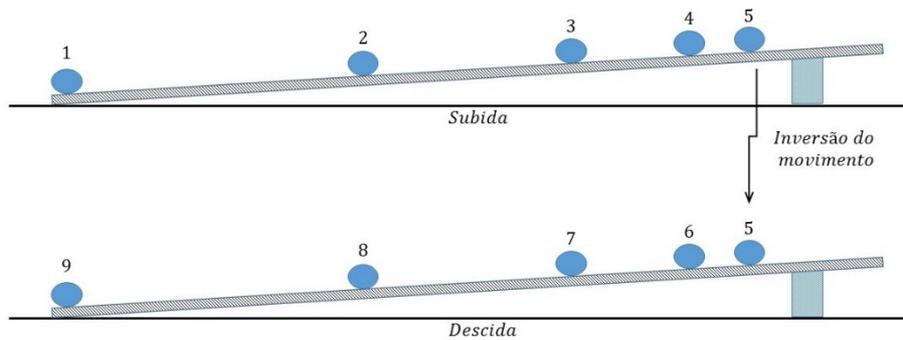
- (iii) Represente, ainda na primeira figura, os *vetores deslocamento*, nomeando-os da seguinte forma: $\Delta\vec{r}_{12}$ (deslocamento de \vec{r}_1 a \vec{r}_2), $\Delta\vec{r}_{23}$ (deslocamento de \vec{r}_2 a \vec{r}_3), e assim sucessivamente.
- (iv) A partir dos vetores deslocamento representados no item anterior, como você encontraria a velocidade média entre as posições sucessivas? Levando em conta o exposto no enunciado da questão, represente *qualitativamente* na figura os vetores *velocidade média* entre as sucessivas posições.
- (v) Na segunda figura, escolha um outro ponto arbitrário para ser sua nova origem do sistema coordenado. Repita o procedimento descrito nos itens (ii) ao (iv).
- (vi) Quais grandezas físicas foram modificadas e quais permaneceram inalteradas devido à mudança de sistema de referência?
- (vii) Na terceira figura, escolha novamente um ponto arbitrário para a origem e represente o vetor *posição* da bola em seus *dois* primeiros instantes (instantes 1 e 2). Feito isso, desenhe a bola em um instante intermediário A entre as posições 1 e 2. Desenhe *qualitativamente* o vetor *velocidade média* entre os instantes 1 e A (\vec{v}_{1A}).
- (viii) Imagine que o ponto A se aproxime do ponto 1 indefinidamente, até que se possa coloca-los tão próximos quanto se queira. Haverá alguma mudança na direção ou sentido do vetor *velocidade média* entre os instantes 1 e A (\vec{v}_{1A})?
- (ix) Descreva a direção e o sentido do vetor *velocidade instantânea* da bola no instante 1 (\vec{v}_1).
- (x) Que conclusão você tira sobre a direção do movimento e a direção do vetor *velocidade instantânea*?

2 – Dois carros (A e B) movimentam-se sobre uma mesa horizontal, indo um de encontro ao outro. Os vetores representam as velocidades de ambos exatamente antes e após ocorrer a colisão.



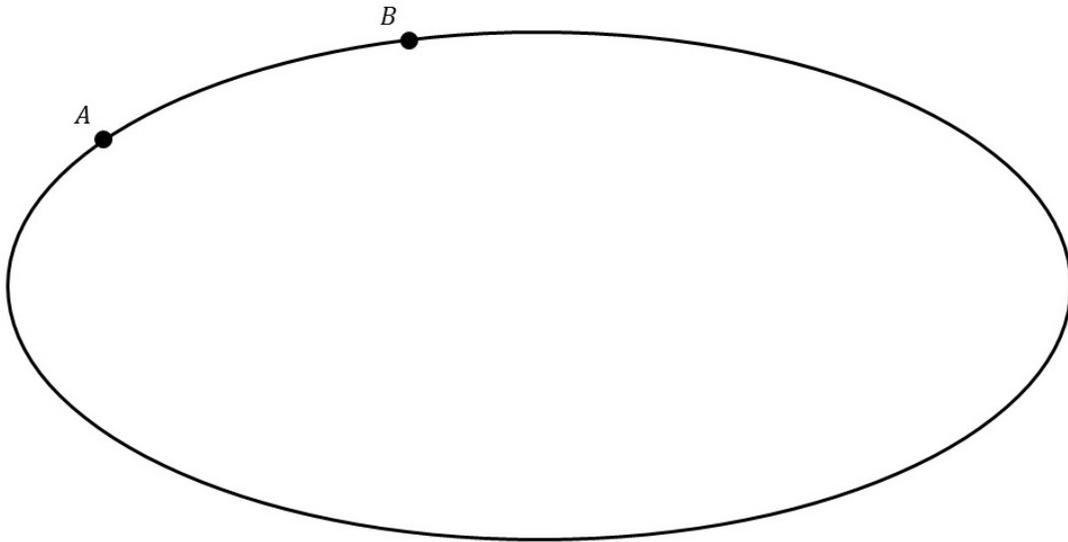
- (i) Para cada carro, represente o vetor *variação de velocidade*, nomeando-os $\Delta\vec{v}_A$ e $\Delta\vec{v}_B$ para A e B respectivamente. Faça representações condizentes com os vetores dados na figura acima.
- (ii) De que forma $\Delta\vec{v}_A$ relaciona-se com a aceleração média do carro A no intervalo de tempo entre os dois instantes representados acima? E a relação entre $\Delta\vec{v}_B$ e aceleração média do carro B?
- (iii) No intervalo de tempo considerado, o módulo da aceleração média de A é *maior*, *menor*, ou *igual* ao módulo da aceleração média de B? Explique brevemente seu raciocínio?

3 – Na figura a seguir está representado o movimento de uma bola que se desloca sobre uma canaleta inclinada em relação à horizontal. Estão representadas a subida e a descida da bola, bem como o ponto de inversão do movimento (onde a bola está momentaneamente em repouso).



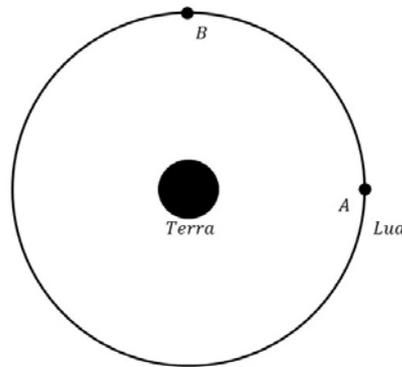
- (i) Esboce o vetor *velocidade instantânea* para cada instante representado, nomeando-os $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$, etc.
- (ii) Escolha arbitrariamente dois instantes sucessivos durante a *subida* e esboce a *variação de velocidade* ($\Delta\vec{v}$) entre tais pontos. Como você encontraria o *vetor aceleração* durante a subida?
- (iii) Suponha que você tenha escolhido o ponto de repouso (instante 5) como um dos dois instantes. Qual a velocidade instantânea da bola neste instante? Isso mudaria de alguma forma o *vetor aceleração*? Justifique esboçando tal vetor.
- (iv) Repita o procedimento do item (ii) tomando dois instantes sucessivos durante a *descida*. Houve alguma mudança no *vetor aceleração*?

4 – Um carro se move sobre uma trajetória oval, da qual foram destacados dois instantes A e B. O movimento se dá no sentido horário (de A para B).



- (i) Escolha um ponto qualquer para ser a origem do seu sistema coordenado, denominando-o O (origem). Represente o vetor posição do móvel nos instantes A e B (\vec{r}_A e \vec{r}_B), bem como o vetor deslocamento de A para B ($\Delta\vec{r}_{AB}$).
- (ii) Descreva qualitativamente as características do vetor *velocidade média* do objeto entre A e B. Represente-o na figura acima.
- (iii) Escolha um ponto B' da trajetória que esteja compreendido entre A e B. Ao passo que o ponto B' se aproxima de A, há alguma alteração no vetor *velocidade média* entre A e B'. Se sim, qual alteração?
- (iv) Descreva como seria as características (direção e sentido) do vetor *velocidade instantânea* do móvel em A.
- (v) Generalizando o item anterior, como você caracterizaria o vetor *velocidade instantânea* em *qualquer* ponto da trajetória?

5 – A figura a seguir representa o movimento de translação da Lua ao redor da Terra. Sua trajetória é, com boa aproximação, circular e sua velocidade escalar é considerada *constante*. A Lua move-se em sentido anti-horário. Na figura estão representadas as posições da Lua com uma diferença de tempo de 7 dias (de A para B).



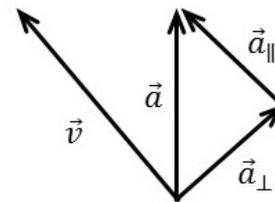
- (i) Represente na figura os vetores *velocidade instantânea* em A (\vec{v}_A) e B (\vec{v}_B).
- (ii) Esboce qualitativamente o vetor *variação de velocidade* da Lua para este intervalo de tempo. De que forma tal vetor se relaciona com o vetor *aceleração média* da Lua neste período? Quais são suas características (direção e sentido)? *Dica: Neste caso seria muito mais conveniente analisar os vetores em função de suas componentes tangencial (na direção do vetor unitário $\hat{\theta}$) e radial (na direção do vetor unitário \hat{r}), conhecidas como coordenadas polares.*
- (iii) Represente na figura um ponto B' situado entre A e B. Represente também seu vetor *velocidade instantânea* ($\vec{v}_{B'}$). Imagine que o ponto B' se aproxime do ponto A indefinidamente, até que se possa coloca-los tão próximos quanto se queira. No limite quando B' se confundir com A, qual será o valor do ângulo limite entre $\Delta\vec{v}_{AB'}$ e \vec{v}_A ? *Dica: Para ajudar a visualização, represente somente os vetores \vec{v}_A , $\vec{v}_{B'}$ e $\Delta\vec{v}_{AB'}$ partindo de um mesmo ponto em comum.*
- (iv) Tendo em vista a discussão do item anterior, a que conclusão você chega acerca das características (direção e sentido) do vetor *aceleração instantânea* no ponto A? Utilize novamente a notação de coordenadas polares para facilitar a descrição.

6 – A tabela a seguir indica os vetores velocidade e aceleração de determinado objeto em vários instantes.

	<i>Instante 1</i>	<i>Instante 2</i>	<i>Instante 3</i>	<i>Instante 4</i>
Velocidade				
Aceleração				

(i) Para cada instante, diga se o objeto está *acelerando*, *freando* ou *movendo-se com velocidade escalar constante*. Explique brevemente seu raciocínio para cada instante.

(ii) O diagrama ao lado ilustra como a aceleração no instante 2 pode ser decomposta em duas componentes: uma paralela ao vetor velocidade (\vec{a}_{\parallel}) e outra perpendicular a tal vetor (\vec{a}_{\perp}).

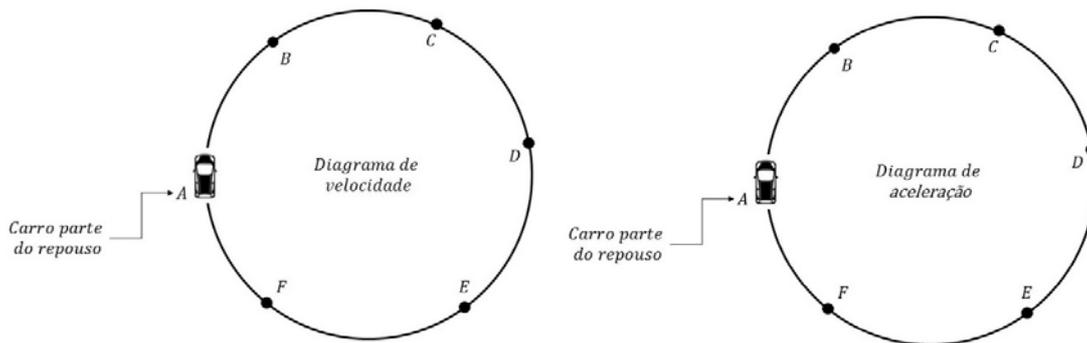


a. Para os outros casos (instantes 1, 3 e 4) faça um diagrama similar ao apresentado para o instante 2. Represente claramente as componentes do vetor aceleração (paralela e perpendicular) em relação ao vetor velocidade. Utilize a nomenclatura apresentada no diagrama para cada componente. Se alguma componente for nula, indique explicitamente.

(iii) Para cada um dos instantes (1 ao 4) compare sua descrição do movimento (item i) com as componentes da aceleração representadas (item ii). Sendo assim, responda:

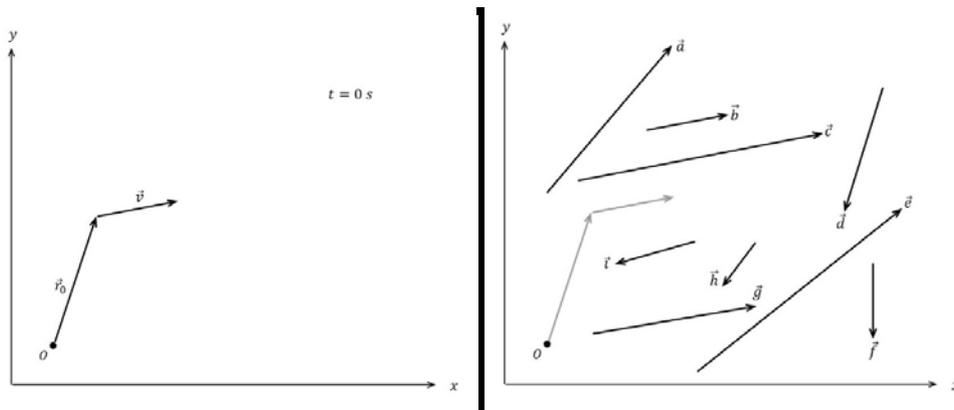
- De que forma a componente do vetor aceleração *paralela* ao vetor velocidade afeta o movimento?
- De que forma a componente do vetor aceleração *perpendicular* ao vetor velocidade afeta o movimento?

7 – Um carro se move em uma pista circular partindo do repouso (ponto A). O motorista acelera, fazendo com que o módulo de sua velocidade aumente uniformemente até o ponto B. Do ponto B ao C o carro se desloca com velocidade escalar uniforme. Após isso, mais uma vez acelera uniformemente até o ponto D, a partir do qual viaja com módulo da velocidade constante até E. De E até F o motorista aplica uma desaceleração uniforme, fazendo com que o carro chegue novamente ao repouso em F.



- (i) No *diagrama de velocidade* represente qualitativamente o vetor *velocidade instantânea* em cada um dos instantes considerados (A a F), levando em consideração a descrição do movimento no enunciado da questão.
- (ii) No *diagrama de aceleração* represente qualitativamente o vetor *aceleração instantânea* nos pontos médios entre cada par de instantes, bem como no instante inicial (A) e no instante imediatamente anterior ao final (F).
- (iii) Explique a forma como o aumento/diminuição do módulo da velocidade do carro está relacionado com a sua aceleração instantânea. *Dica: Utilize suas conclusões do exercício anterior, onde você pode decompor a aceleração em componentes paralela e perpendicular ao vetor velocidade.*

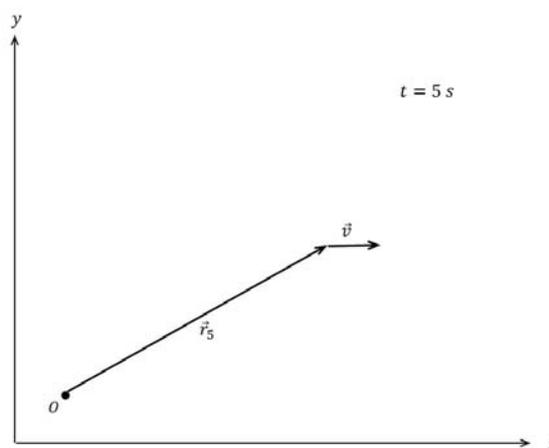
8 – Um objeto tem velocidade \vec{v} constante e, na figura à esquerda representa-se sua posição e velocidade no instante $t = 0 \text{ s}$.



Dentre os vetores representados na figura à direita, indique qual dos vetores pode representar:

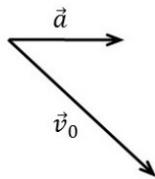
- (i) A posição do objeto em $t = 1 \text{ s}$.
- (ii) A posição do objeto em $t = 2 \text{ s}$.
- (iii) O deslocamento do objeto em $t = 1 \text{ s}$.
- (iv) O deslocamento do objeto em $t = 2 \text{ s}$.
- (v) O deslocamento do objeto em $t = 3 \text{ s}$.

9 – Na figura a seguir estão representados os vetores posição e velocidade de objeto no instante de tempo $t = 5 \text{ s}$. Se a velocidade deste objeto é constante, represente na figura onde o objeto estava ou estará nos instantes $t = 0 \text{ s}$, $t = 2 \text{ s}$, $t = 4 \text{ s}$ e $t = 6 \text{ s}$. Esboce na figura a trajetória descrita pelo objeto.



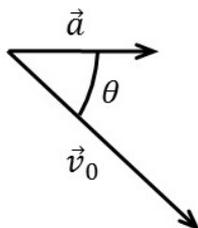
10 – A figura abaixo representa a *velocidade instantânea* inicial de um objeto, bem como sua aceleração, que permanece *constante* durante todo o movimento. Esboce na figura o vetor *velocidade instantânea* do objeto:

- (i) Após 1 segundo (\vec{v}_1).
- (ii) Após 2 segundos (\vec{v}_2).
- (iii) Após 5 segundos (\vec{v}_5).

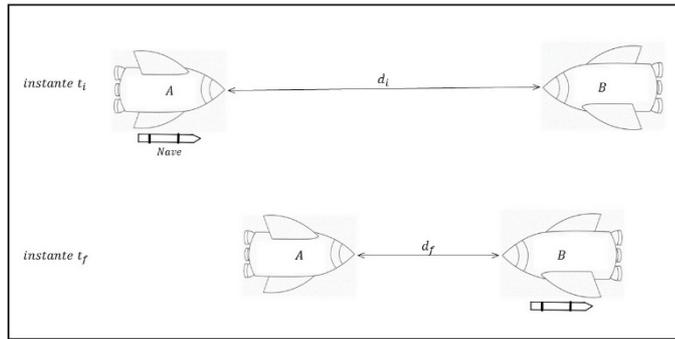


- (iv) Baseado nos itens anteriores, qual será o formato da trajetória seguida pelo objeto? Justifique sua resposta. *Dica: Adote um sistema coordenado conveniente e escreva as equações do movimento na forma vetorial e também na forma de suas componentes.*

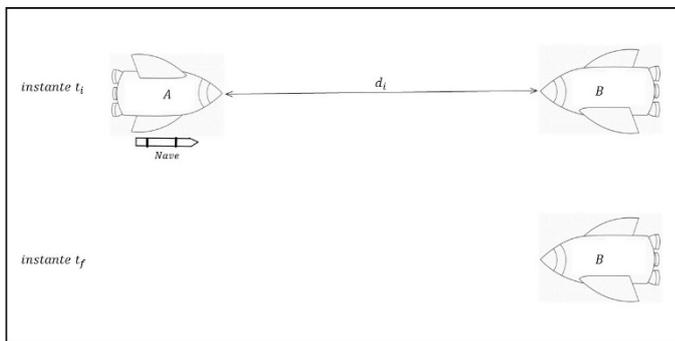
11 – Na figura abaixo estão representadas as condições iniciais (velocidade instantânea inicial e aceleração) de determinado objeto. No entanto, diferentemente do exercício anterior, o vetor aceleração não tem sua direção e sentido constantes (o módulo continua constante). Neste novo caso, o parâmetro que se mantém constante é o ângulo θ entre os vetores velocidade e aceleração. Baseado nestas informações, descreva a nova trajetória descrita pelo objeto. *Dica: Neste caso, uma nova escolha de eixos coordenados será mais conveniente para a análise do problema. Escreva as equações de movimento na forma vetorial e em função de suas componentes.*



12 – Duas espaçonaves A e B movem-se em sentidos opostos, conforme ilustrado pela figura. No instante t_i , a espaçonave A lança uma nave menor em direção a B. No instante t_f , a pequena nave chega a B.



(i) O diagrama ao lado mostra as posições das espaçonaves A e B, bem como da nave menor no instante t_i , conforme vistos no referencial



da nave B. Represente a espaçonave A e a nave menor no instante t_f , vistos no referencial da nave B. Dica: Lembre-se que a nave B, em relação a seu referencial, encontra-se sempre em repouso.

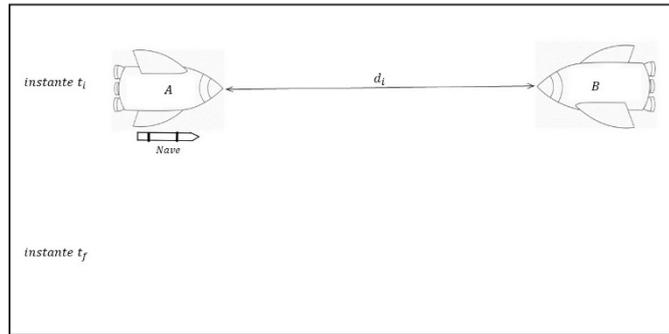
(ii) No espaço ao lado, represente e identifique os seguintes vetores:



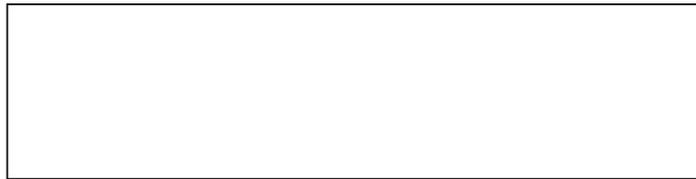
- $\vec{r}_{N,B}^i$ (posição inicial da nave menor no referencial de B);
- $\vec{r}_{N,B}^f$ (posição final da nave menor no referencial de B);
- $\Delta\vec{r}_{N,B}$ (deslocamento da nave menor no referencial de B).

(iii) Tendo encontrado $\Delta\vec{r}_{N,B}$, descreva como utilizar tal grandeza para encontrar a velocidade da nave menor no referencial de B.

- (iv) No diagrama ao lado, complete com A, B e a nave pequena no instante t_i , conforme vistos do referencial de A.



- (v) No espaço ao lado, represente e identifique os seguintes vetores:



- $\vec{r}_{N,A}^i$ (posição inicial da nave menor no referencial de A);
- $\vec{r}_{N,A}^f$ (posição final da nave menor no referencial de A);
- $\Delta\vec{r}_{N,A}$ (deslocamento da nave menor no referencial de A).

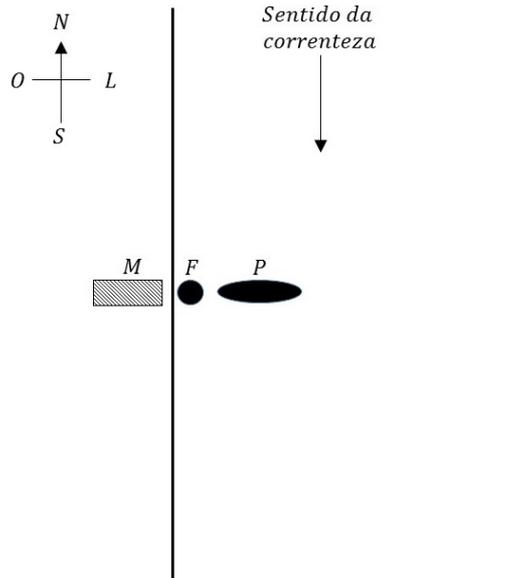
- (vi) O módulo da velocidade da nave pequena no referencial de A é *maior*, *menor* ou *igual* ao módulo da velocidade de tal nave no referencial de B? Explique brevemente seu raciocínio.

- (iv) Durante um pequeno intervalo de tempo Δt contendo o instante 2, o carro está se movendo ao *Norte*, ao *Sul*, ou está *em repouso* no referencial do *caminhão*? Explique brevemente.
- (v) No espaço abaixo represente:

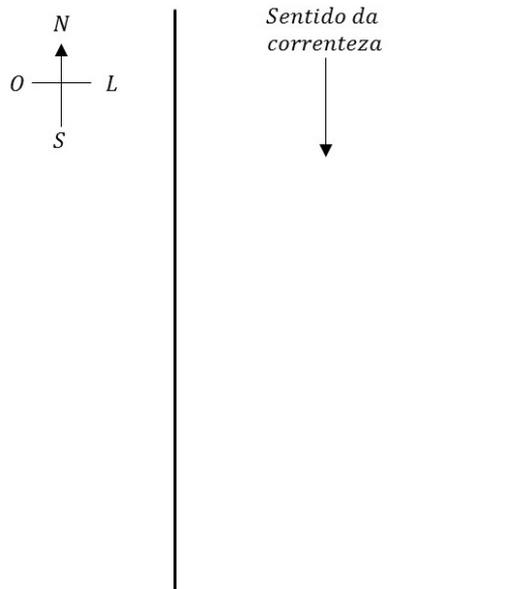


- a. Vetor deslocamento do carro *no referencial do cone* e *no referencial do caminhão*, no intervalo do instante 1 ao 3.
- b. Vetor deslocamento do caminhão *no referencial do cone*, no intervalo do instante 1 ao 3.
- (vi) Faça um diagrama de vetores para mostrar qual destes três vetores deslocamento é a soma dos outros dois.
- (vii) Expresse a relação entre os três vetores como uma equação vetorial algébrica. Use $\Delta \vec{r}_{\text{carro, cone}}$ para representar o vetor deslocamento do carro no referencial do cone, $\Delta \vec{r}_{\text{carro, caminhão}}$ para denotar o vetor deslocamento do carro no referencial do caminhão, etc.
- (viii) A partir da expressão escrita no item anterior, encontre a expressão que relaciona as *velocidades relativas* neste intervalo de tempo (instantes 1 ao 3), conhecida como *transformação galileana de velocidades*.

14 – Em um dia de verão, uma família decide aproveitar o clima quente às margens de um rio que passa perto de sua residência. A mãe bronzeia-se na cadeira de praia (M). O filho (F) relaxa em sua boia, deixando ser levado pela correnteza. O pai (P) liga o motor de seu barco que funciona em um ritmo constante e direciona-o sempre rumo à leste. A figura ao lado representa a posição de cada membro da família num instante inicial.



(i) Represente na figura ao lado a posição de cada pessoa da família no instante final, ou seja, quando o pai finalmente atinge a outra margem do rio.

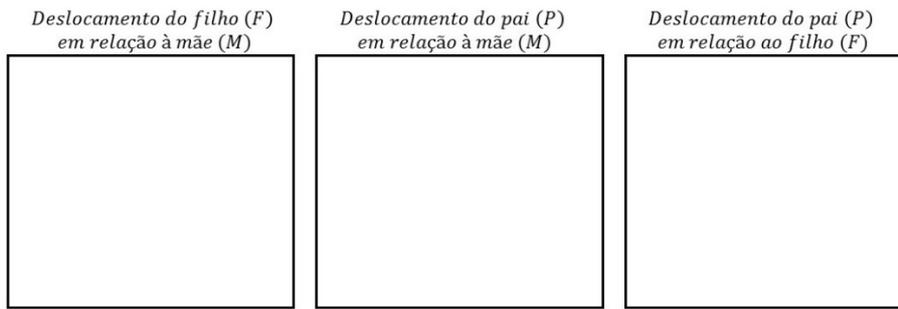


(ii) Nos espaços abaixo, represente os vetores deslocamento, nomeando-os da seguinte forma:

$\Delta \vec{r}_{F,M}$ – Deslocamento do filho (F) em relação à mãe (M).

$\Delta \vec{r}_{P,M}$ – Deslocamento do pai (P) em relação à mãe (M).

$\Delta \vec{r}_{P,F}$ – Deslocamento do pai (P) em relação ao filho (F).



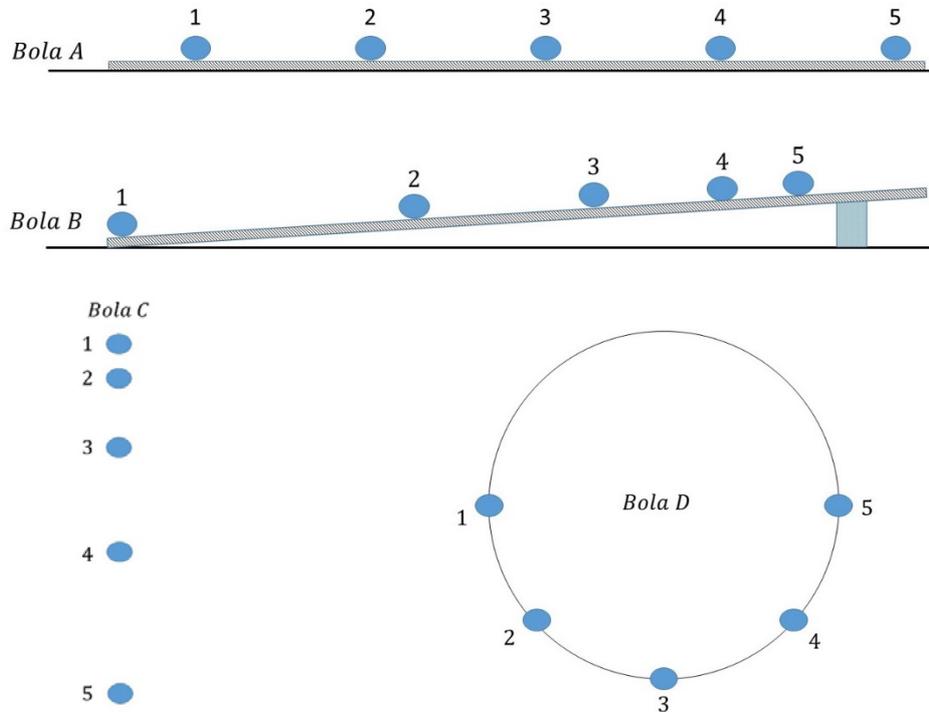
- (iii) No espaço abaixo, represente os três vetores deslocamento esboçados acima, nomeando-os conforme descrito, indicando qual dos deslocamentos representa a soma dos outros dois.



- (iv) Expresse a relação entre os três vetores como uma equação vetorial algébrica, utilizando a nomenclatura dada a cada vetor no item (ii).
- (v) A partir da expressão escrita no item anterior, encontre a expressão que relaciona as *velocidades relativas* no intervalo de tempo entre o início e o final do movimento. Esta expressão é semelhante ou diferente daquela encontrada na questão anterior? Explique seu raciocínio.

Unidade 4. Dinâmica

1 – A seguir estão representados os 5 primeiros instantes do movimento de quatro bolas distintas (Bolas A, B, C e D). Considere o intervalo de tempo entre duas posições sucessivas como sendo igual a *uma* unidade de tempo.



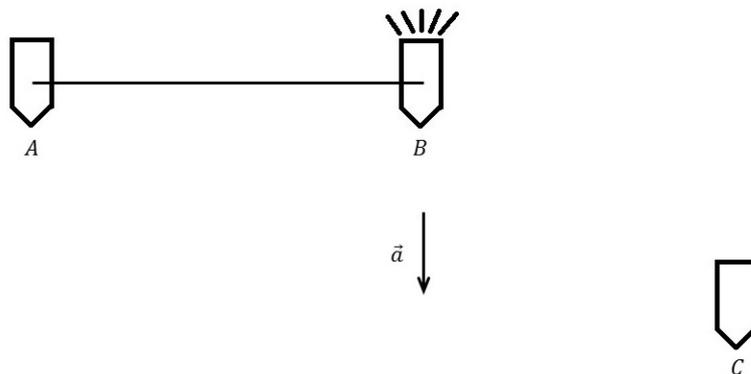
- Análise o movimento de cada bola acima. Diga se o *vetor velocidade* de cada bola é *constante* ou *variável* no tempo. Se for *variável*, especifique qual característica do vetor se modifica com o passar do tempo (*módulo*, *direção*, *sentido* ou *todas*).
- Em cada figura, escolha *dois instantes de tempo sucessivos* e esboce cuidadosamente o *vetor velocidade instantânea* em cada instante.
- Utilizando os vetores *velocidade instantânea* do item anterior, encontre qualitativamente o *vetor aceleração média* entre tais instantes.
- Análise os vetores *aceleração média* encontrados para cada bola tendo em vista a Segunda Lei de Newton. Julgue, se em cada caso, o movimento se dá sob a presença ou ausência de uma *força resultante* não nula. Caso haja uma *força resultante*, especifique suas características (*módulo*, *direção* e *sentido*). *Dicas: (1) Força resultante é definida como a soma (vetorial!!!) de todas as forças que agem sobre determinado*

corpo. (2) Escreva as forças utilizando o sistema coordenado que melhor lhe convier (cartesiano ou polar).

- (v) Julgue se a seguinte afirmação é Verdadeira ou Falsa. Justifique sua resposta com base nos resultados do item anterior.

“Todo e qualquer movimento, inclusive aquele onde a velocidade é constante, exige a presença de uma força resultante na direção do movimento, que age sobre o corpo sendo a causa do movimento.”

- 2 – Um foguete move-se lateralmente (ponto A ao B) no espaço interestelar longe de qualquer planeta ou fonte de forças. Inicialmente seus motores estão desligados. Ao chegar em B, seus motores são ligados, imprimindo-lhe uma aceleração constante representada na figura. Ao chegar em C, seus motores são novamente desligados e o foguete prossegue sua viagem novamente sem sofrer ação de quaisquer forças externas.



(i) Na figura acima, esboce a *trajetória* que o foguete seguirá de B até C, bem como aquela que será percorrida após o desligamento dos motores em C.

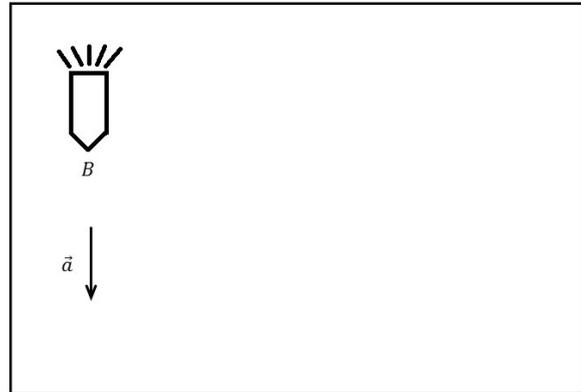
(ii) Na figura ao lado represente:

a. O vetor *velocidade instantânea* do foguete ao chegar em B.

b. O vetor *velocidade instantânea* após uma unidade de tempo.

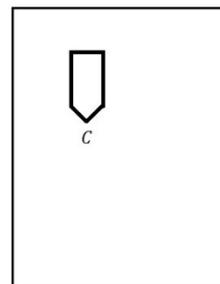
c. O vetor *velocidade instantânea* após duas unidades de tempo.

d. O vetor *velocidade instantânea* após três unidades de tempo.



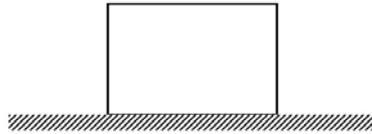
(iii) Baseado na forma com a qual o vetor *velocidade instantânea* muda com o passar do tempo, confira se o esboço preliminar que você fez está correto. Qual é o formato da trajetória seguida de B até C?

(iv) No quadro ao lado esboce o vetor *velocidade instantânea* do foguete ao chegar em C.



(v) Observando o item anterior, reveja sua previsão. Qual será a direção do movimento após o desligamento dos motores?

3 – Na figura a seguir está representada uma caixa em repouso sobre uma tábua que, por sua vez, está apoiada sobre o chão.



(i) A seguir, representamos ambos os corpos da figura anterior separadamente. Use vetores para representar as forças que atuam *sobre* cada corpo, identificando-as através de uma notação apropriada. Após fazê-lo, preencha a tabela seguinte com as informações solicitadas.

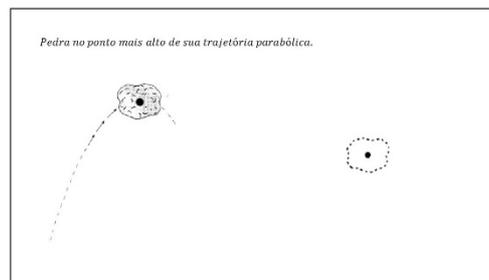
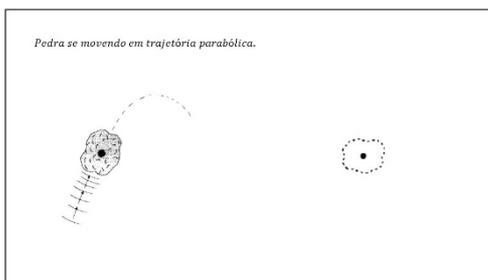
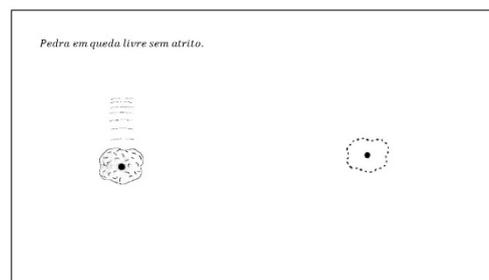
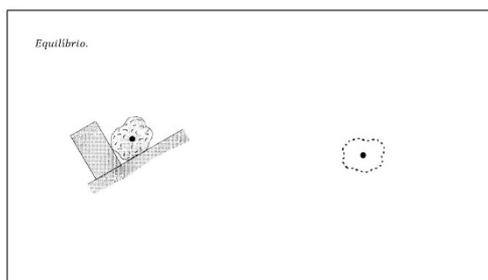
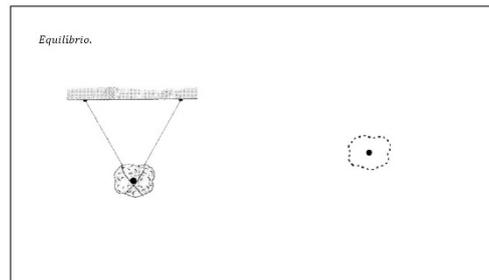
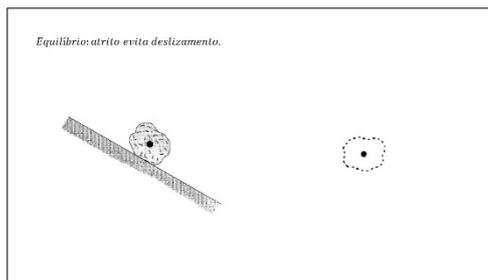
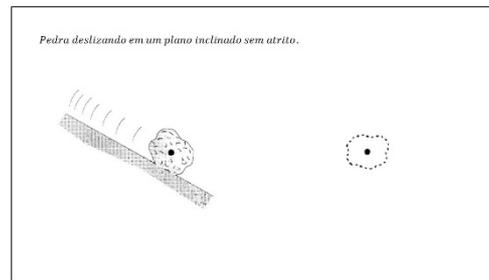
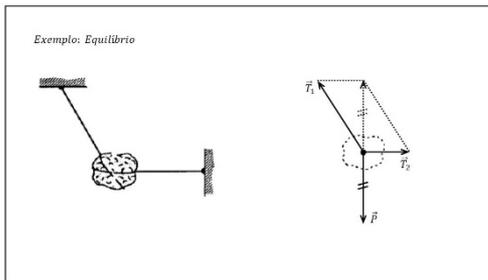


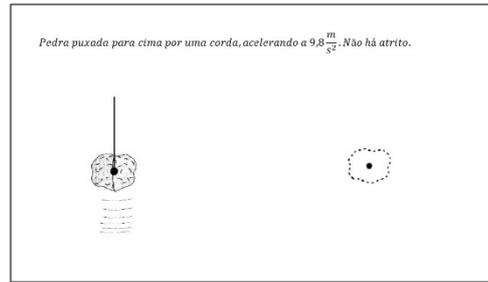
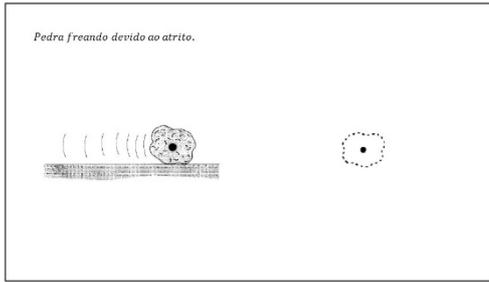
O diagrama que você fez acima é chamado *diagrama de forças*. Para fazê-lo, deve-se tratar os corpos separadamente e, em cada diagrama distinto devem constar apenas as forças exercidas *sobre* cada objeto de interesse devidamente identificadas. Revise cada diagrama e se necessário, modifique-os.

Corpo	Força	Símbolo	Quem é o agente?	Onde está aplicada?	Reação a esta força	Onde está aplicada?

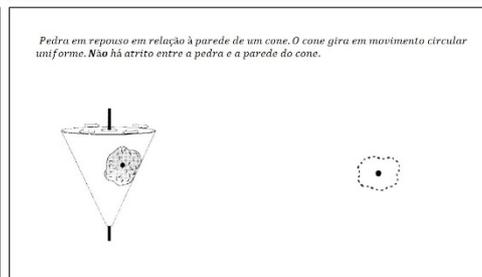
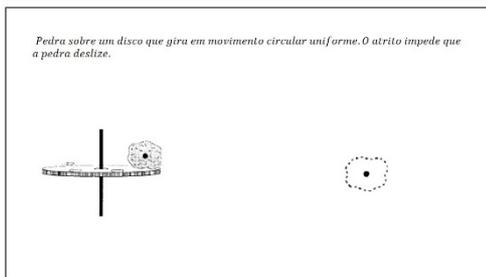
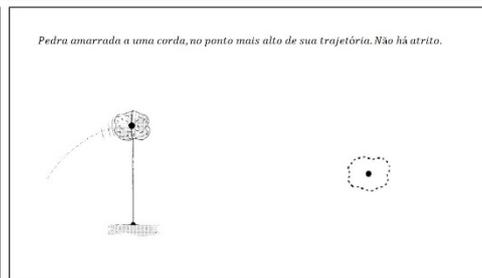
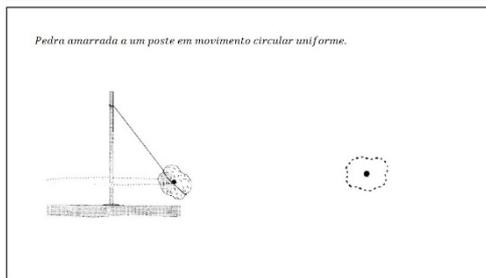
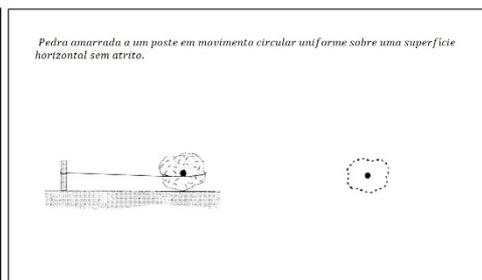
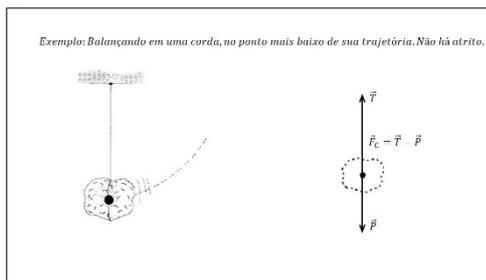
Em Física Newtoniana, as forças são provenientes de interação entre *dois* corpos distintos. As forças são especificadas identificando o objeto *sobre o qual* elas atuam e aquele *responsável pela* força. Por exemplo: A força gravitacional é exercida *sobre* a caixa *pela* Terra.

4 – Em cada caso a seguir uma ou mais forças agem *sobre* a pedra. Todas os movimentos estão restritos ao plano vertical, e a força de atrito é desprezível exceto quando for especificado em contrário. Faça o diagrama de forças de cada caso **de forma qualitativamente correta** (preste atenção ao tamanho e direção dos vetores conforme ressaltado no exemplo). Para tal utilize a “regra do paralelogramo” para soma de vetores. Utilize uma régua e faça seus diagramas a lápis para que possa alterá-los caso necessário. Adote a seguinte nomenclatura para as forças: \vec{P} = força peso; \vec{T} = tensão no fio; \vec{n} = força normal de reação de contato; \vec{f}_{at} = força de atrito.

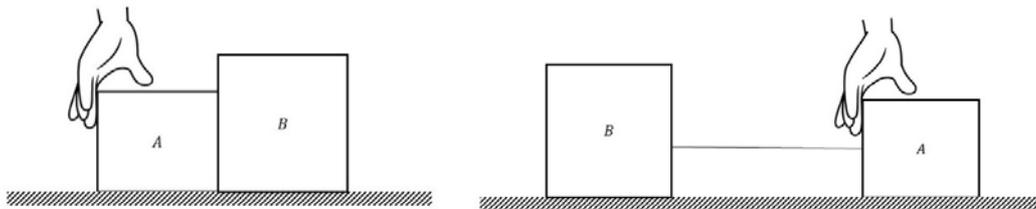




5 – Desenhe diagramas de corpo livre representando as forças que agem sobre a pedra e, em cada caso, indique a *força centrípeta*. Lembre-se que um corpo **não** está em equilíbrio quando se move circularmente. A magnitude da força centrípeta depende da velocidade angular e não há um valor pré-estabelecido do quão grande tal força deve ser. Adote a seguinte nomenclatura para as forças: \vec{P} = força peso; \vec{T} = tensão no fio; \vec{n} = força normal de reação de contato; \vec{f}_{at} = força de atrito; \vec{F}_c = resultante centrípeta.

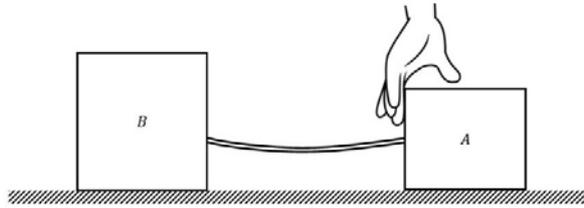


6 – A seguir estão representadas duas situações distintas: na primeira o bloco A, sobre o qual se exerce uma força externa, está em contato com o bloco B; na segunda figura a força externa continua agindo sobre o bloco A, sendo que desta vez os blocos estão conectados através de um fio inextensível e de massa desprezível. Não há atrito entre os blocos e o apoio e o movimento se dá da esquerda para a direita em ambos os casos.



- (i) Na primeira situação, o que acontece com a *distância entre os blocos A e B* com o passar do tempo? Tal distância *aumenta, diminui ou permanece constante*?
- (ii) Tendo em vista sua conclusão no item anterior, após um intervalo de tempo Δt qualquer, o bloco A terá percorrido uma distância *maior, igual ou menor* àquela percorrida pelo bloco B neste mesmo intervalo de tempo? Como consequência, a velocidade do bloco A será *maior, igual ou menor* a do bloco B? E a aceleração?
- (iii) Faça a mesma análise dos itens (i) e (ii) para a segunda situação. *Nota: Em situações semelhantes a esta podemos dizer que a corda é “inextensível”.*
- (iv) Baseado em suas conclusões, você poderia afirmar que as duas situações são semelhantes? Se sim, de que forma? Se não, por quê? *Dica: Tente focar nas semelhanças entre as duas situações, não em suas diferenças.*

7 – Os blocos A e B estão unidos por uma corda inextensível de massa m , conforme mostra a figura a seguir. Sobre o bloco A aplica-se uma força \vec{F}_{ext} horizontal e constante para a direita. Suponha que não há atrito entre o assoalho e os blocos.



(i) No espaço abaixo, faça um diagrama de forças para cada bloco e para a corda, nomeando adequadamente cada força. (Exemplo: \vec{F}_{CB} é a força exercida *pela* corda *sobre* o bloco B).

Bloco B	Corda	Bloco A

(ii) Aplicando a Terceira Lei de Newton, identifique nos diagramas acima todos os pares ação-e-reação colocando um ou mais “X” sobre cada membro do par. (Exemplo: Represente os vetores do primeiro par por uma seta com um “X” $\text{---} \times \text{---}$, os vetores do segundo par com dois “X” $\text{---} \times \times \text{---}$, etc.). Faça uma pequena lista com os pares obtidos.

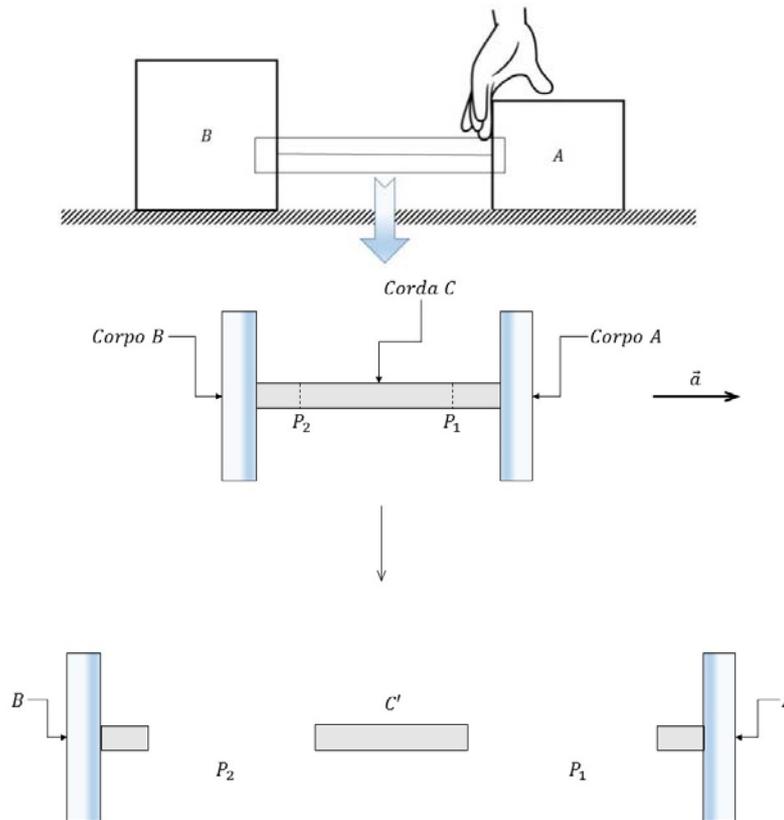
(iii) Considere somente as componentes *horizontais* de cada força. Faça uma lista em ordem decrescente de acordo com suas magnitudes, nomeando-as de forma apropriada. (Exemplo: $\vec{F}_{CB,x}$ é a componente x da força exercida *pela* corda *sobre* o bloco B).

- (iv) Oriente o eixo do movimento e escreva a segunda Lei de Newton para as componentes *horizontais* das forças que agem sobre a corda em suas formas vetorial e escalar, levando em consideração que sua massa é m .
- Que conclusão você pode tirar em relação ao módulo das componentes *horizontais* das forças que atuam *sobre* a corda? É correto afirmar que em uma corda real a força aplicada a uma extremidade é sempre igual em módulo à força aplicada à outra extremidade?
 - Sua lista do item anterior condiz com tais conclusões? Se não, corrija-a.
- (v) Julgue se a seguinte afirmação é *Verdadeira* ou *Falsa*. Justifique sua resposta com base nos resultados do item anterior.

“O único papel das cordas nos problemas de mecânica é transmitir forças de um objeto para o outro. Isto significa que, neste caso, a força aplicada ao bloco A é integralmente transmitida ao bloco B.”

- (vi) Suponha agora, que a massa da corda em questão se torne cada vez menor, tornando-se muito menor que a massa dos blocos. Utilizando a equação da segunda Lei de Newton escrita para a corda no item anterior, que conclusão você obtém acerca do módulo das forças aplicadas *sobre* a corda em cada extremidade?

8 – Considere os blocos A e B ligados por uma *corda real*, sendo o bloco A empurrado para a direita, inexistindo atrito entre os blocos e o chão. Imagine que a corda seja cortada em dois pontos, P_1 e P_2 , conforme ilustram as figuras a seguir.



Conforme se observa, permanece um segmento de corda conectado ao corpo A, outro segmento conectado ao corpo B e um terceiro segmento C' entre os outros dois. Como o segmento C' representa apenas uma parte da corda, podemos supor que este tem massa m' .

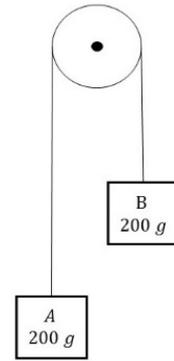
- (i) Considere \vec{T}_1 a força que o segmento de corda conectado ao bloco A exerce sobre C' e \vec{T}'_1 a força que C' exerce sobre tal segmento. Analogamente, considere \vec{T}_2 a força que o segmento de corda conectado ao bloco B exerce sobre C' e \vec{T}'_2 a força que C' exerce sobre tal segmento. Na figura acima, represente \vec{T}_1 , \vec{T}'_1 , \vec{T}_2 e \vec{T}'_2 .
- (ii) Utilizando a terceira Lei de Newton, como você compararia os módulos das forças \vec{T}_1 e \vec{T}'_1 ? E sobre os módulos de \vec{T}_2 e \vec{T}'_2 ?

*Nota: O **módulo** de cada uma dessas forças é definido como sendo a **tensão** na corda naquele determinado ponto.*

- (iii) Oriente o eixo do movimento e escreva a segunda Lei de Newton para C' em suas formas vetorial e escalar, levando em consideração que sua massa é m' .
- a. Suponha que o corte em P_1 seja feito um pouco mais perto do bloco A e o corte em P_2 um pouco mais perto do bloco B. O que você pode afirmar sobre o valor da *tensão* ao longo da corda? O valor é constante? Utilize a segunda Lei de Newton aplicada na corda para basear sua resposta.
- (iv) Suponha que o corte P_1 seja feito *exatamente* na junção do bloco A com a corda. Da mesma forma, imagine que o corte P_2 seja feito na junção do bloco B com a corda. Faça um paralelo de \vec{T}_1 , \vec{T}'_1 , \vec{T}_2 e \vec{T}'_2 com as forças listadas no item (iii) do exercício anterior.
- a. Reescreva a segunda Lei de Newton para a corda nesta nova situação. *Nota: Estamos considerando novamente a corda por inteiro, logo sua massa é m .*
- (v) Suponha agora, que a massa da corda em questão se torne cada vez menor, tornando-se muito menor que a massa dos blocos. Utilizando a equação da segunda Lei de Newton escrita para a corda no item anterior, que conclusão você obtém acerca das tensões na corda em cada extremidade?
- a. O que você pode afirmar sobre o valor da *tensão* ao longo da corda? O valor é constante? Utilize a segunda Lei de Newton aplicada na corda para basear sua resposta.

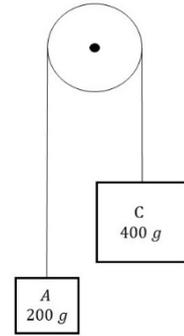
Nota: Quando a massa da corda é muito menor que a massa dos corpos por ela conectados, dizemos que tal corda tem massa desprezível, popularmente conhecida por “corda sem massa”. Uma corda que é ao mesmo tempo “inextensível” e “sem massa” é conhecida como “corda ideal”.

9 – Considere a máquina de Atwood representada na figura ao lado, formada por duas massas iguais conectadas por uma corda sobre uma polia. A corda e a polia são ideais. O objeto B é inicialmente preso de forma que nenhum corpo pode se mover.



- (i) O que acontecerá com as massas A e B assim que o sistema for solto a partir do repouso? *Não utilize álgebra.*
- (ii) Desenhe um diagrama de forças para cada bloco *após serem soltos.*
- (iii) Adote um sistema coordenado conveniente e escreva as equações da Segunda Lei de Newton para ambos os corpos. Escreva-as tanto em sua forma vetorial quanto em função do vetor unitário de seu sistema coordenado.
- (iv) Utilizando o que você aprendeu sobre cordas ideais e as informações dadas no enunciado do problema, o que você conclui sobre o movimento dos blocos? O que você conclui sobre o módulo da força exercida pela corda sobre os blocos? Seus diagramas de corpo livre condizem com suas conclusões? Se não, ajuste-os.

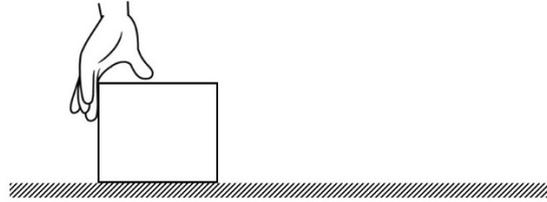
10 – Na figura a seguir tem-se o mesmo arranjo do exercício anterior. No entanto, o bloco B foi substituído pelo bloco C de maior massa. O sistema se encontra inicialmente em repouso.



- (i) O que acontecerá com as massas A e C assim que o sistema for solto a partir do repouso? *Não utilize álgebra.*
- (ii) A força resultante que age sobre o bloco C será *superior*, *inferior* ou *igual* àquela que age sobre o bloco A? Justifique brevemente *sem utilizar álgebra.*
- (iii) Desenhe um diagrama de forças para cada bloco *após serem soltos.*
- (iv) Adote um sistema coordenado conveniente e escreva as equações da Segunda Lei de Newton para ambos os corpos. Escreva-as tanto em sua forma vetorial quanto em função do vetor unitário de seu sistema coordenado.
- (v) Utilizando o que você aprendeu sobre cordas ideais e as informações dadas no enunciado do problema, encontre o valor da tensão na corda em suas extremidades e compare com a força peso dos blocos A e C.
- (vi) A sua previsão do item (ii) condiz com suas conclusões? Compare.
- (vii) Seus diagramas de corpo livre condizem com suas conclusões? Faça as devidas alterações.

Unidade 5. Trabalho e Energia

1 – Um bloco se move da esquerda para a direita sobre uma superfície sem atrito devido à aplicação de uma força horizontal \vec{F} , conforme figura a seguir.



- (i) Represente nas caixas ao lado, utilizando setas, os vetores deslocamento do bloco (\vec{d}) e a força aplicada pela mão sobre o bloco (\vec{F}_{EM}).

Deslocamento do bloco
Força da mão sobre o bloco

- (ii) Analise os vetores representados no item anterior e seja W_{EM} o trabalho realizado sobre o bloco pela mão. Este trabalho é positivo, negativo ou nulo? Justifique brevemente com base nos vetores.

- (iii) Suponha que o bloco continue se movendo da esquerda para a direita. Além disso, o trabalho realizado pela mão sobre o bloco deverá ter o mesmo valor em

Deslocamento do bloco
Força da mão sobre o bloco

módulo do caso anterior, mas deverá ter *sinal oposto*. Represente no espaço ao lado novamente o vetor deslocamento do bloco (\vec{d}), bem como a força (\vec{F}_{EM}) que deverá ser aplicada sobre o bloco para satisfazer esta nova condição.

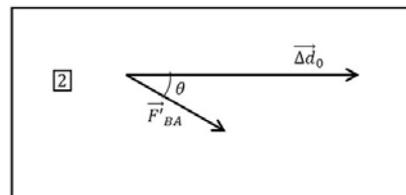
- (iv) Como você relacionaria as forças \vec{F}_{EM} e \vec{F}_{ME} em termos de seus módulos, direções e sentidos? *Expresse seu resultado algebricamente, se possível.*

2 – A figura a seguir representa a visão lateral de duas situações distintas. Encontram-se esquematizados somente os vetores deslocamento ($\vec{\Delta d}_0$) e força aplicada sobre determinado bloco B por um outro corpo A. Para ambos os casos os vetores $\vec{\Delta d}_0$ são iguais (mesmo módulo, direção e sentido). Na primeira delas o corpo A exerce uma força \vec{F}_{BA} sobre o bloco B paralelamente a seu deslocamento; na segunda situação o corpo A exerce uma força \vec{F}'_{BA} sobre o bloco B formando um ângulo θ com seu vetor deslocamento.



(i) O trabalho W_{BA} realizado pelo corpo A sobre o bloco B na primeira situação é *maior*, *menor* ou *igual* ao trabalho W'_{BA} realizado pelo corpo A sobre o bloco B na segunda situação?

(ii) No espaço ao lado, considere a força \vec{F}'_{BA} exercida pelo corpo A sobre o bloco B na segunda situação. Represente na figura as projeções desta força paralela ao deslocamento ($\vec{F}'_{BA||}$) e perpendicular a ele ($\vec{F}'_{BA\perp}$).



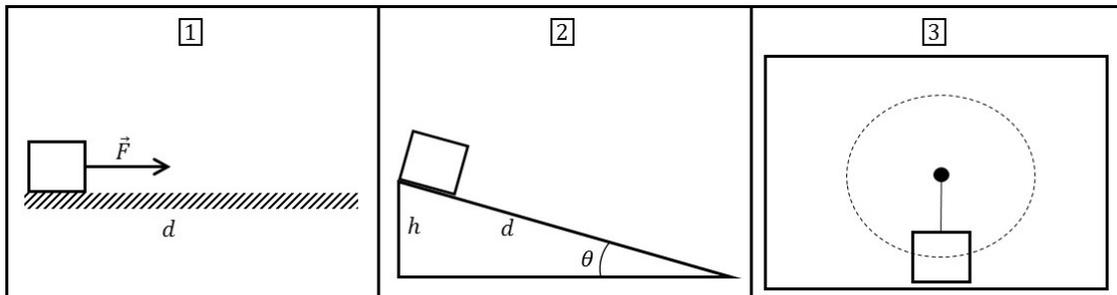
(iii) Escreva os módulos de ambas as projeções ($|\vec{F}'_{BA||}|$ e $|\vec{F}'_{BA\perp}|$) em termos do módulo da força original ($|\vec{F}'_{BA}|$) e do ângulo θ . Qual das projeções será responsável pela realização do trabalho sobre o bloco B ao longo do deslocamento $\vec{\Delta d}_0$? Qual das projeções não realizará trabalho ao longo deste deslocamento?

(iv) Verifique sua resposta ao item (i). Caso necessário corrija-a.

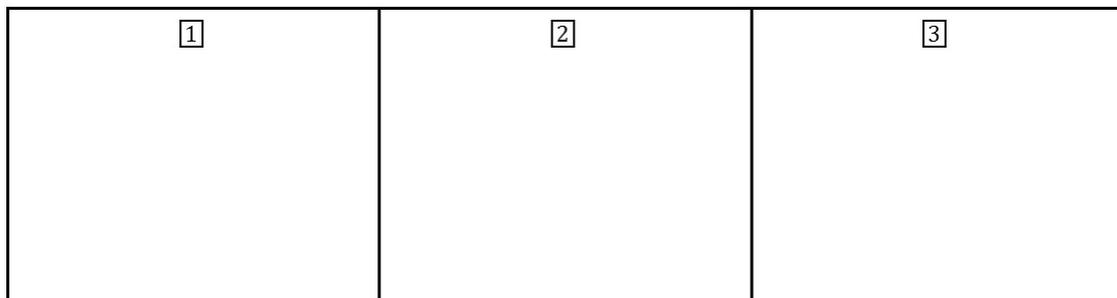
(v) Tendo em vista suas conclusões até o momento a respeito do trabalho W realizado sobre determinado corpo por uma força \vec{F} qualquer ao longo de um deslocamento \vec{d} , responda:

- Sob qual(quais) circunstância(s) este trabalho terá um valor máximo?
- Sob qual(quais) circunstância(s) este trabalho terá um valor mínimo?
- Sob qual(quais) circunstância(s) este trabalho será nulo?

3 – A seguir estão representadas três situações diferentes. Na primeira, um bloco é puxado por uma força \vec{F} sobre uma superfície plana sem atrito ao longo de uma distância d . Na segunda situação, o mesmo bloco desce um plano inclinado de comprimento d , altura h e fazendo ângulo θ com a horizontal, não havendo atrito entre o bloco e o plano inclinado. Na terceira situação tem-se a visão de cima deste bloco se movendo sobre uma mesa. O bloco realiza um movimento circular uniforme ligado a um pino central por uma corda ideal e não há atrito entre a mesa e o bloco. O círculo pontilhado representa a trajetória do bloco, que se move em sentido anti-horário.



(i) No espaço abaixo faça um diagrama de forças para o bloco nas três situações descritas, identificando claramente as forças que agem sobre ele.

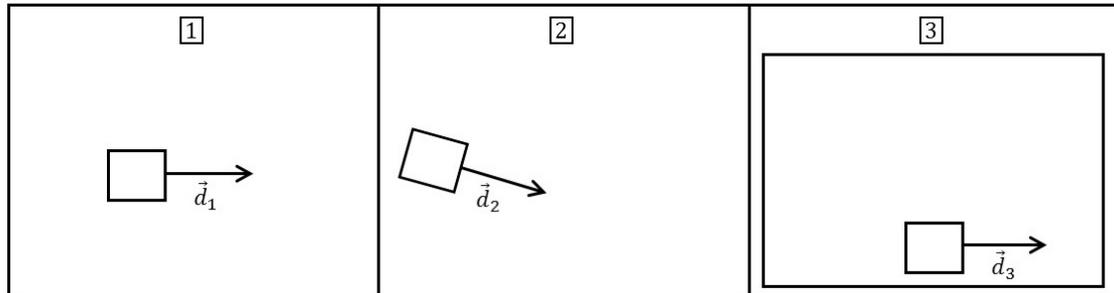


(ii) Considere a primeira situação. Liste em ordem decrescente de magnitude o trabalho realizado por cada força que age sobre o bloco ao longo do deslocamento \vec{d} . Identifique claramente a qual força se refere cada trabalho (ex: W_p é o trabalho realizado pela força peso, etc.). Caso alguma força não realize trabalho, indique explicitamente.

(iii) Aplique a análise do item anterior às situações 2 e 3.

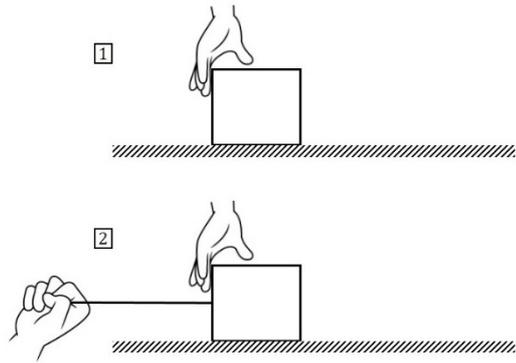
(iv) No espaço seguinte estão representados os deslocamentos infinitesimais \vec{d}_1 , \vec{d}_2 e \vec{d}_3 . Isto é, cada um deles indica a direção e sentido do deslocamento do

bloco em um *instante de tempo específico*. (*Lembre-se: no terceiro caso o bloco realiza um movimento circular uniforme; isto quer dizer que seu deslocamento instantâneo é sempre tangente à trajetória.*). Em cada uma das situações, indique as forças que agem sobre o bloco conforme identificadas nos diagramas do item (i).



- (v) Ainda no quadro do item anterior, indique claramente a projeção *paralela ao deslocamento infinitesimal* de cada força que age sobre o bloco. Caso não haja tal projeção referente a alguma força, indique claramente.
- (vi) Encontre o trabalho realizado por cada força que age sobre o bloco em cada uma das situações. Caso alguma força não realize trabalho, indique claramente justificando sua resposta.
- (vii) Verifique sua resposta aos itens (ii) e (iii). Caso necessário corrija-as.

4 – Os diagramas a seguir retratam dois blocos idênticos que se movem da esquerda para a direita sobre uma superfície plana sem atrito. Ambas as mãos que empurram os blocos exercem forças idênticas (\vec{F}_m) sobre eles. No entanto, na segunda situação o bloco é puxado por uma corda ideal que exerce uma força \vec{F}_c sobre ele, sendo esta força de menor intensidade que aquela exercida pela mão. Em ambos os casos os blocos sofrem deslocamentos \vec{d} idênticos.



- (i) O trabalho realizado *pela mão que empurra o bloco* na primeira situação é *maior, menor* ou *igual* ao trabalho realizado *pela mão que empurra o bloco* na segunda situação?
- (ii) Sabendo que definimos *trabalho total sobre um corpo* como sendo a soma dos trabalhos individuais de todas as forças que agem sobre este corpo, responda: O *trabalho total* realizado sobre o bloco na primeira situação é *maior, menor* ou *igual* ao *trabalho total* realizado sobre o bloco na segunda situação?
- (iii) No espaço abaixo faça um diagrama de forças para o bloco nas duas situações descritas, identificando claramente as forças que agem sobre ele.

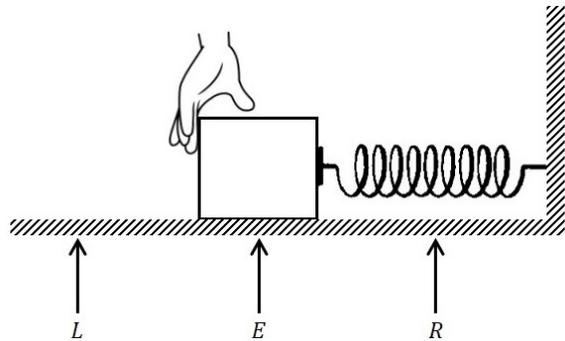
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">1</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div>
---	---

- (iv) Nos espaços abaixo represente os *vetores* que representam as *forças horizontais* que agem sobre os blocos em ambas as situações, bem como seus deslocamentos.

1 Forças horizontais sobre o bloco	2 Forças horizontais sobre o bloco
1 Deslocamento do bloco	2 Deslocamento do bloco

- (v) Calcule o trabalho realizado *por cada força horizontal* sobre os blocos em ambas as situações. Com base em suas conclusões, reveja sua resposta ao item (i). Caso necessário, faça as devidas correções.
- (vi) De posse dos resultados do item anterior, encontre o *trabalho total* realizado sobre o bloco em ambas as situações. Compare suas conclusões com sua resposta ao item (ii). Caso necessário, corrija-o. *Dica: Lembre-se da definição de trabalho total sobre um corpo dada no item (ii).*

5 – Um bloco se encontra preso a uma mola da forma indicada na figura a seguir. O atrito entre o bloco e a mesa é desprezível. A mola encontra-se inicialmente na posição de equilíbrio (E). Em seguida, o bloco é empurrado para a *direita*, ultrapassando o ponto R indicado.



- (i) O trabalho realizado *pela mão sobre o bloco* ao deslocá-lo para a direita é *positivo, negativo* ou *nulo*? O trabalho realizado *pela mola sobre o bloco* neste mesmo intervalo de tempo é *positivo, negativo* ou *nulo*? O trabalho realizado *pela parede sobre a mola* no mesmo intervalo é *positivo, negativo* ou *nulo*?
- (ii) No espaço a seguir indique somente as *forças horizontais* que agem sobre o bloco, a mola e a parede *no momento em que o bloco é empurrado para a direita*. Desenhe os vetores *deslocamento* sofridos pelo bloco, pelas

extremidades esquerda e direita da mola e pela parede *no momento em que o bloco é empurrado para a direita*. Caso alguma grandeza seja nula, indique explicitamente.

<i>Forças horizontais sobre o bloco</i>	<i>Forças horizontais sobre a mola</i>		<i>Forças horizontais sobre a parede</i>
<i>Deslocamento do bloco</i>	<i>Deslocamento da extremidade esquerda da mola</i>	<i>Deslocamento da extremidade direita da mola</i>	<i>Deslocamento da parede</i>

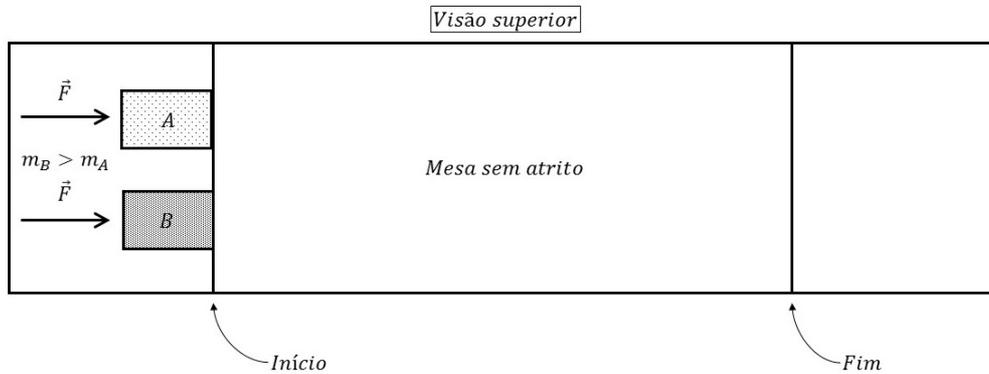
- (iii) Com base nos dados do item anterior e, utilizando a definição de trabalho de uma força, reveja suas respostas do item (i). Caso necessário, corrija-as.
- (iv) O bloco, após ultrapassar o ponto R indicado, é solto a partir do repouso. O bloco ultrapassa novamente o ponto R se movendo *para a esquerda*. Um intervalo de tempo depois, ultrapassa o ponto L, chega ao repouso e faz o caminho inverso *se movendo para a direita*. Considere dois intervalos distintos: (1) o bloco se move *para a esquerda* do ponto R ao ponto de equilíbrio (E); (2) o bloco se move *para a direita* do ponto de equilíbrio (E) ao ponto (R). Para cada intervalo, indique nos espaços a seguir as *forças horizontais* que agem sobre o bloco, bem como seus respectivos deslocamentos.

1 <i>Forças horizontais sobre o bloco – R → E</i>	2 <i>Forças horizontais sobre o bloco – E → R</i>
1 <i>Deslocamento do bloco – R → E</i>	2 <i>Deslocamento do bloco – E → R</i>

- (v) A partir dos dados do item anterior e, utilizando a definição de trabalho de uma força, determine se o trabalho realizado *pela mola sobre o bloco é positivo, negativo ou nulo* nos intervalos (1) e (2).
- (vi) Julgue se a seguinte afirmativa é *Verdadeira* ou *Falsa*. Justifique sua resposta.

O trabalho de uma força sobre determinado corpo será positivo caso esta força esteja no sentido positivo do sistema coordenado. Analogamente, o trabalho será negativo caso esta força esteja no sentido negativo do sistema coordenado

6 – Dois blocos, A e B, estão inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal e sem atrito, conforme mostrado a seguir na visão superior do aparato. Em determinado momento, a cada bloco é aplicada uma força \vec{F} de mesmo módulo, agindo sobre eles enquanto estes estiverem entre as marcas identificadas como “início” e “fim”. O bloco B possui maior massa.



(i) Dois alunos conversam sobre a energia cinética final de cada bloco.

Aluno 1: “O bloco A terá maior energia cinética no final, pois sua massa é menor, chegando ao final do percurso com maior velocidade. Como a velocidade é elevada ao quadrado na equação da energia cinética e a massa não é, aquele que tiver maior velocidade no final terá maior energia cinética.”

Aluno 2: “Eu discordo. Embora a velocidade seja elevada ao quadrado, a massa de B é maior, o que compensa pela menor velocidade. Portanto, o bloco B tem maior energia cinética final.”

Você concorda com alguma das afirmativas? Se sim, com qual?

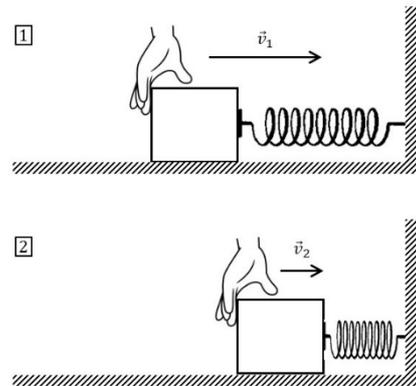
(ii) No espaço ao lado faça um diagrama de forças para os blocos A e B e represente seus respectivos vetores deslocamento.

<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div>
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A</div> Deslocamento do bloco	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div> Deslocamento do bloco

(iii) Indique o trabalho realizado por cada força que age sobre os blocos. Se alguma força não realizar trabalho, indique explicitamente.

- (iv) Compare o *trabalho total* realizado sobre o bloco A e o *trabalho total* realizado sobre o bloco B ao longo do deslocamento entre as marcas de início e fim?
- (v) Com base no item anterior e, levando em consideração a relação entre *trabalho e energia cinética*, reveja as afirmativas dadas por cada aluno no item (i). Alguma delas é verdadeira? Caso todas sejam falsas, elabore uma terceira afirmativa comparando as energias cinéticas finais de cada bloco, levando em consideração suas conclusões.

7 – Um bloco de massa m está sobre uma superfície sem atrito e preso a uma mola ideal de constante elástica k . No instante inicial (1) o bloco possui velocidade \vec{v}_1 e a mola encontra-se relaxada, conforme indicado. Neste momento o bloco é empurrado por uma força constante \vec{F} até o instante final (2), atingindo a velocidade final \vec{v}_2 menor que \vec{v}_1 , comprimindo a mola de Δx .

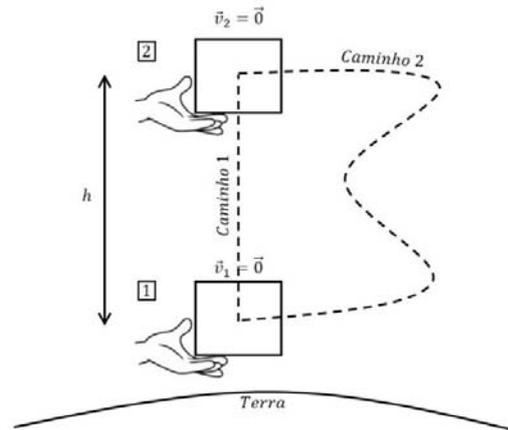


- (i) Nos espaços a seguir, represente as *forças horizontais* que agem sobre o bloco e o *deslocamento* sofrido pelo bloco na passagem do instante (1) ao instante (2).

<i>Forças horizontais sobre o bloco</i>
<i>Deslocamento do bloco</i>

- (ii) Avalie o *trabalho individual de cada força* horizontal que age sobre o bloco, indicando se é *positivo, negativo* ou *nulo*.
- (iii) Indique o *trabalho total sobre o bloco*. Este trabalho é *positivo, negativo* ou *nulo*?
Há informações suficientes para responder esta pergunta?
- (iv) Analise a *variação de energia cinética* do bloco neste intervalo. Ela é *positiva, negativa* ou *nula*?
- (v) Sendo assim, reveja o item (iii). Com base na relação entre trabalho e energia cinética desenvolvido no exercício anterior, avalie o *trabalho total* realizado sobre o bloco.

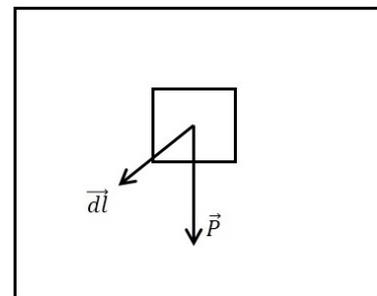
8 – Considere a seguinte situação: um bloco de massa m que se encontra na vizinhança terrestre e possui velocidade inicial nula (posição 1) é erguido de uma altura h em linha reta (caminho 1) e termina seu movimento também com velocidade nula (posição 2), conforme indica a figura. Após isso, o bloco é levado novamente ao ponto de partida (posição 1) através do caminho 2, quando termina seu movimento novamente em repouso.



Dica: Para esta questão adote convenientemente um eixo ordenado indicando claramente sua origem.

- (i) Calcule o trabalho realizado pela força peso sobre o bloco ao ir da posição 1 à posição 2 ao longo da linha reta (**caminho 1**).
- (ii) Calcule a variação da energia potencial gravitacional entre os pontos inicial e final.
- (iii) De que forma as grandezas dos itens (i) e (ii) se relacionam?

(iv) Considere agora o trabalho realizado pela força peso sobre o bloco ao voltar à posição 1 **pelo caminho 2**. Na figura ao lado temos o bloco em algum momento intermediário em seu movimento de volta por tal caminho. Representamos ainda a força peso que age

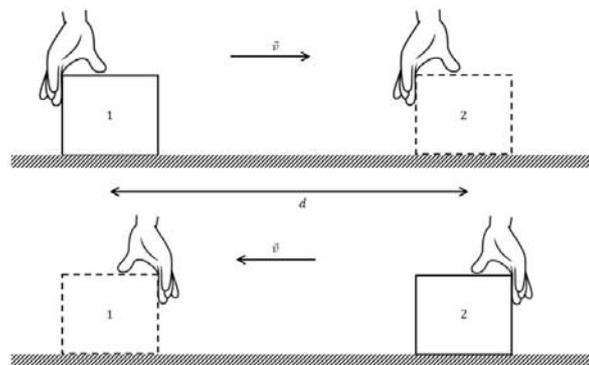


sobre o bloco (\vec{P}), bem como um deslocamento infinitesimal ($\vec{d\vec{l}}$) do bloco. Represente as projeções do vetor $\vec{d\vec{l}}$ paralela ao vetor peso ($\vec{d\vec{l}}_{\parallel}$) e perpendicular a ele ($\vec{d\vec{l}}_{\perp}$).

- (v) Baseado na definição de trabalho de uma força, responda:
 - a. Qual será o trabalho realizado pela força peso sobre o bloco ao longo do deslocamento *horizontal*, na volta à posição 1 **pelo caminho 2**?
 - b. Qual será o trabalho realizado pela força peso sobre o bloco ao longo do deslocamento *vertical*, na volta à posição 1 **pelo caminho 2**?

- (vi) Sendo assim, o trabalho realizado pela força peso sobre o bloco ao ir da posição 1 à posição 2 (*pelo caminho 1*) se relaciona de alguma forma com o trabalho realizado pela mesma força ao voltar à posição inicial (*pelo caminho 2*)? Se sim, de que forma?
- (vii) Podemos então dizer que a força peso é um exemplo de *força conservativa*? Por quê?
- (viii) O que podemos dizer sobre o trabalho realizado por uma força conservativa ao longo de um *caminho fechado*? *Dica: Entendemos por caminho fechado aquele que começa e termina num mesmo ponto.*

9 – Um bloco de massa m é empurrado por uma força constante \vec{F} ao longo de uma superfície plana *com atrito*. O bloco percorre a distância d indicada com velocidade constante \vec{v} , do ponto 1 ao ponto 2. Ao chegar no ponto 2, o bloco é então empurrado com a mesma força \vec{F} de volta ao ponto inicial, com velocidade constante \vec{v} de mesmo módulo que no trecho anterior.



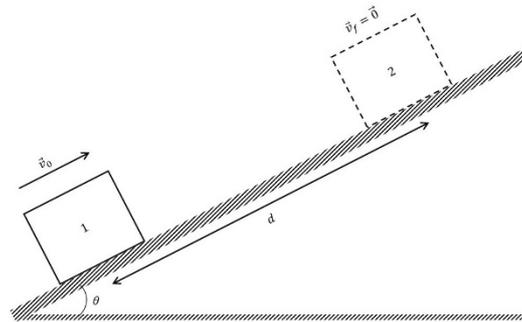
- (i) No quadro ao lado, faça um diagrama de forças para o bloco no percurso do ponto 1 ao ponto 2 e no percurso contrário. Indique também o vetor deslocamento sofrido pelo bloco em cada trecho.

Ponto 1 ao 2	Ponto 2 ao 1
Deslocamento do bloco	Deslocamento do bloco

- (ii) Calcule o trabalho realizado por cada força identificada no item anterior sobre o bloco no trecho do ponto 1 ao 2 e no percurso contrário.
- (iii) Calcule o *trabalho total* realizado sobre o bloco durante todo o movimento.
- (iv) Baseado nos seus conhecimentos referente ao trabalho de uma força conservativa em um caminho fechado, há alguma força *não-conservativa* agindo sobre o bloco neste exemplo? Se sim, qual força neste caso é não-conservativa?

- (v) Se, ao voltar do ponto 2 para o ponto 1, o bloco o fizesse por um outro caminho tal que a distância percorrida fosse maior que d , o trabalho da força identificada no item anterior seria *maior*, *menor* ou *igual* àquele originalmente encontrado para este trajeto?
- (vi) Sendo assim, você afirmaria que o trabalho de forças não-conservativas depende do caminho ao longo do qual a força age? Se sim, essa dependência seria *diretamente* ou *inversamente* proporcional? Explique brevemente.

10 – A figura a seguir mostra um bloco de massa m que começa a subir uma rampa com atrito com velocidade \vec{v}_0 (posição 1). Ao final do movimento (posição 2) o bloco se encontra em repouso sobre a rampa, após ter percorrido uma distância d .



- (i) No quadro a seguir, faça um diagrama de forças para o bloco durante o movimento descrito.
- (ii) Das forças representadas no diagrama de forças, quais delas efetivamente realizam trabalho durante o movimento?
- (iii) Alguma das forças identificadas no item anterior é *conservativa*? Se sim, qual? Alguma delas é *não-conservativa*? Se sim, qual?
- (iv) Sendo W^c o trabalho das forças conservativas sobre o bloco e W^{nc} o trabalho das forças não-conservativas sobre o bloco, escreva a equação que relaciona a *variação de energia cinética* do bloco com o *trabalho total* sobre ele realizado.
- (v) Levando em consideração a relação entre W^c e ΔU encontrada no exercício 8 e aplicando esta relação na equação anterior, o que podemos afirmar sobre o efeito do *trabalho realizado por forças não-conservativas*? Esta grandeza se relaciona com alguma outra grandeza do problema?

