GETEF

FÍSICA AUTO-INSTRUTIVO FAI 2

- VETORES
- FORÇA E MOVIMENTO

TEXTO PROGRAMADO
PARA 2º GRAU

edição SARAIVA
1976

Supervisão Editorial: Alexandre Faccioli

Obra aprovada pela Equipe Técnica do Livro e do Material Didático. Proc. 433/75, DO de 17/06/75.

6ª. edição

Composição, ilustrações e artes:
AM PRODUÇÕES GRÁFICAS LTDA.
Av. Brigadeiro Luís Antonio, 1892
10º andar conjunto 103
Telefone: 288-1639
São Paulo - SP

SARAIVA S.A. Livreiros Editores
Rua Fortaleza, 53
Tels.: 32-1627, 32-2124, 32-1149, 34-9685
Caixa Postal: 2362 — Endereço Telegráfico: Acadêmica
São Paulo — S.P.
Av. Marechal Rondon, 2231
Tel.: 201-7149 — Rio de Janeiro — R.J.

GETEF — GRUPO DE ESTUDOS EM TECNOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA

PROJETO FAI

Coordenadores

Fuad Daher Saad — Paulo Yamamura — Kazuo Watanabe

Autores

Fuad Daher Saad
Instituto de Física — USP
Prof. efetivo de Física
do Col. Est. "Anísio Teixeira"

Paulo Yamamura
Instituto de Física — USP
Prof. efetivo de Física
do Col. Est. "Idalina
Macedo da Costa Sodré"

Kazuo Watanabe
Instituto de Física — USP
Faculdade de Tecnologia
de São Paulo

Norberto Cardoso Ferreira
Instituto de Física — USP
Prof. efetivo de Física do
Col. Est. "Assis Chateaubriand"

Denitiro Watanabe
Instituto de Física — USP
Prof. efetivo de Física do Col. Est.
Prof. "Wolny Carvalho Ramos"

Dononzor Sella
Instituto de Física — USP
Colégio "Santa Cruz"

Dr. Iuda Dawid Goldman Lejbman
Instituto de Física — USP

Ms. João André Guillaumon Filho
Instituto de Física — USP

Ms. Yashiro Yamamoto
Instituto de Física — USP

Dr. Sadao Isotani
Livre Docente do
Instituto de Física — USP

Dr. Shozo Motoyama
Instituto de História — USP
Prof. efetivo de Física do
Col. Est. "Antônio Raposo Tavares"

Dra. Maria Amélia Mascarenhas Dantas
Instituto de História — USP

Marcelo Tassara
Faculdade de Comunicações e Artes — USP

Eda Tassara
Instituto de Psicologia — USP

Wilson Carron
Prof. efetivo de Física do Col. Est.
"Profa. Eugênia Vilhena de Moraes"
Ribeirão Preto

Cláudio Chagas
Prof. de Física do Col. Est.
Prof. "Wolny Carvalho Ramos"

Oziel Henrique Silva Leite
Instituto de Ciências Exatas e
Tecnológicas — UEM
(Maringá—PR)

José André Perez Angotti
Instituto de Ciências Exatas e
Tecnológicas — UEM
(Maringá—PR)

AO ESTUDANTE

O trabalho que ora lhe apresentamos tem por objetivo dar a você condição de aprender uma parte substancial da Física Fundamental. São tratados assuntos que vão desde as primeiras leis elementares de movimento, passando pela análise dos conceitos de energia, movimentos complexos, etc., até noções básicas da Física Moderna. Quanto à importância prática da Física Fundamental, é desnecessário ressaltar. Entretanto, para sua compreensão e para seu uso eficaz, exigem-se conhecimentos razoavelmente detalhados.

Tendo em vista tal fato, este volume é constituído de textos programados, cujo conteúdo foi cuidadosamente analisado e apresentado em pequenos passos (itens). Em cada passo é fornecida uma certa informação e, logo em seguida, uma ou mais questões são apresentadas. Você deverá ler atentamente e escrever a resposta à questão formulada em espaço próprio ou desenvolver à parte. Tendo respondido, deverá verificar se sua resposta corresponde a um acerto, comparando-a com aquela correta apresentada logo a seguir.

Suas respostas servem de informação aos passos seguintes. Por isso, e por outros motivos, escrever a resposta é essencial. É essencial, também, que você escreva sua resposta *antes* de olhar a correta. Uma olhadela à resposta correta, ainda que bem intencionada, só poderá dificultar sua tarefa no futuro. Uma boa norma é fazer resumos de assuntos estudados, ressaltando pontos importantes.

As aparentes repetições que você poderá notar no texto foram incluídas porque há razão para tal. Não pule itens. Siga com o trabalho continuamente.

Se começar a notar que suas respostas não estão sendo correspondidas, é possível que você não tenha estudado o texto atentamente. Nesse caso, reestude o texto, antes de passar adiante. Se persistir a dificuldade, talvez você não esteja utilizando o texto adequadamente. Para sanar eventuais falhas peça auxílio a seu professor.

Este trabalho é um *desafio*: *você* é o responsável pelo seu aprendizado. Livre de esquemas tradicionalmente conhecidos, você irá trabalhar para criar dentro de si a satisfação de uma auto-realização, de ter enriquecido seu repertório e de sentir o sabor de um êxito constante cada vez maior.

Os autores

ÍNDICE

CAPÍTULO IV

Vetores

OBJETIVOS: **Ao final deste capítulo, o estudante deve estar apto para:**

a. definir grandezas vetoriais e escalares.

b. operar graficamente com vetores.

c. operar analiticamente com vetores.

Observar e analisar fenômenos naturais envolve a identificação de grandezas físicas pertinentes, através de suas múltiplas variações.

A fim de caracterizar as grandezas físicas, segundo definição matemática, define-se um elemento numérico dimensional.

Assim, grandezas como massa, comprimento, intervalo de tempo, volume, densidade, etc. são caracterizadas por meio de um número e a respectiva unidade de medida. Um número vezes a unidade é suficiente para identificar totalmente as grandezas acima, qualitativa e quantitativamente.

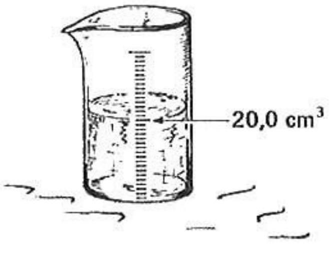
Entretanto, uma grandeza como a força não será possível ser identificada através de um simples número e uma unidade. Ela requer, além disso, uma direção, bem como um sentido, pelo qual atua sobre um objeto. Tais grandezas são denominadas **vetoriais**; são aquelas cujas operações entre as mesmas requer, além do uso das propriedades analíticas, as propriedades geométricas.

Grandezas como velocidade, aceleração, campo gravitacional e elétrico, momento magnético, etc. são do tipo vetorial.

Vemos, então, que para o estudo de diversos fenômenos físicos, o **vetor** (elemento fundamental de grandezas vetoriais) é essencial.

Desenvolveremos aqui, sem preocupações de análises matemáticas mais profundas, os conceitos e propriedades operacionais relativos a grandezas vetoriais, suficientes para o entendimento e a análise dos tópicos que desenvolveremos.

SEÇÃO 1 — GRANDEZA ESCALAR E GRANDEZA VETORIAL



1 ■ O frasco ao lado indica que em seu interior existe 20,0 cm^3 de um determinado líquido. Sempre que efetuamos a medida de uma grandeza física, encontramos seu valor. A grandeza a que nos referimos neste exemplo é o **volume** ocupado pelo líquido. O valor dessa ___________ é 20,0 cm^3.

* * * * * * * * * * * *

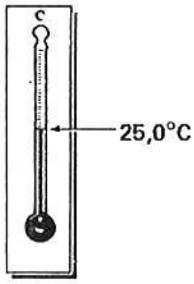
grandeza

2 ■ A medida da grandeza citada no item anterior (20,0 cm^3) é expressa por um número (20,0) vezes a unidade de medida (cm^3). Portanto, para especificar uma grandeza física, necessitamos de um número que expresse a quantidade medida e a correspondente ____________________.

* * * * * * * * * * * *

unidade de medida

3 ■ O termômetro ao lado indica a temperatura de 25,0°C. A temperatura é uma grandeza expressa por um ______________ (25,0) vezes a ________________________ (graus Celsius).



* * * * * * * * * * * *

número; unidade de medida

4 ■ As grandezas físicas são sempre expressas por um ______________ multiplicado pela correspondente ________________________.

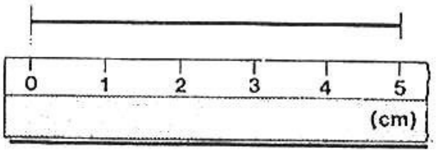
* * * * * * * * * * * *

número; unidade de medida

5 ■ O relógio ao lado indica 5,0 h. A grandeza associada ao tempo é expressa pelo ______________ (5,0) multiplicado pela unidade de tempo (hora).

* * * * * * * * * * * *

número



6 ■ 5,0 cm representa a medida do comprimento do segmento ao lado. A correspondente unidade de medida é o __________.

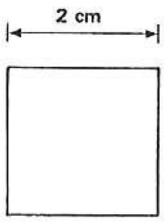
* * * * * * * * * * * *

centímetro ou cm

7 ■ A velocidade de um carro é de 40,0 km/h. A grandeza associada à velocidade é expressa por um ______________ (40,0) vezes a ________________________.

* * * * * * * * * * * *

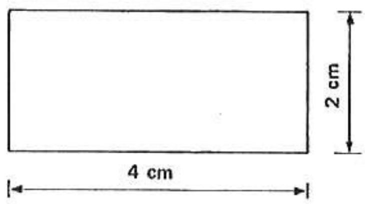
número; unidade de medida km/h



8 ■ A medida da área ao lado é ______________. Ela é expressa por um ______________ (4,0) vezes a unidade de medida (cm^2).

* * * * * * * * * * * *

4,0 cm^2; número



9 ■ A área do retângulo ao lado é ______________.
A unidade de medida é o ______________.

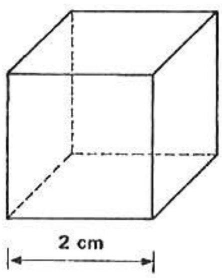
* * * * * * * * * * * *

8 cm^2; cm^2

10 ■ Grandezas físicas, tais como: volume, temperatura, massa, comprimento, intervalo de tempo, velocidade, etc., devem ser medidas sempre que quisermos determinar seus __________.

* * * * * * * * * * * *

valores



11 ■ Determine o volume do cubo ao lado. Seu valor é ______________.
Portanto, para determinarmos o valor de uma ______________ física, devemos ______________ e exprimi-la por um ______________ vezes ________________________.

* * * * * * * * * * * *

8 cm^3; grandeza; medi-la; número; a unidade de medida

12 ■ "Moro a 200 metros do Colégio." 200 metros é a distância ou o valor do comprimento de minha casa ao Colégio.

"Moro 200 metros ao norte do Colégio." 200 metros ao norte caracteriza a posição de minha casa em relação ao Colégio.

Em ambos os casos temos uma mesma __________ (200 metros), contudo, na segunda afirmação, além da distância, está caracterizada uma direção e um __________ .

****

distância; sentido

13 ■ Examine as afirmações: "Um barco desloca-se com velocidade de 20,0 km/h." e "Um barco desloca-se com velocidade de 20,0 km/h para leste." A segunda afirmação acrescenta duas informações a mais. São elas: a __________ (leste-oeste) ou (oeste-leste) e o __________ (leste) do deslocamento do barco.

****

direção; sentido

14 ■ Dois carros "cruzam-se" defronte à escola com velocidade de 20,0 km/h. Ambos os veículos (possuem; não possuem) velocidades de mesmo valor (20,0 km/h), a mesma direção, mas sentidos __________ .

****

possuem; contrários

15 ■ Examine as afirmações: "Um trem percorre 2,0 km." e "Um trem percorre 2,0 km **para sudeste**." O primeiro caso refere-se a uma **distância** e o segundo a um **deslocamento**. Ambos possuem o mesmo valor. A qual dos dois associamos direção e sentido? (distância; deslocamento)

****

deslocamento

16 ■ "2,0 km" é um comprimento ou uma distância. "2,0 km ao norte" é um deslocamento.

"400 m ao norte" é (um comprimento; um deslocamento).

****

um deslocamento

17 ■ Correlacione as colunas:

1. posição	( ) a. 6,0 km
2. distância (somente)	( ) b. sudeste
3. deslocamento	( ) c. 4,0 km a nordeste de São Paulo
4. direção e sentido	( ) d. 4,0 km para nordeste

****

(2) a; (4) b; (1) c; (3) d

18 ■ "300 metros para o norte" é um **deslocamento**. "300 metros ao norte de **minha casa**" caracteriza uma **posição**. Para especificar uma posição é necessário um valor ou distância a uma __________ (minha casa), uma direção e um __________ . O deslocamento é caracterizado por um valor ou distância, uma __________ e um __________ . (É; Não é) necessário uma origem para caracterizar um deslocamento.

****

origem; sentido; direção; sentido; Não é

19 ■ Para caracterizar certas grandezas físicas, basta um número multiplicado pela correspondente unidade de medida. Exemplos: comprimento, área, temperatura, volume, massa, etc. Afirmar que o comprimento de uma estrada é igual a 60 km (é; não é) suficiente para especificar a grandeza comprimento da estrada.

****

é

20 ■ Ao afirmarmos que o comprimento de uma estrada é de 60 km, fornecemos seu ____________.

****

valor

21 ■ Para darmos a posição de um objeto, devemos estabelecer um ponto de referência. Feito isso, precisamos fornecer a direção, o sentido e um número multiplicado pela unidade de comprimento. Portanto, apenas o número multiplicado por uma unidade de comprimento (basta; não basta) para localizar um objeto.

****

não basta

22 ■ As grandezas que necessitam apenas de um número e da correspondente unidade de medida para caracterizá-las, são denominadas **grandezas escalares**. As grandezas que exigem, além do número e da unidade, uma direção e um sentido são chamadas **grandezas vetoriais**. O volume de um corpo representa uma grandeza __________. Um automóvel se desloca 20 km para o norte da cidade. O deslocamento é uma grandeza ____________.

****

escalar; vetorial

23 ■ Uma grandeza que necessita apenas de um número e da correspondente unidade de medida para caracterizá-la é chamada ______________.

****

grandeza escalar

24 ■ Uma grandeza vetorial, além do número e da correspondente unidade de medida, possui ____________ e ____________.

****

direção; sentido

25 ■ Classifique as seguintes grandezas em escalares ou vetoriais:

a) 3 km ______________
b) 12,0 cm^2 ______________
c) 10 m/s para leste ______________
d) 42° C ______________
e) 2 kg ______________
f) 20 km para o norte ______________
g) 9,8 m/s^2 na direção do centro da Terra ______________

****

grandezas escalares: a, b, d, e; grandezas vetoriais: c, f, g

26 ■ As grandezas escalares necessitam apenas de ______________________ para caracterizá-las.

****

um número vezes a correspondente unidade de medida

27 ■ Grandezas que necessitam, além de um número e da correspondente unidade de medida, também de uma direção e um sentido são chamadas ______________________ .

* * * * * * * * * * * *

grandezas vetoriais

28 ■ Em Física, existem duas espécies de grandezas: as ________________ e as ____________________ .

* * * * * * * * * * * *

escalares; vetoriais

SEÇÃO 2 – REPRESENTAÇÃO DE GRANDEZAS VETORIAIS: VETORES

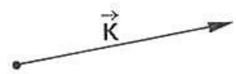
1 ■ Representa-se geometricamente uma grandeza vetorial através de um segmento orientado, que denominamos **vetor**.

Portanto, um ______________________ ,que é chamado de ______________ , é utilizado para representar uma grandeza __________________ .

* * * * * * * * * * * *

segmento orientado; vetor; vetorial

2 ■ Existem várias notações para indicar um vetor. A mais freqüente utiliza letras maiúsculas ou minúsculas, sobre as quais se coloca uma seta. Exemplos: $\vec{A}$, $\vec{b}$, $\vec{F}$, $\vec{v}$, etc. O vetor indicado ao lado é representado por ___________.



* * * * * * * * * * * *

$\vec{K}$

3 ■ Podemos, também, usar duas letras maiúsculas encimadas por uma seta. A primeira letra corresponde à origem do vetor e a segunda à sua extremidade. Exemplos: $\overrightarrow{AB}$; $\overrightarrow{BC}$; $\overrightarrow{MN}$, etc. O vetor $\overrightarrow{AB}$ tem sua origem no ponto _______ e sua extremidade no ponto _________.

* * * * * * * * * * * *

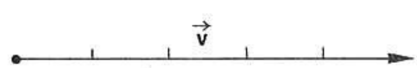
A; B

4 ■ Qual a notação correta para o vetor representado ao lado? ($\overrightarrow{CD}$; $\overrightarrow{DC}$)

* * * * * * * * * * * *

$\overrightarrow{CD}$

5 ■ Em muitos casos, a representação de um vetor por meio de escalas é conveniente. Ao lado, o vetor $\vec{v}$ representa a velocidade de uma partícula que se desloca a 50 km/h. Tomamos a escala 1,0 cm : 10 km/h. O vetor tem um comprimento igual a _________ cm. Se a partícula estivesse animada da velocidade de 40 km/h, o vetor deveria ter um comprimento de _______________.



* * * * * * * * * * * *

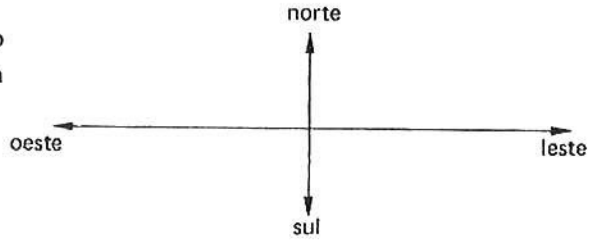
5,0; 4,0 cm

6 ▪ Para representarmos um deslocamento de 6 km para leste, construímos, em escala, um vetor de 2 cm; isto significa que cada ______________ está representado por 1 cm.

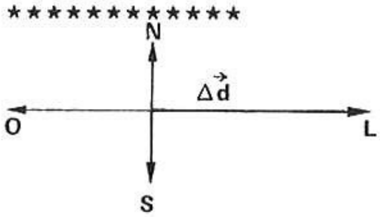
★★★★★★★★★★★★

3 km

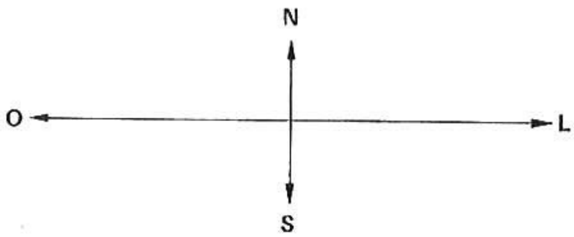
7 ▪ Represente, na figura ao lado, o vetor deslocamento mencionado no item 6. Utilize uma escala 1 cm : 2 km e a simbologia $\Delta\vec{d}$.



★★★★★★★★★★★★

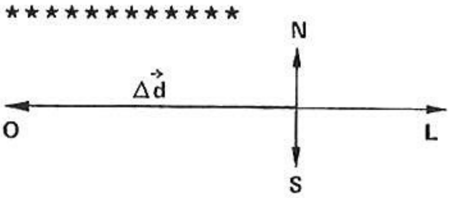


8 ▪ Você realiza um deslocamento de 100 metros para oeste. Represente vetorialmente, na figura ao lado, seu deslocamento.

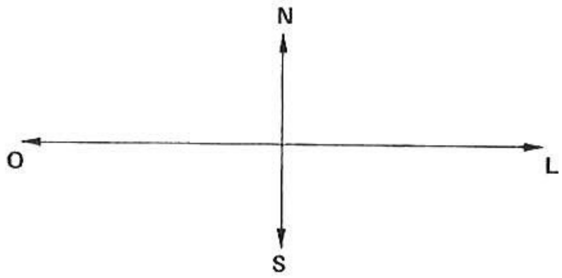


escala : 1 cm : 25 m

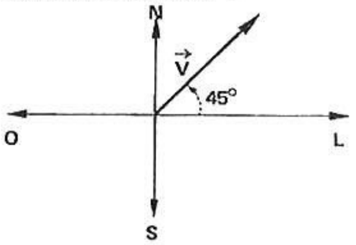
★★★★★★★★★★★★



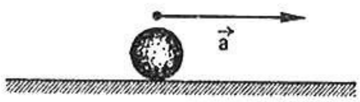
9 ▪ Um avião movimenta-se à razão de 200 km/h para nordeste, fazendo um ângulo de 45° com o norte. Utilizando uma escala 1 cm : 100 km/h, construa, no espaço ao lado, o vetor que representa a velocidade do avião.



★★★★★★★★★★★★



10 ▪ O objeto desenhado na figura ao lado movimenta-se para a direita em movimento acelerado. O vetor sobre o objeto representa sua aceleração. A escala utilizada foi 1 cm : 1,0 m/s². O valor da aceleração do objeto é de ______________, para a direita.



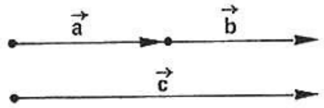
★★★★★★★★★★★★

2,0 m/s²

SEÇÃO 3 – OPERAÇÕES COM VETORES: MÉTODO GRÁFICO

A – ADIÇÃO DE VETORES DE MESMA DIREÇÃO

1 ■ Os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ representam dois deslocamentos sucessivos na mesma direção e mesmo sentido. O vetor $\vec{c}$ representa o deslocamento resultante. Logo,

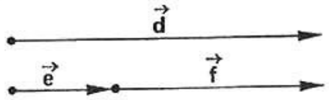


$\vec{c}$ = __________ + __________

* * * * * * * * * * * *

$\vec{a}$; $\vec{b}$

2 ■



__________ = __________ + __________

* * * * * * * * * * * *

$\vec{d}$; $\vec{e}$; $\vec{f}$

3 ■ Uma pessoa caminha para noroeste com a velocidade de 0,5 m/s. Podemos representar esta grandeza vetorial (velocidade) através de um ________. O número multiplicado pela correspondente unidade de medida, ou seja, o valor da grandeza, é chamado **módulo** do vetor. Podemos representar o módulo do vetor velocidade citado neste item de duas maneiras:

$|\vec{v}|$ = 0,5 m/s (a letra que representa o vetor é colocada entre barras)

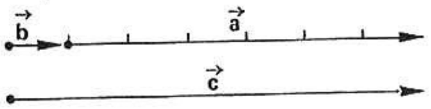
ou

v = 0,5 m/s (neste caso a seta é omitida da letra v).

* * * * * * * * * * * *

vetor

4 ■ Um barco que possui a velocidade de 6 m/s em águas tranqüilas, desce um rio cuja **correnteza** possui a velocidade de 1 m/s. Podemos representar o vetor velocidade do barco por $\vec{a}$ e o vetor velocidade da correnteza do rio por $\vec{b}$. A velocidade resultante do barco será representada pelo vetor $\vec{c}$.



$\vec{a} + \vec{b}$ = _______

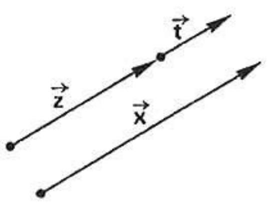
em módulo: $|\vec{a}| + |\vec{b}|$ = _______

ou 6 m/s + _______ = _______

* * * * * * * * * * * *

$\vec{c}$; $|\vec{c}|$; 1 m/s; 7 m/s

5 ■

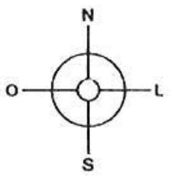


O vetor $\vec{x}$ representa o vetor soma ou resultante dos vetores $\vec{z}$ e __________.

* * * * * * * * * * * *

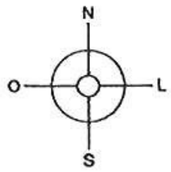
$\vec{t}$

6 ■ Um garoto caminha 50 metros para leste e, em seguida, mais 100 metros para leste. Represente vetorialmente o deslocamento de 50 metros.
Chame-o de $\vec{a}$ e utilize a escala 1 cm : 25 m.



★★★★★★★★★★★★

7 ■ Represente agora o deslocamento de 100 metros realizado pelo garoto, mencionado no item 6. Utilize a mesma escala e represente-o por $\vec{b}$.



★★★★★★★★★★★★

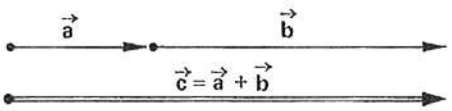
8 ■ Evidentemente, o deslocamento resultante do garoto foi de __________ para leste, pois ele realizou deslocamentos consecutivos de mesma direção e mesmo __________. O deslocamento resultante é a soma vetorial dos deslocamentos. Para determinar o vetor que representa o deslocamento resultante, devemos construir cada vetor em seguida a outro e o vetor que representa a soma é aquele que vai do início do primeiro até a extremidade do último vetor.

★★★★★★★★★★★★

150 m; sentido

9 ■ Represente graficamente a soma dos deslocamentos $\vec{a}$ e $\vec{b}$ realizados pelo garoto, utilizando a mesma escala. Represente a soma por $\vec{c}$.

★★★★★★★★★★★★



10 ■ O vetor $\vec{c}$ tem comprimento igual a ________. Logo, o módulo de $\vec{c}$ será $|\vec{c}| = c =$ ________, pois cada centímetro equivale a __________.

★★★★★★★★★★★★

6 cm; 150 m; 25 m

11 ■ Como, no exemplo acima, $\vec{a}$ e $\vec{b}$ possuem mesma direção e mesmo __________, o módulo de $\vec{c}$ pode ser calculado pela expressão:

$$|\vec{c}| = c = |\vec{a}| + |\vec{b}|$$

Substituindo os valores, teremos: c = ____________________

★★★★★★★★★★★★

sentido; c = 50 m + 100 m = 150 m

12 ■ O garoto caminha 50 metros para leste e, em seguida, 100 metros para oeste. Agora, o segundo deslocamento realizado pelo garoto (é; não é) oposto ao primeiro.

★★★★★★★★★★★★

é

13 ■ Não será difícil determinar o deslocamento resultante. Este terá módulo ou valor igual a ____________ dirigido para (leste; oeste).

****

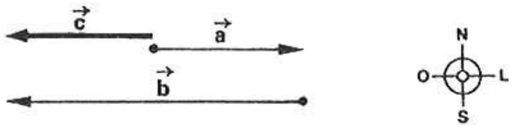
50 m; oeste

14 ■ Vamos determinar o deslocamento resultante, utilizando vetores. Chame o primeiro de $\vec{a}$, o segundo de $\vec{b}$ e a soma ou o ____ de $\vec{c}$. Logo ($\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$; $\vec{c} = \vec{a} - \vec{b}$).

****

deslocamento resultante; $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ (Apesar do segundo deslocamento ser contrário ao primeiro, o deslocamento resultante ou a soma é sempre representada, vetorialmente, pela soma.)

15 ■ A representação vetorial de $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ está indicada ao lado. A escala utilizada foi 1 cm : 25 m. O sentido do deslocamento resultante é para ____________



****

oeste

16 ■ A soma $\vec{c}$ tem módulo __________, pois seu comprimento é __________ e a escala utilizada foi 1 cm: ______.
Seu sentido é para ________ e sua direção é (igual às; diferente das) direções de $\vec{a}$ e de $\vec{b}$.

****

50 m; 2 cm; 25 m; oeste; igual às

17 ■ No exemplo acima, os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ são diretamente opostos. Neste caso, podemos calcular o módulo da soma da seguinte forma:

$$|\vec{c}| = c = |\vec{a}| - |\vec{b}|$$

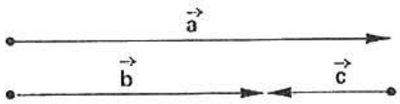
Substituindo os valores, teremos:

$$c = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_$$

****

c = 50m − 100m = − 50m (O sinal negativo significa que o vetor soma $\vec{c}$ é de sentido oposto ao vetor de módulo 50 m ou de mesmo sentido que o vetor de módulo 100 m.)

18 ■



$\vec{b}$ é o ____________________ ou resultante de $\vec{a}$ e $\vec{c}$.

****

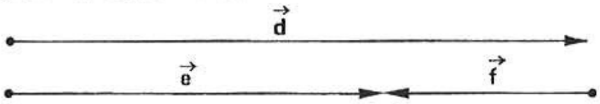
vetor soma

19 ■ Indique graficamente a seguinte soma vetorial:

$\vec{e} = \vec{d} + \vec{f}$, onde: d = 80 m; e = 50 m; f = 30 m.

(Especifique a escala usada.)

****



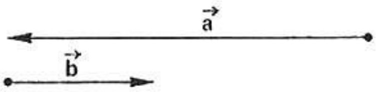
Neste caso, a escala é 1 cm:10 m

20 ■ O módulo do vetor soma do item anterior é $|\vec{e}|$ = __________.

****

50 m

21 ■ Desenhe o vetor soma e escreva a igualdade correspondente à operação realizada:

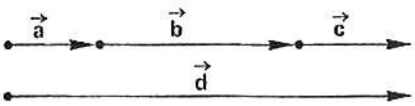


________ = ________ + ________

****

$\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$

22 ■

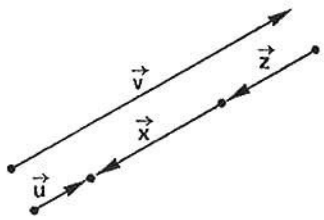


$\vec{d} = \vec{a}$ + ________ + ________

****

$\vec{b}$; $\vec{c}$

23 ■



$\vec{u}$ = ________ + ________ + ________

****

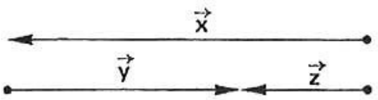
$\vec{v}$; $\vec{x}$; $\vec{z}$

24 ■ O vetor **resultante**, ou vetor soma, de dois ou mais vetores é um **único** vetor que produz o mesmo resultado desses vetores juntos. Portanto, um único vetor que produz o mesmo resultado de dois ou mais vetores é chamado ____________ ou ____________.

****

vetor soma; vetor resultante

25 ■ Escolha a equação que descreve a situação abaixo:

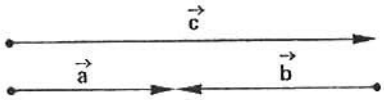


a) $\vec{x} = \vec{z} + \vec{y}$
b) $\vec{y} = \vec{z} + \vec{x}$
c) $\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$
d) $z = x + y$

****

$\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$

26 ■ O vetor $\vec{a}$ produz o mesmo resultado que ________ e ________ conjuntamente. Chamamos $\vec{a}$ de vetor resultante de ________ e ________.



* * * * * * * * * * * *

$\vec{c}$; $\vec{b}$; $\vec{c}$; $\vec{b}$

27 ■ Em todas as operações de adição vetorial realizadas até aqui, os vetores sempre possuíam a mesma direção, ou seja, o ângulo formado por eles era ou de 0^o ou de ________. Vamos operar, a seguir, com vetores que formam entre si ângulos quaisquer.

* * * * * * * * * * * *

180^o

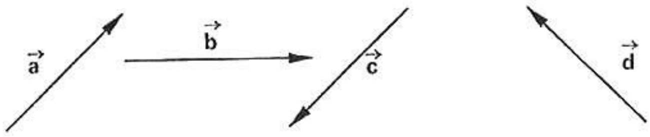
B – ADIÇÃO DE VETORES DE DIREÇÕES DIFERENTES

1 ■ Dois vetores possuem a mesma direção quando o ângulo formado por eles é igual a 0^o ou 180^o, isto é, quando possuem mesmo sentido ou sentidos opostos. Dois vetores possuem direções diferentes quando o ângulo formado por eles é (igual a; diferente de) 0^o ou 180^o.

* * * * * * * * * * * *

diferente de

2 ■ Quais os vetores que possuem a mesma direção?



* * * * * * * * * * * *

$\vec{a}$ e $\vec{c}$

3 ■ Uma pessoa caminha duas quadras para leste e, em seguida, três quadras para norte. Os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ representam tais deslocamentos. O deslocamento resultante é a soma vetorial de ________ e ________. Se simbolizarmos o vetor soma por $\vec{c}$, podemos escrever

$$\vec{c} = \_\_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_\_$$

* * * * * * * * * * * *

$\vec{a}$; $\vec{b}$; ($\vec{a}$; $\vec{b}$) ou ($\vec{b}$; $\vec{a}$)

4 ■ No item 3 acima, se cada quadra corresponder a 100 metros, a pessoa terá se deslocado ________ para leste e ________ para norte.

* * * * * * * * * * * *

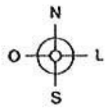
200 m; 300 m

5 ■ O valor do deslocamento resultante é igual à distância do ponto origem ao ponto final. A distância é (sempre ; às vezes) o comprimento da linha reta que une dois pontos.

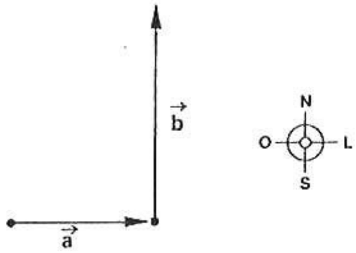
* * * * * * * * * * * *

sempre

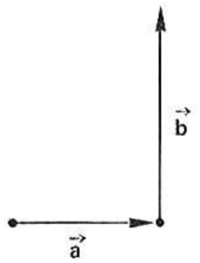
6 ▪ Construa ao lado os deslocamentos $\vec{a}$ e $\vec{b}$, um em seguida ao outro, mantendo, para cada um, sua direção e seu sentido. Utilize uma escala 1 cm : 100 m



* * * * * * * * * * * *



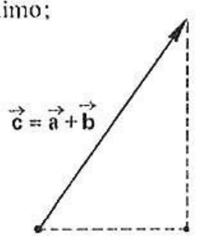
7 ▪



O vetor soma $\vec{c}$ dos deslocamentos $\vec{a}$ e $\vec{b}$ é aquele cuja origem é a origem do primeiro vetor e cuja extremidade coincide com a extremidade do (primeiro; último) vetor.
Trace o vetor $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ no diagrama ao lado.

* * * * * * * * * * * *

último;



8 ▪ O valor ou o módulo do vetor que representa o deslocamento resultante é aproximadamente __________, pois o comprimento, em escala, do vetor $\vec{c}$ é aproximadamente 3,6 cm e cada 1 cm equivale a 100 m.
Logo, $|\vec{c}| = c =$ __________.

* * * * * * * * * * * *

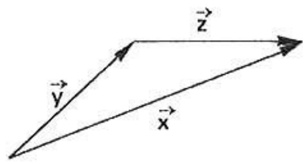
360 m; 360 m

9 ▪ No exemplo visto acima, $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ (vetorialmente) mas o módulo de $\vec{c}$ (pode; não pode) ser calculado pela expressão $c = a + b$ porque os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ ______________________________.

* * * * * * * * * * * *

não pode; não possuem mesma direção

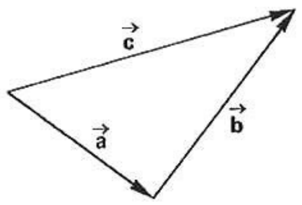
10 ▪ $\vec{x}$ é a soma dos vetores __________ e __________ e produz o mesmo efeito dos dois vetores ($\vec{y}$ e $\vec{z}$) combinados.



* * * * * * * * * * * *

$\vec{y}$; $\vec{z}$

11 ■

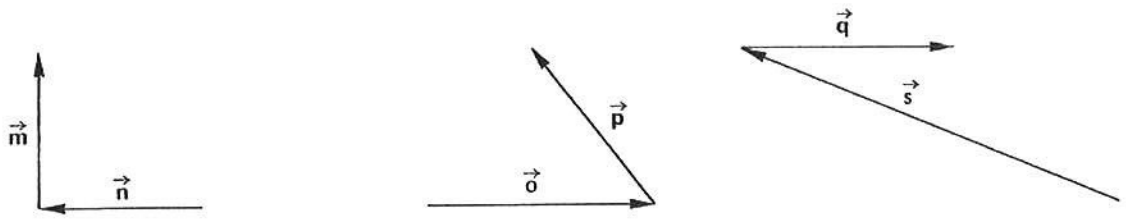


O vetor soma de $\vec{a}$ e ____________ é ____________ .

* * * * * * * * * * * *

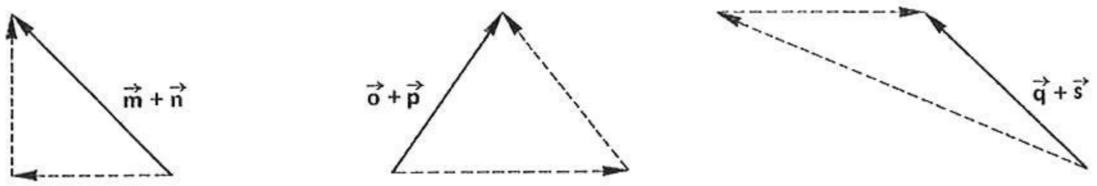
$\vec{b}$; $\vec{c}$

12 ■



Desenhe os vetores resultantes das somas indicadas.

* * * * * * * * * * * *



13 ■ Um garoto realiza os seguintes deslocamentos sucessivos: a) 100 metros para oeste; b) 100 metros para o sul; c) 200 metros para leste. O deslocamento resultante é representado pelo vetor que une o ponto de partida ao ____________________ .

* * * * * * * * * * * *

ponto de chegada

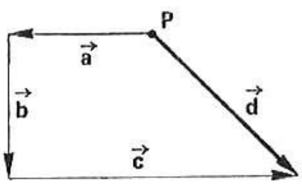
14 ■ A partir do ponto P ao lado, construa os vetores que representam os deslocamentos. Não se esqueça de que eles devem ser construídos um em seguida ao outro, mantendo, para cada um, sua direção e seu sentido. Utilize 1 cm : 50 m (Dados do item 13).

•P

* * * * * * * * * * * *

15 ■ Volte ao diagrama vetorial que você acabou de construir no item 14 e construa o vetor que representa a soma dos 3 deslocamentos; represente-o por $\vec{d}$ e indique seu módulo.

* * * * * * * * * * * *



$|\vec{d}| \cong 140$ m ou $d \cong 140$ m

16 ■ Represente $\vec{d}$ em função de $\vec{a}$, $\vec{b}$ e $\vec{c}$ (item 15).

* * * * * * * * * * * *

$\vec{d} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$

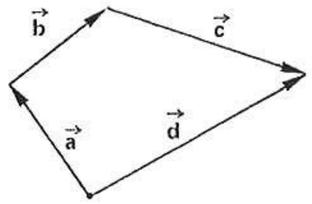
17 ■ O módulo do deslocamento resultante (é; não é) igual à soma dos módulos de cada deslocamento. Então, neste caso, (podemos; não podemos) calcular o valor da soma vetorial pela expressão:

$$d = a + b + c$$

* * * * * * * * * * * *

não é; não podemos (pois os vetores possuem diferentes direções)

18 ■

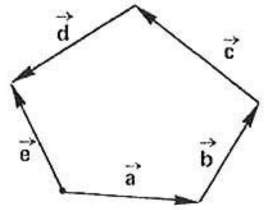


O vetor soma de $\vec{a}$, $\vec{b}$ e $\vec{c}$ é ____________ .

* * * * * * * * * * * *

$\vec{d}$

19 ■

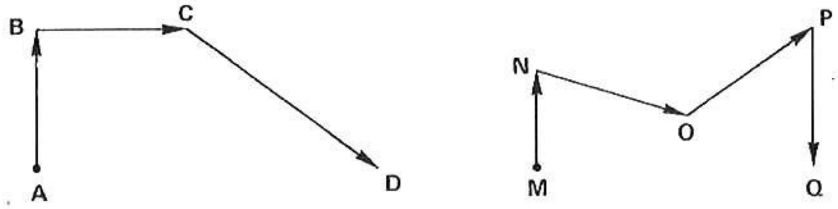


$\vec{e} =$ ____________________

* * * * * * * * * * * *

$\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$

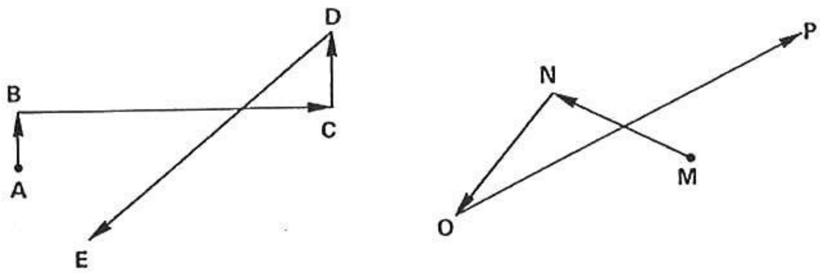
20 ■ Desenhe o vetor soma nos casos abaixo e escreva as equações correspondentes:



* * * * * * * * * * * *

$\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD}$; $\overrightarrow{MQ} = \overrightarrow{MN} + \overrightarrow{NO} + \overrightarrow{OP} + \overrightarrow{PQ}$

21 ■ Desenhe o vetor soma nos casos abaixo e escreva as equações correspondentes:



****

$\vec{AE} = \vec{AB} + \vec{BC} + \vec{CD} + \vec{DE}$; $\vec{MP} = \vec{MN} + \vec{NO} + \vec{OP}$

22 ■ Portanto, para representar o vetor soma de vários vetores consecutivos, basta desenhar a seta a partir da origem do primeiro vetor ao término do ____________________.

****

último vetor

23 ■ Um vetor pode ser deslocado ao longo de sua direção ou paralelamente a si mesmo, sem sofrer alteração.

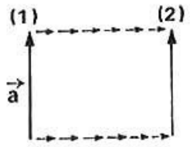


Fig. (I)

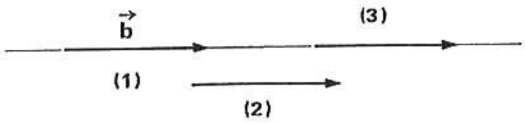


Fig.(II)

Na figura (I), o vetor $\vec{a}$ foi deslocado de uma posição (1) para outra (2). O vetor da posição (1) e o vetor da posição (2) (representam; não representam) um mesmo vetor.

****

representam

24 ■ Na figura (II) do item 23, o vetor $\vec{b}$ foi deslocado ao longo de sua direção e na direção paralela. Tanto o vetor da posição (2) como o da posição (3) (representam; não representam) o mesmo vetor da posição (1).

****

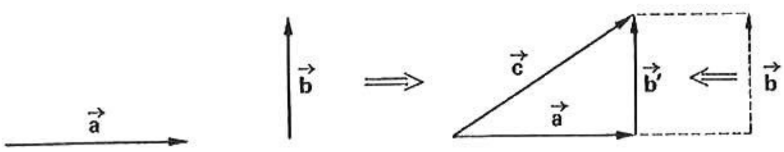
representam

25 ■ (Podemos; Não podemos) deslocar um vetor ao longo de sua direção ou paralelamente a si mesmo, sem alterá-lo.

****

Podemos

26 ■ A propriedade enunciada no item anterior é útil para a realização de operações com vetores. Vamos efetuar a adição dos vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$.



Deslocamos $\vec{b}$ paralelamente a si mesmo $\quad \vec{b} = \vec{b}'$

$\vec{a} + \vec{b}' = \vec{c} \quad \therefore \quad \vec{a} +$ ________ $= \vec{c}$

****

$\vec{b}$

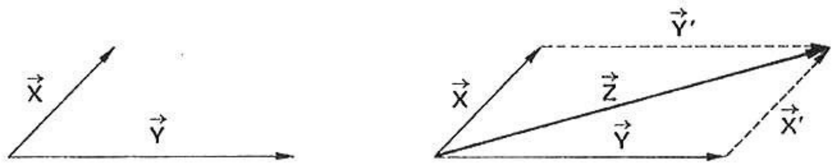
27 ■ Efetue a adição dos vetores $\vec{A}$ e $\vec{B}$:

$\vec{A} = \vec{A}'$ e $\vec{B} = \vec{B}'$, logo, $\vec{B} + \vec{A}' = \vec{A} + \vec{B}' = \vec{A} + \vec{B} =$ ______________.

****

$\vec{C}$

28 ■

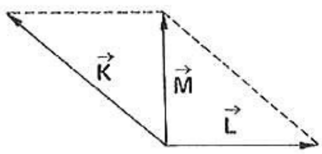


__________ $= \vec{Z}$

****

$\vec{X} + \vec{Y}$

29 ■



$\vec{M} = \vec{K} +$ ______

****

$\vec{L}$

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

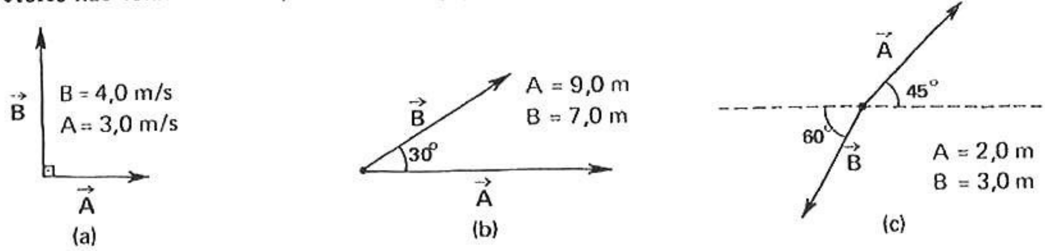
1 ■ Um homem caminha 300 metros para o sul e, em seguida, 600 metros para o norte. Represente graficamente, por meio de vetores, os deslocamentos e determine o módulo do deslocamento resultante. Utilize uma escala conveniente.

2 ■ Um garoto caminha 300 metros para leste; em seguida, orienta-se para norte e caminha mais 600 metros. Deste ponto, ele segue 200 metros para oeste. Determine o módulo do deslocamento resultante. Utilize uma escala conveniente.

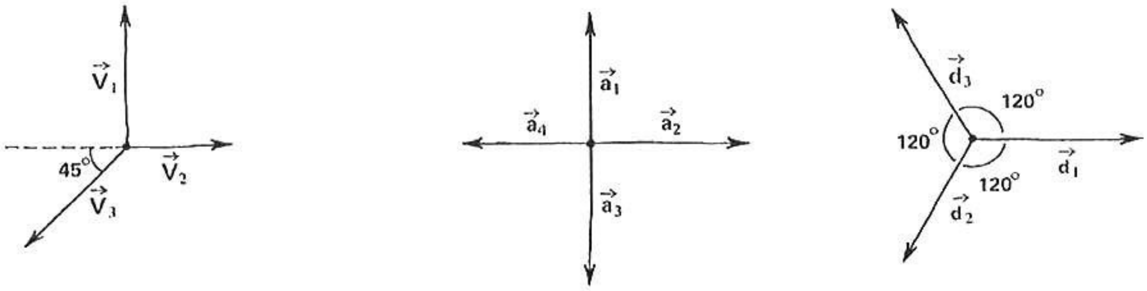
3 ■ Qual é a quantidade mínima de vetores para que sua soma seja zero?

4 ■ Dois vetores de módulos 10 e 8 podem dar uma soma cujo módulo seja 2? Explique.

5 ■ Construa diagramas, em escala, para determinar o módulo da soma $\vec{A} + \vec{B}$ para cada par de vetores abaixo. Como os vetores não estão em escala, resolva-os em papel à parte, onde você poderá utilizar uma escala adequada.



6 ■ Construa diagramas para determinar o vetor resultante em cada conjunto de vetores abaixo. (Os vetores e os ângulos não estão em escala.)



$V_1 = 4$ m/s
$V_2 = 2$ m/s
$V_3 = 4$ m/s
(a)

$a_1 = 2$ m/s^2
$a_2 = 6$ m/s^2
$a_3 = 5$ m/s^2
$a_4 = 2$ m/s^2
(b)

$d_1 = 10$ m
$d_2 = 10$ m
$d_3 = 10$ m
(c)

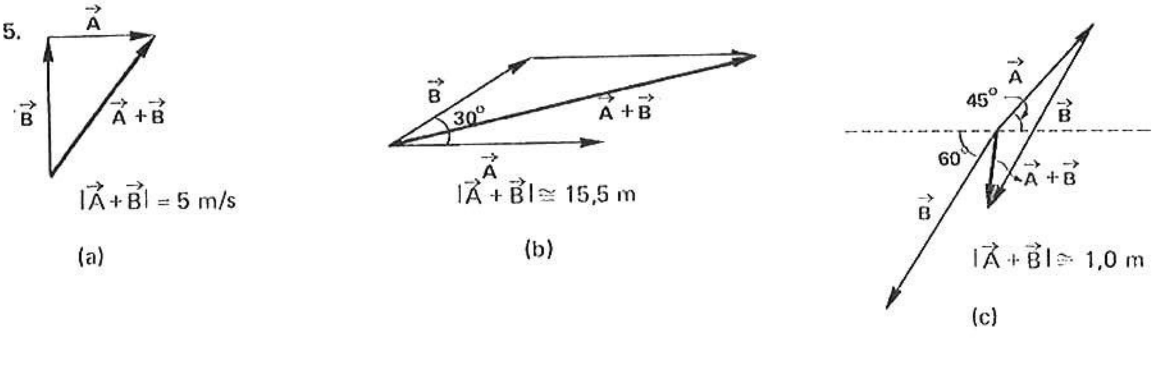
7 ■ Dois vetores, $\vec{a}$ e $\vec{b}$, fazem um ângulo de 45° entre si e possuem módulos respectivamente iguais a 40 e 60 m. Determine um terceiro vetor, $\vec{c}$, tal que somado com $\vec{a}$ e $\vec{b}$ resulte uma soma igual a 0. Construa o diagrama e forneça o módulo de $\vec{c}$.

8 ■ A soma de dois vetores, $\vec{A}$ e $\vec{B}$, possui módulo 10 metros. Sabe-se que $\vec{A}$ e $\vec{B}$ são perpendiculares entre si e que o módulo de $\vec{A}$ é igual a 6 metros. Construa um diagrama em escala e determine o módulo de $\vec{B}$.

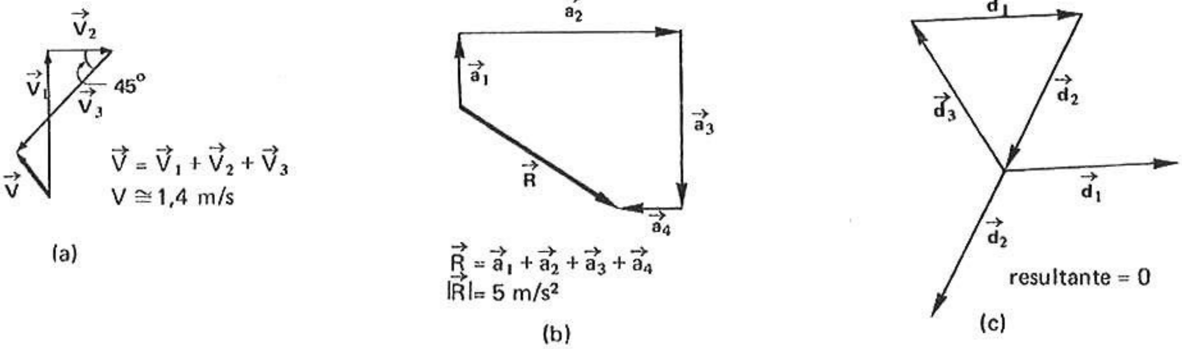
RESPOSTAS

1. 300 m(para o norte); 2. ≅ 610 m
3. dois (mesmo módulo, sentidos diretamente opostos)
4. sim; quando forem diretamente opostos.

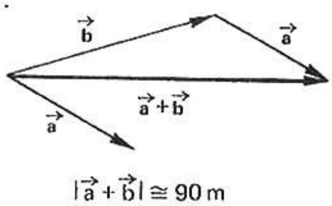
5.



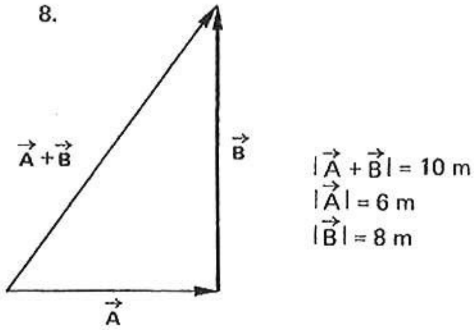
6.



7.

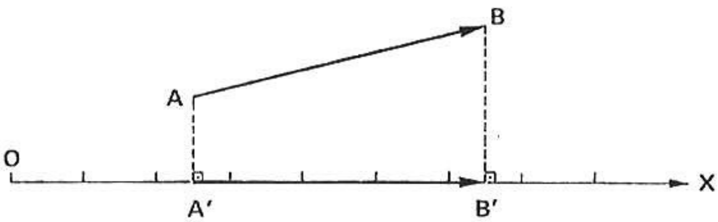


8.



C — COMPONENTES DE UM VETOR

1 ■



AA' e BB' são perpendiculares traçadas a partir das extremidades do vetor $\vec{AB}$ sobre o eixo OX. Dizemos que o vetor $\vec{A'B'}$ é a **componente** do vetor $\vec{AB}$ ao longo do eixo ________.

****

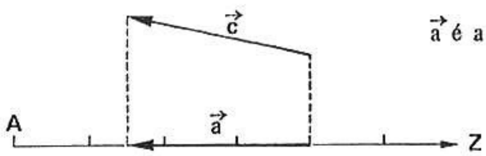
OX

2 ■ Dado um eixo qualquer e um vetor, para se determinar a componente do vetor sobre o eixo, basta traçarmos as ______________ a partir das extremidades do vetor sobre o ______________. O vetor obtido sobre o eixo é chamado de componente do vetor sobre o eixo.

****

perpendiculares; eixo

3 ■

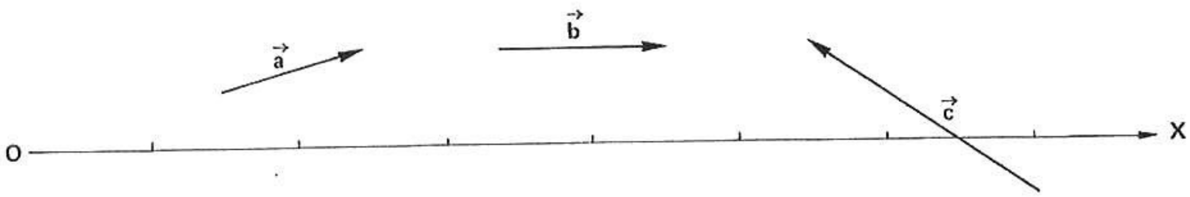


$\vec{a}$ é a componente do vetor __________ sobre o eixo __________.

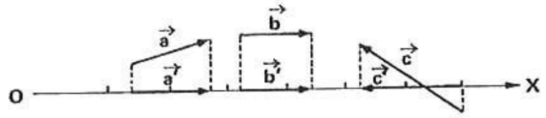
****

$\vec{c}$; AZ

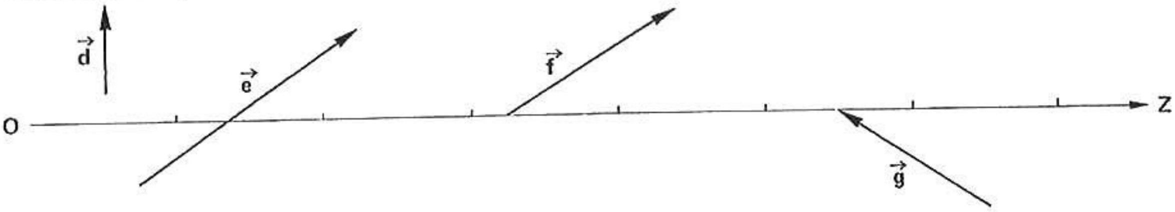
4 ■ Construa as componentes dos vetores sobre o eixo dado:



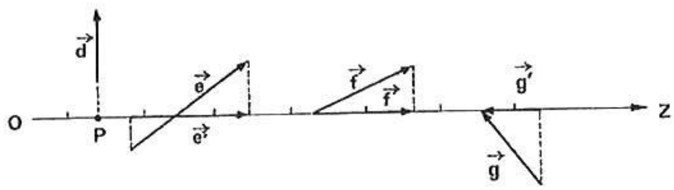
★★★★★★★★★★★★



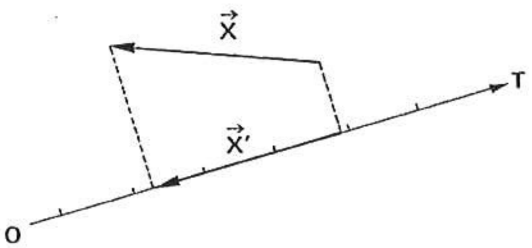
5 ■ Construa as componentes dos vetores sobre o eixo dado:



★★★★★★★★★★★★



6 ■

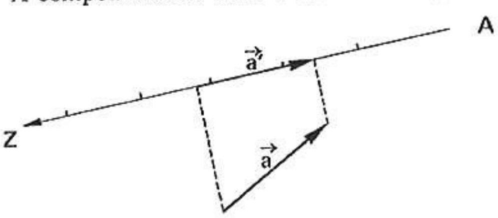


A componente do vetor $\vec{X}$ sobre o eixo OT é ____________.

★★★★★★★★★★★

$\vec{X}'$

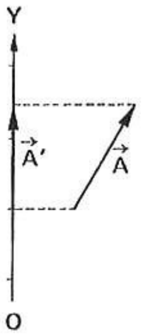
7 ■ A componente do vetor $\vec{a}$ sobre o eixo __________ é __________.



★★★★★★★★★★★★

AZ; $\vec{a}'$

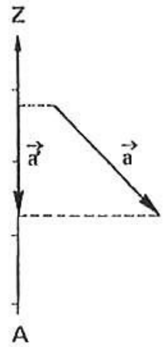
8 ■ A componente do vetor $\vec{A}$ sobre OY é __________.



★★★★★★★★★★★ ★

$\vec{A'}$

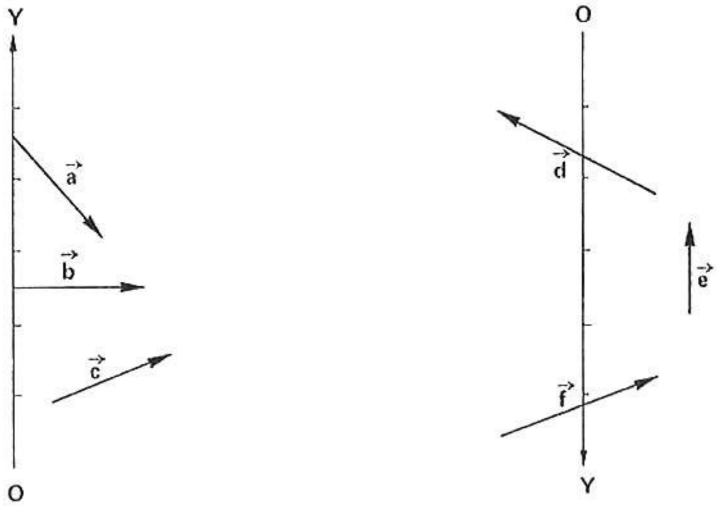
9 ■ $\vec{a'}$ é a componente do vetor _______ sobre o eixo _________.



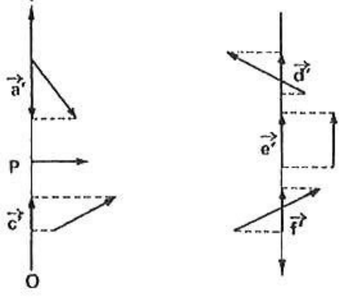
★★★★★★★★★★★ ★

$\vec{a'}$; AZ

10 ■ Construa as componentes dos vetores sobre os eixos dados:



★★★★★★★★★★★★



11 ■ Se a componente de um vetor sobre um eixo tiver módulo igual ao do vetor, este será ____________ ao eixo.

★★★★★★★★★★★★

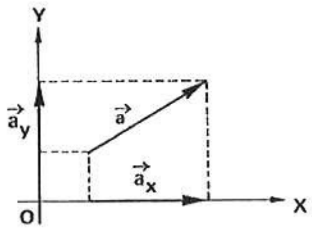
paralelo

12 ■ Se a componente de um vetor sobre um eixo for ____________, o vetor será perpendicular ao referido eixo.

* * * * * * * * * * * *

nula

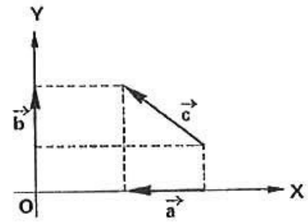
13 ■ Quando um vetor é projetado simultaneamente sobre dois eixos perpendiculares entre si (plano cartesiano), suas componentes são denominadas retangulares.
Os eixos OX e OY são ______________ entre si; $\vec{a}_x$ e $\vec{a}_y$ são as ____________________________ de $\vec{a}$.



* * * * * * * * * * * *

perpendiculares; componentes retangulares

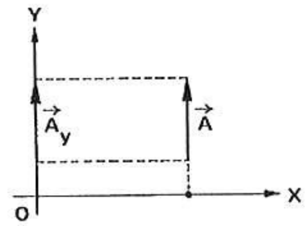
14 ■ $\vec{a}$ é a componente do vetor $\vec{c}$ segundo o eixo ____________ e _________ é a componente do mesmo vetor segundo o eixo ___________.



* * * * * * * * * * * *

OX; $\vec{b}$; OY

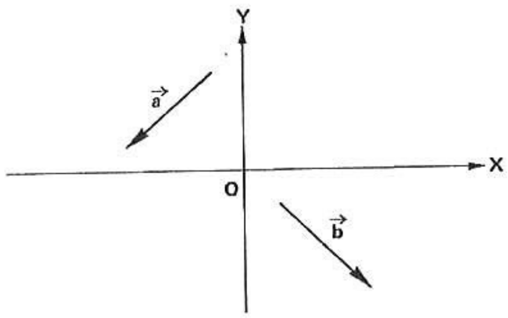
15 ■ A componente retangular do vetor $\vec{A}$ sobre o eixo OX é ___________. A componente de $\vec{A}$ sobre OY é __________. Podemos afirmar que $\vec{A}_y$ = ____________.

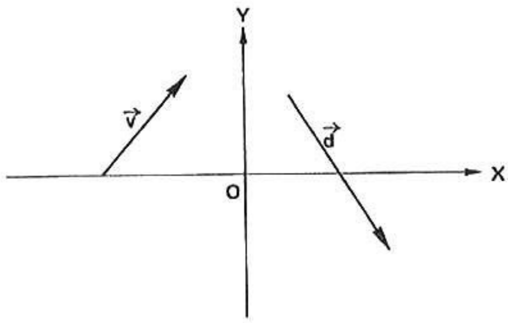


* * * * * * * * * * * *

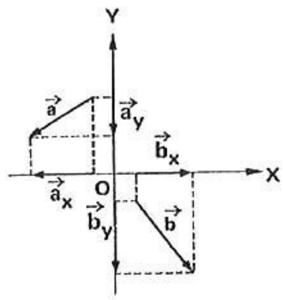
nula; $\vec{A}_y$; $\vec{A}$

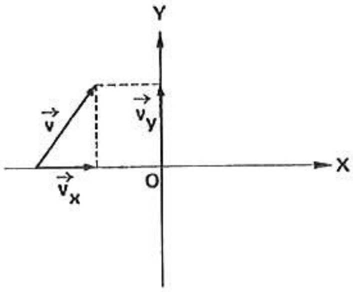
16 ■ Determinar as componentes retangulares dos vetores:

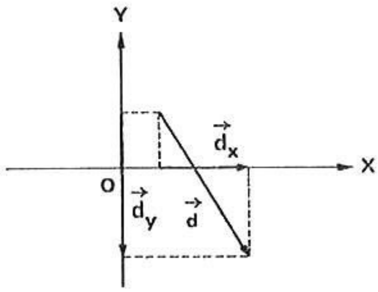




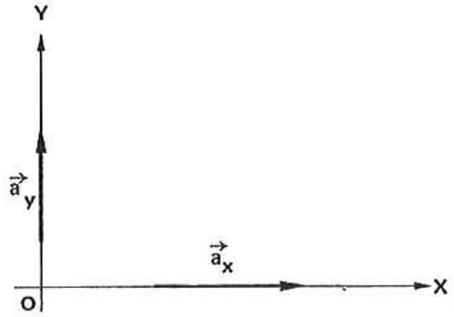
* * * * * * * * * * * *



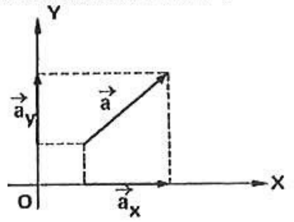




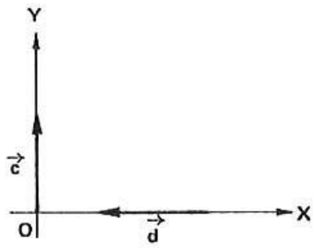
17 ■ $\vec{a}_x$ e $\vec{a}_y$ são componentes retangulares do vetor $\vec{a}$; construa o vetor $\vec{a}$.



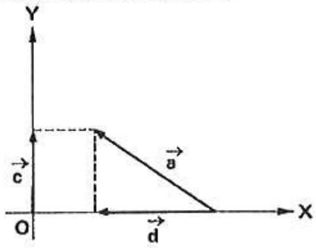
****



18 ■ $\vec{c}$ e $\vec{d}$ são as componentes retangulares do vetor $\vec{a}$; construa-o.



****



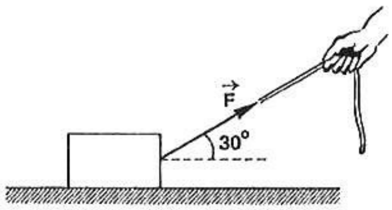
EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1 ■ Determine as componentes de um vetor $\vec{A}$, de módulo 20 m, que faz um ângulo de 60° com o eixo dos x.

2 ■ Um trem movimenta-se com uma velocidade de 50 km/h, numa direção que faz um ângulo de 30° com o norte, e dirige-se para noroeste. Determine graficamente as componentes retangulares da velocidade do trem.

3 ■ Um foguete é lançado com uma velocidade de 1 200 m/s, fazendo um ângulo de 60° com a horizontal. Determine as componentes retangulares, vertical e horizontal, da velocidade do foguete.

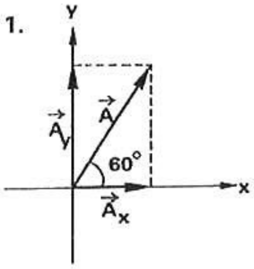
4 ■ Um garoto puxa um caixote, conforme mostra a figura ao lado, com uma força $\vec{F}$ cujo módulo é 100 unidades de força. Determine a componente da força na direção horizontal e na vertical.



5 ■ Um projétil é atirado com velocidade de 600 m/s, fazendo um ângulo de 45° com a horizontal. Determine as componentes vertical e horizontal da velocidade do projétil.

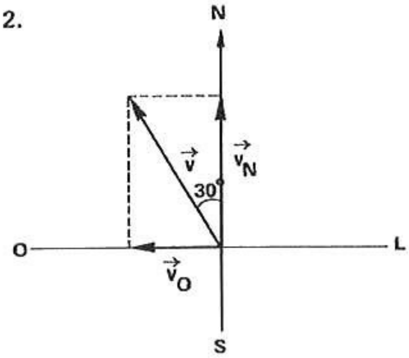
RESPOSTAS:

1.



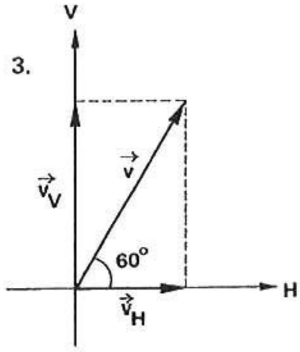
$A_x = 10\,m$
$A_y = 17\,m$

2.



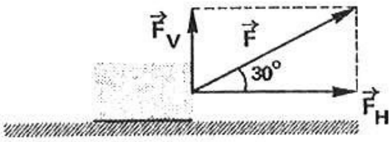
$|\vec{v}_N| \cong 42$ km/h
$|\vec{v}_o| \cong 24$ km/h

3.



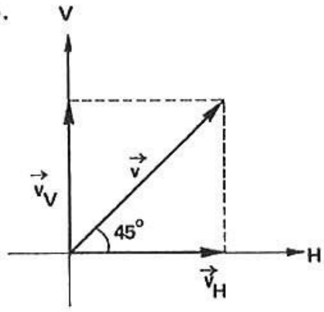
$v_H = 600$ m/s
$v_V = 1040$ m/s

4.



$F_H = 87$
$F_V = 50$

5.



$v_H = v_V = 420$ m/s

D — SUBTRAÇÃO DE VETORES

1 ■ O negativo de um vetor $\vec{a}$ é definido por:

$$\vec{a} + (-\vec{a}) = 0$$

Em outras palavras, o negativo de um vetor $\vec{a}$ é um vetor (oposto; não-oposto) a $\vec{a}$.

* * * * * * * * * * * *

oposto

2 ■ O oposto de um vetor $\vec{a}$ é um outro vetor de (mesmo; diferente) módulo, mesma direção e sentido ________.

* * * * * * * * * * * *

mesmo; contrário

3 ■ Logo, se somarmos, vetorialmente, um vetor $\vec{a}$ com seu oposto, resultará uma soma ________.

* * * * * * * * * * * *

nula

4 ■ A única maneira de se conseguir um deslocamento zero, realizando dois trajetos, é retornar ao ponto de partida na mesma direção, porém em sentido oposto, percorrendo uma mesma __________.

* * * * * * * * * * * *

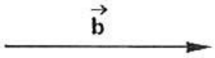
distância

5 ■ Então, o negativo de um vetor é o vetor de mesmo ________, mesma ________, porém de ________.

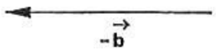
****

módulo ou comprimento; direção; sentido contrário

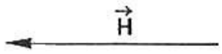
6 ■ Dado o vetor $\vec{b}$ (figura ao lado), construa o negativo ou o oposto de $\vec{b}$.



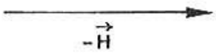
****



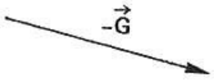
7 ■ Dado o vetor $\vec{H}$ (figura ao lado), construa o vetor $-\vec{H}$.



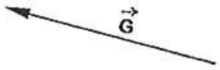
****



8 ■ Dado o vetor $-\vec{G}$ (figura ao lado), construa o vetor $\vec{G}$.



****



9 ■ A subtração de vetores é agora uma operação fácil. Se quisermos o resultado de $\vec{A} - \vec{B}$, podemos determinar a soma do vetor $\vec{A}$ com o ______________ ou ______________ do vetor $\vec{B}$.

****

negativo; oposto

10 ■ Em outras palavras, $\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + $ (_____)

****

$-\vec{B}$

11 ■ Logo, para subtrair do vetor $\vec{A}$ um outro $\vec{B}$, somamos ao vetor $\vec{A}$ o ________ ou o ________ do vetor ____.

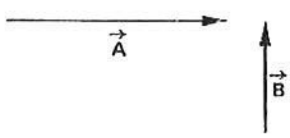
****

negativo; oposto; $\vec{B}$

12 ■ Dados os vetores $\vec{A}$ e $\vec{B}$ ao lado, faça a subtração $\vec{A} - \vec{B}$.

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})$$

Devemos, então, determinar o vetor oposto de ______.



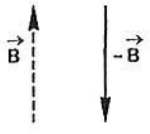
****

$\vec{B}$

Escala 1 cm : 10 m

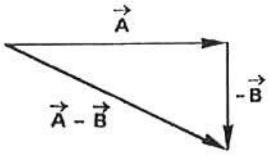
13 ■ Construa, ao lado do vetor $\vec{B}$, no item 12, o vetor oposto de $\vec{B}$.

****



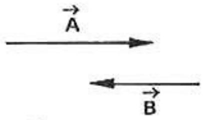
14 ■ Construa agora, no espaço ao lado, a subtração $\vec{A} - \vec{B}$. Para tal, devemos somar a $\vec{A}$ o negativo de $\vec{B}$.

****



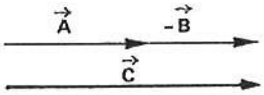
$|\vec{A} - \vec{B}| \cong 33$ m
Escala 1 cm : 10 m

15 ■ Sejam os vetores $\vec{A}$ e $\vec{B}$, mostrados na figura ao lado. Determine o vetor $\vec{C}$, que é a diferença entre $\vec{A}$ e $\vec{B}$, isto é, $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$.



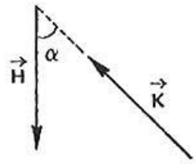
Escala: 1 cm : 10 m

****



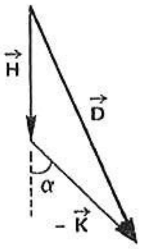
C = 35 m

16 ■ Dados os vetores da figura ao lado, determine o vetor diferença $\vec{D}$, tal que $\vec{D} = \vec{H} - \vec{K}$.



Escala: 1 cm : 20 m

****



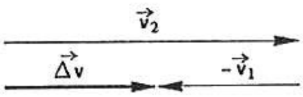
D ≅ 70 m

17 ■ Os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ dados ao lado representam a velocidade de um objeto em dois instantes. Determine a variação de velocidade

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

Escala: 1 cm : 5,0 m/s

****



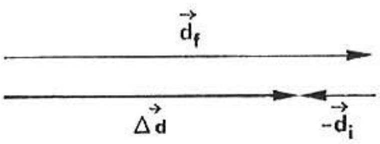
Δ v = 10 m/s

18 ■ Os vetores ao lado representam a posição de um objeto em dois instantes. Determine o vetor deslocamento

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \cdot$$

Escala: 1 cm : 10 m

****



Δ d = 40 m

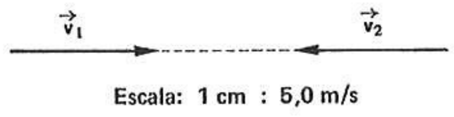
EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1 ■ Uma força de 10 unidades atua horizontalmente para a direita. Qual é o oposto dessa força? (Dê o módulo, direção e sentido)

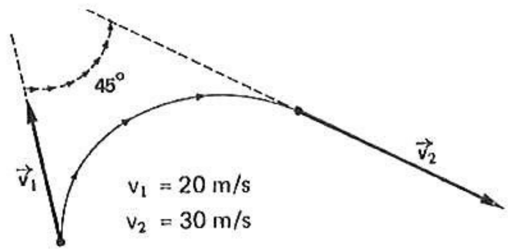
2 ■ Dois vetores de mesmo módulo e mesma direção possuem sentidos contrários. Se o módulo valer 20 m, quanto valerá o vetor diferença entre os dois?

3 ■ Uma bola bate em uma parede com velocidade $|\vec{v}_1| = 20$ m/s e retorna na mesma direção, mas em sentido contrário, com velocidade $|\vec{v}_2| = 15$ m/s. Determine graficamente o vetor diferença $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.

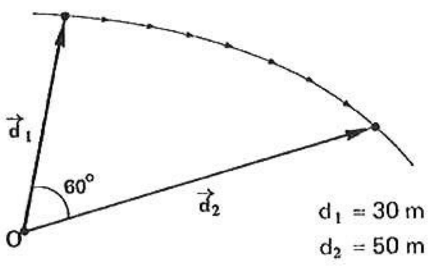
4 ■ Na figura ao lado está representado o movimento de um objeto, focalizando dois instantes. Se $v_1 = 10$ m/s e $v_2 = 10$ m/s, determine graficamente o módulo de $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.



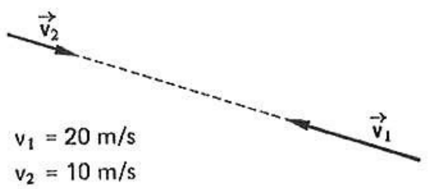
5 ■ Os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ representam as velocidades de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor variação de velocidade $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$.



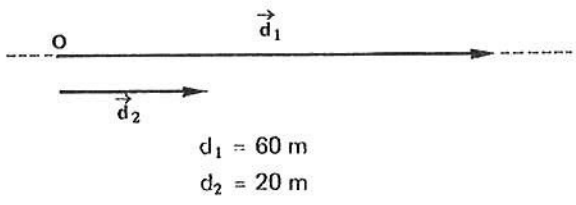
6 ■ Os vetores $\vec{d}_1$ e $\vec{d}_2$ representam a posição, com relação à origem O, de um objeto que se movimenta em trajetória curvilínea. Determine o módulo do vetor deslocamento $\Delta\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$.



7 ■ Os vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ representam as velocidades de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor variação de velocidade $\Delta\vec{v}$.



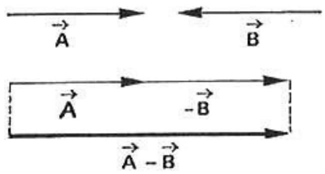
8 ■ $\vec{d}_1$ e $\vec{d}_2$ são os vetores posição de um objeto em dois instantes. Determine o módulo do vetor deslocamento $\Delta\vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1$.



RESPOSTAS

1. Uma força de 10 unidades, horizontal e para a esquerda.

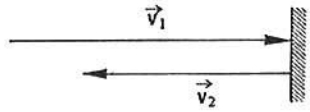
2.

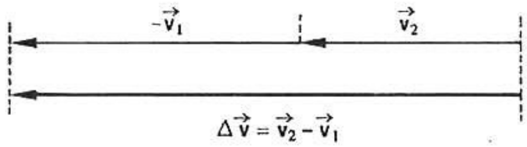


$|\vec{A} - \vec{B}| = 40$ m

Escala: 1 cm : 10 m

3.

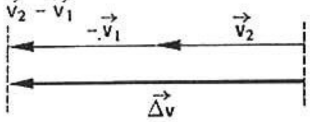




Escala: 1 cm : 5,0 m/s

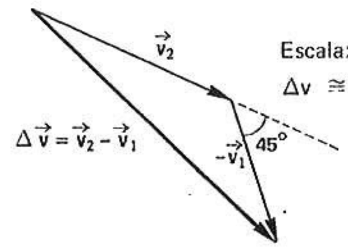
$|\Delta\vec{v}| = 35$ m/s

4. $\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$



$\Delta v = 20$ m/s

5.

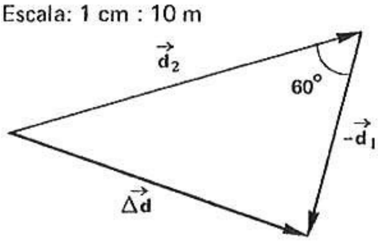


Escala: 1 cm : 10 m/s

$\Delta v \cong 45$ m/s

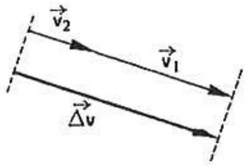
6.

Escala: 1 cm : 10 m



$\Delta d \cong 43$ m

7.

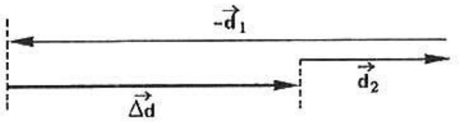


Escala: 1 cm :10 m/s

$\Delta v = 30$ m/s

8.

Escala: 1 cm :10 m

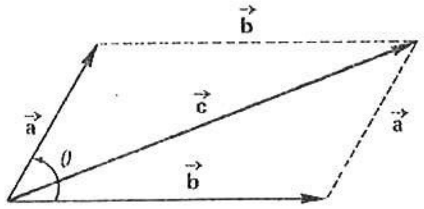


$\Delta d = 40$ m

SEÇÃO 4 – ADIÇÃO DE DOIS VETORES: RESOLUÇÃO ANALÍTICA

Nos itens precedentes, os vetores eram representados geometricamente, em escalas adequadas. Esse procedimento nos possibilita determinar o módulo da resultante de dois ou mais vetores medindo seu comprimento e efetuando a seguir a conversão da escala usada. Tal método é cômodo e eficiente. Entretanto, devido a sua grande utilidade, vamos mostrar um processo algébrico através do qual pode-se obter o módulo da soma de dois vetores.

Para somarmos dois vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ utilizando as regras já vistas, podemos construir sua resultante, que chamaremos de $\vec{c}$:



Demonstra-se, através da lei dos cossenos, que:

$|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$ onde θ é o ângulo formado pelos dois vetores: $\vec{a}$ e $\vec{b}$

Portanto, através da expressão acima, podemos determinar o módulo da resultante dos vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$, que fazem entre si um ângulo θ.

Admitindo-se que na figura acima $|\vec{a}| = 3$ m, $|\vec{b}| = 5$ m e $\theta = 60°$, podemos determinar o módulo do vetor soma:

$|\vec{c}|^2 = 3^2 + 5^2 + 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \cos 60°$ sendo $\cos 60° = \frac{1}{2}$

$|\vec{c}|^2 = 9 + 25 + 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} = 49$

$|\vec{c}|^2 = 49 \quad \therefore \quad |\vec{c}| = \sqrt{49} = 7$ m

Compare o resultado obtido através do cálculo matemático com o resultado obtido através do método gráfico, ou seja, construa em escala os vetores e meça o valor da resultante.

1 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando $\theta = 90°$, $\cos\theta = 0$, e podemos escrever a expressão anterior da seguinte forma: $|\vec{c}|^2 =$ ______________.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2$

2 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2$. Esta relação é válida quando os vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$ forem perpendiculares entre si, ou seja, quando eles formarem um ângulo de __________. Neste caso, para o cálculo do módulo da resultante, recaímos na aplicação do teorema de ______________.

* * * * * * * * * * * *

90°; Pitágoras

3 ■ Dados: $|\vec{a}| = 4$ m, $|\vec{b}| = 3$ m e o ângulo formado pelos vetores: $\theta = 90°$. O módulo da resultante será: ________.

* * * * * * * * * * * *

5 m

4 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2 \cdot |\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando $\theta = 180°$, $\cos\theta = -1$. Logo,
$|\vec{c}|^2 =$ ____________________.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 - 2|\vec{a}||\vec{b}|$

5 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 - 2|\vec{a}||\vec{b}| = (|\vec{a}| - |\vec{b}|)^2$. Extraindo-se a raiz quadrada dos dois membros desta igualdade, podemos escrever: $|\vec{c}| =$ _______________ .

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}| - |\vec{b}|$

6 ■ Quando os dois vetores formarem entre si um ângulo de 180°, ou seja, forem de mesma direção mas de sentidos opostos, o módulo da resultante será igual à (soma; diferença) dos módulos dos vetores componentes.

* * * * * * * * * * * *

diferença

7 ■ $|\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\theta$. Quando os dois vetores ($\vec{a}$ e $\vec{b}$) possuírem mesma direção e mesmo sentido, $\theta = 0°$, ou seja, $\cos\theta = 1$, o módulo da resultante é: $|\vec{c}| =$ _______________ .

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}| + |\vec{b}|$

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1 ■ Dois vetores, $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, formam entre si um ângulo de 60°. Se $\cos 60 = \frac{1}{2}$ e $F_1 = 10$ e $F_2 = 5{,}0$, calcule analiticamente o módulo da soma dos dois vetores.

2 ■ Um objeto está sujeito a duas velocidades: $v_1 = 20$ m/s e $v_2 = 40$ m/s. Se o ângulo entre elas for igual a 180°, determinar analiticamente a velocidade resultante do objeto.

3 ■ Calcule a resultante de dois vetores de módulos 50 e 80, sendo o ângulo entre eles igual a 120°.
Dado: $\cos 120° = -0{,}5$.

4 ■ Duas forças, $F_1 = 3{,}0$ N e $F_2 = 4{,}0$ N, atuam sobre um objeto formando um ângulo de 90°. Determine a força resultante. (N é símbolo de newton, uma unidade de força que você irá conhecer, mais adiante.)

5 ■ Um objeto está sujeito simultaneamente a duas acelerações de valores iguais a 6,0 m/s² e 8,0 m/s², formando um ângulo de 90° entre si. Calcule o valor da aceleração resultante.

6 ■ Calcule o valor da velocidade resultante sobre um objeto que está sujeito a duas velocidades de módulos iguais a 60 m/s e 40 m/s, formando um ângulo de 180° entre si.

RESPOSTAS

1. $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = \sqrt{175}$
2. $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = 20$ m/s
3. vetor resultante terá módulo 70
4. $|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 5{,}0$ N
5. $|\vec{a}_1 + \vec{a}_2| = 10$ m/s²
6. $|\vec{v}_1 + \vec{v}_2| = 20$ m/s

SEÇÃO 5 — PROBLEMAS

1 ■ Trace um diagrama para representar o deslocamento de 6 km para leste, seguido de 4 km para norte. Determine o vetor soma.

2 ■ Trace o diagrama correspondente aos seguintes deslocamentos sucessivos:

$\vec{M}$: 5 m para leste
$\vec{N}$: 6 m para o sul
$\vec{O}$: 3 m para oeste

Determine o deslocamento total.

3 ■ Um veículo percorre 20 km para leste numa estrada retilínea. Desvia-se em seguida para o norte e percorre mais 30 km até parar. Qual o deslocamento resultante do veículo?

4 ■ Considere dois deslocamentos: um cujo módulo seja de 30 metros e outro de 40 metros. Como os vetores deslocamentos podem ser combinados para darem deslocamentos resultantes de módulo:

a) 70 metros b) 10 metros c) 50 metros

Faça os diagramas correspondentes.

5 ■ Um vetor de módulo igual a 6 metros é somado a outro, de módulo 8 metros, cuja direção faz um ângulo de 45° com o primeiro. Determine o módulo da resultante e o ângulo que ela forma com o primeiro vetor.

6 ■ A velocidade de um avião com relação ao ar é de 400 km/h. Qual é sua velocidade com relação ao solo: (a) com ventos favoráveis de 50 km/h; (b) com ventos contrários de 50 km/h? Faça os correspondentes diagramas vetoriais.

7 ■ Um avião desenvolve a velocidade de 300 km/h com relação ao ar. O piloto mantém o avião no sentido norte, ao mesmo tempo que sopram ventos para leste a 80 km/h. Qual a velocidade do avião com relação ao solo?

8 ■ Uma bola de futebol é chutada três vezes até atingir o gol: o primeiro chute desloca a bola 6 metros para o norte; o segundo 12 metros para leste e o terceiro 8 metros para suleste. Que deslocamento seria necessário para colocar a bola em gol com um só chute?

9 ■ Um barco desenvolve em águas tranqüilas a velocidade de 5 m/s. A velocidade da correnteza de um rio é de 2 m/s. Determine a velocidade do barco com relação ao solo, quando percorre o rio nos seguintes casos:

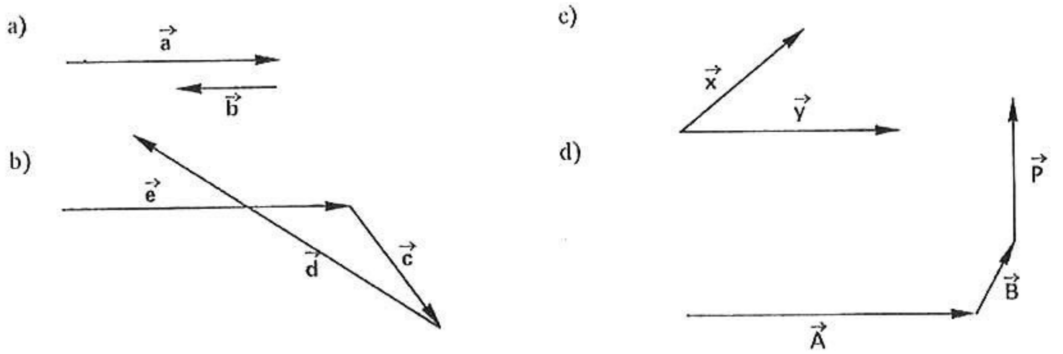
a) descendo o rio; b) subindo o rio;

c) cruzando o rio numa direção perpendicular à direção da correnteza;

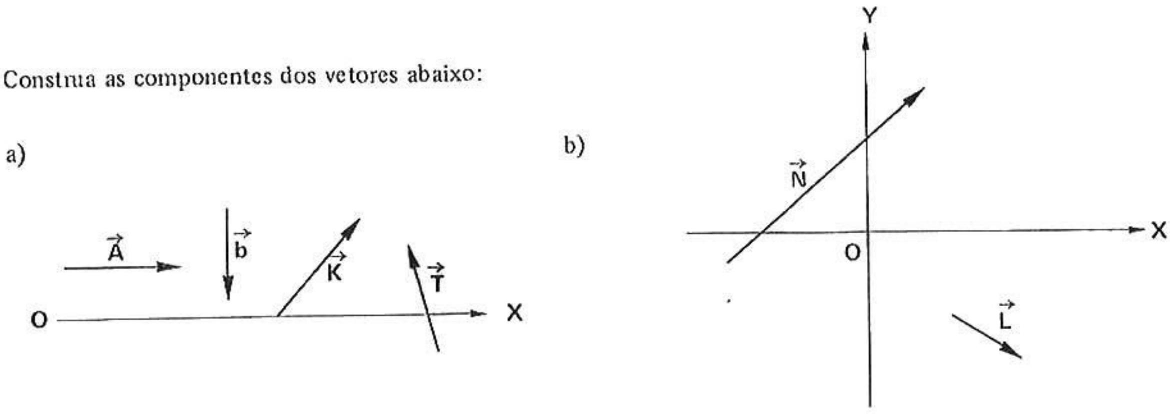
d) fazendo um ângulo de 60° com a direção da correnteza do rio.

Construa os correspondentes diagramas vetoriais.

10 ■ Determine a resultante dos vetores nos seguintes casos:

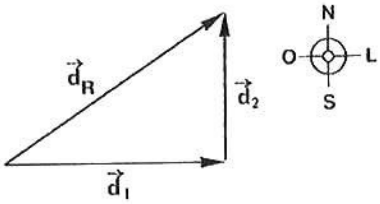


11 ■ Construa as componentes dos vetores abaixo:

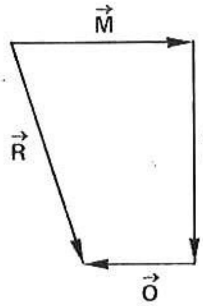


RESPOSTAS

1. $|\vec{d}_1| = 6$ km
$|\vec{d}_2| = 4$ km
$|\vec{d}_R| = 7{,}2$ km

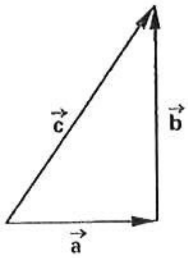


2. M = 5 m
N = 6 m
O = 3 m



R = 6,4 m

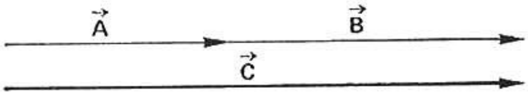
3. $|\vec{a}| = 20$ km
$|\vec{b}| = 30$ km



$|\vec{c}| = 36$ km

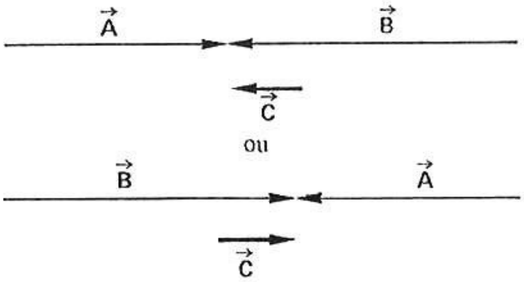
4. $|\vec{A}| = 30$ m $\qquad |\vec{B}| = 40$ m

a)



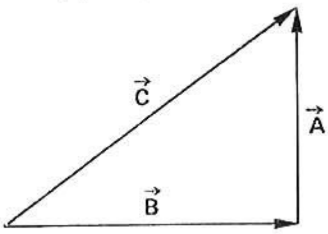
$|\vec{C}| = 70$ m

b)



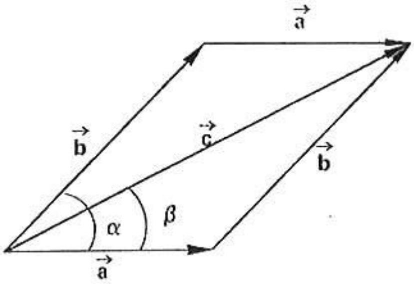
$|\vec{C}| = 10$ m

c)



$|\vec{C}| = 50$ m

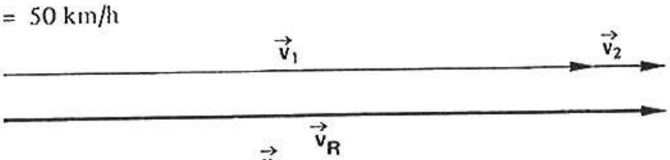
5. a = 6 m
b = 8 m
$\alpha = 45^o$



c = 13 m
$\beta = 25^o$

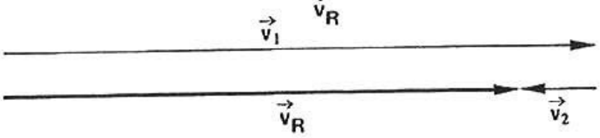
6. $|\vec{v}_1| = 400$ km/h
$|\vec{v}_2| = 50$ km/h

a)



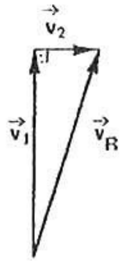
$|\vec{v}_R| = 450$ km/h

b)



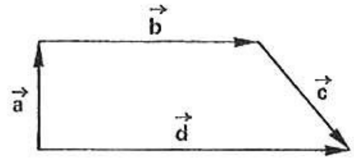
$|\vec{v}_R| = 350$ km/h

7. $v_1 = 300$ km/h
$v_2 = 80$ km/h



$v_R = 310$ km/h

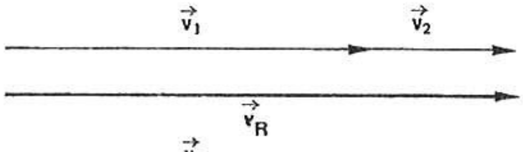
8. a = 6 m
b = 12 m
c = 7 m



$d \simeq 17$ m

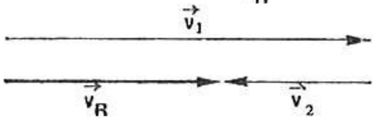
9. $v_1 = 5$ m/s
$v_2 = 2$ m/s

a)



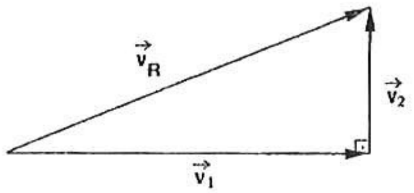
$v_R = 7$ m/s

b)



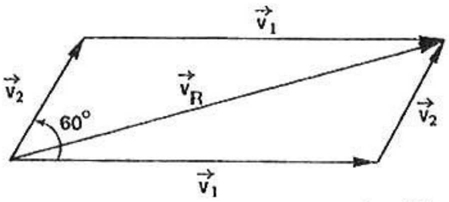
$v_R = 3$ m/s

c)



$v_R = 5{,}3$ m/s

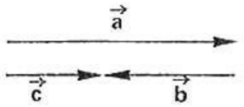
d)



$v_R \cong 6{,}2$ m/s

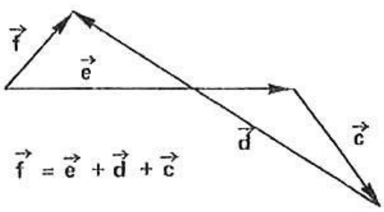
10.

a)



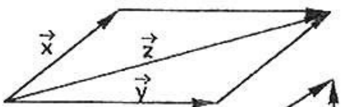
$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$

b)



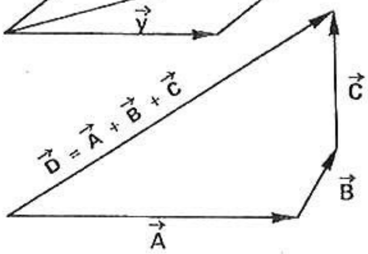
$\vec{f} = \vec{e} + \vec{d} + \vec{c}$

c)



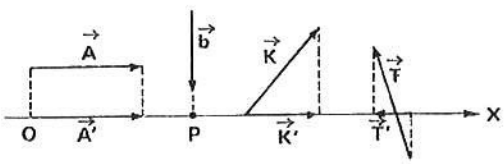
$\vec{z} = \vec{x} + \vec{y}$

d)

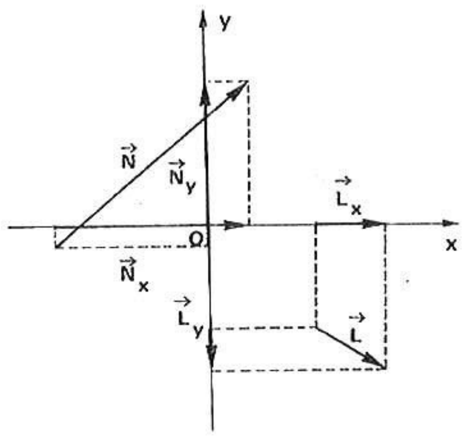


11.

a)



b)



CAPÍTULO V

Força e Movimento

OBJETIVOS: Ao final deste capítulo, o estudante deve estar apto para:

a. conceituar força.
b. operar com forças; calcular a força resultante.
c. descrever a 1ª Lei de Newton.
d. descrever as diversas formas em que as forças se manifestam.
e. medir forças.
f. descrever a 2ª Lei de Newton.
g. resolver problemas.

No Capítulo III, analisamos e descrevemos os diversos tipos de movimentos retilíneos. Não nos preocupamos com o objeto em movimento e nem com os agentes que produziam ou alteravam os movimentos. Um avião ou um pedaço de pedra foram tratados igualmente: seu tamanho ou sua massa não foram considerados. Neste capítulo, nos preocuparemos com os agentes que podem modificar o movimento e também a massa de objetos; estudaremos, então, as forças e consideraremos a massa dos objetos. Na Física, força é uma grandeza das mais importantes. Descrever e medir forças é uma necessidade em vários ramos da Física. Devemos, portanto, ter uma compreensão exata de como as forças atuam e saber resolver os diversos problemas a ela atinentes.

SEÇÃO 1 – ESTADO DE MOVIMENTO – FORÇA

1 ■ Se você "puxa" uma porta, inicialmente em repouso (fechada), a fim de abri-la, você está aplicando uma **força** sobre a porta. O "puxão" que a porta recebe faz com que ela, ao ser aberta, (fique parada; entre em movimento).

****

entre em movimento

2 ■ Um automóvel que se encontra enguiçado é "empurrado" por diversas pessoas. Enquanto é "empurrado" o automóvel sofre a ação de ____________________ . Em virtude das ações das forças, o automóvel, que inicialmente se encontrava em repouso, entrará em ____________________.

****

forças; movimento

3 ■ Um goleiro, ao "encaixar" uma bola, impede seu movimento, e a bola, inicialmente em movimento, entrará em ____________________. A bola, que possuía uma velocidade diferente de zero, sob a ação de uma ____________________ aplicada contra seu movimento, ficou com velocidade igual a ____________________.

****

repouso; força; 0 ou zero

4 ■ Uma bola de bilhar encontra-se em movimento sobre uma mesa e recebe um "empurrão" no sentido de seu movimento por um dos participantes do jogo. Durante o "empurrão", a bola recebe a ação de uma ____________________ e em conseqüência a sua velocidade (aumenta; diminui).

****

força; aumenta

5 ■ Uma bola é cruzada horizontalmente em frente ao gol, durante uma partida de futebol. O goleiro, com um soco, aplica-lhe um "empurrão" perpendicularmente. A trajetória da bola será (inalterada; alterada) em conseqüência da ação de uma _______________ durante o "empurrão".

* * * * * * * * * * * *

alterada; força

6 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta com velocidade constante. Se o objeto não sofrer nenhum "puxão" ou "empurrão", ele (continuará em linha reta com a mesma velocidade; aumentará sua velocidade; diminuirá sua velocidade; sofrerá um desvio em sua trajetória). Nesta situação, o objeto parece não sofrer a ação de nenhuma _______________.

* * * * * * * * * * * *

continuará em linha reta com a mesma velocidade; força

7 ■ Nós exercemos um "puxão" ou "empurrão" sobre um objeto para:

a) a partir do repouso, colocá-lo em _______________.

b) diminuir ou _______________ sua _______________, se ele já estiver em movimento.

c) trazê-lo ao _______________, se ele estiver em movimento.

d) modificar sua _______________.

* * * * * * * * * * * *

movimento; aumentar; velocidade; repouso; trajetória

8 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta com velocidade constante. Se ele continuar em linha reta e com a mesma velocidade, dizemos que o objeto não variou seu **estado de movimento**. Podemos afirmar que o objeto em questão (conservou; não conservou) seu estado de _______________.

* * * * * * * * * * * *

conservou; movimento

9 ■ Um automóvel com velocidade constante de 50 km/h realiza uma curva na Via Anchieta. Durante a curva, o automóvel (mantém; não mantém) seu estado de movimento, porque, apesar da velocidade ser conservada a 50 km/h, sua _______________ não se manteve retilínea.

* * * * * * * * * * * *

não mantém; trajetória

10 ■ Uma pedra que cai de uma altura de 2 metros em linha reta (aumenta; diminui; conserva) sua velocidade à medida que se aproxima do solo. O estado de movimento desta pedra (mantém-se; não se mantém) constante. Justifique.

* * * * * * * * * * * *

aumenta; não se mantém (Apesar da trajetória ser retilínea, a velocidade da pedra aumenta à medida que cai em queda livre.)

11 ■ Quando puxamos ou empurramos um objeto, nossa intenção é _______________ seu estado de movimento.

* * * * * * * * * * * *

alterar, modificar, variar ou mudar

12 ■ Os físicos consideram o repouso como um tipo de movimento. Se você analisar o movimento em termos de velocidade, o repouso é um movimento com velocidade _______________.

* * * * * * * * * * * *

zero

13 ■ Para simplificar o estudo de certos princípios, os físicos consideram o repouso como um tipo de ____________, isto é, um movimento com ________________ igual a zero.

* * * * * * * * * * * *

movimento; velocidade

14 ■ Um objeto que está em repouso, e assim permanece, (conserva; não conserva) seu estado de movimento.

* * * * * * * * * * * *

conserva

15 ■ Os físicos chamam um "empurrão" ou "puxão" de ________________. Quando aplicamos uma força a um objeto, a tendência é (modificar; não modificar) o estado de ________________ do objeto.

* * * * * * * * * * * *

força; modificar; movimento

16 ■ A tendência de uma força, quando aplicada a um objeto, é ____________________________ do objeto.

* * * * * * * * * * * *

alterar, modificar, variar ou mudar o estado de movimento

17 ■ Assinale as alternativas que completam corretamente a frase:
Um objeto não modifica seu estado de movimento quando:

a) estiver em movimento retilíneo uniforme.
b) estiver em repouso.
c) estiver em MRUV.
d) estiver em queda livre.

* * * * * * * * * * * *

a; b

18 ■ Um objeto que pode se mover livremente, inicialmente em repouso, sob a ação de uma força entrará em __________________ e a velocidade (aumentará; diminuirá; permanecerá a mesma).

* * * * * * * * * * * *

movimento; aumentará

19 ■ Um avião está com velocidade de 200 km/h. Ele é acelerado até atingir a velocidade de 500 km/h, mantendo-se, no entanto, sua trajetória, retilínea. Enquanto o avião modifica seu estado de ________________, sobre ele atua uma ________________.

* * * * * * * * * * * *

movimento; força

20 ■ Um automóvel que está a 50 km/h é freado e pára após percorrer certa distância. Durante a freada, o automóvel (modifica; não modifica) seu ________________________. Até entrar em repouso, sobre o automóvel atua ____________________.

* * * * * * * * * * * *

modifica; estado de movimento; uma força

21 ■ A Lua movimenta-se em torno da Terra em trajetória aproximadamente circular. Ela, apesar de possuir uma velocidade com valor aproximadamente constante, não conserva seu estado de movimento, porque ______________ ______________________________. Portanto, sobre a Lua (atua; não atua) ________________.

* * * * * * * * * * * *

a trajetória não se mantém em linha reta; atua; uma força

22 ■ Uma força aplicada tem a tendência de:

a) a partir do repouso, colocar objetos em ________________ .

b) acelerar ou desacelerar objetos já em ________________.

c) modificar a ________________ dos objetos já em movimento.

d)________________ a trajetória do movimento de objetos.

****

movimento; movimento; velocidade; modificar ou alterar

23 ■ Uma força produz uma ________________ no estado de movimento quando o objeto sobre o qual ela age tiver sua velocidade ________________ ou diminuída, ou ainda ________________.

****

alteração; aumentada; quando houver modificação na trajetória do movimento do objeto

24 ■ Se você aplica uma força sobre a parede da sala de aula, a parede certamente não modificará seu estado de movimento. Entretanto, a força aplicada ________________ a modificar o estado de movimento da parede.

****

tende

25 ■ Se a força aplicada na parede for suficientemente grande (intensa), a parede se romperá e então teremos modificado o ________________.

****

estado de movimento da parede

26 ■ Uma força produzirá uma variação no estado de movimento de um objeto se ele, sob a ação desta força, (tiver liberdade de movimento; não tiver liberdade de movimento).

****

tiver liberdade de movimento

27 ■ A frase "tem tendência" quer dizer que certos fatos aconteceriam se existissem outras condições. Se você empurrar um carro freado, dificilmente o colocará em movimento em virtude da ação dos ________________. Se anularmos a ação dos freios, possivelmente o carro entrará em ________________. Podemos definir também força como algo que ________________ a produzir ________________ de um objeto.

****

freios; movimento; tem tendência; uma alteração no estado de movimento

28 ■ Toda força aplicada a qualquer objeto produzirá uma alteração em seu estado de movimento. (sim; não)

****

não

29 ■ Qualquer força aplicada a qualquer objeto possui a tendência de produzir uma alteração em seu estado de movimento. (sim; não)

****

sim

30 ■ Podemos definir força, de maneira geral, como sendo algo que, ao agir sobre um objeto, ________________
________________.

****

tende a alterar o estado de movimento do objeto

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1 ■ Um objeto em MRU (conserva; não conserva) seu estado de movimento, porque ______________________.

****

conserva; sua velocidade não varia e sua trajetória é sempre retilínea

2 ■ Um objeto em MRUV (conserva; não conserva) seu estado de movimento, porque ______________________.

****

não conserva; possui aceleração e portanto sua velocidade varia

3 ■ Assinale em quais das situações abaixo citadas constatamos a ação de uma força:

a) um carro cujo velocímetro acusa constantemente 40 km/h ao realizar uma curva;

b) um elétron que se movimenta no vácuo em linha reta e com velocidade constante; (Despreza-se a ação da gravidade.)

c) uma pedra que cai em linha reta.

****

a; c

4 ■ Repouso é um estado de movimento com ______________________.

****

velocidade igual a zero

5 ■ Um objeto modifica seu estado de movimento quando: ______________________
______________________.

****

a) sua velocidade varia

b) desvia sua trajetória

c) apresenta variação na velocidade e também em sua trajetória

d) muda o sentido do movimento.

6 ■ Uma bola de bilhar colide com a tabela e volta com a mesma velocidade em valor, mas em sentido contrário. Durante a colisão, constatamos a ação de uma força, porque ______________________.

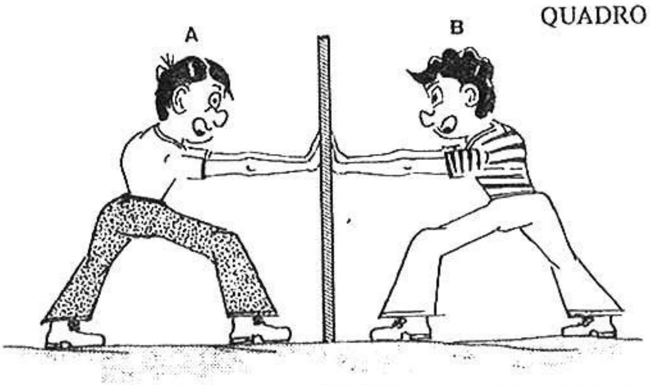
****

o estado de movimento da bola foi modificado

SEÇÃO 2 – FORÇA: GRANDEZA VETORIAL – FORÇA RESULTANTE

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 14.

QUADRO A



Na figura ao lado, está representada a ação de dois garotos, A e B, sobre uma porta. Um deles empurra-a no sentido de fechá-la, impedindo assim a ação do outro, que tenta abri-la. Eles exercem forças em pontos diretamente opostos.

1 ■ O desenho mostra a ação de dois ________________ sobre uma porta (em repouso; em movimento). As forças são exercidas em pontos ________________

****

garotos; em repouso; diretamente opostos

2 ■ Se o garoto B exercer uma força de intensidade maior que aquela exercida por A, a porta movimentar-se-á para ________________, modificando seu estado de ________________

****

a esquerda; movimento

3 ■ Se o garoto A exercer uma força de intensidade (maior; menor) que a ________________ exercida por B, então a porta ________________ para a direita, modificando ________________

****

maior; força; movimentar-se-á; seu estado de movimento

4 ■ Se A e B exercerem forças de mesma intensidade, a porta (modificará; não alterará) seu estado de movimento, permanecendo, neste caso, em ________________

****

não alterará; repouso

5 ■ Se ambas as forças possuírem a mesma intensidade, a porta (manter-se-á; não se manterá) em repouso. A ação conjunta das duas forças (modifica; não modifica) o estado de movimento da porta. No caso, uma força (anula; não anula) a outra.

****

manter-se-á; não modifica; anula

6 ■ Se ambas as forças forem iguais em intensidade, elas se ________________, porque elas (possuem mesma direção e mesmo sentido; possuem a mesma direção e sentidos opostos). Neste caso, a ação resultante das forças é (manter a porta em repouso; movimentar a porta). O mesmo (aconteceria; não aconteceria) se nenhuma força atuasse sobre a porta.

****

anulam; possuem a mesma direção e sentidos opostos; manter a porta em repouso; aconteceria

7 ■ Quando as forças forem iguais em intensidade e diretamente opostas, a **força efetiva** ou a **força resultante** das duas é (zero; diferente de zero) e a porta mantém seu ________________

****

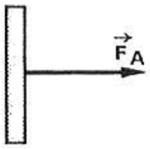
zero; estado de movimento (no caso, o repouso)

8 ■ O fato de as duas forças opostas e de mesma intensidade se anularem, resultando uma força zero, sugere que as forças (podem; não podem) ser representadas vetorialmente.

****

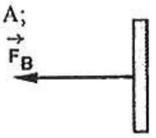
podem

9 ■ Se ambos os garotos exercerem forças de mesma intensidade, a figura ao lado esquematiza vetorialmente a força exercida pelo garoto (A; B). Desenhe ou esquematize a força do outro garoto.



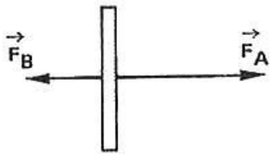
****

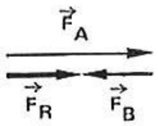
A;



10 ■ Se o garoto A exercer uma força de intensidade igual a 10 unidades de força e o outro, uma de 5 unidades de força, construa abaixo o esquema vetorial das duas forças e determine a força resultante.

****





$\vec{F}_R = \vec{F}_A + \vec{F}_B$

$|\vec{F}_R| = 5$ unidades de força

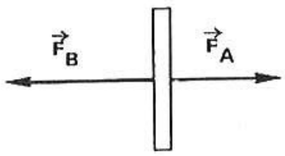
11 ■ Em relação ao item anterior. Sob a ação de uma força de ________________ unidades de força, a porta movimentar-se-á para a(direita; esquerda).

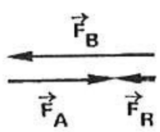
****

5; direita

12 ■ O garoto da direita exerce agora uma força de intensidade 8 unidades, enquanto que o outro exerce uma de 6 unidades de força. Esquematize, vetorialmente, estas forças e determine a resultante.

****





$\vec{F}_R = \vec{F}_B + \vec{F}_A$

$|\vec{F}_R| = 2$ unidades de força

13 ■ A força resultante de duas outras (é; não é) igual à soma vetorial das duas forças.

****

é

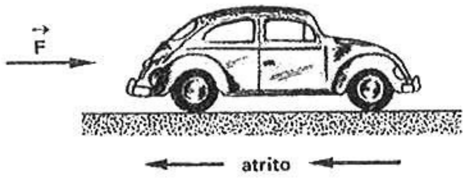
14 ■ $\vec{F}_R$ é a força resultante de duas outras: $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$. Portanto, $\vec{F}_R$ = _____ + _____.

****

$\vec{F}_A$; $\vec{F}_B$

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 15 a 26.

QUADRO B



A figura mostra um Volkswagen em repouso sobre o asfalto de uma rua horizontal e plana.

15 ▪ Esta figura nos mostra um "fusca" (em repouso; em movimento) sobre o asfalto de uma rua (horizontal e plana; inclinada e plana).

* * * * * * * * * * * *

em repouso; horizontal e plana

16 ▪ Se o "fusca" estiver freado e você não dispuser de nenhuma maquinária, provavelmente você (será; não será) capaz de movê-lo.

* * * * * * * * * * * *

não será

17 ▪ Se o carro não estiver freado, provavelmente você (será; não será) capaz de movê-lo.

* * * * * * * * * * * *

será

18 ▪ Quando freado, a roda do carro (move-se; não se move) livremente e o atrito entre os pneus e o asfalto é (grande; pequeno).

* * * * * * * * * * * *

não se move; grande

19 ▪ Quando o carro está freado, o atrito entre os ________________ e o asfalto é grande; a força que você pode aplicar não é suficiente para vencer o ___________ e colocar o carro em ________________.

* * * * * * * * * * * *

pneus; atrito; movimento

20 ▪ Se você aplica uma força da esquerda para a direita, o atrito entre os pneus e o asfalto atua (para a esquerda; para a direita).

* * * * * * * * * * * *

para a esquerda

21 ▪ Se você aplica uma força $\vec{F}$ da esquerda para a direita, a tendência de movimento do "fusca" é (para a direita; para a esquerda).

* * * * * * * * * * * *

para a direita

22 ■ A tendência do carro é movimentar-se para a ______________ . O atrito entre os pneus e o asfalto atua (a favor; contra) a tendência de movimento. Portanto, o atrito é (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

****

direita; contra; da direita para a esquerda

23 ■ O atrito (é; não é) uma força.

****

é

24 ■ O atrito atua sempre no sentido da tendência do movimento. (sim; não)

****

não

25 ■ O atrito atua sempre no sentido oposto à ________________ do movimento ou no sentido oposto ao ________________________ .

****

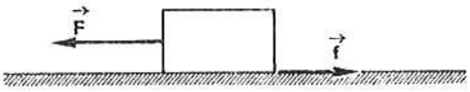
tendência; movimento

26 ■ O volks freado somente entrará em movimento, isto é, alterará seu ________________________ quando a força F tiver intensidade (maior que; igual a; menor que) a da força de atrito.

****

estado de movimento; maior que

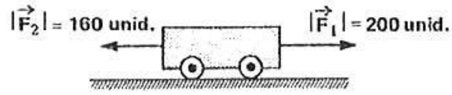
27 ■ A figura ao lado mostra uma caixa sobre o assoalho. $\vec{F}$ representa uma força que você aplica a fim de movê-la. $\vec{f}$ representa a **força de atrito** entre a caixa e o assoalho. A caixa sairá do repouso se $\vec{F}$ tiver intensidade (menor que; maior que; igual a) a de $\vec{f}$. A força de atrito apenas (opõe-se a; ajuda) o movimento da caixa. Se $\vec{F}$ tiver intensidade menor que a de $\vec{f}$, a caixa movimentar-se-á para a direita. (sim; não)



****

maior que; opõe-se a; não

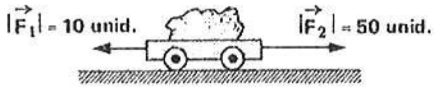
28 ■ A força resultante ou força efetiva sobre o objeto indicado na figura ao lado é de 40 unidades, isto é, 200 - 160, para a ____________________ . Se você substituir a força de 160 por uma de 250 unidades, a força ________________ será de __________ unidades para a ______________ .



****

direita; resultante; 50; esquerda

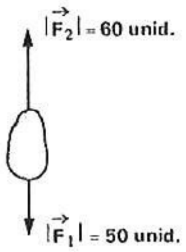
29 ■ No caso representado na figura ao lado, a força resultante será de ______________ unidades para a (direita; esquerda).



****

40; direita

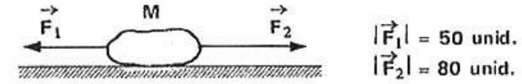
30 ■ No caso ao lado, a força líquida ou resultante que atua sobre o objeto será de ________________ para ________.



★★★★★★★★★★★★

10 unidades; cima

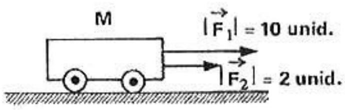
31 ■ A força ______________ ($\vec{F}_R$) sobre M tem intensidade ______________ para a ____________.



★★★★★★★★★★★★

resultante; 30 unidades; direita

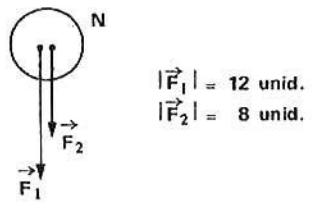
32 ■ Na figura ao lado, M está sujeito a duas forças: $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$. A força resultante ($\vec{F}_R$) sobre M tem intensidade ______________ para a ___________.



★★★★★★★★★★★★

12 unidades; direita

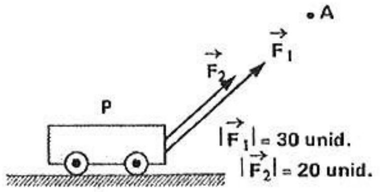
33 ■ A força resultante ($\vec{F}_R$) sobre N tem intensidade ____________________________.



★★★★★★★★★★★★

20 unidades para baixo

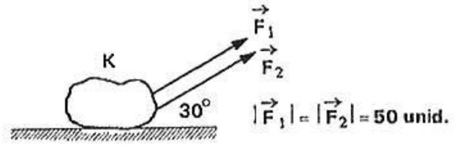
34 ■ A força resultante $\vec{F}_R$ sobre o corpo P tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ ___________ dirigida para ______.



★★★★★★★★★★★★

50 unidades; A

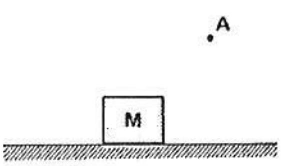
35 ■ A força ______________, $\vec{F}_R$, sobre K tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ ________________ e faz um ângulo de ________ com a (horizontal; vertical).



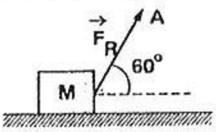
★★★★★★★★★★★★

resultante; 100 unidades; 30°; horizontal

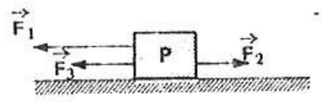
36 ■ Uma força resultante, $|\vec{F}_R| = 20$ unidades, atua sobre o objeto M, da figura ao lado. Ela faz um ângulo de 60° com a horizontal e é dirigida para o ponto A. Esquematize na figura a força resultante citada.



★★★★★★★★★★★★



37 ■ A força resultante sobre P tem intensidade $|\vec{F}_R|$ = ________ unidades e está dirigida para a ________

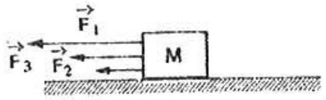


$|\vec{F}_1|$ = 50 unid.
$|\vec{F}_2|$ = 20 unid.
$|\vec{F}_3|$ = 30 unid.

* * * * * * * * * * * *

60; esquerda

38 ■ A força resultante sobre M tem intensidade $|\vec{F}_R|$ = ________ unidades e está dirigida para a ________

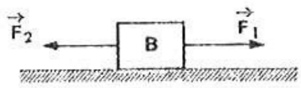


$|\vec{F}_1|$ = 50 unid.
$|\vec{F}_2|$ = 20 unid.
$|\vec{F}_3|$ = 30 unid.

* * * * * * * * * * * *

100; esquerda

39 ■ A força resultante sobre B tem intensidade________

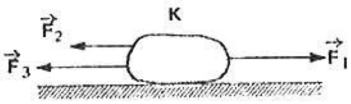


$|\vec{F}_1|$ = 50 unid.
$|\vec{F}_2|$ = 50 unid.

* * * * * * * * * * * *

0 (zero)

40 ■ A força resultante sobre K tem intensidade ________

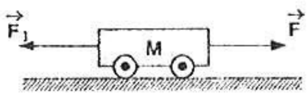


$|\vec{F}_1|$ = 50 unid.
$|\vec{F}_2|$ = 20 unid.
$|\vec{F}_3|$ = 30 unid.

* * * * * * * * * * * *

0 ou zero

41 ■ Se você fosse movimentar o objeto M, da figura ao lado, para a direita, você deveria aplicar uma força $\vec{F}$ de intensidade maior que ________________ a fim de produzir uma variação na ________________ do objeto.

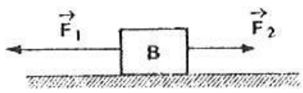


$|\vec{F}_1|$ = 200 unid.

* * * * * * * * * * * *

200 unidades; velocidade

42 ■ No objeto B, da figura ao lado, a força resultante sobre ele tem intensidade 60 unidades e está dirigida para a esquerda. A intensidade da força $\vec{F}_1$ é ________________



$|\vec{F}_2|$ = 20 unid.
$|\vec{F}_1|$ = ?

* * * * * * * * * * * *

80 unidades

43 ■ Um objeto A está sujeito a duas forças horizontais. Uma delas $|\vec{F}_1|$ = 50 unidades e está dirigida para a direita. Se a força líquida sobre A tem intensidade 50 unidades e está dirigida para a esquerda, então a outra força tem a intensidade $|\vec{F}_2|$ = ________ unidades, dirigida para a ________________

* * * * * * * * * * * *

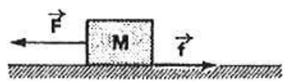
100; esquerda

44 ■ Um objeto M encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. O atrito entre a superfície e o objeto, quando este estiver em movimento, tem intensidade 50 unidades de força. O atrito é uma força que aparece entre as superfícies em contato e tende sempre a (colocar objetos em movimento; atuar no sentido de impedir o movimento de objetos). Para colocar o objeto M em movimento para a direita é necessário aplicar uma força (para a direita; para a esquerda) de intensidade (maior que; menor que; igual a) 50 unidades de força.

****

atuar no sentido de impedir o movimento de objetos; para a direita; maior que

45 ■ $\vec{F}$ é uma força que você aplica e $\vec{f}$ é a força de atrito entre as superfícies. Se o valor de $\vec{F}$ é maior que o de $\vec{f}$, então existirá uma força ________ ________________ sobre a caixa, dirigida para a ________________.



****

resultante ou líquida; esquerda

46 ■ Em relação à figura do item 45. Se $\vec{F}$ tiver intensidade maior que a de $\vec{f}$, haverá força resultante sobre a caixa para a (esquerda; direita) e então (haverá; não haverá) variação na velocidade ou no estado de movimento da caixa.

****

esquerda; haverá

47 ■ Em relação à figura do item 45. Se $\vec{F}$ tiver intensidade igual a de $\vec{f}$, $|\vec{F}| = |\vec{f}|$, a força resultante terá intensidade $|\vec{F}_R|$ ________________ e a caixa (apresentará; não apresentará) variação em sua velocidade ou estado de movimento.

****

nula; não apresentará

48 ■ Você empurra um carrinho para a direita e seu amigo para a esquerda e as forças exercidas são de mesma intensidade; a força resultante terá intensidade $|\vec{F}_R| =$ ____________ e o carrinho (apresentará; não apresentará) variação em ____.

****

zero; não apresentará; sua velocidade ou estado de movimento

49 ■ Para que um objeto apresente variação em sua velocidade ou estado de movimento, é necessário que o objeto esteja sujeito a uma força ________________ de módulo (maior que; igual a; menor que) zero.

****

resultante; maior que

50 ■ Um objeto está sujeito a diversas forças ao mesmo tempo. Ele somente apresentará variação em seu estado de movimento se a força ____.

****

resultante tiver intensidade maior que zero

51 ■ Um objeto está sujeito a diversas forças ao mesmo tempo. Verifica-se, entretanto, que sua velocidade se mantém a mesma, bem como sua trajetória. Verifica-se alguma alteração em seu estado de movimento. (sim; não). Então, a força resultante ou líquida sobre o objeto é ____________.

****

não; nula

52 ■ Você aplica uma força $\vec{F}$ sobre um objeto. Nota-se que não há variação em seu estado de movimento. Então, sobre o objeto deve atuar uma outra força, pelo menos, que (anule; não anule) a ação da força que você aplica. Se a força que você exerce é para a direita e horizontal, a outra necessariamente deve ser para ______________ e (vertical; horizontal).

* * * * * * * * * * * *

anule; a esquerda; horizontal

53 ■ Você aplica uma força na parede de um prédio. A parede não modifica seu estado de movimento, isto é, continua em repouso. Logo, a força resultante sobre a parede tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ ______________. Existe pelo menos uma outra força sobre a parede que tem (a mesma; diferente) intensidade da força que você exerce e sentido ______________.

* * * * * * * * * * * *

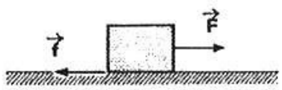
zero; a mesma; oposto ou contrário

54 ■ Forças, quando aplicadas sobre objetos, (sempre; nem sempre) alteram o estado de movimento dos objetos. Para que exista alteração no estado de movimento dos objetos, é necessário que a força ______________ sobre os objetos seja (igual a; diferente de) zero.

* * * * * * * * * * * *

nem sempre; resultante; diferente de

55 ■ Uma caixa encontra-se em repouso sobre uma superfície rugosa. Você aplica uma força $\vec{F}$ horizontal para a direita (figura ao lado) e a caixa permanece em repouso. Nesta situação, a $|\vec{F}_R| =$ ______________ e a força de atrito, $\vec{f}$, (impede o; não exerce influência no) movimento da caixa.



* * * * * * * * * * * *

zero; impede o

56 ■ A presença de forças, como o atrito, a gravidade (que analisaremos mais adiante), etc., muitas vezes (impedem; não impedem) que uma força $\vec{F}$ aplicada (altere; não altere) o estado de movimento dos objetos.

* * * * * * * * * * * *

impedem; altere

57 ■ Força deve ser definida de modo a considerar o fato de que elas podem não produzir alteração no estado de movimento de um objeto. Portanto, de um modo geral, definimos força como sendo algo que possui a ______________ ______________________________.

* * * * * * * * * * * *

tendência de alterar o estado de movimento de um objeto

58 ■ As forças estudadas em Física são sempre aplicadas sobre objetos por agentes externos aos mesmos. Quando você puxa um caixote, a força que você aplica sobre o mesmo (é; não é) uma força externa ao caixote. Se existe atrito entre o caixote e a superfície onde ele se encontra, a força de atrito é uma força (interna; externa) ao caixote.

* * * * * * * * * * * *

é; externa

59 ■ Em Física, as forças são (externas; internas) aos objetos cujo estado de movimento elas têm a ______________ de modificar.

* * * * * * * * * * * *

externas; tendência

60 ■ Podemos agora definir de maneira mais complexa uma força. Força é qualquer coisa que, aplicada (internamente; externamente) a um objeto, possui a ______________________ de produzir uma ______________________ ______________________.

* * * * * * * * * * * *

externamente; tendência; alteração no estado de movimento do objeto.

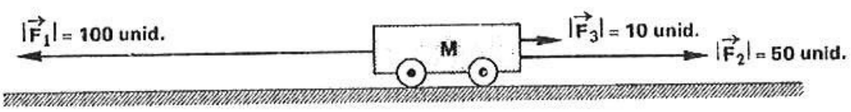
61 ■ Defina força: ______________________ ______________________.

* * * * * * * * * * * *

qualquer coisa que, agindo externamente sobre um objeto, tem a tendência de modificar seu estado de movimento

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1 ■

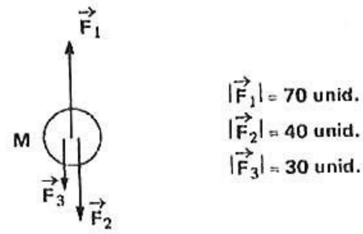


a) a soma vetorial de todas as forças aplicadas ao objeto tem intensidade $|\vec{F}_R| =$ ______________ e está dirigida ______________.

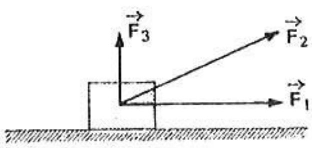
b) a força resultante de todas as forças aplicadas ao objeto tem intensidade ______________ e é igual ao módulo da soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o corpo.

c) o estado de movimento ou a velocidade do objeto ______________ alteração.

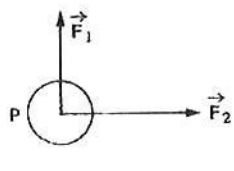
2 ■ A soma ______________ de todas as forças atuando sobre M tem intensidade ______________. Então, (haverá; não haverá) alteração na velocidade do objeto.



3 ■ Quais das forças representadas na figura ao lado corresponde à força resultante sobre o objeto? ________



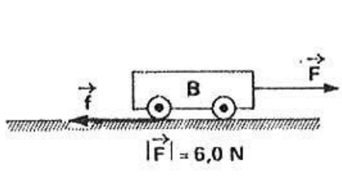
4 ■ Na figura ao lado, as forças $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ têm intensidades iguais a 30 e 40 unidades. Elas são as únicas forças que atuam sobre o objeto P. A força resultante sobre P terá a intensidade ______________. (Sugestão: Resolva graficamente.)



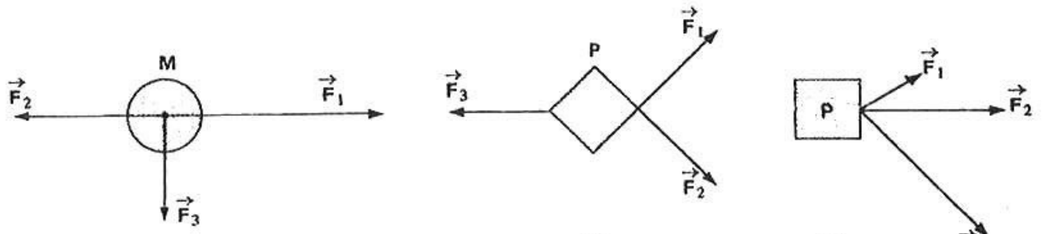
5 ■ O carrinho B, na figura ao lado, movimenta-se para a direita com velocidade constante, mantendo-se em linha reta. Calcule:

a) a força resultante sobre B: ______________

b) a intensidade da força de atrito entre as rodas e o plano: ______________

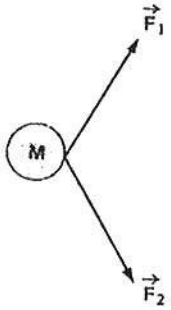


6 ■ Nos casos apresentados nas figuras a, b e c abaixo, determine para cada caso a força resultante.
Escala: 1 cm : 20 unidades de força

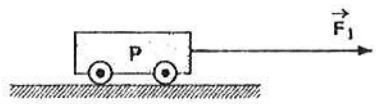


(a) (b) (c)

7 ■ Um objeto M está sob a ação de 3 forças coplanares. Observa-se que o seu estado de movimento não apresenta variações. Determine a intensidade ou módulo, a direção e o sentido da força $\vec{F}_3$; represente-a na figura ao lado. Escala: 1 cm : 10 unidades



8 ■ O objeto P está sujeito à ação de 2 forças: $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$. Sabe-se que a força resultante sobre P tem intensidade 10 unidades, é horizontal e para a direita. Determine a outra força.



Escala: 1 cm : 20 unidades

RESPOSTAS

1 ■ a) 40 unid.; para a esquerda
b) 40 unid.
c) sofre

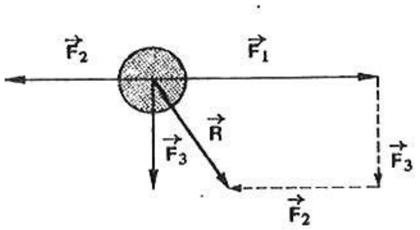
2 ■ vetorial; nula; não haverá

3 ■ $\vec{F}_2$

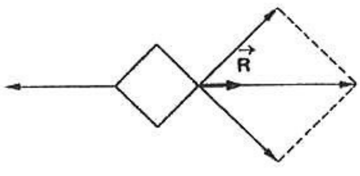
4 ■ 50 unid.

5 ■ a) zero; b) f = 6,0 N

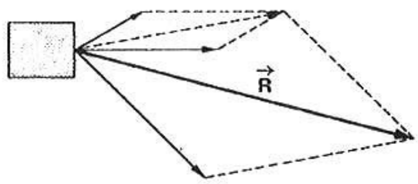
6 ■ a) b) c)



R ≅ 36 unid. de força

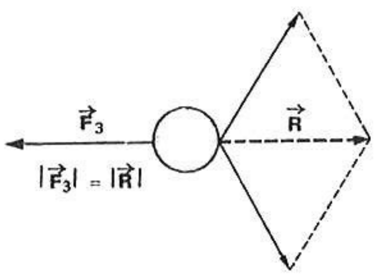


R ≅ 12 unid. de força



R ≅ 100 unid. de força

7 ■ R ≅ 20 unid. de força



8 ■ 40 unid.

SEÇÃO 3 – 1ª LEI DE NEWTON
CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM OBJETO

De maneira geral, a mecânica de Newton nos diz que "um objeto estará em equilíbrio desde que não haja uma força resultante agindo sobre ele".

Nesta seção, trataremos, particularmente, das condições de equilíbrio de um objeto com movimento de translação.

1 ■ Um objeto, um livro por exemplo, encontra-se em repouso sobre a superfície horizontal de uma mesa. Enquanto a força resultante de todas as forças que atuam sobre ele for igual a zero, o livro ________________ seu estado de movimento e portanto continuará em ________________ sobre a superfície da mesa.

****

não modificará; repouso

2 ■ O repouso (é; não é) um estado de movimento.

****

é

3 ■ O repouso é um estado de movimento com ________________ igual a zero.

****

velocidade

4 ■ Em relação ao item 1. Se você exercer sobre o livro uma força horizontal e para a direita, de intensidade (maior; menor) que a da força de atrito entre o ________________ e a ________________ da mesa, o livro sairá do ____.

****

maior; livro; superfície; repouso, adquirindo velocidade, modificando então seu estado de movimento

5 ■ Se a força resultante sobre o livro, nas condições descritas no item 1, for igual a zero, ________________ ____. (complete)

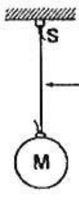
****

o livro permanecerá em repouso, não modificando, portanto, seu estado de movimento

6 ■ Um objeto encontra-se em repouso e assim permanece indefinidamente. Então, a força ________________ de todas as forças que atuam sobre ele é ________________.

****

resultante; nula



7 ■ Na figura ao lado, a esfera M é maciça e feita de chumbo. Ela se encontra suspensa por um ________________ preso a um suporte fixo em S. Ela se encontra em (repouso; movimento).

****

fio de nylon; repouso

8 ■ Em relação à figura do item 7. A soma vetorial ou a ________________ de todas as forças sobre a esfera é (nula; diferente de 0), porque (sua velocidade está variando; sua velocidade não está variando).

****

resultante; nula; sua velocidade não está variando

9 ■ Em relação à figura do item 7. Se você aplica uma força $\vec{F}$ na horizontal que passa pelo centro da esfera, ela (modificará; não modificará) seu estado de movimento. Estamos supondo que a força de atrito entre a esfera e as moléculas do ar seja muito (pequena; grande).

* * * * * * * * * * * *

modificará; pequena

10 ■ Em relação ao item anterior. Enquanto você aplica a força $\vec{F}$, a força resultante sobre a esfera é (zero; diferente de zero).

* * * * * * * * * * * *

diferente de zero

11 ■ A esfera representada no item 7 somente modificou seu estado de movimento quando a ________________ sobre ela tornou-se diferente de zero.

* * * * * * * * * * * *

força resultante

12 ■ Enquanto a força resultante sobre a esfera é zero, ela (modifica; não modifica) seu estado de movimento. No caso, o estado de movimento da esfera é o de ________________.

* * * * * * * * * * * *

não modifica; repouso

13 ■ Considere diversos objetos em repouso. A tendência de todos eles é (conservar; não conservar) seu estado de movimento. Justifique.

* * * * * * * * * * * *

conservar (Porque, enquanto a força resultante sobre os objetos for nula, seu estado de movimento não se modifica. Quando um objeto está em repouso e assim permanece, a força resultante é nula.)

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 14 a 28.

QUADRO C

Na figura a, uma esfera maciça M encontra-se em repouso no ar, suspensa por um fio que está preso a um suporte em S. A esfera é erguida até a posição A (fig. b) e em seguida é abandonada, a partir do repouso (velocidade inicial igual a zero). A esfera movimenta-se e atinge a posição mais baixa (ponto B) e sobe até parar,

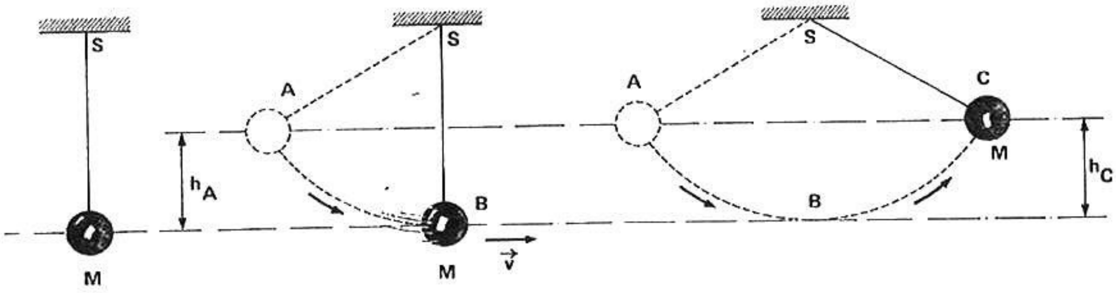


fig. a fig. b fig. c

momentaneamente, em C (fig. c). Em seguida ela faz o percurso de volta até a posição inicial e novamente retorna a C, e assim sucessivamente.

14 ■ Fig. a: A esfera encontra-se em ______________ e portanto com velocidade igual a ____________________. A esfera continuará nesta posição enquanto a ____________________ sobre ela for igual a zero.

* * * * * * * * * * * *

repouso; zero; força resultante

15 ■ Fig. b: A esfera é abandonada de uma altura ____________, relativamente ao nível que passa pelo centro da esfera quando na posição mais baixa.

* * * * * * * * * * * *

h_A

16 ■ Fig. b: A esfera é abandonada na posição A com velocidade igual a ______________ e atinge a posição B (com velocidade diferente de zero; com velocidade nula).

* * * * * * * * * * * *

zero; com velocidade diferente de zero

17 ■ Fig. b: Ao se movimentar de A para B, a esfera (conserva; não conserva) seu estado de movimento. O módulo de sua velocidade (aumenta; diminui). Sua trajetória não é ____________________.

* * * * * * * * * * * *

não conserva; aumenta; retilínea

18 ■ Fig. b: Ao se movimentar de A para B, a esfera não conserva ______________________________, porque ____.

* * * * * * * * * * * *

seu estado de movimento; a velocidade aumenta de valor e a trajetória não é em linha reta

19 ■ Fig. c: A esfera passa por B com velocidade máxima. Até atingir a posição C, o valor da velocidade (aumenta; diminui; é constante) e a trajetória (é; não é) em linha reta. Portanto, durante o trajeto, o estado de ______________ ____.

* * * * * * * * * * * *

diminui; não é; movimento da esfera não é conservado

20 ■ Fig. c: Ao atingir o ponto C, a esfera apresentará velocidade ____________________. A altura na posição C é ____________________.

* * * * * * * * * * * *

zero; h_C

21 ■ À medida que a esfera se movimenta de A para C, colide com as moléculas do ar. Então, durante esse movimento, (existe; não existe) atrito entre a esfera e as moléculas do ar. O atrito (sempre; nunca) tende a dificultar o movimento.

* * * * * * * * * * * *

existe; sempre

22 ■ Enquanto a esfera se movimenta, o fio que a mantém suspensa também (colide; não colide) com as moléculas do ar. Sobre o fio, (atua; não atua) força de atrito.

* * * * * * * * * * * *

colide; atua

23 ■ No ponto onde o fio se encontra fixo no suporte, (existe; não existe) atrito.

****

existe

24 ■ Neste movimento, as fontes de atrito são:

a) ______________________________

b) ______________________________

c) ______________________________

****

colisão da esfera com as moléculas do ar; colisão do fio com as moléculas do ar; o ponto S, onde o fio se encontra fixo no suporte.

25 ■ Fig. c: Em virtude do atrito, a altura h_C, correspondente à posição C, é ligeiramente (menor; maior) que h_A, altura correspondente à posição ________________.

****

menor; A

26 ■ h_C é (maior que; menor que; igual a) h_A em virtude do ________________.

****

menor que; atrito

27 ■ Se as forças de atrito não existissem, a altura correspondente à posição C seria (igual a; maior que; menor que) aquela correspondente à posição A.

****

igual a

28 ■ Num caso ideal, se: $\vec{f}_{atrito} = 0$ e $h_A = 10$ cm, então h_C = ________________.

****

10 cm

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 29 a 33.

QUADRO D

Na figura a, a esfera é abandonada a partir do repouso na posição A e atinge o ponto C, onde momentaneamente entra em repouso. Nas figuras b e c, P_1 e P_2 são dois pregos que interceptam o fio durante o movimento da esfera. Observa-se que a esfera atinge as posições C' e C'', cujas alturas são praticamente iguais.

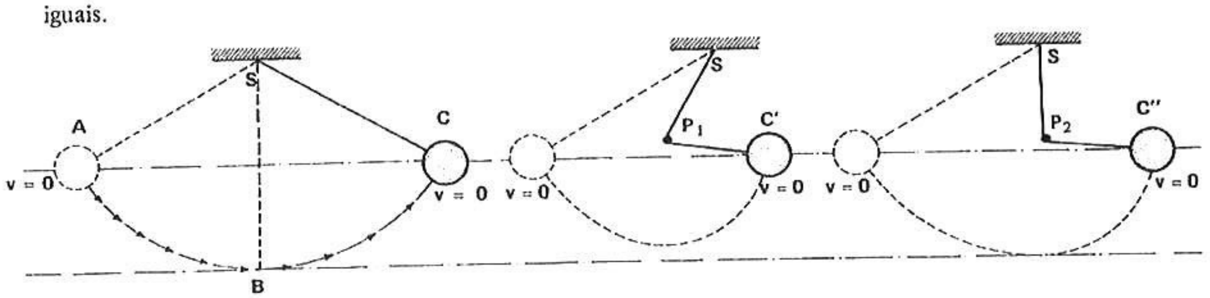


fig. a fig. b fig. c

29 ■ Se as forças de atrito forem iguais a ________________, a altura da posição C, na fig. a, será (igual à; diferente da) altura da posição A.

****

zero; igual à

30 ■ Fig. b: P_1 representa ________________ que intercepta o fio durante o movimento.

****

o prego

31 ■ Fig. b: Se as forças de atrito forem nulas, a esfera atinge a posição C', cuja altura é (a mesma; maior; menor) que a altura da posição em que ela foi abandonada.

****

a mesma

32 ■ Fig. c: P_2 é um ________________ que intercepta o fio durante o movimento. A presença do prego P_2 não impede que a esfera atinja o ponto C", cuja altura é (igual a; maior que; menor que) a altura da posição A em que ela foi abandonada. Estamos considerando que as ________________________ sejam nulas.

****

prego, igual a; forças de atrito

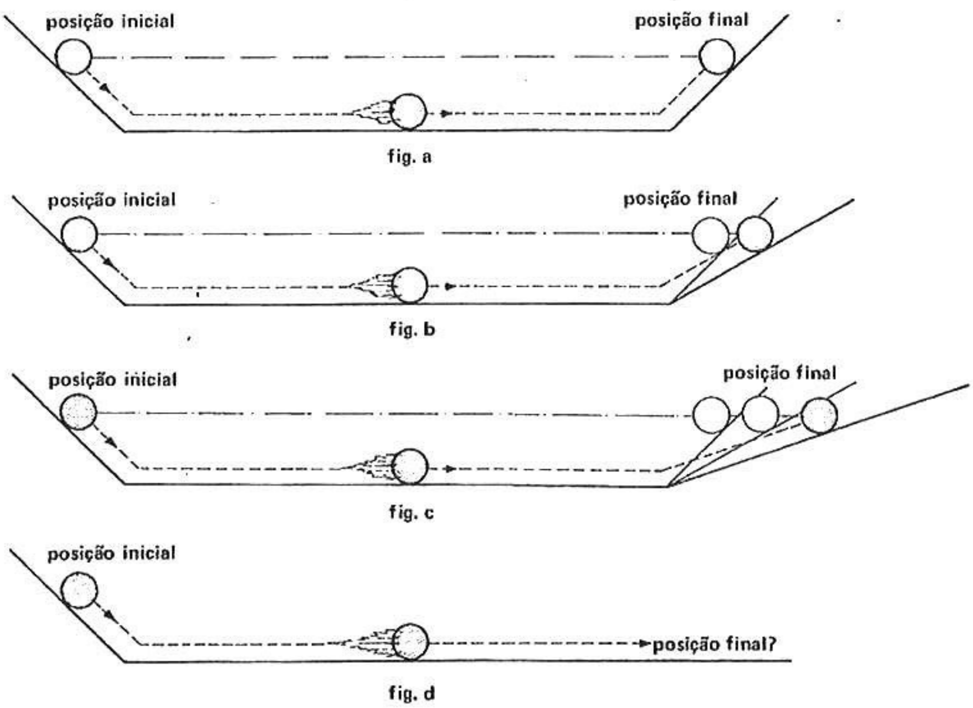
33 ■ Qualquer que seja a posição do prego que intercepta o fio durante o movimento da esfera, ela atinge sempre (a mesma; diferente) altura em que foi abandonada, se ________________________. (complete)

****

a mesma; as forças de atrito forem iguais a zero

Observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 34 a 48.

QUADRO E



34 ■ Fig. a: No plano inclinado da esquerda, a esfera é abandonada com velocidade ______________ de uma altura inicial. Enquanto ela desce o plano, sua velocidade (aumenta; diminui), porque a força resultante sobre a esfera é (igual a; diferente de) zero.

****

zero; aumenta, diferente de

35 ■ Fig. a: Ao atingir o plano horizontal, a esfera possui uma velocidade (diferente de; igual a) zero. Logo, a variação de velocidade até atingir o plano horizontal é ($\Delta\vec{v} = 0$; $\Delta\vec{v} \neq 0$).

****

diferente de; $\Delta\vec{v} \neq 0$

36 ■ $\vec{\Delta}$v significa ______________ de velocidade, e é igual à velocidade final (menos; mais) a velocidade ______________.

****

variação; menos; inicial

37 ■ Fig. a: Até atingir o plano horizontal, a esfera movimenta-se em linha reta, porém sua velocidade (aumenta; diminui). Portanto, $\Delta\vec{v}$ é (maior que; menor que; igual a) zero.

****

aumenta; maior que

38 ■ Fig. a: Enquanto a esfera desce o plano inclinado da esquerda, uma força resultante atua efetivamente sobre ela a fim de ______________ sua velocidade. Durante o movimento da esfera no plano horizontal, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece a mesma) se considerarmos o atrito.

****

variar ou modificar; diminui

39 ■ Fig. a: No plano inclinado da direita, quando a esfera sobe, sua velocidade (diminui; aumenta). Portanto, $\Delta\vec{v}$ é (maior que; menor que; igual a) zero. No plano inclinado da direita, uma força resultante (igual a; diferente de) zero atua efetivamente sobre a esfera.

****

diminui; menor que; diferente de

40 ■ Fig. a: A esfera atinge uma posição final cuja altura é (a mesma; ligeiramente menor; ligeiramente maior) que a altura da posição inicial, se levarmos em conta o atrito entre a esfera e o ______________ e as ______________ do ar.

****

ligeiramente menor; plano; moléculas

41 ■ Fig. a: Se $f_{at} = 0$, a altura da posição inicial será ______________. (complete)

****

igual a altura da posição final

42 ■ Fig. a: Se $f_{at} = 0$, então, durante o movimento da esfera no plano horizontal, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece constante) e sua trajetória é retilínea. Isso porque, no plano horizontal, a ______________ sobre a esfera é igual a zero.

****

permanece constante; força resultante

43 ■ Fig. b: Nesta figura, a inclinação do plano da direita foi (aumentada; diminuída). Admitindo-se a inexistência de atrito, a altura da posição final é (igual à; diferente da) altura da posição inicial. Durante o movimento da esfera no plano horizontal, $\Delta\vec{v}$ é (igual a; maior que; menor que) zero.

****

diminuída; igual à; igual a

44 ■ Fig. c: A inclinação do plano da direita foi ______________________ mais ainda. Admitindo-se que $f_{at} = 0$, a esfera atinge uma posição final cuja altura ______________________ . No plano horizontal, $\Delta\vec{v}$ = ______ .

****

diminuída; é igual à da posição inicial; 0

45 ■ Figs. a, b e c: A esfera sempre atinge uma posição final cuja altura é (igual à; diferente da) altura da posição inicial. No plano inclinado da esquerda, a força resultante atua efetivamente no sentido de ______________ a velocidade, e, no plano inclinado da direita, a força resultante atua efetivamente no sentido de ____________ a velocidade. No plano horizontal, a força resultante é igual a ______________ e portanto a esfera tem trajetória ______________ e velocidade constante. Estamos admitindo que (existe; não existe) força de atrito.

****

igual à; aumentar; diminuir; zero; retilínea; não existe

46 ■ Fig. d: Nesta figura, ao plano da direita foi dada uma inclinação (zero; diferente de zero) relativamente ao plano horizontal. Admitindo-se a inexistência de atrito, as figs. a, b e c sugerem que a esfera, no plano da fig. d, (parará; continuará movimentando-se em linha reta e com velocidade constante).

****

zero; continuará movimentando-se em linha reta e com velocidade constante

47 ■ Fig. d: Enquanto a esfera movimenta-se no plano horizontal, admitindo-se a inexistência de atrito, a força resultante sobre a esfera é (igual a; diferente de) zero e ela (conservará; não conservará) seu estado de movimento, isto é, movimentar-se-á em linha reta e com a mesma ______________________ .

****

igual a; conservará; velocidade

48 ■ Fig. d: Admita a inexistência de atrito. Se o plano horizontal fosse infinitamente comprido, a esfera continuaria indefinidamente em linha ______________________ e com ________________ constante.

****

reta; velocidade

49 ■ Um objeto encontra-se com velocidade v e em linha reta. Se $\vec{F}_R = 0$ (a força resultante sobre o objeto), então ele (continuará; não continuará) com a mesma velocidade e em linha reta.

****

continuará

50 ■ Um objeto encontra-se em repouso sobre uma plataforma. Portanto, $\vec{F}_R$ = __________ . O objeto, então, (continuará; não continuará) em repouso.

****

0; continuará

51 ▪ Podemos generalizar nossas conclusões: Se $\vec{F}_R = 0$, então $\Delta\vec{v} =$ ______________, isto é: se a força resultante de todas as ______________ que atuam sobre o objeto for igual a ______________, ele continuará em repouso; se ele já estiver em movimento, continuará movimentando-se em ______________ e com velocidade ______________.

* * * * * * * * * * * *

0; forças; 0; linha reta; constante

52 ▪ As conclusões do item anterior constituem uma importante lei da Mecânica e é denominada 1ª Lei de Newton (Isaac Newton). Escreva tal lei:

____

____

____

____.

* * * * * * * * * * * *

Se a força resultante sobre um objeto for igual a zero, o objeto conservará seu estado de movimento. Em outras palavras, se a força resultante sobre um objeto for igual a zero, o objeto permanece em repouso (se já estiver) ou continua movimentando-se em linha reta e com velocidade constante (se já estiver animado de MRU).

53 ▪ Imagine que você empurra um objeto sobre um plano horizontal e sem atrito. Enquanto você exerce a força, a força resultante sobre o objeto é (igual a; diferente de) zero e o objeto (modifica; não modifica) seu estado de movimento. Depois que você deixar de exercer a força sobre o objeto, ele movimentar-se-á em ______________ com ______________ constante, porque a força resultante é ______________.

* * * * * * * * * * * *

diferente de; modifica; linha reta; velocidade; nula

54 ▪ A 1ª Lei de Newton descreve uma situação em que a força resultante sobre um objeto é ______________.

* * * * * * * * * * * *

zero

55 ▪ Se a força resultante sobre um objeto for nula, então o objeto não modifica seu estado de movimento. Simbolicamente, quando $\vec{F}_R =$ ______________ $\Delta\vec{v} =$ ______________.

* * * * * * * * * * * *

0; 0

56 ▪ Um objeto movimenta-se para o norte com velocidade igual a 20 m/s. Se a força efetiva sobre ele for nula, ele continuará ______________________________. (complete)

* * * * * * * * * * * *

a se movimentar para o norte, em linha reta e com velocidade igual a 20 m/s

57 ▪ Um automóvel acelera numa estrada retilínea, passando sua velocidade de 20 m/s para 30 m/s. Logo, $\Delta\vec{v}$ é (igual a; diferente de) zero.

* * * * * * * * * * * *

diferente de

58 ▪ A Lua movimenta-se em torno da Terra em órbita aproximadamente circular. De acordo com a 1ª Lei de Newton, a força resultante sobre a Lua é ______________.

* * * * * * * * * * * *

diferente de zero

59 ■ Se não existir modificação na velocidade e nem na direção na qual um objeto se movimenta, a _______________ sobre o objeto é _______________ , de acordo com a _______________ .

****

força resultante; zero; 1ª Lei de Newton

60 ■ Um objeto está em equilíbrio quando a soma vetorial ou a resultante de todas as forças que atuam sobre ele for (igual a; diferente de) zero.

****

igual a

61 ■ Uma esfera movimenta-se sobre um plano horizontal com velocidade constante e em linha reta. A esfera (está; não está) em repouso. A esfera (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.

****

não está; encontra-se

62 ■ Um carro encontra-se parado numa rua. Ele (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio, pois a soma das forças que atuam sobre ele é _______________ .

****

encontra-se; zero

63 ■ Reveja o Quadro C, fig. a: A esfera (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio e portanto a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre ela (é; não é) igual a zero.

****

encontra-se; é

64 ■ Um objeto movimenta-se em linha reta. Desde que ele sempre se desloca 5 metros em cada 1 s, podemos afirmar que o objeto (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.

****

encontra-se

65 ■ A condição de equilíbrio de um objeto é que a resultante das forças que atuam sobre ele seja _______________ .

****

igual a zero

66 ■ Um objeto em equilíbrio (tende; não tende) a se manter em equilíbrio.

****

tende

67 ■ O movimento retilíneo uniforme (caracteriza; não caracteriza) um estado de equilíbrio de um objeto.

****

caracteriza

68 ■ A 1ª Lei de Newton (descreve; não descreve) uma situação de equilíbrio.

****

descreve

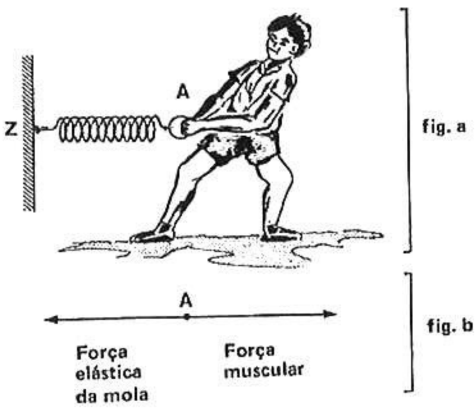
SEÇÃO 4 – TIPOS DE FORÇA:
– FORÇA ELÁSTICA RESTAURADORA
– PESO OU FORÇA GRAVITACIONAL
– EMPUXO
– FORÇAS MAGNÉTICAS E ELÉTRICAS

Os físicos acreditam que existem, basicamente, somente 3 tipos de forças: forças de origem **gravitacional** (atração entre as massas); forças de origem **eletromagnética** (devido às cargas elétricas em repouso e em movimento) e forças de origem **nuclear** (que aparecem nas interações do núcleo atômico).

Entretanto, agora iremos apresentar certos exemplos de forças dentro de uma divisão didática, deixando para mais adiante uma discussão enquadrada nos tipos acima mencionados.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 25.

QUADRO F



Um garoto puxa a argola presa à extremidade livre de uma mola. O garoto exerce então uma força sobre a mola e segura-a depois que a distendeu de um certo comprimento.

1 ■ **Fig. a:** Enquanto o garoto distende a mola, ele exerce uma ________________ sobre ela.

****

força

2 ■ **Fig. a:** O garoto exerce a força numa argola presa à extremidade livre da mola. Na figura, esta argola está representada pela letra ________________ .

****

A

3 ■ **Fig. a:** Depois que a mola foi distendida de um certo comprimento, o garoto a mantém nesta posição. Enquanto o garoto mantém a mola distendida, ele (exerce; não exerce) uma força e a argola (apresenta; não apresenta) modificação em seu estado de movimento.

****

exerce; não apresenta

4 ■ **Fig. a:** A argola A, nesta situação, (encontra-se; não se encontra) em equilíbrio.

****

encontra-se

5 ■ Fig. a: Como a argola A encontra-se em equilíbrio, a força exercida pelo garoto sobre a argola (é; não é) anulada por uma outra força de (mesma; diferente) intensidade, porém de ________________.

****

é; mesma; sentido oposto

6 ■ Fig. a: A força que anula aquela exercida pelo garoto sobre a argola é exercida pela ________________.

****

mola

7 ■ Enquanto a mola se encontra no seu comprimento normal ela (exerce; não exerce) força sobre a argola.

****

não exerce

8 ■ Se, ao invés de distender, comprimirmos a mola, ela (exerceria; não exerceria) uma força sobre a argola.

****

exerceria

9 ■ Quando a mola é distendida, a força exercida por ela é no sentido de (aumentar; restaurar) seu comprimento normal.

****

restaurar

10 ■ Quando a mola é comprimida, a força exercida por ela é no sentido de ________________.

****

restaurar seu comprimento normal

11 ■ A mola (apresenta; não apresenta) elasticidade e ela sempre irá produzir uma força quando for deformada.

****

apresenta

12 ■ A força exercida pela mola a fim de restaurar seu comprimento normal é denominada **força elástica restauradora** ou simplesmente **força elástica**. Essa é a ________________ responsável pela volta da mola ao comprimento original, quando cessada a ação sobre ela.

****

força

13 ■ Fig. b: Nesta figura está representado o esquema vetorial das forças que atuam sobre a argola. Ela está representada por um ponto marcado pela letra ________.

****

A

14 ■ Fig. b: Esta figura (representa; não representa) uma situação de equilíbrio. A força muscular exercida pelo ________________ sobre a argola tem a mesma intensidade da ________________ exercida pela mola.

****

representa; garoto; força elástica restauradora

15 ■ Corpo rígido é qualquer objeto sólido que não apresenta deformação quando submetido a uma força. Tal corpo na realidade não existe. "Corpo rígido" é uma simplificação que os físicos utilizam para designar objetos sólidos que apresentam (grande; pouquíssima) deformação quando submetidos a ação de uma força.

* * * * * * * * * * * *

pouquíssima

16 ■ Qualquer objeto, seja de madeira, aço, ferro, concreto, etc., apresenta ________________ quando submetido à ação de forças de intensidade conveniente. A deformação será maior ou menor, dependendo do material e, muitas vezes, do formato do objeto.

* * * * * * * * * * * *

deformação

17 ■ Você exerce uma força sobre a tábua da mesa. A tábua sofrerá uma pequena ________________. Como resultado da deformação, a tábua exercerá uma ________________ que tende a restaurar a forma original dela. A tábua exercerá tal força sobre sua mão, em sentido ________________ ao da força que sua mão exerceu.

* * * * * * * * * * * *

deformação; força restauradora; oposto

18 ■ As forças produzidas como resultado de deformação não-permanente ou mudança de forma não-definitiva de um objeto são denominadas ________________________________.

* * * * * * * * * * * *

forças elásticas restauradoras

19 ■ Todos os objetos sólidos, em geral, (resistem; não resistem) à mudança de forma. Através de uma força denominada ________________________, o sólido retorna a sua forma original, se a força deformadora não for suficientemente intensa para lhe produzir uma deformação permanente.

* * * * * * * * * * * *

resistem; força elástica restauradora

20 ■ Você exerce uma força sobre uma mola a fim de aumentar seu comprimento. Uma vez cessada a ação da força, a mola (volta; não volta) a sua forma original, se a força aplicada por você não for suficientemente intensa a fim de produzir uma deformação ________________.

* * * * * * * * * * * *

volta; permanente

21 ■ Toda vez que a força aplicada sobre um objeto sólido ultrapassar determinado ponto chamado **limite de elasticidade**, a deformação será permanente. Uma mola voltará a sua forma original se a força aplicada sobre ela não ultrapassar o ________________________________.

* * * * * * * * * * * *

limite de elasticidade

22 ■ Fig. a: Uma extremidade da mola encontra-se fixa. O ponto onde ela está fixa está marcado com a letra ______.

* * * * * * * * * * * *

Z

23 ■ Fig. a: Na argola A, o garoto exerce uma força de 20 unidades da esquerda para a direita. Logo, como a situação é de equilíbrio, a mola exerce, sobre a argola, uma força de ________________ no sentido ________________.

* * * * * * * * * * * *

20 unidades; oposto

24 ■ Fig. a: No ponto Z, a mola também exercerá uma força de _______________(da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

****

20 unidades; da esquerda para a direita

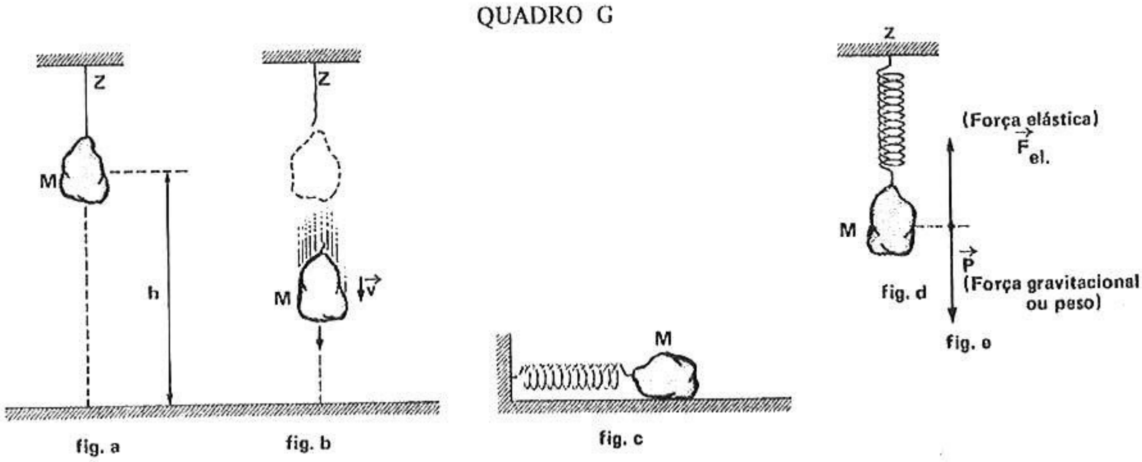
25 ■ Fig. a: Como a mola exerce, em Z, uma força da esquerda para a direita, o anteparo (sofre; tende a sofrer) uma _______________. Logo, em virtude da deformação, ele exercerá sobre a mola, em Z, uma força de (mesma; diferente) intensidade (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

****

sofre; deformação; mesma; da direita para a esquerda

Observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 26 a 46.

QUADRO G



26 ■ Fig. a: A pedra M encontra-se suspensa por um fio; nesta situação ela (se encontra; não se encontra) em equilíbrio.

****

se encontra

27 ■ Fig. b: O fio é rompido e a pedra cai em queda livre de uma altura _______________ do solo. Enquanto ela cai, seu movimento (é; não é) acelerado e portanto, sua velocidade (aumenta; diminui; permanece constante) à medida que ela se aproxima do solo.

****

h; é; aumenta

28 ■ Fig. b: Durante a queda, a pedra (apresentará; não apresentará) variação em sua velocidade, apesar de cair em linha reta. Portanto, ($\Delta v = 0$; $\Delta v \neq 0$).

****

apresentará; $\Delta v \neq 0$

29 ■ Fig. b: Durante a queda, $\Delta v \neq 0$, portanto F_R é ($=$; $\neq$) zero. Simbolicamente, F_R _______________.

****

$\neq$; $\neq 0$

30 ▪ Fig. c: A pedra M é agora presa à extremidade livre de uma mola que se encontra apoiada num plano (vertical; horizontal). Observamos que a mola (sofre; não sofre) deformação.

* * * * * * * * * * * *

horizontal; não sofre

31 ▪ Fig. c: A pedra M (possui; não possui) a propriedade de exercer força sobre a mola.

* * * * * * * * * * * *

não possui

32 ▪ Fig. d: O conjunto, pedra e mola, é agora colocado numa posição (horizontal; vertical) e uma das extremidades da mola é presa num suporte, num ponto marcado com a letra ______________.

* * * * * * * * * * * *

vertical; Z

33 ▪ Fig. d: Nesta situação, a mola sofre uma ____________________. Desde que a mola sofre uma deformação, ela deve exercer uma força ______________________________ sobre a pedra, para (baixo; cima).

* * * * * * * * * * * *

deformação; elástica restauradora; cima

34 ▪ Fig. d: A pedra, por si só, (é; não é) capaz de exercer força, conforme foi observado na fig. c do Quadro G.

* * * * * * * * * * * *

não é

35 ▪ Fig. d: A força que puxa a pedra para baixo, ou melhor, em direção ao centro da Terra, é denominada **força gravitacional** ou **força da gravidade terrestre**. A força da gravidade é uma força que atua a (distância, sem necessidade de um meio material entre a Terra e a pedra; distância, mas necessita de um meio material).

* * * * * * * * * * * *

distância, sem necessidade de um meio material entre a Terra e a pedra

36 ▪ Fig. d: Se a experiência fosse dentro de um tubo de onde se retirasse todo o ar, a pedra (seria; não seria) atraída para o centro da Terra, porque a força gravitacional (necessita; não necessita) de um meio material para atuar.

* * * * * * * * * * * *

seria; não necessita

37 ▪ A força gravitacional sobre um objeto é a força de (atração; repulsão) que a Terra exerce sobre o objeto, e tem sempre direção (horizontal; vertical) e sentido para o centro da Terra.

* * * * * * * * * * * *

atração; vertical

38 ▪ Comumente, a medida da força gravitacional sobre um objeto é denominada peso do objeto. Peso de um objeto (é; não é) uma força.

* * * * * * * * * * * *

é

39 ▪ Todos os objetos têm peso. Isto significa que todos os objetos (são; não são) atraídos pela Terra por uma força denominada ______________________________.

* * * * * * * * * * * *

são; força gravitacional terrestre

40 ■ Fig. d: Nesta situação, a pedra M encontra-se em equilíbrio, isto é, a força resultante sobre M é (igual a; diferente de) zero. Portanto, a força restauradora, exercida pela mola sobre a pedra M, possui intensidade (igual ao; diferente do) peso da pedra M, porém sentido ______________________.

****

igual a; igual ao; oposto

41 ■ Fig. e: Nesta figura, a intensidade de P é (maior que; igual a; menor que) a intensidade da força elástica.

****

igual a

42 ■ Fig. e: O ponto M representa a pedra M; $\vec{P}$ representa o ________________ ou a força ________________ sobre a pedra; $\vec{F}_{elast.}$ representa a ____.

****

peso; gravitacional; força elástica restauradora da mola.

43 ■ Suponha um livro sobre a tábua da mesa. O livro possui um peso porque ele é atraído pela ________________ para seu centro. Em virtude de seu peso, o livro "empurra" a mesa para (baixo; cima) e deforma-a. Devido à deformação, a mesa exerce uma ________________ para (cima; baixo), sobre o livro, de (mesma; diferente) intensidade que o peso do livro. Portanto, o livro fica em ________________.

****

Terra; baixo; força; cima; mesma; equilíbrio

44 ■ Um objeto simplesmente apoiado num plano horizontal tem seu peso anulado por ____________________ ____________________. (complete)

****

uma força do plano sobre o objeto

45 ■ Fig. b: A pedra, durante a queda, apresenta variação em sua velocidade porque seu ________________ ou sua força gravitacional é (maior; menor) que a força de atrito entre a pedra e as moléculas do ar.

****

peso; maior

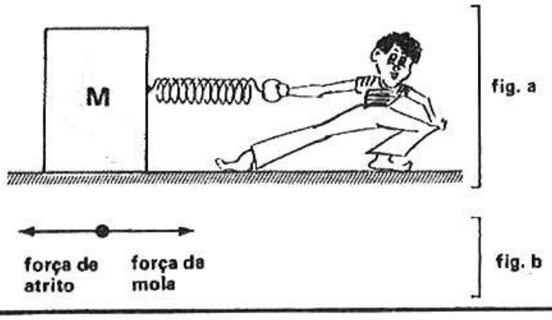
46 ■ Fig. b: A força de atrito entre as moléculas do ar e a pedra é dirigida para (baixo; cima) e, como ela é de valor (maior; menor) que o peso da pedra, a força resultante será de intensidade (menor que; maior que; igual a) zero e dirigida para baixo.

****

cima; menor; maior que

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 47 a 56.

QUADRO H



Através de uma mola, uma pedra M é arrastada por um garoto, num plano horizontal, com velocidade constante e em linha reta.

47 ■ Fig. a: Enquanto o garoto puxa a pedra M, a mola permanece distendida, portanto, a mola exerce ___________ sobre a pedra.

****

força

48 ■ Fig. a: Como a pedra movimenta-se com velocidade constante e em linha reta, seu estado de movimento permanece inalterado, o que caracteriza o equilíbrio do objeto. A força resultante sobre o objeto é (igual a; diferente de) zero.

****

igual a

49 ■ Fig. a: Como a _______________ sobre o objeto é igual a zero, a força elástica exercida pela mola sobre a pedra (é; não é) anulada pela força da gravidade ou pelo _______________ da pedra, porque o peso é sempre (horizontal; vertical).

****

força resultante; não é; peso; vertical

50 ■ Fig. a: A força que anula a força elástica da mola sobre a pedra é (horizontal; vertical).

****

horizontal

51 ■ Fig. a: A força horizontal que anula a força elástica da mola é denominada força de _______________ e ela sempre aparece quando um objeto está se movendo em contato com outro.

****

atrito

52 ■ A força de atrito atua sempre (no sentido do movimento; contra o sentido do movimento).

****

contra o sentido do movimento

53 ■ A força de atrito é uma força que tende a impedir o movimento de um corpo. (sim; não)

****

sim

54 ■ Lançamos uma pedra verticalmente para cima. (Existe; Não existe) contato entre a pedra e as moléculas do ar.

****

Existe

55 ■ A força de atrito entre a pedra e as moléculas do ar, enquanto ela sobe, no caso do item anterior, é (para cima; para baixo), porque ____.

****

para baixo; ela atua sempre no sentido oposto ao do movimento

56 ■ Fig. b: Nesta figura, o ponto M representa a _______________ e, como ela se encontra em equilíbrio, o vetor que representa a força elástica da mola sobre a pedra (deve; não deve) ser de mesmo comprimento que o vetor que representa _______________________________________. (complete)

****

pedra; deve; a força de atrito entre a pedra e a superfície

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 57 a 66.

QUADRO I

Um bloco de isopor, material leve, está preso a uma extremidade de uma mola. A outra extremidade da mola encontra-se fixa em um suporte no fundo de um recipiente. O conjunto fica imerso dentro do líquido que o recipiente contém.
Observa-se que a mola é distendida.

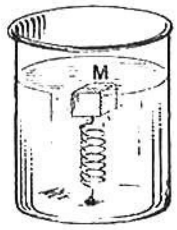


fig. a

fig. c

A figura ao lado mostra as forças de origem hidrostática que agem sobre a superfície do bloco da figura a.

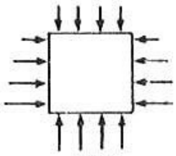


fig. b

57 ■ Fig. a: Um bloco de isopor é imerso dentro de um líquido preso à extremidade de uma mola. O isopor, como é menos denso que o líquido, tende a subir. O bloco é equilibrado pela força adicional da _______________, exercida de (baixo para cima; cima para baixo).

* * * * * * * * * * * *

mola; cima para baixo

58 ■ Fig. a: Como a mola se distende, isto significa que o líquido (exerce; não exerce) força sobre o bloco, de (cima para baixo; baixo para cima).

* * * * * * * * * * * *

exerce; baixo para cima

59 ■ Fig. b: A força que o líquido exerce sobre o corpo é denominada empuxo. Esta força é a resultante das forças que agem sobre toda a superfície do corpo. Na fig. b evidenciamos que a força hidrostática na superfície inferior é (maior; menor) que a força na superfície superior.

* * * * * * * * * * * *

maior

60 ■ Fig. a: As forças exercidas pelo líquido nas superfícies laterais são equilibradas, pois em cada superfície lateral as forças (são; não são) iguais em módulo e opostas em sentido.

* * * * * * * * * * * *

são

61 ■ O bloco de isopor (possui; não possui) peso.

****

possui

62 ■ O peso do bloco de isopor atua de (baixo para cima; cima para baixo).

****

cima para baixo

63 ■ A força elástica da mola atua de (cima para baixo; baixo para cima).

****

cima para baixo

64 ■ O empuxo atua ______________________

****

de baixo para cima

65 ■ Como o bloco está em equilíbrio (fig. a), o empuxo é anulado pela força da mola e pelo ____________

****

peso do bloco

66 ■ Fig. c: Nesta figura, M representa o ____________ e o empuxo é anulado ____________
____

****

bloco; pelo peso do bloco e pela força da mola sobre o bloco

67 ■ O empuxo é também exercido pelos gases contra a superfície dos objetos. Um balão de borracha, cheio de gás mais leve que o ar, sobe porque ______________________

****

o empuxo do ar é maior que o peso do balão cheio de gás

68 ■ Quando você mergulha numa piscina, você se sente (mais leve; mais pesado) devido ao ____________ que a água exerce sobre seu corpo.

****

mais leve; empuxo

69 ■ Quando um ímã é aproximado de um pedaço de ferro, o ímã (atrai; não atrai) o ferro. A força que o ímã exerce sobre o ferro é denominada **força magnética.**

****

atrai

70 ■ A força magnética, assim como a força gravitacional, (necessita; não necessita) de contato material para sua ação.

****

não necessita

71 ■ Quando você atrita seu pente em seus cabelos (secos), ele adquire a propriedade de atrair pequenos pedaços de papel, cortiça, pó de giz, etc. Após ser atritado, o pente (exerce; não exerce) força sobre objetos. Esta força é denominada força **eletrostática.**

****

exerce

72 ■ Com o atrito, o pente fica carregado, isto é, adquire cargas elétricas. Daí o nome de força ________________.

****

eletrostática

73 ■ A força eletrostática, assim como a gravitacional e a magnética, (necessitam; não necessitam) de um meio material para sua ação.

****

não necessitam

74 ■ Se você aproximar o pólo norte de um ímã a outro pólo norte de outro ímã, ocorrerá uma (atração; repulsão).

****

repulsão

75 ■ Se você aproximar o pólo norte de um ímã ao pólo sul de outro ímã, ocorrerá uma ________________.

****

atração

76 ■ A força magnética pode ser de repulsão ou de ________________, ao passo que a gravitacional é sempre de ________________.

****

atração; atração

77 ■ Se você atritar o pente nos cabelos e pendurá-lo por um fio, ao aproximar deste um outro pente atritado com cabelo, observará uma repulsão. Se você colocar um tubo de vidro atritado com seda nas proximidades do pente suspenso, observará uma atração. A experiência mostra que a força eletrostática pode ser de ________________ ou de ________________.

****

atração; repulsão

78 ■ A força de natureza elétrica pode ser tanto de ________________ como de repulsão, ao passo que a gravitacional é de ________________.

****

atração; atração

SEÇÃO 5 — MEDIDA DE FORÇA

$F = k \cdot \Delta x$

UNIDADE DE FORÇA

CAMPO GRAVITACIONAL: g = peso/massa

A Física é denominada, também, a ciência das medidas. Lord Kelvin (1824-1907) já afirmava: "Sempre digo que, quando você pode medir aquilo acerca do qual está falando, e expressá-lo em números, você conhecerá algo a seu respeito, mas, se você não puder expressá-lo em números, seu conhecimento é débil e insatisfatório".

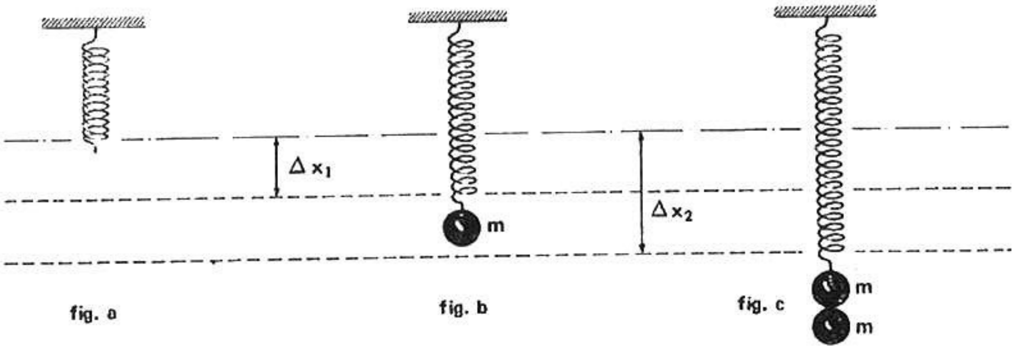
Nada do que foi dito acerca de força trará uma real compreensão da mecânica dos movimentos dos objetos se não for possível tratar as forças de uma maneira quantitativa e ao mesmo tempo desenvolver um método de medir forças.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 15.

QUADRO J

As figs. a, b e c representam uma experiência realizada num mesmo local e com uma mesma mola. Cada massa pendurada na extremidade livre da mola tem massa de 1,0 kg.

As situações ilustradas nas figs. b e c correspondem a situações de equilíbrio. As molas sofrem deformações respectivas de Δx_1 e Δx_2. Observamos que Δx_2 é duas vezes maior que Δx_1.



1 ■ Fig. b: Um objeto de massa 1,0 kg foi pendurado na extremidade da mola. A mola apresenta uma ____________.

* * * * * * * * * * * *

deformação

2 ■ Fig. b: A mola se deforma de um comprimento ____________ em virtude do ____________ do objeto.

* * * * * * * * * * * *

Δx_1; peso

3 ■ Fig. b: O peso do objeto é a força de atração da Terra sobre o objeto e é denominada ____________.

* * * * * * * * * * * *

força gravitacional

4 ■ Fig. b: A mola é deformada pelo peso do objeto. Em virtude dessa deformação, a mola ____________ sobre o objeto, verticalmente (para cima; para baixo).

* * * * * * * * * * * *

exercerá uma força elástica; para cima

5 ■ Fig. b: Esta figura mostra uma situação de equilíbrio, porque a ____________ de todas as ____________ sobre o objeto é nula.

* * * * * * * * * * * *

resultante; forças

6 ■ Fig. b: Desprezando-se a ação das moléculas do ar, as únicas forças sobre o objeto são a ____________ da mola e o ____________ do objeto.

* * * * * * * * * * * *

força elástica; peso

7 ▪ Fig. b: A força exercida pela mola ($\vec{F}_{e1}$), em intensidade, é (igual a; maior que; menor que) o peso ($\vec{P}$) do objeto. Simbolicamente, $\vec{F}_{e1}$ = _____________.

****

igual a; $\vec{P}$

8 ▪ Fig. c: A mola suporta agora um peso correspondente a uma massa de _____________

****

2,0 kg

9 ▪ Fig. c: A deformação da mola é agora ____________________

****

Δx_2

10 ▪ Fig. c: O peso correspondente a uma massa de 2,0 kg é duas vezes maior que aquele correspondente à massa de 1,0 kg. Logo, a força exercida pela mola é agora __________________ que aquela exercida nas condições da fig. b.

****

duas vezes maior

11 ▪ Fig. c: A deformação Δx_2 é __________________ vezes maior que a deformação Δx_1, devido ao peso da massa de 1,0 kg.

****

duas

12 ▪ Fig. c: Quando a mola sofre uma deformação duas vezes maior, ela exerce ____________________________

****

uma força duas vezes maior

13 ▪ Realizando-se diversas experiências, com a utilização de diferentes massas, verifica-se que a força exercida pela mola é proporcional a sua __________________

****

deformação

14 ▪ A proporcionalidade entre a força $\vec{F}$ exercida pela mola e sua deformação Δx é válida desde que o limite da elasticidade da mola (seja; não seja) excedido.

****

não seja

15 ▪ Como a força $\vec{F}$ exercida pela mola é proporcional à deformação Δx, podemos escrever esta relação da seguinte forma:

$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$$

onde k é denominada "constante da mola" e depende de cada mola. Uma mola "rígida", como as utilizadas nos amortecedores de carros e caminhões, apresenta uma constante grande; então, nestes casos, uma deformação pequena corresponde a uma força (pequena; grande) em intensidade.

****

grande

16 ■ Estamos em condições, portanto, de construir um instrumento para medirmos a __________________ utilizando uma mola calibrada. Para tal, devemos medir a ________________ correspondente a cada força.

* * * * * * * * * * * *

intensidade de uma força; deformação

17 ■ Uma mola sob a ação de uma força F_1 sofre uma deformação de 0,01 m. Uma força $|\vec{F}_2| = 2\,|\vec{F}_1|$ produzirá uma deformação igual a ______________ m.

* * * * * * * * * * * *

0,02

18 ■ No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de força é 1 newton. O peso de uma massa de 1,0 kg corresponde a uma força de intensidade 9,80 newtons, quando ao nível do mar e à latitude de 45°. Para calibrarmos uma mola, a fim de a utilizarmos como um instrumento para medir intensidade de força, basta pendurar uma massa de 1,0 kg e associar à deformação produzida na mola o valor __________________ .

* * * * * * * * * * * *

9,80 newtons

19 ■ A calibração deve ser realizada ao nível do mar e à __________________________.

* * * * * * * * * * * *

latitude 45°

20 ■ A força de atração da Terra sobre uma massa de 1,0 kg, ao nível do _________________ e à latitude de 45°, é de _______________ . O peso de 1,0 kg de água, nas mesmas condições, é de aproximadamente __________ newtons.

* * * * * * * * * * * *

mar; 9,80 newtons; 9,80

21 ■ Durante a calibração, ao pendurarmos uma massa de 1,0 kg na extremidade de uma mola, mediu-se uma deformação de 0,20 m, ou seja, ________ cm. Quando a deformação for igual a 0,10 m, a força terá intensidade igual a _____________________________ .

* * * * * * * * * * * *

20 cm; 4,90 newtons

22 ■ Na mola mencionada no item 21, se $\Delta x = 0{,}05$ m, $|\vec{F}| =$ __________________.

* * * * * * * * * * * *

2,45 newtons ou 2,45 N (símbolo de newton)

23 ■ No item 15, foi desenvolvida uma relação entre a força $\vec{F}$ exercida pela mola e sua deformação. Tal relação é $|\vec{F}| =$ ________________, onde __________________ representa a constante da mola. Determine a constante da mola mencionada no item 21.

$$k = \frac{|\vec{F}|}{\_\_\_\_} = \frac{\_\_\_\_}{0{,}20\ \text{m}} = \_\_\_\_\_\_$$

* * * * * * * * * * * *

$k \cdot \Delta x$; k; Δx; 9,80 N; 49,0 N/m

24 ■ Uma mola é calibrada em newtons e sua constante vale 50,0 N/m. Quando a deformação for igual a 2,00 cm, a força será igual a __________________ (transforme cm em m).

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x = 50\ \text{N/m} \cdot 0{,}02\ \text{m} = 50 \cdot 0{,}02\ (\text{N}/\cancel{\text{m}}) \cdot (\cancel{\text{m}}) = 1{,}0\ \text{N}$

25 ■ Quando uma mola sofre a ação de uma força de 10,0 N e sua deformação é de 0,05 m, a sua constante elástica k = ______________ .

****

$k = |\vec{F}|/\Delta x = 10\ N/0{,}05\ m = 200\ N/m$

26 ■ Uma mola tem 6,0 cm de comprimento. Quando ela é suspensa verticalmente e uma massa que pesa 1,96 N é presa à extremidade livre, seu comprimento aumenta para 7,5 cm. A constante elástica desta mola vale: k = ______________ .

****

$\Delta x = 7{,}5\ cm - 6{,}0\ cm = 1{,}5\ cm = 1{,}5 \times 10^{-2}\ m$

$k = |\vec{F}|/\Delta x = 1{,}96\ N/1{,}5 \times 10^{-2}\ m \cong 1{,}3 \times 10^{2}\ N/m$

27 ■ Em relação ao problema anterior. Qual seria a força exercida pela mola quando seu comprimento for igual a 8,7 cm? (Lembre-se que já determinamos a constante elástica da mola k).

****

$\Delta x = 8{,}7\ cm - 6{,}0\ cm = 2{,}7\ cm = 2{,}7 \times 10^{-2}\ m$

$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x = 1{,}3 \times 10^{2}\ (N/m) \cdot 2{,}7 \times 10^{-2}\ m = 3{,}5\ N$

28 ■ Item 27. Se a força de 3,5 N fosse exercida pelo peso de um objeto de massa m, qual seria o valor de m, sabendo-se que 1 kg pesa 9,80 N?

****

Aplica-se regra de três:

Se 1 kg pesa 9,80 N, m kg pesará 3,5 N: $\frac{1\ kg}{m} = \frac{9{,}80\ N}{3{,}5\ N}$

∴ m será de aproximadamente 0,36 kg

29 ■ Utilizaremos agora o nosso instrumento de medir intensidade de força para analisar a força gravitacional. Ao nível do mar e à latitude 45°, uma massa de 1,0 kg acusará, numa mola calibrada, um peso de 9,80 N. Neste local, a força gravitacional da Terra sobre a massa de 1,0 kg tem intensidade ______________ .

****

9,80 N

30 ■ Neste mesmo local, quando uma massa de 2,0 kg é pendurada na mola, esta acusará uma força de ______________ newtons. Então, a força gravitacional da ______________ sobre a massa de 2,0 kg terá intensidade igual a ______________ . O peso da massa de 2,0 kg é de ______________ .

****

19,6; Terra; 19,6 N; 19,6 N

31 ■ Da mesma forma, no mesmo local, isto é, ao nível ______________ e à ______________ , uma massa de 3,0 kg pesará ______________ .

****

do mar; latitude 45°; 29,4 N

32 ■ Com a mola calibrada em newtons, vamos investigar a força gravitacional sobre objetos de diversas massas em um local qualquer. Observou-se que para uma massa de 1,0 kg, pendurada na extremidade da mola, esta acusou uma força de 9,5 N. Uma massa de 2,0 kg correspondeu a um peso de ______________ . E, quando a mola acusou uma força de 28,5 N, a massa pendurada foi de ______________ .

****

19,0 N; 3,0 kg

33 ■ A experiência indica que o peso de um objeto em Porto Alegre ao nível do mar não é o mesmo que o peso do mesmo objeto em Belém do Pará. Assim, o peso de um objeto (varia; não varia) com o local, apesar de sua massa (variar; permanecer constante).

****

varia; permanecer constante

34 ■ Demonstra-se e pode-se verificar experimentalmente que o peso de um objeto diminui a medida que se afasta do solo. O peso de um quilograma a 300 km de altura será (maior; menor) que 9,80 N.

****

menor

35 ■ Um astronauta tem massa de 70 kg e seu peso é cerca de 686 newtons, ao nível do mar e à 45° de latitude. Quando à altura de 150 km da superfície da Terra, a força de atração da Terra sobre o astronauta será (maior; menor) que 686 N e sua massa será (maior que; igual a; menor que) 70 kg. Explique.

****

menor; igual a (A massa é constante, não dependendo do local onde se encontra. O peso ou a força de atração gravitacional varia com o local e com a distância do corpo à Terra. Quanto maior a distância, menor a força.)

36 ■ A experiência mostra que, numa mesma localidade, o peso ou a força gravitacional da Terra sobre objetos é (diretamente; inversamente) proporcional à massa dos objetos.

****

diretamente

37 ■ Se, num determinado local, como nesta sala, o peso de 1,0 kg for igual a 9,70 newtons, o peso de 2,0 kg será igual a ____________________ e o peso de um objeto de massa m será ____________________.

****

19,4 N; m · 9,70 N

38 ■ O peso de um kg de açúcar é de 9,80 N. O peso de m quilogramas de açúcar será igual a ____________________.

****

9,80 · m N

39 ■ Uma experiência realizada na Lua mostrou que uma massa de 1,0 kg pesava, lá, apenas 1,67 N, ao invés de 9,80 N. Isto porque a força de atração gravitacional da Lua é (menor; maior) que a ____________________ da Terra sobre os objetos.

****

menor; força gravitacional

40 ■ Da mesma forma, na Lua, uma massa de 2,0 kg terá um peso igual a ____________________ e uma massa de m quilogramas terá um peso igual a ____________________.

****

3,34 N; 1,67 · m N

41 ■ A força gravitacional sobre um objeto (depende; não depende) da posição do objeto no espaço.

****

depende

42 ▪ Para uma mesma localidade e mesma altura do solo, o peso de um objeto é ______________________ à massa do objeto. Portanto, podemos escrever, matematicamente, peso ou força gravitacional = (constante) X X(massa) ou, simbolicamente, $|\vec{P}| = g \cdot m$ ou $|\vec{F}_{grav}| = g \cdot m$, onde g é uma (constante; variável) para uma determinada localidade do espaço.

****

diretamente proporcional; constante

43 ▪ A constante g é denominada Campo Gravitacional e seu valor (depende; não depende) do local considerado. Podemos determinar seu valor, uma vez conhecido o peso P de uma massa m pela equação: g = ______________ .

****

depende; $\dfrac{|\vec{P}|}{m}$

44 ▪ $g = \dfrac{|\vec{P}|}{m} = \dfrac{\qquad}{m}$. Num determinado local, o peso ou a força gravitacional sobre um objeto de massa 2,0 kg é de 19,6 N. Calcule o campo gravitacional nesta localidade. ______________________________

****

$|\vec{F}_{grav}|$; g = 19,6 N/2,0 kg = 9,80 N/kg

45 ▪ g = P/m. A unidade de medida de peso é ______________ e a unidade de medida de massa é kg. Portanto, a unidade de medida de campo gravitacional é ______________ .

****

N; N/quilograma ou N/kg

46 ▪ $P = m \cdot g$. Calcule o peso de 10,0 kg na superfície da Lua, onde o campo gravitacional tem intensidade 1,67 N/kg.

______________________________________ .

****

$|\vec{P}|$=10 kg · 1,67 N/kg = 16,7 N

47 ▪ O campo gravitacional g depende do local considerado. Quanto maior a altura, relativamente à superfície da Terra, (maior; menor) será sua intensidade.

****

menor

48 ▪ g_0 = 9,80 N/kg. Usaremos o índice zero (g_0) para representar o campo gravitacional na superfície da Terra. Calcule o peso de uma pessoa de 60,0 kg de massa na superfície da Terra: **P** = __________

****

$|\vec{P}|$ = 60,0 kg · 9,8 N/kg = 588,0 N

49 ▪ Calcule a massa de um objeto cujo peso na superfície da Terra é de 858 newtons.

****

$$m = \frac{|\vec{P}|}{g_0} = \frac{858\ N}{9{,}8\ N/kg} \cong 87\ kg$$

50 ▪ Qualquer objeto localizado ao redor da Terra (é; não é) atraído para o centro do planeta. Ao redor da Terra, (existe; não existe) campo gravitacional.

****

é; existe

51 ■ Qualquer outro planeta também é envolvido por um campo gravitacional. Qualquer objeto nas proximidades da Lua (é; não é) atraído por ela. A Lua (está; não está) envolvida por um campo gravitacional.

* * * * * * * * * * * *

é; está

52 ■ Um astronauta desce num planeta. Sua massa é de 75 kg e ele verifica que, nesse planeta, seu peso é de 300 N. (a) Calcule, a partir das informações dadas, o campo gravitacional na superfície do planeta. (b) Se seu capacete pesa, nesse planeta, 12,0 N, qual será seu peso aqui na Terra.

* * * * * * * * * * * *

a) $g = 4{,}00$ N/kg; b) $P = 29{,}4$ N

53 ■ Uma pessoa pesa, aqui na superfície da Terra, 490 N.

a) Calcule sua massa: ______________.

b) Calcule seu peso na Lua, onde $g_0 = 1{,}67$ N/kg: ______________.

c) Qual seria sua massa na Lua?____________Explique: ______________________________.

* * * * * * * * * * * *

a) 50,0 kg; b) 83,5 N; c) 50,0 kg; A massa é constante, portanto não depende do local considerado.

54 ■ Aproximadamente, quantas vezes o campo gravitacional na superfície da Terra é mais intenso que o campo gravitacional na superfície da Lua? ______________

* * * * * * * * * * * *

6

55 ■ Uma força de intensidade igual a 20 N deforma uma mola de 0,01 m. Qual será a intensidade da força quando a deformação da mesma mola for igual a 0,05 m? ______________

* * * * * * * * * * * *

100 N

56 ■ A constante de uma mola tem valor $2{,}5 \times 10^3$ N/m. Qual a intensidade da força exercida sobre a mola quando ela for deformada de 10 cm? ______________

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$ $\quad k = 2{,}5 \cdot 10^3$ N/m e $\Delta x = 10 \cdot 10^{-2}$ m

$|\vec{F}| = 250$ N

PROBLEMAS A RESOLVER

1 ■ Num local onde o campo gravitacional possui módulo 9,6 N/kg, qual seria o peso de um corpo cuja massa é de 10 kg?

2 ■ Calcule a massa de um objeto cujo peso num campo gravitacional de módulo 9,0 N/kg fosse 81 newtons?

3 ■ Supondo que o campo gravitacional na superfície da Terra fosse $|g_0| = 10{,}0$ N/kg, qual seria o peso de um objeto de 2,56 g?

4 ■ Num determinado planeta, uma massa de $4{,}5 \times 10^3$ g pesa 90 N. Calcule o módulo do campo gravitacional no local onde se encontra a massa em tal planeta.

5 ■ Quando uma força de intensidade 100 N atua sobre uma determinada mola, verificamos que ela se distende de 2 cm. Calcule a constante de tal mola.

6 ■ Uma mola cuja constante elástica vale $4{,}0 \times 10^3$ N/m apresenta uma deformação $\Delta x = 2{,}0$ cm. Calcule a intensidade da força deformadora.

7 ■ Uma massa de 10,0 kg é pendurada na extremidade de uma mola cujo comprimento é 20 cm e observa-se que seu comprimento final atinge um valor igual a 22 cm. Supondo que $|g_0| = 10{,}0$ N/kg, calcule a constante da mola.

8 ■ Uma mola possui $k = 1{,}0 \times 10^3$ N/m. Uma massa de 10 kg é pendurada na extremidade da mola e verifica-se que ela apresenta uma deformação $\Delta x = 10$ cm. Calcule o módulo do campo gravitacional no local onde foi realizada a experiência.

****

RESPOSTAS

1 ■ 96 N	3 ■ $2{,}56 \times 10^{-2}$ N	5 ■ 5×10^3 N/m	7 ■ $k = 5{,}0 \times 10^3$ N/m
2 ■ 9,0 kg	4 ■ $g = 20$ N/kg	6 ■ $|\vec{F}| = 8{,}0 \times 10$ N	8 ■ $g = 10$ N/kg

EXPERIÊNCIA 1.

OBJETIVOS: a) Determinar a constante de uma mola
b) Calibrar a mola para medir forças em newtons.

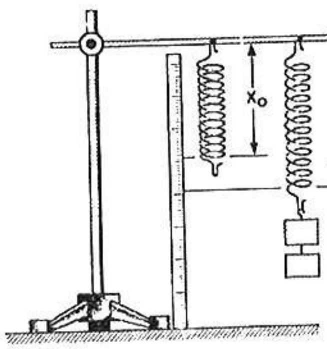
CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS: A deformação sofrida por uma mola sob a ação de uma força é diretamente proporcional à intensidade da força deformadora, desde que não se ultrapasse o limite elástico da mola. Esta lei é conhecida como **Lei de Hooke** e sua formulação matemática é:

$$|\vec{F}| = k \cdot \Delta x$$

onde **k** é a constante da mola (cada mola possui **k** diferente) e Δx é a deformação.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de pesos aferidos, como força deformadora, e molas.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL: a) Monte o esquema experimental mostrado na figura ao lado.
b) Meça o comprimento inicial da mola x_0
c) Pendure massas aferidas de 50 g cada uma. O peso de cada massa é então:
$P = m \cdot g = 50 \cdot 10^{-3}$ kg $\cdot$ 9,8 N/kg $= 4{,}9 \cdot 10^{-1}$ N
d) Meça o comprimento final quando a mola suportar pesos correspondentes às massas de 50, 100, 150, 200, 250 g. Chame-os de x_1, x_2, etc.
e) Construa uma tabela de dados, conforme exemplo abaixo.



$\lvert\vec{F}\rvert$ = P(N)	x_0(m)	x(m)	Δx(m)
$4{,}9 \cdot 10^{-1}$	$20 \cdot 10^{-2}$	$22 \cdot 10^{-2}$	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$

f) Construa um gráfico, colocando **F** nas ordenadas e **x** nas abscissas.
g) Determine a declividade da reta.

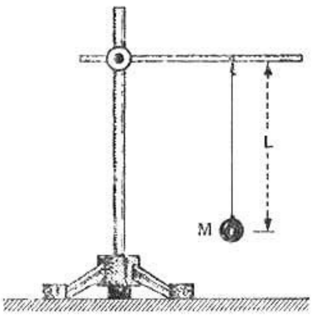
QUESTÕES: a) Qual é o valor da constante da mola?
b) Qual será a força aplicada à mola quando a deformação for $\Delta x = 8$ cm?
c) Se você pendurar uma massa desconhecida e verificar que a deformação for igual a 15 cm, qual é o peso da massa?
d) Qual é o valor da massa?
A lei é válida para qualquer deformação Δx? Explique.

RELATÓRIO: Você deverá apresentar um relatório desenvolvendo: a) objetivo da experiência; b) parte teórica e experimental e c) respostas às questões. O gráfico deverá acompanhar o relatório.

EXPERIÊNCIA 2.

OBJETIVO: Determinar o módulo do campo gravitacional $|\vec{g}_0|$ ou da aceleração da gravidade $|\vec{g}_0|$.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS:



A duração do intervalo de tempo que uma massa pendular M gasta para realizar um vaivém completo e denominado **período**, que simbolizaremos com a letra T. O período T depende do comprimento L do fio que prende a massa M e da aceleração ou campo gravitacional no local onde é realizada a experiência. A relação entre tais variáveis é dada pela expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{|\vec{g}_0|}}$$

Se medirmos o período em **segundos** e o comprimento em **metros**, $|\vec{g}_0|$ será dado em N/kg ou m/s^2.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de um pêndulo simples.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL:

a) Monte um pêndulo simples, conforme mostra a figura acima.

b) Faça o pêndulo oscilar com **pequena amplitude**.

c) Meça com um cronômetro o tempo de 10 oscilações (10 vaivéns completos), para 5 diferentes comprimentos L, começando com $L = 60 \cdot 10^{-2}$ m e variando L de 10 em 10 cm.

Observação: Na falta de um cronômetro, você poderá utilizar um relógio, porém, para diminuir o erro, deverá contar o tempo de 50 oscilações.

d) O comprimento L deve ser medido do centro da massa M até o ponto de suspensão do fio.

e) Construa uma tabela de dados que contenha: tempo de 10 oscilações, o período T, o comprimento L, os respectivos valores de g_0 e finalmente uma coluna onde você colocará o valor médio de g_0 (média aritmética).

Exemplo:

Tempo de 10 oscilações	T(s)	L(m)	$\lvert\vec{g}_0\rvert$(m/s^2)	valor médio de g_0
16 s	1,6 s	$70 \cdot 10^{-2}$ m		

QUESTÕES:

a) Qual é o peso de um objeto de massa 5,0 kg no local onde foi realizada a experiência?

b) Qual é o peso de seu colega de turma neste local?

c) Qual seria o período de um pêndulo cujo comprimento fosse de 2,0 metros?

d) Mostre que m/s^2 = N/kg.

RELATÓRIO: Como no caso anterior, você deverá apresentar um relatório do trabalho desenvolvido.

EXPERIÊNCIA 3.

OBJETIVO: Determinar a intensidade da força hidrostática (empuxo) sobre um objeto imerso num líquido.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS: O empuxo que um corpo imerso num líquido recebe é igual ao peso do volume do líquido que o corpo desloca quando imerso. Se o líquido possui uma densidade ρ, então

$\rho = \frac{m}{V}$ onde V é o volume do líquido deslocado e m é a massa respectiva.

Logo, $\boxed{m = \rho \cdot V}$. Então, como o peso é dado por $\boxed{P = mg}$, o peso do volume de líquido deslocado será dado por:

$$(I)\quad \begin{pmatrix}\text{peso do volume de} \\ \text{líquido deslocado}\end{pmatrix} = \rho \cdot g \cdot V = \text{Empuxo}$$

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL: Utilização de uma mola calibrada em newtons e cálculo do empuxo pela diferença de peso do objeto fora e dentro do líquido.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL:

a) Calibre uma mola em newtons, utilizando o valor de g_0 determinado na Exp. 2. Para tal, proceda como na Exp. 1.

b) Meça o peso do objeto, com a mola já calibrada, fora e dentro da água.

c) Repita a operação para objetos de mesmo material e volume diferente.

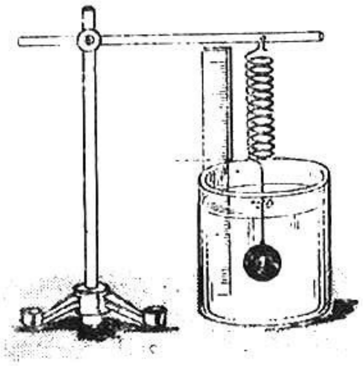
d) Para cada operação anote o volume de água deslocado.

e) Utilize o esquema mostrado na figura ao lado.

f) Pela diferença entre o peso fora e o peso dentro da água, calcule o empuxo ou a força hidrostática.

g) Para cada valor do empuxo, verifique sua igualdade com o peso do volume de água deslocado. Para tal, utilize a expressão (I), dada acima, e a densidade da água igual a 1,0 g/cm^3. (Não esqueça de transformar em kg/m^3.)

h) Construa uma tabela de valores que contenha: peso fora da água, peso dentro da água, empuxo, e peso do volume de água deslocado.



RELATÓRIO: Você deverá fazer um relatório da experiência desenvolvendo: a) objetivo da experiência; b) parte teórica; c) procedimentos experimental e operacional e d) suas conclusões.

SEÇÃO 6 – FORÇA CONSTANTE

Uma força constante produz num objeto uma aceleração constante. O sentido e a direção da aceleração resultante num objeto são os mesmos da força resultante aplicada. A aceleração resultante é diretamente proporcional à resultante aplicada no objeto.

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 1 a 19.

QUADRO L

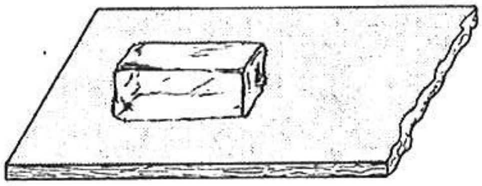


Fig. a – Ao lado, temos o desenho de um bloco de gelo seco – CO_2 no estado sólido (temperatura $\cong -75°C$) – sobre uma plataforma horizontal e lisa. Na temperatura ambiente, o CO_2 passa do estado sólido para o gasoso e em conseqüência forma-se, entre o bloco e a plataforma, uma camada de gás.

Fig. b – O bloco recebe um impulso e começa a se movimentar em linha reta no sentido do impulso recebido. O impulso é aplicado momentaneamente.

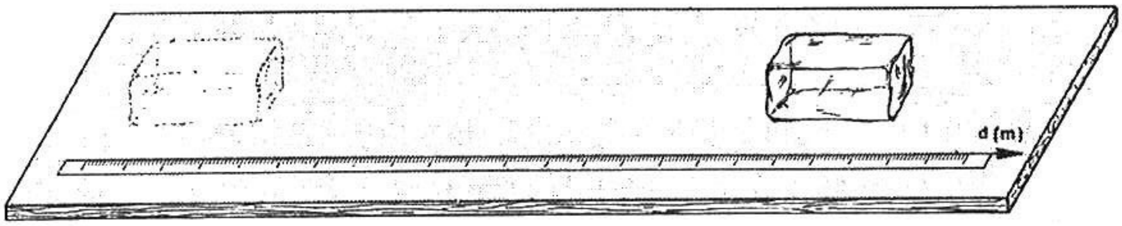


Fig. c – As posições ocupadas pelo bloco após entrar em movimento foram anotadas no decorrer do tempo e expressas na tabela abaixo.

1	2	3	4	5	6	7	8
instante t (s)	posição d(m)	intervalo de tempo	duração do intervalo de tempo Δt (s)	deslocamento no intervalo de tempo Δd(m)	velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$(m/s)	variação da v_m no intervalo de tempo Δv_m (m/s)	aceleração no intervalo de tempo $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s²)
0,0	$1{,}0 \cdot 10^{-1}$						
		1º 0 à 1,0 s	1,0				
1,0	$1{,}5 \cdot 10^{-1}$						
		2º 1,0 à 2,0 s	1,0				
2,0	$2{,}0 \cdot 10^{-1}$						
		3º 2,0 à 3,0 s	1,0				
3,0	$2{,}5 \cdot 10^{-1}$						
		4º 3,0 à 4,0 s	1,0				
4,0	$3{,}0 \cdot 10^{-1}$						
		5º 4,0 à 5,0 s	1,0				
5,0	$3{,}5 \cdot 10^{-1}$						

1 ■ Fig. a: Nesta figura está representado um bloco de ______________________. À temperatura ambiente, o dióxido de carbono (CO_2) sólido passa para o estado ______________________.

****

gelo seco ou dióxido de carbono (CO_2) sólido; de vapor

2 ■ Fig. a: À medida que o gelo seco passa para o estado de vapor, forma-se entre o bloco e a plataforma uma camada de ______________________. A camada de vapor que se forma entre a plataforma e o bloco de gelo seco (aumenta; elimina completamente; diminui enormemente) o atrito existente entre o bloco e a plataforma.

****

vapor de CO_2; diminui enormemente

3 ■ Fig. b: O bloco recebe um impulso e se movimenta sobre a plataforma. Seu movimento é praticamente livre porque a camada de vapor que se forma entre o bloco e a plataforma ______________________.

****

elimina praticamente o atrito

4 ■ Fig. b: De acordo com a 1ª Lei de Newton, ignorando-se o atrito existente com o ar, o bloco movimentar-se-á em linha ______________________ e com velocidade ______________________.

****

reta; constante

5 ■ Fig. c: Nas colunas 1 e 2 estão anotados os instantes e as posições ocupadas pelo bloco após ter recebido o impulso. A posição inicial corresponde a ______________________.

****

$1{,}0 \times 10^{-1}$ m ou 10 cm

6 ■ Fig. c: Na coluna 3 estão marcados os intervalos de tempo. Cada intervalo tem duração de ______________________.

****

1,0 s

7 ■ Fig. c: A coluna 4 corresponde às ______________________; a coluna 5 corresponde aos ______________________ e a coluna 6 às respectivas ______________________.

****

durações dos intervalos de tempo; deslocamentos nos intervalos considerados na coluna 3; velocidades médias

8 ■ Fig. c: Preencha a coluna 5.

****

5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m; 5×10^{-2} m

9 ■ Fig. c: Preencha a coluna das velocidades médias.

****

5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s

10 ■ Fig. c: A coluna 7 corresponde à variação de ______________________. No primeiro intervalo de tempo (0 a 1,0 s) a velocidade média é ______________________ e no segundo intervalo de tempo (1,0 s a 2,0 s) a velocidade média é ______________________. A variação da velocidade média entre o primeiro e o segundo intervalo de tempo é $\Delta v_m = v_{m_2} - v_{m_1} =$ ______________________.

****

velocidade média; 5×10^{-2} m/s; 5×10^{-2} m/s; zero

11 ■ Fig. c: Preencha as colunas 7 e 8.

****

coluna 7: 0; 0; 0; 0
coluna 8: 0; 0; 0; 0

12 ■ Fig. c: A coluna 8 indica que a aceleração do bloco no intervalo considerado é ________________.

****

zero

13 ■ Fig. c: A aceleração é uma grandeza que representa a variação da velocidade na ____________________.
O bloco em estudo possui velocidade (variável; constante).

****

unidade de tempo; constante

14 ■ O movimento do bloco se dá na (vertical; horizontal). O peso do bloco é uma força que atua na (vertical; horizontal) e ele é equilibrado por uma outra força dirigida verticalmente para (cima; baixo), devida à plataforma. A força da plataforma no bloco é uma força de intensidade (igual a; maior que; menor que) o peso do bloco.

****

horizontal; vertical; cima; igual a

15 ■ A força resultante na direção vertical é (zero; diferente de zero). Simbolicamente: F_R (vertical) = __________.
Na direção horizontal, a força resultante, depois que o bloco recebeu o impulso, é (zero; diferente de zero), porque o bloco (apresenta; não apresenta) variação de velocidade igual a zero. Simbolicamente: F_R (horiz.) = _____.

****

zero; 0; zero; apresenta; 0

16 ■ A 1ª Lei de Newton do movimento afirma que: "A tendência de um objeto (é; não é) manter seu estado de movimento quando a força resultante sobre ele é ______________."

****

é; zero

17 ■ $F_R = 0$; $\Delta v = 0$. Essa é a representação simbólica da ________________ de Newton.

****

1ª Lei

18 ■ Quando $F_R = 0$, de acordo com a 1ª Lei de Newton, podemos afirmar que Δv = ______________.

****

0 (zero)

19 ■ Figs. a e b: Nesta experiência foi utilizado um bloco de gelo seco a fim de se eliminar, o máximo possível, a força de ____________________, que é indesejável para se demonstrar a validade da 1ª Lei de Newton.

****

atrito

Leia e observe atentamente o quadro abaixo. Ele se refere aos itens 20 a 48.

QUADRO M

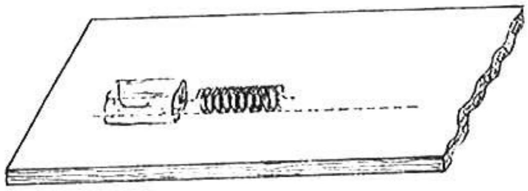


Fig. a – Ao lado, o bloco de gelo seco é amarrado a uma mola.

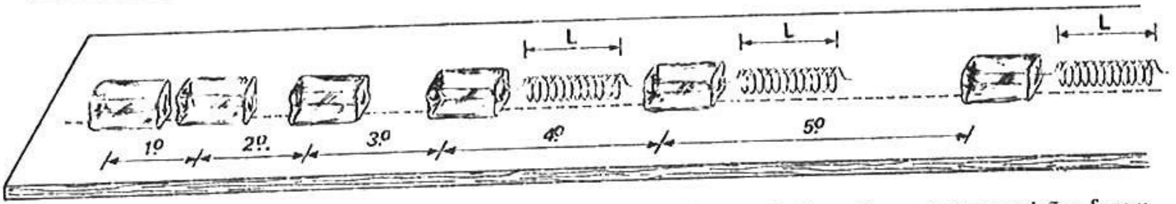


Fig. b – O bloco é puxado com uma força constante, aplicada através da mola, e as suas posições foram anotadas em intervalos de tempo iguais a 1/5 s.

Intervalo de tempo $\Delta t = 1/5$ s	Deslocamento no intervalo de tempo Δd(m)	Velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ (m/s)	Aceleração $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s²)
1º	$7{,}90 \times 10^{-2}$		
2º	$24{,}00 \times 10^{-2}$		
3º	$39{,}80 \times 10^{-2}$		
4º	$56{,}00 \times 10^{-2}$		
5º	$71{,}80 \times 10^{-2}$		

Fig. c – Na tabela acima, estão anotados os deslocamentos realizados pelo bloco nos intervalos de tempo iguais a 1/5 s.

Intervalo de tempo $\Delta t = 1/5$ s	Deslocamento no intervalo de tempo Δd(m)	Velocidade média no intervalo de tempo $v_m = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ (m/s)	Aceleração $a = \frac{\Delta v_m}{\Delta t}$ (m/s²)
1º	$16{,}00 \times 10^{-2}$		
2º	$48{,}20 \times 10^{-2}$		
3º	$80{,}00 \times 10^{-2}$		
4º	$111{,}80 \times 10^{-2}$		
5º	$144{,}30 \times 10^{-2}$		

Fig. d – Deslocamentos em função dos intervalos de tempo do mesmo bloco, sendo solicitado agora por uma força duas vezes mais intensa que no caso anterior. (A mola foi deformada duas vezes mais.)

20 ■ Fig. a: Se a mola não estiver distendida, a força resultante sobre o bloco (é; não é) zero e portanto $\Delta v = 0$. Logo, pela 1ª Lei de Newton, o bloco (entrará em movimento; permanecerá em repouso).

* * * * * * * * * * * *

é; permanecerá em repouso

21 ■ Fig. b: A mola é agora puxada para a direita com uma força (constante; variável). A sua deformação será (constante; variável).

* * * * * * * * * * * *

constante; constante

22 ■ Fig. b: Enquanto a mola apresentar a mesma deformação Δx, a força que ela aplica sobre o bloco será (constante; variável).

* * * * * * * * * * * *

constante

23 ■ Fig. b: Uma vez que o atrito entre o bloco e a plataforma é desprezível, a força resultante sobre o bloco é de intensidade (igual a; menor que; maior que) a da força exercida pela mola sobre o bloco.

* * * * * * * * * * * *

igual a

24 ■ Fig. b: Observando-se os deslocamentos nos sucessivos intervalos de tempo que são (iguais; desiguais), podemos concluir que o bloco, sob a ação da força, apresenta deslocamentos (iguais; desiguais) nos sucessivos intervalos de tempo.

* * * * * * * * * * * *

iguais; desiguais

25 ■ Fig. c: Observe a tabela. O primeiro intervalo de tempo é aquele que vai de $t = 0$ até $t =$ ________ s. O deslocamento neste intervalo de tempo, cuja duração é $\Delta t =$ ________, é $\Delta d =$ ________ m.

* * * * * * * * * * * *

1/5 s ou 0,2 s; 1/5 s ou 0,2 s; $7{,}90 \times 10^{-2}$ m

26 ■ Fig. c: A terceira coluna desta tabela corresponde à ________________.
Calcule a velocidade média no primeiro intervalo de tempo: $v_{m_1} =$ ________________ m/s.

* * * * * * * * * * * *

velocidade média no intervalo de tempo; $39{,}5 \times 10^{-2}$ m/s

27 ■ Fig. c: Preencha a coluna 3 desta tabela. (Ao preencher a coluna, lembre-se dos algarismos significativos.)

* * * * * * * * * * * *

$39{,}5 \times 10^{-2}$ m/s; 120×10^{-2} m/s; 199×10^{-2} m/s; 280×10^{-2} m/s; 359×10^{-2} m/s

28 ■ Fig. c: A coluna 4 desta tabela é da ________________. A velocidade média no 1º intervalo de tempo é ________________ e no 2º intervalo de tempo é ________________.

* * * * * * * * * * * *

aceleração; $39{,}5 \times 10^{-2}$ m/s; 120×10^{-2} m/s

29 ■ Fig. c: $v_{m_2} =$ ________________ e $v_{m_1} =$ ________________ portanto $\Delta v_{m_{(2\,e\,1)}} =$ ________________.

* * * * * * * * * * * *

120×10^{-2} m/s; $39{,}5 \times 10^{-2}$ m/s; $80{,}5 \times 10^{-2}$ m/s

30 ■ Fig. c: Entre o 1º e o 2º intervalos de tempo, a variação de velocidade média é Δv = ________ $\times 10^{-2}$ m/s, e a duração do intervalo de tempo correspondente é Δt = ________________ s. Logo, a aceleração neste intervalo é a = ________________ m/s^2.

****

80,5; 1/5 s ou 0,2 s; $403 \times 10^{-2} m/s^2$

31 ■ Fig. c: Preencha agora a coluna 4 das acelerações. (Lembre-se dos algarismos significativos.)

****

403×10^{-2}; 395×10^{-2}; 405×10^{-2}; $395 \times 10^{-2} m/s^2$

32 ■ Fig. c: Analisando a coluna 4 e levando em consideração os erros experimentais, podemos concluir que a mola, sob a ação de uma força constante, manteve uma deformação (constante; variável). A aceleração do bloco (foi; não foi) constante e seu valor é praticamente igual a: $|\vec{a}|$ = ________________ m/s^2.

****

constante; foi; $400 \times 10^{-2} m/s^2$ ou $4{,}00\ m/s^2$

33 ■ Fig. c: O bloco, sob a ação de uma força constante, (executa; não executa) movimento com aceleração (constante; não constante).

****

executa; constante

34 ■ Fig. d: Nesta tabela estão anotados os dados de uma experiência feita com o mesmo bloco, nas mesmas condições iniciais, sob a ação de uma força $\vec{F}_2$ de intensidade (duas vezes maior; duas vezes menor) que a de $\vec{F}_1$. Portanto, com a mola deformada, Δx_2 = ____________ Δx_1.

****

duas vezes maior; 2

35 ■ Fig. d: Preencha a coluna das velocidades médias.

****

80×10^{-2} m/s; 241×10^{-2} m/s; 400×10^{-2} m/s; 559×10^{-2} m/s; 722×10^{-2} m/s.

36 ■ Fig. d: Preencha agora a coluna das acelerações.

****

$805 \times 10^{-2} m/s^2$; $795 \times 10^{-2} m/s^2$; $795 \times 10^{-2} m/s^2$; $813 \times 10^{-2} m/s^2$

37 ■ Fig. d: A força $\vec{F}_2$ que atuou agora sobre o mesmo bloco (manteve-se; não se manteve) constante e ela (corresponde; não corresponde) à força resultante sobre o bloco, porque ela (é; não é) a única força que atua efetivamente na direção do movimento.

****

manteve-se; corresponde; é

38 ■ Fig. d: Analisando a coluna das acelerações, podemos concluir, levando em consideração os possíveis erros experimentais, que a aceleração do bloco (foi; não foi) constante. Seu valor é $|\vec{a}_2| \cong$ ________________ m/s^2.

****

foi; $800 \times 10^{-2} m/s^2$ ou $8{,}00\ m/s^2$

39 ■ A aceleração é a grandeza que mede a variação de ______________ ocorrida na ______________ de tempo. Simbolicamente: $\vec{a}$ = ______________.

****

velocidade; unidade; $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

40 ■ As experiências descritas nas figs. c e d nos permitem afirmar que um objeto sob a ação de uma força resultante (constante; variável; nula) sofre variações de velocidade (iguais; desiguais) em intervalos de tempo (iguais; desiguais) ou em outras palavras ______________ constante.

****

constante; iguais; iguais; aceleração

41 ■ Fig. d: A força resultante constante $\vec{F}_1$ produz no bloco uma ______________ igual a ______________ m/s^2.

****

aceleração constante; 4,00

42 ■ Fig. d: A força resultante constante $\vec{F}_2$ produz no bloco uma ______________ igual a ______________ m/s^2.

****

aceleração constante; 8,00

43 ■ As experiências descritas nas figs. c e d nos permitem tirar certas conclusões quantitativas. A força resultante sobre o bloco na segunda experiência descrita foi ______________ vezes mais intensa que a força resultante sobre o mesmo bloco na primeira experiência descrita. A aceleração resultante na segunda experiência foi ______________
____.

****

duas; duas vezes mais intensa que a aceleração resultante na primeira experiência

44 ■ Suponhamos o mesmo bloco nas mesmas condições. Se $|\vec{F}_2| = 3|\vec{F}_1|$ então a aceleração resultante seria ______________ vezes maior.

****

três

45 ■ Uma força resultante de 50 newtons atua sobre um objeto e comunica-lhe uma aceleração de 2 m/s^2. Se a força resultante tivesse intensidade 25 newtons, a aceleração seria igual a ______________ m/s^2.

****

1

46 ■ A aceleração é uma grandeza (escalar; vetorial), pois, para ser completamente especificada, ela necessita, além do módulo ou valor, de uma ______________ e de um ______________.

****

vetorial; direção; sentido

47 ■ As experiências descritas no Quadro M nos indicam que a aceleração possui uma direção (igual à; diferente da) da força resultante e sentido (igual; oposto) ao da força, pois o bloco movimenta-se na direção e sentido da força resultante e a velocidade varia no mesmo sentido da força.

****

igual à; igual

48 ■ Quando uma força resultante é aplicada sobre um objeto, ela produz uma ______________________ cujo módulo é (diretamente; inversamente) proporcional à intensidade da força resultante e na direção e sentido dessa força.

* * * * * * * * * * * *

aceleração; diretamente

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1 ■ Um objeto movimenta-se no sentido sul com velocidade constante. Então: Δv = ____________ e F_R = _______ .

* * * * * * * * * * * *

0; 0

2 ■ Quando $F_R = 0$ e $\Delta v = 0$ o objeto (mantém; não mantém) seu estado de movimento.

* * * * * * * * * * * *

mantém

3 ■ A velocidade (é; não é) uma grandeza vetorial. Portanto, ela é uma grandeza que deve possuir: a) ____________ ; b) ______________________ e c) ______________________ .

* * * * * * * * * * * *

é; módulo ou valor ou intensidade; direção; sentido

4 ■ Assinale a(s) alternativa(s) correta(s): Para que a velocidade varie é preciso que:

a) o módulo varie. b) a direção varie. c) o sentido varie.
d) somente o módulo varie. e) somente o sentido varie.

* * * * * * * * * * * *

a); b); c)

5 ■ Quando um objeto realiza uma curva com velocidade de módulo constante, Δv é (igual a; diferente de) zero, porque, apesar do módulo não variar, sua direção e seu sentido variam.

* * * * * * * * * * * *

diferente de

6 ■ Para um objeto realizando uma curva, mesmo que o módulo da velocidade seja constante, ($F_R = 0$; $F_R \neq 0$) pois ($\Delta v = 0$; $\Delta v \neq 0$).

* * * * * * * * * * * *

$F_R \neq 0$; $\Delta v \neq 0$

7 ■ Uma força resultante atua sobre um objeto e lhe imprime uma aceleração resultante de módulo igual a 5 m/s^2, dirigida horizontalmente para a esquerda. A direção e o sentido da força é ______________________ ______________________ .

* * * * * * * * * * * *

horizontal e para a esquerda, isto é, os mesmos da aceleração

8 ▪ Uma força resultante de 10 newtons atua sobre um carrinho que está sobre uma mesa. Observa-se que em cada 2,0 s sua velocidade aumenta 10,0 m/s e o carrinho movimenta-se para a esquerda, sobre a mesa. A aceleração do objeto tem módulo igual a ________________ e sua direção é (horizontal; vertical) e seu sentido é (da esquerda para a direita; da direita para a esquerda).

****

5,0 m/s^2; horizontal; da direita para a esquerda

9 ▪ Se sobre o carrinho mencionado na questão anterior fosse aplicada uma força resultante de 40 newtons, horizontal e da esquerda para a direita, a aceleração teria: módulo: ________________, direção: ____________ e sentido: ____________________________.

****

20 m/s^2 (força resultante 4 vezes maior, aceleração 4 vezes maior); horizontal; para a direita

10 ▪ Um objeto sob ação de uma força resultante de 20 newtons é acelerado na razão de 1,0 m/s^2. Qual seria a aceleração resultante se sobre o mesmo objeto fosse aplicada uma força resultante de 10 newtons? ____________

****

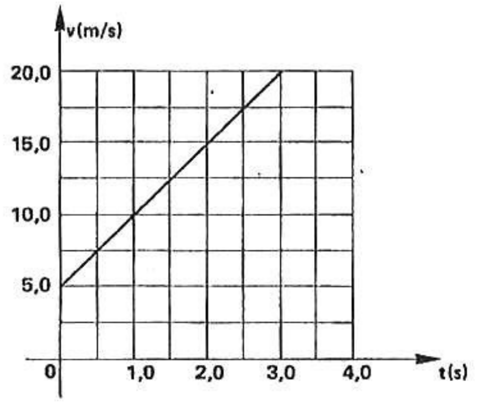
0,5 m/s^2

11 ▪ Sob a ação de uma força resultante, a velocidade de um objeto varia de acordo com o gráfico ao lado. O objeto movimenta-se ao longo de uma trajetória horizontal e para a direita. Qual é o módulo, a direção e o sentido da aceleração do objeto? ____________

____________________________________.

****

5,0 m/s^2; horizontal; para a direita



12 ▪ Se a força aplicada sobre o objeto do item anterior duplicasse, qual seria a aceleração resultante? ____________

****

10,0 m/s^2

13 ▪ A 2ª Lei de Newton diz que a aceleração produzida num objeto por uma força resultante constante ____________

____.

****

tem módulo diretamente proporcional à intensidade da força resultante e tem a direção e o sentido da força

14 ▪ Um objeto de massa 5,0 kg sob a ação de uma força constante de módulo 10,0 newtons apresenta uma aceleração de módulo 2,0 m/s^2, horizontal e para a esquerda. Se esta mesma força fosse aplicada a um objeto de massa 2,5 kg, qual seria a aceleração resultante? (Suponha que ela foi aplicada nas mesmas condições.) ____________

________________________________.

****

4,0 m/s^2, horizontal e para a esquerda

15 ▪ Um objeto de massa m_1 sob a ação de uma força de módulo F_1 apresenta uma aceleração resultante de 2,0 m/s^2. Se esta mesma força fosse aplicada a um objeto de massa 0,1 m_1, qual seria a nova aceleração? ____________

****

20,0 m/s^2

16 ■ Considere a mesma situação do enunciado do item 11 acima. Se a força que atuou entre os instantes considerados no problema foi de 10,0 newtons, qual seria a nova intensidade de força se a massa do objeto fosse duplicado?

* * * * * * * * * * * *

20,0 newtons, porque a aceleração de qualquer forma é a mesma, mas como a massa aumentou, ou melhor, duplicou, a força necessariamente terá que ser duas vezes maior.

SEÇÃO 7 — MASSA INERCIAL
Formulação matemática da 2ª Lei de Newton: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

1 ■ Retome o quadro M. Na experiência descrita na fig. c, determinamos que a aceleração possui módulo igual a __________ sob a ação de uma força resultante $\vec{F}_1$. Na experiência descrita na fig. d, a força resultante $\vec{F}_2$ possui módulo __________ vezes maior que $\vec{F}_1$ e a aceleração possui agora módulo igual a: __________.

* * * * * * * * * * * *

4,00 m/s^2 ; duas; 8,00 m/s^2

2 ■ Portanto, para um mesmo objeto, dobrando-se a intensidade da força resultante, dobra-se a __________ __________.

* * * * * * * * * * * *

a intensidade da aceleração

3 ■ Podemos generalizar, a partir desta experiência, que o módulo da força resultante é (diretamente; inversamente) proporcional ao módulo da aceleração resultante.

* * * * * * * * * * * *

diretamente

4 ■ Se uma grandeza é diretamente proporcional a outra, sabemos da Matemática que sua razão (é constante; não é constante).

* * * * * * * * * * * *

é constante

5 ■ X e Y são diretamente proporcionais, logo X/Y = __________.

* * * * * * * * * * * *

k ou constante

6 ■ Podemos escrever a equação do item 5 como: X = k · __________.

* * * * * * * * * * * *

Y

7 ■ Concluímos acima que $\vec{F}_R$ é diretamente proporcional à aceleração $\vec{a}$. Logo, podemos escrever que: $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, onde m é uma (constante; variável).

* * * * * * * * * * * *

constante

8 ■ A constante m é denominada massa **inercial** e depende de cada objeto em particular. A massa inercial de um objeto pode ser determinada (dividindo-se; multiplicando-se) o módulo da força resultante pelo módulo da aceleração do objeto produzida pela força.

* * * * * * * * * * * *

dividindo-se

9 ■ Se você aplica uma força resultante sobre um elefante e a mesma força resultante sobre uma formiga, o elefante oferecerá (maior; menor) resistência para mudar sua velocidade.

****

maior

10 ■ Se o elefante oferece maior resistência para mudar sua velocidade, sob a ação de uma mesma força resultante, a aceleração resultante no elefante será (maior; menor) que a aceleração resultante na formiga.

****

menor

11 ■ O elefante ficará sujeito a uma aceleração menor porque sua massa inercial é maior. A formiga possui, então, massa inercial (maior que; menor que; igual a) a do elefante.

****

menor

12 ■ Se um trem e uma bola de futebol possuírem uma mesma velocidade, é mais difícil parar o trem porque ele possui uma ______________ maior que a da bola. Portanto, para frear o trem até parar, é necessário uma força resultante (maior; menor) que para parar a bola. O trem apresenta (maior; menor; igual) tendência que a bola para manter seu estado de movimento, porque possui maior massa ______________.

****

massa inercial; maior; maior; inercial

13 ■ Se você estiver de pé dentro de um ônibus em movimento e o motorista pisar nos freios bruscamente, você será "lançado" para (frente, trás).

****

frente

14 ■ Na realidade, nada o lançará para a frente; você simplesmente conservará ______________ até que agarre em alguma coisa para alterá-lo (parar).

****

seu estado de movimento

15 ■ Se o ônibus der uma partida brusca, você será "lançado" para ______________. Na realidade, seu corpo simplesmente tende a ficar em ______________, mantendo assim seu estado de movimento.

****

trás; repouso

16 ■ O termo inércia está relacionado com a resistência à mudança do estado de movimento. O objeto que resistir mais à mudança de seu estado de movimento possuirá (maior; menor) inércia ou massa inercial.

****

maior

17 ■ A massa inercial é uma propriedade intrínseca de cada objeto. Uma bola de futebol x possui uma determinada massa inercial m_x. A massa inercial desta mesma bola, quando levada para a Lua, será ______________, porque ______________.

****

m_x; a massa inercial é uma propriedade intrínseca do objeto e não depende do local onde se encontra.

OBSERVAÇÃO:

Einstein deduziu, em sua teoria da relatividade, que a massa inercial de um objeto, quando alcança velocidades elevadas, próximas à da luz (300 000 km/s), sofre um aumento, ou seja, varia. Isto já foi comprovado experimentalmente. Mas, para velocidades bem inferiores à da luz, podemos considerar que a massa inercial de um objeto é constante. A Física que estamos estudando só é válida, então, para velocidades bem inferiores a 300 000 km/s.

18 ▪ A massa inercial de um objeto é numericamente igual à massa do objeto e, portanto, no Sistema Internacional, ela é medida em (kg; m; cm; g).

****

kg (A grama é uma unidade derivada do padrão kg.)

19 ▪ Se um bloco de chumbo possui uma massa de 20 kg aqui na Terra, qual será sua massa inercial na Lua? ________.
Explique:
____.

****

20 kg; Porque a massa é uma propriedade invariável da matéria, pelo menos a velocidades bem menores que a da luz.

20 ▪ Portanto, matematicamente, a 2ª Lei de Newton é escrita:

$$\vec{F}_R = \_\_\_\_ \cdot \vec{a}$$

****

m

21 ▪ $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, onde m é uma constante característica (invariável; variável) do objeto, que é denominada ________ ________ e é medida em ________ no Sistema Internacional de Unidades.

****

invariável; massa inercial ou massa; kg

22 ▪ $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$. Na Cinemática, definimos que $\vec{a}$ = ________ e portanto podemos escrever, $\vec{F}_R = m \cdot$ ________ (em função de $\Delta\vec{v}$ e Δt).

****

$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

23 ▪ No SI a força é uma grandeza (derivada; padrão) e a unidade de força é 1 ________ .

****

derivada; newton

24 ▪ $|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$. Nesta equação, $|\vec{F}_R|$ é medido em ________ ; m em ________ e $|\vec{a}|$ em ________, no SI.

****

newtons; kg, m/s^2

25 ▪ 1 newton é portanto a força que, atuando sobre uma massa de 1 kg, imprime sobre ela uma aceleração de ________.

****

1 m/s^2

26 ■ $|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$. $1\ N = (1\ kg)(1\ m/s^2) = 1$ (______________) (unidades).

****

$kg \cdot m/s^2$

27 ■ $10\ kg \cdot m/s^2$ = ____________

****

10 newtons

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1 ■ A aceleração produzida por uma força resultante aplicada a um objeto tem a direção e o sentido da força e módulo (diretamente; inversamente) proporcional à intensidade da força resultante e (diretamente; inversamente) proporcional à massa do objeto. Este enunciado corresponde à ____________ Lei de ____________.

****

diretamente; inversamente; segunda; Newton

2 ■ A formulação matemática da 2ª Lei de Newton é: ____________________.

****

$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

3 ■ A força resultante e a aceleração resultante possuem (mesmo sentido e direção; mesmo sentido e intensidade; mesmos módulos).

****

mesmo sentido e direção

4 ■ Um objeto está se movimentando em linha reta e com velocidade constante. Então F_R = __________ necessariamente. Se de repente o objeto começa a aumentar sua velocidade de 2,0 m/s em cada 0,1 s, então a força resultante necessariamente deve ser ______________________.

****

0; diferente de zero

5 ■ Um objeto de massa igual a 10 kg movimenta-se ao longo de uma trajetória retilínea, numa direção norte-sul para o norte, com aceleração de $2{,}0\ m/s^2$. A força resultante sobre o objeto possui intensidade ____________ ; sua direção é ____________________ e seu sentido é ______________.

****

20 N; norte-sul; norte

6 ■ Uma força resultante de módulo 5,0 N é aplicada a um objeto de massa 2,0 kg. A aceleração resultante terá módulo____________.

****

$2{,}5\ m/s^2$

7 ■ A massa de 100 g é submetida a uma força resultante de módulo 20 N. A aceleração resultante terá módulo ____________________.

****

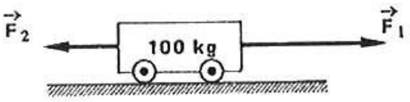
$2{,}0 \times 10^2\ m/s^2$

8 ■ $|\vec{F}_R| = 0$ e portanto $\Delta v =$ ____________. Estas equações representam a (1ª; 2ª) Lei de Newton.

****

0; 1ª

9 ■ Na figura ao lado, o carrinho desloca-se para a direita com aceleração constante de módulo $2{,}0\ m/s^2$. A força resultante terá módulo ____________________.



****

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m \cdot \vec{a}$.

$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}| \ \therefore\ |\vec{F}_R| = (100\ kg)\ (2{,}0\ m/s^2) = 2{,}0 \times 10^2 N$

10 ■ Na questão anterior, se $|\vec{F}_1| = 280\ N$, $|\vec{F}_2| =$ ____________________.

****

$|\vec{F}_R| = |\vec{F}_1| - |\vec{F}_2|$ (mesma direção e sentidos opostos)

$200\ N = 280\ N - |\vec{F}_2| \ \therefore\ |\vec{F}_2| = 8 \times 10\ N$

11 ■ $F_R \neq 0$ e portanto $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}_R}{m}$. Esta equação representa a (1ª; 2ª) Lei de Newton.

****

2ª

12 ■ Uma força $\vec{F}_1$ produz, num objeto de massa m_1, uma aceleração de módulo $2\ m/s^2$ e, num outro de massa m_2, uma aceleração de módulo $4\ m/s^2$. Quantas vezes a massa m_1 é maior que m_2.

****

$|\vec{F}_1| = 2 \cdot m_1$ e $|\vec{F}_1| = 4 \cdot m_2$

$\dfrac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_1|} = \dfrac{2 \cdot m_1}{4 \cdot m_2} \quad \therefore \quad m_1 = 2 \cdot m_2$

13 ■ Uma força resultante constante de módulo 50 N é aplicada a um carrinho de massa 5 kg, inicialmente em repouso. A aceleração resultante no carrinho terá módulo ____________.

****

$1 \times 10\ m/s^2$

14 ■ No problema do item anterior, qual a velocidade do carrinho depois de 2,0 s.

****

$v_f = v_i + a\Delta t$; $v = 0 + 10 \cdot 2 = 20\ m/s$

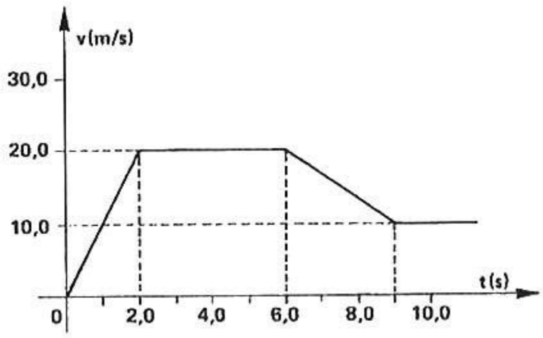
15 ■ No problema do item 13, qual o deslocamento do carrinho nos 2 primeiros segundos.

****

$\Delta d = v_m \cdot \Delta t$; $\Delta d = \dfrac{0 + 20}{2} \cdot 2 = 20{,}0\ m$

16 ■ Na figura ao lado está representado o gráfico velocidade-tempo de um objeto de massa 3,0 kg que se movimenta em linha reta.

Qual é a intensidade da força resultante entre 0 e 2,0 s; 2,0 e 6,0 s; 6,0 e 9,0 s?



****

30 N; 0 N; -10 N (sentido oposto ao do movimento)

SEÇÃO 8 – APLICAÇÕES DA 2ª LEI DE NEWTON

Nesta seção resolveremos alguns problemas básicos. Serão ressaltados aspectos fundamentais, que servirão de modelos na resolução de outros problemas. Os estudantes aplicarão nesta seção, além da 1ª e 2ª Lei de Newton, os conhecimentos acerca da cinemática dos movimentos.

> **PROBLEMA 1:**
>
> Um carrinho de brinquedo tem massa igual a 1,0 kg e encontra-se em repouso apoiado sobre uma superfície horizontal. Você é solicitado a fornecer-lhe uma velocidade cujo valor é 10 m/s, na direção horizontal, em um intervalo de tempo cuja duração seja igual a 5,0 s. Qual é a intensidade da força resultante sobre o carrinho?

1 ■ Inicialmente, o carrinho encontra-se em (repouso; movimento) sobre uma ______________ horizontal. Portanto, sua velocidade inicial é ______________. Num intervalo de tempo cuja duração é ________, sua velocidade deve atingir o valor de ______________ na direção ______________.

****

repouso; superfície; zero; 5,0 s; 10 m/s; horizontal

2 ■ A força resultante deve ser aplicada (horizontalmente; verticalmente; numa direção inclinada).

****

horizontalmente

3 ■ Para se calcular a intensidade da força resultante, devemos aplicar a equação que simboliza a (1ª; 2ª) Lei de Newton. Deve-se conhecer então a massa e a ______________ do objeto.

****

2ª; aceleração

4 ■ A aceleração (é; não é) dada diretamente no enunciado do problema. Para se calcular a aceleração, devemos conhecer a ______________ de velocidade ($\Delta\vec{v}$) e a duração do ______________ ______________.

****

não é; variação; intervalo de tempo (Δt) em que tal variação ocorreu

5 ■ Matematicamente, $\vec{a}$ = ______________. Quais das variáveis são dadas diretamente no problema? ($\Delta\vec{v}$; Δt; m; $\vec{F}_R$; $\vec{a}$)

****

$\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; $\Delta\vec{v}$; Δt ; m

6 ■ As variáveis conhecidas diretamente relacionam-se com a força resultante $\vec{F}_R$ pela expressão: ______________. Portanto, a intensidade da força resultante será ______________ (valor e unidades).

****

$\vec{F}_R = m \cdot \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; 2,0 $kg \cdot m/s^2$

7 ■ A unidade $kg \cdot m/s^2$ é denominada ______________.

****

newton

8 ■ Portanto, a força resultante que em 5,0 s imprimirá uma velocidade de 10,0 m/s sobre o carrinho, a partir do repouso, deverá possuir uma intensidade de ______________ numa direção ______________.

* * * * * * * * * * * *

2,0 newtons; horizontal

RESOLVA:

A ■ Um objeto de massa 5,00 kg varia sua velocidade de 10,0 m/s para 5,00 m/s, em um intervalo de tempo cuja duração é de 2,00 s. Calcule:
a) a variação de velocidade Δv (interpretar o sinal); b) o módulo da aceleração resultante;
c) o módulo da força resultante.

* * * * * * * * * * * *

a) $\Delta v = -5{,}00$ m/s; b) $a = -2{,}50$ m/s^2 c) $F_R = -12{,}5$ N
O sinal negativo indica que tanto a força como a aceleração são opostos à velocidade.

B ■ O projétil de uma arma de fogo é acelerado enquanto percorre o cano da arma. Supondo que ele saia do cano com uma velocidade de módulo $5{,}0 \cdot 10^2$ m/s; que ele fique dentro do cano, enquanto acelerado, por um intervalo de tempo de $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ s e que sua massa seja de $2{,}0 \cdot 10^2$ gramas, calcule a força resultante sobre o projétil.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_R| = 1{,}0 \times 10^5$ newtons

PROBLEMA 2: Qual é a intensidade, a direção e o sentido da força resultante constante necessária para fornecer a uma massa de 500,0 g uma aceleração de 4,0 m/s^2 horizontalmente para a direita?

1 ■ Qual das variáveis possuem valores dados no problema? ($\vec{F}_R$; m; Δv; Δt; $\vec{a}$)

* * * * * * * * * * * *

m; $\vec{a}$

2 ■ De que maneira tais variáveis estão relacionadas com a força resultante? ______________

* * * * * * * * * * * *

$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

3 ■ No enunciado do problema, a massa m = ______________. Devemos transformá-la em (kg; toneladas), pois na aplicação da Lei de Newton a massa (sempre; às vezes; nunca) deve ser dada em kg quando a aceleração for dada em m/s^2. Portanto, 500,0 g = ______________ kg.

* * * * * * * * * * * *

500,0 g; kg; sempre, 0,5000 kg ou $5{,}000 \times 10^{-1}$ kg

4 ■ A força resultante terá portanto intensidade $|\vec{F}_R| =$ ______________, direção ______________ e sentido (para a esquerda; para a direita).

* * * * * * * * * * * *

2,0 N; horizontal; para a direita

5 ■ A direção e o sentido da força resultante sempre (coincidem; não coincidem) com a direção e o sentido da aceleração.

* * * * * * * * * * * *

coincidem

RESOLVA:

A ■ Qual deve ser a intensidade, a direção e o sentido da força resultante sobre um objeto de massa 3,5 kg, para que adquira uma aceleração resultante de módulo 20 m/s^2, horizontal e para a direita?

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_R| = 70$ N; horizontal e para a direita.

B ■ Uma massa de 800 g é acelerada à razão de 4,0 $m \cdot s^{-2}$. Qual é a intensidade da força resultante sobre o objeto?

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_R| = 3{,}2$ N

PROBLEMA 3: Uma força resultante horizontal, de intensidade igual a 10,0 N, atua sobre um carrinho que inicialmente se encontra em repouso apoiado sobre uma superfície horizontal. Após um intervalo de tempo cuja duração é de 5,0 s, sua velocidade atinge um valor de 20,0 m/s. Calcular a massa do carrinho.

1 ■ Para se calcular a massa podemos utilizar a 2ª Lei de Newton. A sua formulação matemática é: $\vec{F}_R =$ ________ ou $\vec{F}_R =$ ________________.

* * * * * * * * * * * *

$m \cdot \vec{a}$; $m \cdot \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

2 ■ O problema (fornece; não fornece) diretamente o valor da aceleração resultante. Para calculá-la devemos utilizar a expressão: $|\vec{a}| =$ ________________.

* * * * * * * * * * * *

não fornece; $\dfrac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t}$

3 ■ $\Delta\vec{v}$ representa a ____________ da ____________ e Δt a duração do ________________ no qual ela ocorreu.

* * * * * * * * * * * *

variação; velocidade; intervalo de tempo

4 ■ Quando a força resultante começou a sua ação, o carrinho possuía a velocidade ____________, pois estava em ____________. Portanto, $v_i =$ ____________.

* * * * * * * * * * * *

zero; repouso; 0

5 ■ Portanto, $|\Delta\vec{v}| =$ ____________ e $\Delta t =$ ____________, logo $|\vec{a}| =$ ____________.

* * * * * * * * * * * *

20,0 m/s; 5,0 s; 4,0 m/s^2

6 ■ Como a força resultante tem intensidade $|\vec{F}_R|$ = ________________ e a aceleração é de ________________, a massa m = ________________.

****

10,0 N; 4,0 m/s^2; 2,5 kg

7 ■ A resposta ao problema é portanto: m = ________________.

****

2,5 kg

RESOLVA:

A ■ Uma força de $5,0 \times 10^2$ newtons atua durante 50,0 s sobre um objeto. Se a aceleração resultante tiver intensidade $10,0 \cdot 10^2$ m · s, qual é a massa do objeto?

****

m = 0,50 kg

B ■ A ação de uma força resultante de módulo sempre igual a $8,0 \cdot 10^3$ N aumenta a velocidade de um objeto de $2,0\ m \cdot s^{-1}$ para $10\ m \cdot s^{-1}$ em um intervalo de tempo cuja duração é de 0,40 s. Calcule, a partir dos dados acima, a massa do objeto.

****

m = $4,0 \times 10^2$ kg

PROBLEMA 4: Qual o módulo da variação de velocidade que uma força resultante de 5,0 N produzirá quando for aplicada a uma massa de 4,0 kg durante 8,0 s?

1 ■ Quais das variáveis são dadas diretamente no problema? ________________.

****

$\vec{F}_R$; Δt; m

2 ■ Qual é a expressão que relaciona a grandeza desconhecida com as que são conhecidas? ________________.

****

$$\vec{F}_R = m \cdot \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

3 ■ Portanto, a variação de velocidade $\Delta\vec{v}$ em módulo vale: $|\Delta\vec{v}|$ = ________________.

****

10 m/s

RESOLVA:

A ■ Um objeto de massa 40,0 kg recebe uma força resultante constante de módulo $2,0 \cdot 10^2$ N durante 10,0 s. Neste intervalo de tempo, qual foi o valor da variação de velocidade apresentada pelo objeto?

****

$|\Delta\vec{v}| = 5,0 \times 10$ m/s

B ■ Uma força resultante de 45 N atua durante 5,0 s num objeto de massa $9{,}0 \cdot 10^2$ gramas. Qual foi o valor da variação de velocidade apresentada pelo objeto?

****

$|\Delta\vec{v}| = 250$ m/s

PROBLEMA 5: Durante quanto tempo uma força resultante de 50 N deve atuar sobre uma massa de 10 kg para aumentar sua velocidade de 10 m/s para 30 m/s?

1 ■ A variável desconhecida é ______________.

****

Δt

2 ■ Para determinar o valor de Δt, podemos utilizar as expressões:

a) $|\vec{F}_R| =$ b) $|\vec{a}| =$

****

$m \cdot \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$; $\dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

3 ■ Dos dados do problema: $|\Delta\vec{v}| =$ ______________

$m =$ ______________

$|\vec{F}_R| =$ ______________

$|\vec{a}| =$ ______________

****

20 m/s; 10 kg; 50 N; 5,0 m/s^2

4 ■ Portanto, $\Delta t =$ __________________.

****

4,0 s

RESOLVA:

A ■ Quer-se aumentar a velocidade de um objeto de $1{,}0 \cdot 10^2$ m/s para $1{,}5 \times 10^2\ m \cdot s^{-1}$ aplicando-lhe uma força constante de 250 N. Se a massa tiver um valor de 10,0 kg, durante quanto tempo devemos aplicar a força? Em que direção e sentido devemos aplicá-la?

****

$\Delta t = 2{,}0$ s. A força deve ser aplicada no sentido do movimento.

B ■ Uma força de 10,0 N atua sobre uma massa de 2,0 kg de tal modo que a sua velocidade varie de 20,0 para $10{,}0\ m \cdot s^{-1}$. Durante quanto tempo devemos aplicar a força? Qual sua direção e seu sentido?

****

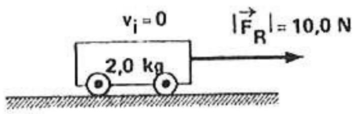
$\Delta t = 2{,}0$ s. A força deve ser aplicada em sentido contrário ao do movimento, portanto $|\vec{F}| = -10{,}0$ N.

C ■ Um automóvel de massa 800 kg é freado quando está com uma velocidade de 20,0 m/s. Se os freios introduzem uma força de atrito de módulo 8000 N, quanto tempo após a freada o automóvel irá parar?

****

$\Delta t = 2{,}0$ s

PROBLEMA 6: Uma força resultante constante (figura ao lado) passa a atuar sobre um carrinho de massa 2,0 kg, inicialmente em repouso. Depois de 2,0 s, qual é o deslocamento Δd do carrinho?



1 ■ Uma força resultante constante que atua sobre o carrinho produz neste uma ______________ constante (2ª Lei de Newton).

****

aceleração

2 ■ Se o objeto fica sujeito a uma aceleração constante, ele ficará animado de um movimento ______________ ______________.

****

retilíneo uniformemente acelerado ou variado

3 ■ O deslocamento de um objeto em MRUV é dado pela expressão: Δd = ______________.

****

$v_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (\Delta t)^2$.

4 ■ Para calcularmos o deslocamento Δd no intervalo de tempo Δt = ______________, necessitamos conhecer a velocidade inicial e a ______________.

****

2,0 s; aceleração

5 ■ v_i = ______________ ; a = ______________ ; logo, Δd = ______________.

****

0; 5,0 m/s²; 10 m

RESOLVA:

A ■ Qual é o deslocamento de um objeto de massa 2,0 kg que fica sujeito a uma força resultante de módulo 50,0 N durante um intervalo de tempo cuja duração é de 10,0 s? Suponha a velocidade inicial zero.

****

$\Delta d = 1{,}25 \times 10^3$ m .

B ■ Um objeto de massa 2,0 kg, inicialmente em MRU, com velocidade cujo valor é 10,0 m/s, recebe num determinado instante uma força resultante de módulo 80 N no mesmo sentido do movimento. Se a força atuar durante 5,0 s, determine: a) a velocidade ao findar os 5,0 s; b) o deslocamento ao findar os 5,0 s.

****

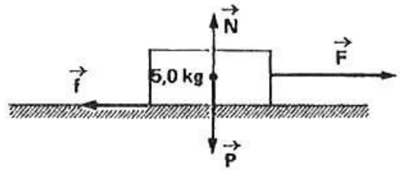
$v_f = 2{,}1 \times 10^2$ m/s; $\Delta d = 5{,}5 \times 10^2$ m

C ■ Determine a força resultante necessária para acelerar um carro especial a jato de massa 800 kg, do repouso até a uma velocidade de 100 m/s, numa extensão de 200 m sobre uma rodovia horizontal.

****

$|\vec{F}_R| = 200 \times 10^2$ N

PROBLEMA 7: O bloco da figura ao lado está sob a ação de uma força $|\vec{F}| = 15$ N para a direita, enquanto a força de atrito $|\vec{f}| = 5$ N. Calcular a aceleração resultante do bloco.



1 ■ A figura mostra que além das forças $\vec{F}$ e $\vec{f}$ atuam ainda a força ______________ do bloco e a força apoio $\vec{N}$ da superfície.

****

peso $\vec{P}$

2 ■ As forças $\vec{F}$ e $\vec{f}$ são (horizontais; verticais), enquanto $\vec{P}$ e $\vec{N}$ são ______________.

****

horizontais; verticais

3 ■ As forças $\vec{P}$ e $\vec{N}$ (equilibram-se; não se equilibram), pois na direção vertical a aceleração resultante é zero.

****

equilibram-se

4 ■ Na direção horizontal, a força resultante é (igual a; diferente de) zero. Portanto $|\vec{F}_R| =$ ______________ (em módulo).

****

diferente de; $|\vec{F}| - |\vec{f}|$

5 ■ A intensidade da força resultante $|\vec{F}_R| =$ ______________, e ela está dirigida horizontalmente para a ________.

****

10 N; direita

6 ■ A aceleração resultante será: $|\vec{a}| =$ ______________________.

****

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{10\text{ N}}{5{,}0\text{ kg}} = 2{,}0\text{ m/s}^2$$

RESOLVA:

A ■ Um objeto de massa 10,0 kg encontra-se em repouso sobre uma superfície horizontal. Uma força de 50 N passa a atuar sobre ele horizontalmente e para a direita. Se a força de atrito tem intensidade 10,0 N, calcule a aceleração resultante da massa. Qual é seu deslocamento depois de 1,0 s? Qual é sua velocidade ao findar 1,0 s?

****

a) $|\vec{a}| = 4{,}0$ m/s²; b) $\Delta d = 2{,}0$ m; c) $v_f = 4{,}0$ m/s

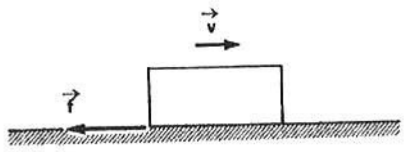
B ■ Um carrinho encontra-se sobre uma mesa. Uma força de intensidade 20,0 N passa a atuar sobre ele. Medindo a aceleração resultante, verificou-se ser igual a 30,0 m/s². Calcule, supondo a massa do carrinho igual a 0,500 kg:
a) a força resultante; b) a intensidade da fôrça de atrito;
c) o deslocamento, num intervalo de tempo igual a 1,0 s, supondo que o carrinho partiu do repouso.

****

a) $|\vec{F}_R| = 15{,}0$ N; b) $|\vec{f}| = 5{,}0$ N; c) $\Delta d = 15{,}0$ m

PROBLEMA 8: A figura ao lado representa um instante em que o bloco de massa 8,0 kg se movimenta para a direita em cima de um plano horizontal com uma velocidade de 10 m/s. A força de atrito entre o bloco e a superfície de apoio é constante e igual a 2,0 N.

a) Determine a intensidade da força resultante.
b) Determine a aceleração resultante.
c) Depois de quanto tempo o bloco irá parar?
d) Quanto terá se deslocado até parar?



1 ■ A força de atrito atua sempre no sentido de (parar; acelerar) o movimento.

****

parar

2 ■ Na direção vertical, a força resultante é ____________ porque ______________________________.

****

zero; o peso é equilibrado pelo apoio da superfície

3 ■ Na direção horizontal, a única força é a força de ______________ e está dirigida para a ____________ (contra; a favor) o movimento. Portanto, a intensidade da força resultante é (igual à; diferente da) intensidade da força de atrito.

****

atrito; esquerda; contra; igual à

4 ■ No caso, portanto, a força resultante (coincide; não coincide) com a força de atrito porque esta é ______ ____.

****

coincide; a única força que atua sobre o bloco na direção horizontal

5 ■ À medida que o tempo passa, a velocidade do bloco (aumenta; diminui). Portanto, até parar, o bloco apresentará uma variação de velocidade (negativa; positiva) porque a força resultante atua em sentido oposto ao do movimento.

****

diminui; negativa

6 ■ A força resultante, que no caso é ________________ à força de atrito, (possui o mesmo sentido; possui sentido oposto) ao do movimento do bloco.

****

igual; possui sentido oposto

7 ■ A intensidade da força resultante é então $|\vec{F}_R|$ = ______________ . O sinal negativo quer dizer que ______________________________________.

****

$-2{,}0$ N; a força resultante possui sentido oposto ao do movimento

8 ▪ Se $|\vec{F}_R| = -2{,}0$ N, então $|\vec{a}| =$ ______________________.

****

$$|\vec{a}| = \frac{-2{,}0\ \text{N}}{8{,}0\ \text{kg}} = -2{,}5 \times 10^{-1}\ \text{m/s}^2$$

9 ▪ A aceleração do bloco é negativa porque (a velocidade está aumentando; a velocidade está diminuindo; a variação de velocidade é negativa; a força resultante é oposta ao movimento inicial).

****

a velocidade está diminuindo; a variação de velocidade é negativa; a força resultante é oposta ao movimento inicial

10 ▪ A velocidade inicial do bloco é __________ m/s. Até parar, $|\Delta\vec{v}| =$ ______________.

****

10; -10 m/s

11 ▪ Para calcularmos a duração do intervalo de tempo que o bloco leva até parar, devemos utilizar a expressão da aceleração: $|\vec{a}| =$ ______________(em termos de $|\Delta\vec{v}|$ e Δt). Portanto, $\Delta t =$ ________________.

****

$$\frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t}; \quad \Delta t = \frac{|\Delta\vec{v}|}{|\vec{a}|} = \frac{-10\ \text{m/s}}{-2{,}5 \times 10^{-1}\ \text{m/s}^2} = 40{,}0\ \text{s}$$

12 ▪ A resposta ao item c será, portanto: o bloco irá parar depois de ________________.

****

40,0 s

13 ▪ O deslocamento $|\Delta\vec{d}|$ pode ser calculado pela expressão: $|\Delta\vec{d}| =$ ____________________ ou pela expressão $v_f^2 - v_i^2 =$ ______________________.

****

$$v_i\Delta t + \frac{1}{2}|\vec{a}|(\Delta t)^2; \qquad 2 \cdot a \cdot |\Delta\vec{d}|$$

14 ▪ Portanto, $|\Delta\vec{d}| =$ ________________.

****

$2{,}0 \times 10^2$ m

15 ▪ A resposta ao item d é, portanto: até parar, o bloco se deslocará de ____________.

****

$2{,}0 \times 10^2$ m

RESOLVA:

A ▪ Um objeto movimenta-se ao longo de uma superfície horizontal e sem atrito com uma velocidade de 10,0 m/s. De repente, ele penetra numa região com atrito e pára depois de 2,0 s. Supondo a massa do objeto igual a 2,0 kg, calcule: a) a intensidade da força de atrito; b) o deslocamento até parar.

****

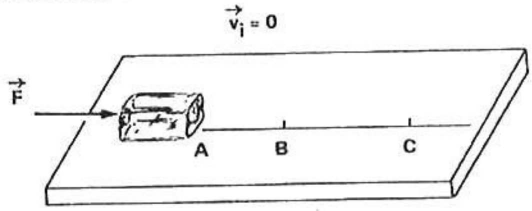
a) $|\vec{f}| = -1{,}0 \times 10$ N (O sinal negativo indica que ela é oposta ao movimento.)
b) $|\Delta\vec{d}| = 1{,}0 \times 10$ m

B ■ Um objeto movimenta-se sobre um plano horizontal e com atrito. Num determinado instante, sua velocidade é de 5,0 m/s e depois de 2,0 s ele pára. Se a massa do objeto for igual a 10 kg, calcule a intensidade da força de atrito e a distância que ele percorre até parar.

****

$|\vec{f}| = -25$ N; $|\Delta\vec{d}| = 5{,}0$ m

PROBLEMA 9:



Um bloco de gelo seco de massa 2,0 kg encontra-se inicialmente em repouso no ponto A sobre uma superfície metálica horizontal.

Uma força de 2,0 N passa a atuar sobre ele até o ponto B, distante 4,5 m de A. Calcular a velocidade com que o bloco passa por C, distante 6,0 m de B.

1 ■ O atrito entre o bloco de gelo seco e a superfície metálica fica tremendamente (reduzido; aumentado). Podemos, pois, supor que a força de atrito seja ________________.

****

reduzido; nula

2 ■ A força $\vec{F}$ atua até o ponto ________. Portanto, até este ponto, o movimento é ____________________.

****

B; retilíneo uniformemente variado ou acelerado

3 ■ Do ponto B ao ponto C, a força resultante sobre o bloco é ____________, uma vez que a força de atrito é ________________ e não existe nenhuma outra que atue na horizontal. Portanto, de B até C, o movimento é ______________________________.

****

zero; zero; retilíneo e uniforme

4 ■ A velocidade com que o bloco atingirá C será (igual à; diferente da) velocidade que o bloco possuía em B.

****

igual à

5 ■ Para se calcular a velocidade, devemos conhecer a aceleração no ponto B. No caso, $|\vec{a}| =$ ______________.

****

$$\frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{2{,}0 \text{ N}}{2{,}0 \text{ kg}} = 1{,}0 \text{ m/s}^2$$

6 ■ Até o ponto B, $|\Delta\vec{d}| =$ ______________; $|\vec{a}| =$ ______________ e $|\vec{v}_i| =$ ______________. Portanto, para calcular a velocidade em B, podemos utilizar a expressão que relaciona a velocidade em B (final) e a velocidade em A (inicial) com a aceleração e o deslocamento. Escreva tal expressão: ____________________.

****

4,5 m; 1,0 m/s²; 0; $2|\vec{a}||\Delta\vec{d}| = v_f^2 - v_i^2$

7 ■ Calcule o valor da velocidade em B: ____.

****

$|\vec{v}_f| = |\vec{v}_B| = 3{,}0 \text{ m/s}$

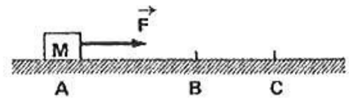
8 ■ Portanto, o bloco irá atingir o ponto C com velocidade igual a ______________.

****

3,0 m/s

RESOLVA:

Na figura ao lado, a distância AB é de 5,0 m e a distância BC é de 2,0 m. O objeto M parte do repouso em A sob a ação de uma força $\vec{F}$, que atua sobre ele até o ponto B. Se o objeto atingir o ponto C com uma velocidade de 10 m/s, calcule a intensidade da força $\vec{F}$.

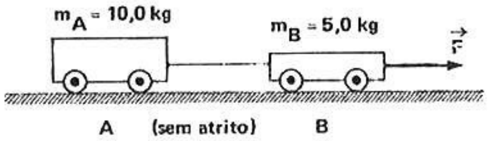


(sem atrito) M = 2,5 kg

****

$|\vec{F}| = |\vec{F}_R| = 25 \text{ N}$

PROBLEMA 10:



Na figura ao lado, temos 2 carrinhos A e B unidos por um fio. Uma força de 30,0 N puxa o carrinho de menor massa. Calcular:

a) a aceleração do conjunto;

b) a tração do fio que os une.

1 ■ O fio (puxa; não puxa) o carrinho de massa maior. Se ele o puxa, o fio (exerce; não exerce) uma força sobre o carrinho.

****

puxa; exerce

2 ■ A força que atua ao longo do fio é denominada **tração**. É devido à ________________ que o fio (fica; não fica) esticado.

****

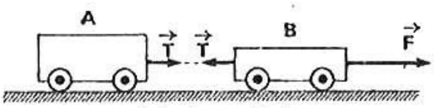
tração; fica

3 ■ A tração $\vec{T}$ que atua ao longo do fio ________________ o carrinho A e segura o carrinho B. Então, nos pontos onde as extremidades do fio estão ligados, em cada carrinho, atuam forças (iguais à; diferentes da) tração $\vec{T}$.

****

puxa; iguais à

4 ■ Observe a figura ao lado. Ela é a mesma que a de cima com a indicação da tração $\vec{T}$. A mesma tração $\vec{T}$ puxa o carrinho ________________________ e ________________________.



atrito desprezível

****

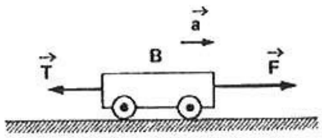
A; segura o carrinho B

5 ■ Podemos analisar o problema separando-se os dois carrinhos. Como eles estão solidários, ambos (ficarão; não ficarão) sujeitos a uma mesma aceleração resultante. Portanto, se $\vec{a}$ é a aceleração do carrinho B, a aceleração do carrinho A será ________________.

****

ficarão; também $\vec{a}$

6 ■ Vamos analisar o carrinho B. Como ele se movimenta para a direita, com aceleração $\vec{a}$, a força $\vec{F}$ é (maior que; menor que; igual) a tração $\vec{T}$. A força resultante sobre o carrinho B será então: ________________.



atrito desprezível

****

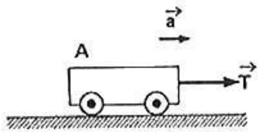
maior que; $\vec{F}_R = \vec{F} + \vec{T}$ ou $|\vec{F}_R| = |\vec{F}| - |\vec{T}|$

7 ■ Aplicando a 2ª Lei de Newton, temos então a **Equação I**: ________________ $= m_B \cdot |\vec{a}|$ (em módulos).

****

$|\vec{F}| - |\vec{T}|$

8 ■ Analisaremos agora o carrinho A. Como o atrito é desprezível, este carrinho está sujeito a uma única força na direção do movimento. Tal força é ________________. Portanto, a força resultante sobre o carrinho A será: ________________________.



Aplicando então a 2ª Lei de Newton, teremos a **Equação II**: ____________ $= m_A \cdot |\vec{a}|$

****

a tração $\vec{T}$; $\vec{F}_{R(A)} = \vec{T}$; $|\vec{T}|$

9 ■ Teremos então duas equações: I) : ________________

II) : ________________

****

$|\vec{F}| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$; $|\vec{T}| = m_A \cdot |\vec{a}|$

10 ■ Dessas equações, as variáveis conhecidas são: ________________.

****

$\vec{F}$; m_A e m_B

11 ■ Se substituirmos o valor de $\vec{T}$ da equação II na equação I, teremos: $|\vec{F}| -$ ________ = ____________, logo $|a| =$ ________________.

****

$m_A \cdot |\vec{a}| = m_B \cdot |\vec{a}|$; $\dfrac{|\vec{F}|}{m_A + m_B}$

12 ■ A aceleração do conjunto será, então: $|\vec{a}| =$ ________________.

****

2,0 m/s²

13 ■ Uma vez conhecido o valor da aceleração, para se determinar o valor da tração $\vec{T}$, basta ______________
______________.

****

substituir o valor de $\vec{a}$ ou na equação I ou na II e proceder os cálculos

14 ■ O valor da tração $|\vec{T}|$ no fio é, portanto: ______________.

****

$|\vec{T}| = 10{,}0\ \text{kg} \times 2{,}0\ \text{m/s}^2 = 20\ \text{N}$

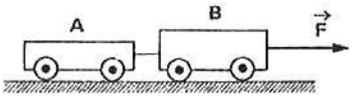
RESOLVA:

A ■ Na figura ao lado, o carrinho A possui massa 40 kg e B, 60 kg. Uma força de intensidade 200,0 N puxa B.

a) Qual é a intensidade de $\vec{F}_R$ sobre o sistema dos dois carrinhos?

b) Qual é o módulo da aceleração resultante no sistema?

c) Qual é a intensidade da tração no fio?



atrito desprezível

****

$|\vec{F}_R| = |\vec{F}| = 200{,}0\ \text{N}$; $|\vec{a}| = 2{,}0\ \text{m/s}^2$; $|\vec{T}| = 80\ \text{N}$

B ■ Uma força $\vec{F}$ puxa o carrinho A (figura ao lado). Observa-se que a aceleração resultante é $4{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. Calcule:

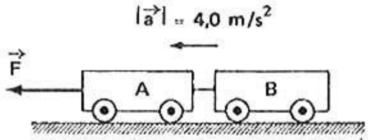
a) a força resultante sobre A;

b) a força resultante sobre B;

c) a tração no fio;

d) a intensidade de $\vec{F}$;

e) Se o fio suportar no máximo 60 N, ele se romperá?



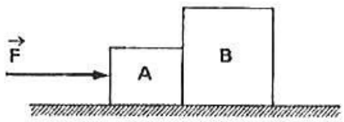
atrito desprezível

$m_A = m_B = 20\ \text{kg}$

****

$|\vec{F}_{R(A)}| = 80\ \text{N}$; $|\vec{F}_{R(B)}| = 80\ \text{N}$; $|\vec{T}| = 80\ \text{N}$; $|\vec{F}| = 1{,}6 \times 10^2\ \text{N}$; sim

PROBLEMA 11:



atrito desprezível

Os blocos A e B encontram-se apoiados sobre uma superfície horizontal onde o atrito é praticamente inexistente. Uma força constante de intensidade 40 N é exercida sobre A, conforme mostra a figura ao lado. Sendo:

$m_A = 5{,}0\ \text{kg}$ e $m_B = 15\ \text{kg}$

a) Qual é a aceleração do conjunto?

b) Qual é a intensidade da força que A exerce em B?

c) Qual é a intensidade da força que B exerce em A?

1 ■ Para calcular a aceleração do conjunto, podemos considerá-lo como se fosse um corpo único de massa m = ______.

****

20,0 kg

2 ■ Como o atrito é desprezível, $\vec{F}_R$ = ______________.

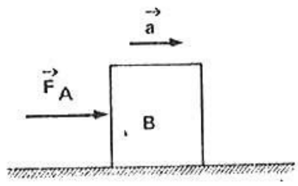
****

40 N

3 ■ Logo, a aceleração do conjunto será $|\vec{a}|$ = ______________.

* * * * * * * * * * * *

2,0 m/s^2



4 ■ O bloco A (empurra; não empurra) o bloco B. Na figura ao lado, está representado o bloco_____ isoladamente. $\vec{F}_A$ representa a ______________ ______________________________.

* * * * * * * * * * * *

empurra; B; força que o bloco A exerce sobre B.

5 ■ Na direção do movimento, que é a ______________, a única força que atua sobre o bloco B é $\vec{F}_A$, pois o atrito é ______________. Portanto, a força resultante sobre B é $|\vec{F}_{R(B)}|$ = ______________.

* * * * * * * * * * * *

horizontal; desprezível; $|\vec{F}_A|$

6 ■ A força resultante pode ser calculada através da expressão: ______________.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}|$

7 ■ Logo, a força resultante sobre B terá intensidade: ______________.

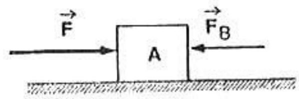
* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_{R(B)}|$ = 15 kg × 2,0 m/s^2 = 30 kg · m/s^2 = 30 N

8 ■ Portanto, como $\vec{F}_A = \vec{F}_{R(B)}$, a intensidade da força que A exerce sobre B será ______________.

* * * * * * * * * * * *

30 newtons



9 ■ O bloco B exercerá alguma força sobre A? (sim; não). Na figura ao lado, está esquematizado o bloco A sob a ação da força $\vec{F}$ e da força ______________ que B exerce sobre A.

* * * * * * * * * * * *

sim; $\vec{F}_B$

10 ■ A função da força $\vec{F}_B$, que (A; B) exerce sobre ______________, é de (facilitar; dificultar) o movimento do bloco A. Sobre A atuam, então, duas forças: ______________ e ______________, ambas na mesma ______________, porém de ______________.

* * * * * * * * * * * *

B; A; dificultar; $\vec{F}$ e $\vec{F}_B$; direção; sentidos opostos

11 ■ Simbolicamente, a força resultante sobre A é: ______________ = ______________. (em termos das duas forças, em módulos)

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_{R(A)}| = |\vec{F}| - |\vec{F}_B|$

12 ■ A intensidade da força resultante sobre A é ______________.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{F}_{R(A)}| = m_A \cdot |\vec{a}|$ = 5,0 kg × 2,0 m/s^2 = 10 N

13 ■ $|\vec{F}_{R(A)}| = |\vec{F}| - |\vec{F}_B|$

$|\vec{F}_{R(A)}| = 10\text{ N}$ e $|\vec{F}| = 40\text{ N}$

Portanto, $|\vec{F}_B| =$ ____________.

****

30 N

14 ■ Portanto, a força que A exerce sobre B é de ________________ intensidade que a força que B exerce sobre A, porém de ________________.

****

igual; sentido oposto

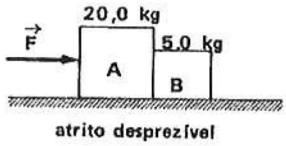
RESOLVA:

A ■ Na figura ao lado, a força $\vec{F}$ possui intensidade 50 N. Determine:

a) a aceleração de A e de B;

b) a força resultante sobre A e sobre B;

c) a força de B sobre A e a de A sobre B.



****

$|\vec{a}_A| = |\vec{a}_B| = 2{,}0\text{ m/s}^2$; $|\vec{F}_{R(A)}| = 40\text{ N}$ e $|\vec{F}_{R(B)}| = 10\text{ N}$; $|\vec{F}_{BA}| = 10\text{ N}$ e $|\vec{F}_{AB}| = 10\text{ N}$

B ■ O sistema esquematizado na figura ao lado apresenta uma aceleração resultante de módulo $2{,}0\text{ m/s}^2$. Calcule:

a) a força resultante sobre B;

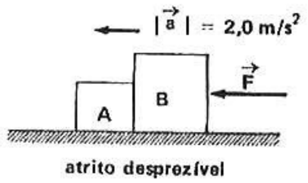
b) a força que B exerce sobre A;

c) a força resultante sobre A;

d) a intensidade da força F.

$m_A = 3{,}0\text{ kg}$

$m_B = 7{,}0\text{ kg}$



****

$|\vec{F}_{R(B)}| = 14\text{ N}$; $|\vec{F}_{BA}| = 6{,}0\text{ N}$; $|\vec{F}_{R(A)}| = 6{,}0\text{ N}$; $|\vec{F}| = 20\text{ N}$

PROBLEMA 12: Um bloco de 8,0 kg, partindo do repouso, é puxado sobre uma mesa horizontal pela força constante de 2,0 N. Verifica-se que esse corpo percorre 3,0 m em 6,0 s.

a) Qual é a aceleração resultante do corpo?

b) Qual é a intensidade da força resultante sobre o corpo?

1 ■ A força constante de 2,0 N (é; pode ser; não é) igual à força resultante que atua sobre o corpo, pois as informações fornecidas (garantem; não garantem) que ela seja a única que atua na direção do movimento.

****

pode ser; não garantem

2 ■ Se não temos a certeza que ela seja igual à força resultante, (podemos; não podemos) utilizar a 2ª Lei de Newton para determinarmos a **aceleração resultante**.

****

não podemos

3 ■ Podemos sempre calcular a aceleração resultante utilizando as expressões que descrevem o movimento de objetos. Quais das variáveis são conhecidas: $\vec{a}$; $\vec{v}_i$; $\Delta\vec{d}$; Δt; $\vec{v}_F$?

****

$\vec{v}_i$; $\Delta\vec{d}$; Δt

4 ■ A expressão que relaciona as grandezas conhecidas com a aceleração resultante é $|\Delta\vec{d}|$ = ________________.

****

$|\vec{v}_i|\Delta t + \frac{1}{2} \cdot |\vec{a}| \cdot (\Delta t)^2$

5 ■ $|\vec{v}_i|$ = __________ ; Δt = __________ ; $|\Delta\vec{d}|$ = __________.
Calcule a intensidade da aceleração: ____________________.

****

0; 6,0 s; 3,0 m; $|\vec{a}| = \frac{1}{6,0}$ m/s²

6 ■ Calcule o valor da aceleração utilizando a 2ª Lei de Newton, admitindo que a força de 2,0 N seja a resultante: ______________________________________.

****

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{2,0\ \text{N}}{8,0\ \text{kg}} = 0,25\ \text{m/s}^2$$

7 ■ O resultado obtido para a aceleração pela aplicação da 2ª Lei de Newton nos informa que a força resultante tem intensidade (maior que; menor que; igual a) 2,0 N porque ______________________________.

****

menor que; a aceleração é menor que 0,25 m/s²

8 ■ A intensidade da força resultante será: ______________________.

****

$$|\vec{F}_R| = m \cdot |\vec{a}| = 8,0\ \text{kg} \cdot \frac{1}{6,0}\ \text{m/s}^2 = 1,3\ \text{N}$$

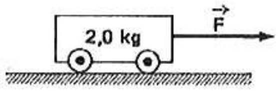
9 ■ Portanto, em sentido contrário à força de 2,0 N, atua uma força de ______________________.

****

intensidade aproximadamente 0,7 N

RESOLVA:

A ■ Um carrinho é puxado por uma força constante cujo módulo é 10,0 N. O objeto apresenta uma variação de velocidade igual a Δv = 5,0 m/s, enquanto a força atua por 2,0 s. Calcule:
a) a aceleração resultante;
b) a força resultante sobre o carrinho;
c) a intensidade da força de atrito.



****

$|\vec{a}|$ = 2,5 m/s²; $|\vec{F}_R|$ = 5,0 N; $|\vec{F}|$ = 5,0 N

B ■ Um corpo de massa 2,0 kg encontra-se em repouso sobre uma plataforma horizontal e rugosa. Uma força de intensidade de 12 N, horizontal e para a direita, passa a agir sobre ele. Observa-se que o corpo percorre 10,0 m em 2,0 s. Calcule: a) a aceleração resultante; b) a velocidade final do corpo; c) a intensidade da força resultante; d) a intensidade da força de atrito.

****

$|\vec{a}| = 5{,}0\ m/s^2$; $|\vec{v}_F| = 10\ m/s$; $|\vec{F}_R| = 10\ N$; $|\vec{f}| = -2{,}0\ N$

PROBLEMA 13: Determinar a intensidade da força resultante constante $\vec{F}$ necessária para acelerar uma massa de 100 kg, a partir do repouso, até a velocidade de 60 m/s ao longo de 90 m sobre uma superfície horizontal, onde a força retardadora do atrito é de 500 N.

1 ■ Para se determinar a intensidade da força $|\vec{F}|$, devemos antes calcular a ____________________.

****

intensidade da força resultante

2 ■ A intensidade da força resultante $|\vec{F}_R|$ = ________, pois o sentido da força de atrito é ________________.

****

$|\vec{F}| - 500$; contrário ao movimento

3 ■ O problema fornece os valores das seguintes variáveis cinemáticas:

________; ________; ________.

****

$|\vec{v}_i|$; $|\vec{v}_f|$; $|\Delta\vec{d}|$

4 ■ Para determinar a intensidade da força resultante, devemos calcular antes a ________________. Escreva uma expressão que relacione estas variáveis (item 3) com a aceleração: ____________________.

****

aceleração; $v_f^2 - v_i^2 = 2 \cdot |\vec{a}| \cdot |\Delta\vec{d}|$

5 ■ $|\vec{v}_i|$ = ____________ $|\vec{v}_f|$ = ____________ $|\Delta\vec{d}|$ = ____________.
Portanto, $|\vec{a}|$ = ____________ e $|\vec{F}_R|$ = ____________.

****

0; 60 m/s; 90 m; $20\ m/s^2$; $2{,}0 \times 10^3\ N$

6 ■ $|\vec{F}_R| = 2{,}0 \times 10^3\ N$ e $|\vec{F}_R| = |\vec{F}| - 500$; portanto, $|\vec{F}|$ = ________________.

****

$2{,}5 \times 10^3\ N$

RESOLVA:

A ■ Qual a intensidade da força necessária para acelerar um objeto de massa 5,00 kg de forma que ele percorra 15,0 m e ao fim deste deslocamento sua velocidade seja de 30,0 m/s, sabendo-se que a força retardadora do atrito possui intensidade $1{,}00 \times 10^3\ N$? Suponha que o objeto esteja inicialmente em repouso.

****

$|\vec{F}| = 1{,}15 \times 10^3\ N$

B ■ Um objeto de massa 5,0 kg percorre 12 m sobre uma superfície horizontal. A velocidade inicial é de 2,0 m/s e a final, 10 m/s. Qual foi a intensidade da força necessária para deslocá-lo, uma vez que a força retardadora do atrito tem intensidade 200 N?

****

$|\vec{F}| = 2,2 \times 10^2 N$

PROBLEMA 14: Sobre um corpo de massa 10,0 kg atuam apenas duas forças: $|\vec{F}_1| = 3,0 N$ e $|\vec{F}_2| = 4,0 N$, que fazem entre si um ângulo de 90°.

a) Construa um diagrama esquemático.

b) Calcule a intensidade da força resultante.

c) Calcule o valor da aceleração resultante do corpo.

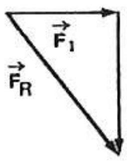
1 ■ Para calcular a intensidade da força resultante devemos primeiramente fazer a soma (escalar; vetorial) de ________ e ________

****

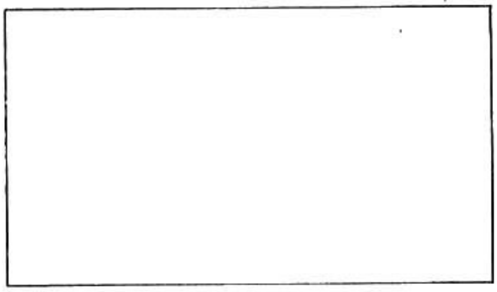
vetorial; $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$

2 ■ Construa ao lado o diagrama vetorial das forças (em escala) e determine o módulo da força resultante.

****



$\vec{F}_2$; $|\vec{F}_R| = 5,0 N$



Escala: 1,0 N = 5,0 mm

3 ■ A aceleração do corpo tem valor $|\vec{a}|$ = ________

****

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_R|}{m} = \frac{5,0 N}{10,0 kg} = 5,0 \times 10^{-1} m/s^2$$

4 ■ A direção e o sentido da aceleração resultante é ________

****

o mesmo da $\vec{F}_R$

RESOLVA:

A ■ Sobre um corpo atuam duas forças perpendiculares entre si. Uma possui módulo 8,0 N e a outra, 6,0 N. Se a massa do objeto for igual a 10,0 kg, calcule: a) a intensidade da força resultante; b) o módulo da aceleração resultante do sistema.

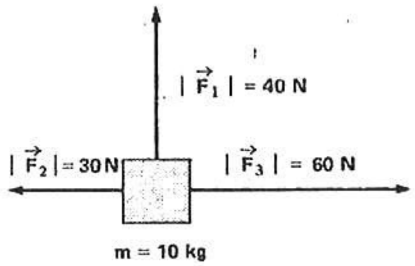
****

a) $|\vec{F}_R| = 10 N$; b) $|\vec{a}| = 1,0 m/s^2$

B ■ Sobre um corpo atuam três forças coplanares, conforme mostra a figura ao lado. Determine:

a) a intensidade da força resultante;

b) o módulo da aceleração resultante.



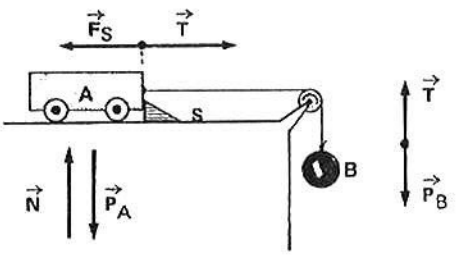
* * * * * * * * * * * *

a) $|\vec{F}_R| = 50$ N; b) $|\vec{a}| = 5{,}0$ m/s^2

Nos problemas analisados até então, a força de atração gravitacional sobre os objetos, isto é, o peso dos objetos, era equilibrada pela ação do apoio da superfície. Os objetos em análise apresentavam seu movimento na direção horizontal ou, melhor dizendo, **aceleração resultante na direção horizontal.**

Veremos agora problemas nos quais os pesos dos objetos são considerados. Analisaremos, então, problemas nos quais pelo menos um dos objetos apresenta movimento na direção vertical.

PROBLEMA 15:



Na figura ao lado, o carrinho A, de massa M_A, encontra-se ligado a B, de massa M_B, por intermédio de um fio que passa por uma roldana. O carrinho A é impedido de se movimentar pelo suporte S. O sistema encontra-se num local onde o campo gravitacional é g_0.

Calcular:

a) a intensidade da aceleração resultante do sistema;

b) a intensidade da tração $\vec{T}$ no fio.

1 ■ O sistema encontra-se em __________________ e portanto sua aceleração é (zero; diferente de zero).

* * * * * * * * * * * *

repouso; zero

2 ■ A gravidade atrai o carrinho A para __________________ com uma força denominada __________________ ou __________________. Seu valor é calculado pela expressão $\vec{P}_A =$ __________________. Como o carrinho A (movimenta-se; não se movimenta) na direção vertical, o peso $\vec{P}_A$ (é; não é) equilibrado pelo apoio da superfície. Na figura, o vetor $\vec{N}$ representa a __________________ do apoio e sua intensidade é __________________, porém o sentido é __________________ ao do peso $\vec{P}_A$.

* * * * * * * * * * * *

baixo; força gravitacional; peso; $m_A \cdot g_0$; não se movimenta; é; força; igual; oposto.

3 ■ O fio que liga os dois corpos, sob a ação do __________________ do corpo B fica sob tração, isto é, ao longo do fio atua uma força denominada __________________, que na figura é simbolizada pelo vetor __________. A tração $\vec{T}$ atua no sentido de puxar __________________ e puxar o bloco B para (baixo; cima), isto é, segurá-lo.

* * * * * * * * * * * *

peso; tração; $\vec{T}$; o carrinho A para a direita; para cima

4 ■ Como o sistema encontra-se em ______________, tanto a aceleração de A como a de B é __________. Portanto, a força resultante sobre cada corpo é ______________.

* * * * * * * * * * * *

repouso; nula; nula

5 ■ Como a força resultante sobre B é ______________, então a intensidade da tração $\vec{T}$ deve ser (maior que; menor que; igual a) o peso do bloco B, porém, como mostra a figura, seu sentido é ______________. Em módulo: __________ = __________.

* * * * * * * * * * * *

zero; igual a; oposto ao peso $\vec{P}_B$; $|\vec{T}|$; $|\vec{P}_B|$

6 ■ Como $\vec{F}_{R(B)} = 0$, então ($\vec{T} = -\vec{P}_B$; $\vec{T} = +\vec{P}_B$); o sinal negativo significa que $\vec{T}$ e $\vec{P}_B$ possuem sentidos ________.

* * * * * * * * * * * *

$\vec{T} = -\vec{P}_B$; opostos

7 ■ Em valor ou em módulo, $|\vec{T}| = |\vec{P}_B|$; como $|\vec{P}_B| =$ ______________, logo, $|\vec{T}| =$ ______________.

* * * * * * * * * * * *

$M_B g_o$; $M_B g_o$

8 ■ Com relação ao carrinho A, $F_{R(A)} =$ ______________. Portanto, para a direita atua uma força $\vec{T}$ cuja intensidade é ______________ e para a esquerda o suporte S exerce uma força que na figura é representada pelo vetor __________. A intensidade da força exercida pelo suporte S sobre o carrinho A é então $|\vec{F}_S| =$ ________.

* * * * * * * * * * * *

0; $M_B g_o$; $\vec{F}_S$; $M_B g_o$

9 ■ Resumindo, a resposta ao item a) é: ______________________________

____

e ao item b) é: ______________________________

______________________________.

* * * * * * * * * * * *

a aceleração do sistema é zero, pois o carrinho A é impedido de se movimentar, tanto na horizontal como na vertical; a tração no fio possui intensidade igual a $M_B g_o$. (Se não fosse o suporte S a tração no fio seria menor que $M_B \cdot g_o$.)

RESOLVA:

A ■ Um lustre de massa 10,0 kg encontra-se pendurado no teto de uma residência por intermédio de um fio. Se o campo gravitacional no local for igual a 10,0 N/kg, qual é a tração do fio?

* * * * * * * * * * * *

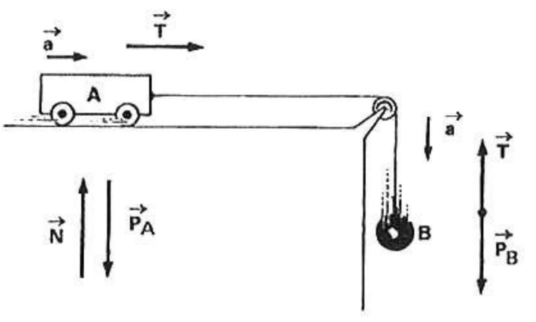
$|\vec{T}| = 100$ N

B ■ Considere o enunciado da questão anterior. Se o fio que o prende ao teto soltar-se, qual é, agora, a tração que ele suporta?

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{T}| = 0$ (o lustre está em queda livre)

PROBLEMA 16:



A figura ao lado representa o mesmo sistema apresentado no problema anterior. Agora, o suporte S foi retirado e o sistema entra em movimento. A massa de A é $m_A = 4{,}5$ kg e a de B, $m_B = 0{,}50$ kg.

O campo gravitacional possui valor $|\vec{g}_0| = 9{,}8$ N/kg e, para simplificarmos o problema, o atrito é desprezado.

Calcular:

a) o valor da aceleração resultante;

b) a intensidade da tração T no fio.

1 ■ Já analisamos que na direção vertical o carrinho A apresenta força resultante ______________, pois seu peso $\vec{P}_A$ é ____ .

****

zero; equilibrado pela força exercida pelo apoio

2 ■ Em virtude do atrito ser desprezível, o sistema possui livre movimento. O sistema sob a ação do peso do bloco ___________ será acelerado. A aceleração é para a direita, com relação ao carrinho, e para (cima; baixo), com relação ao bloco B.

****

B; baixo

3 ■ Analisemos as forças sobre o carrinho A na direção do movimento. Em virtude da força do atrito ser _________, a única força que efetivamente atua sobre A é a ________________________. Portanto, de acordo com a ________________________, ele ficará com uma aceleração de tal forma que $\vec{F}_R$ = _____________. Como a força resultante no caso é a própria tração $\vec{T}$, então $\vec{T}$ = ______________.

****

nula; tração $\vec{T}$ do fio; 2ª Lei de Newton; $m_A \cdot \vec{a}$; $m_A \cdot \vec{a}$

4 ■ A aplicação da 2ª Lei de Newton sobre o carrinho nos fornece uma primeira equação: T = _____________. Como nós não conhecemos a tração $\vec{T}$ e a aceleração $\vec{a}$, necessitamos de mais uma equação, pois como temos duas incógnitas é necessário duas equações para sua solução.

****

$m_A \cdot |\vec{a}|$

5 ■ Analisemos agora o bloco B. O bloco está acelerado (para baixo; para cima); logo, o peso $\vec{P}_B$ do bloco deve ser (maior que; menor que; igual a) a tração $\vec{T}$ no fio.

****

para baixo; maior que

6 ■ Se o peso $\vec{P}_B$ tivesse intensidade igual a da tração $\vec{T}$, como elas são de sentidos ________________, a força resultante sobre B seria ______________ e a aceleração resultante conseqüentemente ______________.

****

opostos; nula; também seria nula

7 ■ Como a aceleração resultante é $\neq 0$, ($\vec{F}_{R(B)} = 0$; $\vec{F}_{R(B)} > 0$) e em termos das forças que atuam na direção do movimento, a força resultante sobre o bloco B terá intensidade: $|\vec{F}_{R(B)}| =$ ______________ (em termos de $|\vec{P}_B|$ e $|\vec{T}|$).

* * * * * * * * * * * *

$\vec{F}_{R(B)} > 0$; $|\vec{P}_B| - |\vec{T}|$ (O sinal é negativo em virtude dos sentidos serem opostos)

8 ■ $|\vec{F}_{R_{(B)}}| = |\vec{P}_B| - |\vec{T}|$ ou $|\vec{P}_B| - |\vec{T}| =$ ______________ (em termos da massa e da aceleração resultante)

* * * * * * * * * * * *

$m_B \cdot |\vec{a}|$

9 ■ A aplicação da (1ª; 2ª) Lei de Newton sobre o bloco B nos fornece a segunda equação necessária para a resolução do problema. Tal equação é: ______________ .

* * * * * * * * * * * *

2ª; $|\vec{P}_B| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$

10 ■ Equação 1: ______________ .
Equação 2: ______________ .

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{T}| = m_A \cdot |\vec{a}|$ e $|\vec{P}_B| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$

11 ■ $|\vec{P}_B| =$ ______________ (em termos de m_B e $|\vec{g}_0|$); logo, a equação 2 poderá ser escrita: ______________ .

* * * * * * * * * * * *

$m_B \cdot |\vec{g}_0|$; $m_B \cdot |\vec{g}_0| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$

12 ■ $m_B \cdot |\vec{g}_0| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$
$|\vec{T}| = m_A \cdot |\vec{a}|$

Resolva para $|\vec{a}|$: $|\vec{a}| =$ ______________ (em função de m_A, m_B, e $|\vec{g}_0|$)
Resolva para $|\vec{T}|$: $|\vec{T}| =$ ______________ (em função de m_A, m_B, e $|\vec{g}_0|$)

* * * * * * * * * * * *

$\frac{m_B \cdot |\vec{g}_0|}{m_A + m_B}$; $\frac{m_A \cdot m_B |\vec{g}_0|}{m_A + m_B}$

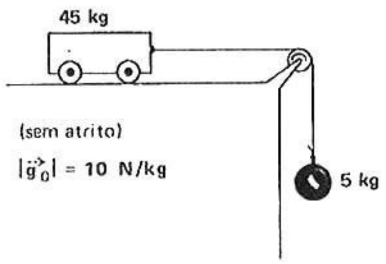
13 ■ Dê os resultados numéricos para a aceleração e a tração: ______________ .

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}| = 0{,}98\ m/s^2$; $|\vec{T}| = 4{,}4\ N$

RESOLVA:

A ■ Considere o sistema ao lado.
a) Qual é a tração no fio, se o sistema está impedido de se movimentar? Qual é a aceleração?
b) Se o sistema for abandonado, qual será a tração no fio? Qual será a nova aceleração?



* * * * * * * * * * * *

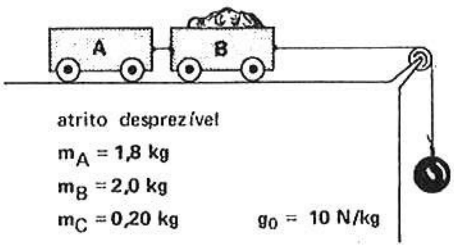
$|\vec{T}| = 50\ N$ e $|\vec{a}| = 0$; $|\vec{T}| = 45\ N$ e $|\vec{a}| = 1{,}0\ m/s^2$

B ■ No sistema ao lado calcule:

a) a aceleração de A;

b) a tração no fio que liga A e B;

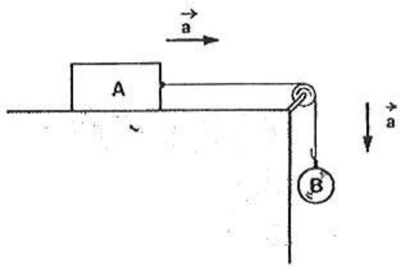
c) a tração no fio que liga B e C.



* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}_A| = 0,50\ m/s^2$; $|\vec{T}_{AB}| = 0,90$ N; $|\vec{T}_{BC}| = 1,9$ N

PROBLEMA 17:



O sistema representado na figura ao lado movimenta-se com aceleração constante cujo módulo é $0,50\ m/s^2$. O atrito na roldana é desprezível e as massas são respectivamente:

$m_A = 2,0$ kg e $m_B = 0,20$ kg.

Supondo, por simplificação, que o campo gravitacional tenha módulo 10,0 N/kg, calcule:

a) a intensidade da força de atrito entre o bloco A e a superfície de apoio;

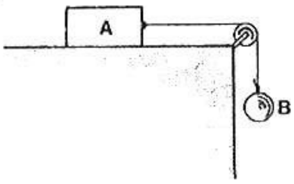
b) a intensidade da tração no fio.

1 ■ Primeiramente, devemos identificar as ______________ que atuam sobre os blocos.

* * * * * * * * * * * *

forças

2 ■



Coloque, na figura ao lado, as forças que atuam sobre os blocos e identifique-as pelos seus respectivos nomes.

* * * * * * * * * * * *

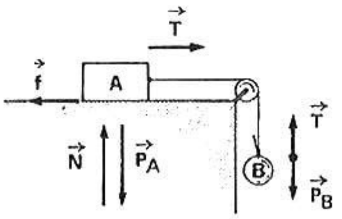
$\vec{T}$ tração no fio

$\vec{P}_A$ peso do bloco A

$\vec{P}_B$ peso do bloco B

$\vec{N}$ força do apoio sobre A

$\vec{f}$ força de atrito



3 ■ As forças $\vec{T}$ e $\vec{P}_B$, que atuam sobre o bloco B (equilibram-se; não se equilibram), mas as forças $\vec{P}_A$ e $\vec{N}$ ______________ ______________ porque ______________ ______________.

* * * * * * * * * * * *

não se equilibram; anulam-se ou equilibram-se; o bloco A não possui aceleração resultante na vertical

4 ■ Bloco B: A força $\vec{T}$ possui intensidade (maior; menor) que $\vec{P}_B$ porque o bloco B possui aceleração resultante (para cima; para baixo) portanto, no sentido da força de maior ______________.

* * * * * * * * * * * *

menor; para baixo; intensidade ou módulo

5 ▪ Bloco B: Se $\vec{P}_B > \vec{T}$, então $\vec{F}_{R(B)} = \vec{P}_B + \vec{T}$, mas o módulo da força resultante sobre **B** será dado por: $|\vec{F}_{R(B)}| =$ ______________________.

Explique o sinal negativo: ______________________.

****

$|\vec{P}_B| - |\vec{T}|$; O sinal é negativo porque as forças possuem sentidos opostos.

6 ▪ Bloco B: Portanto, aplicando a 2ª Lei de Newton, teremos:

______________________ = ______________________.

****

$|\vec{P}_B| - |\vec{T}| = m_B \cdot |\vec{a}|$

7 ▪ Bloco B: $|\vec{P}_B| =$ ____________ (em termos de m_B e g_0); logo, $m_B \cdot |\vec{a}| =$ ____________.

****

$m_B \cdot |\vec{g}_0|$; $m_B \cdot |\vec{g}_0| - |\vec{T}|$ (1ª equação)

8 ▪ Bloco A: Este bloco movimenta-se na (horizontal; vertical). A força $\vec{T}$ possui módulo (maior; menor) que a força de atrito $\vec{f}$ porque ______________________

______________________.

****

horizontal; maior; a aceleração resultante em A é no sentido da força $\vec{T}$

9 ▪ Bloco A: Se $|\vec{T}| > |\vec{f}|$, então $|\vec{F}_{R(A)}| =$ ______________________.

****

$|\vec{T}| - |\vec{f}|$

10 ▪ Bloco A: Em termos de $|\vec{f}|$; $m_A \cdot |\vec{a}|$; $|\vec{T}|$, podemos escrever a equação relativa à 2ª Lei de Newton: $|\vec{T}| - |\vec{f}| =$ ______________ (2ª equação)

****

$m_A \cdot |\vec{a}|$

11 ▪ Portanto:

Equação I: ______________

Equação II: ______________

****

$m_B \cdot |\vec{a}| = m_B \cdot |\vec{g}_0| - |\vec{T}|$

$m_A \cdot |\vec{a}| = |\vec{T}| - |\vec{f}|$

12 ▪ Os valores desconhecidos nas equações acima são: ______________________.

****

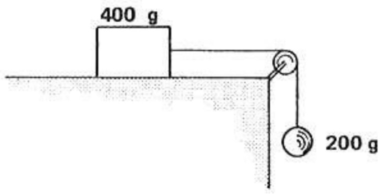
$|\vec{T}|$ e $|\vec{f}|$

13 ▪ Substituindo os valores conhecidos, você poderá resolver o sistema de equações para as incógnitas.

****

$|\vec{f}| = 0,9$ N e $|\vec{T}| = 1,9$ N

RESOLVA:

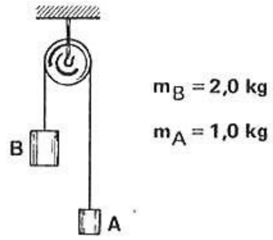


Dois objetos indicados na figura ao lado estão ligados entre si por um fio que passa por uma polia onde o atrito é desprezível. A força retardadora do atrito entre o plano e o objeto que se move em cima dele é de 0,098 N. Admita que o campo gravitacional tenha módulo $|g_0| = 9{,}8$ N/kg. Calcule: a) a aceleração de cada objeto; b) a intensidade da tração do fio.

****

$|\vec{a}| = 3{,}1\ m/s^2$; $|\vec{T}| \cong 1{,}35$ N

PROBLEMA 18:



Dois corpos **A** e **B** estão unidos por um fio que passa por uma roldana fixa em um suporte e são abandonados na situação esquematizada pela figura ao lado. Admite-se que o atrito na roldana seja desprezível e que o campo gravitacional no local da experiência tenha módulo $|g_0| = 10{,}0$ N/kg.

Calcule:

a) o módulo da aceleração resultante no sistema;

b) a intensidade da tração no fio.

---

1 ▪ Tanto **A** como **B** movimenta-se na direção ________________ e portanto o peso de cada corpo (é; não é) relevante na resolução do problema.

****

vertical; é

2 ▪ Se A e B possuíssem massas iguais, a aceleração resultante no sistema seria ________________. Entretanto, como m_A = __________ e m_B = __________, o corpo **B** irá (subir; descer) com aceleração (igual a; diferente de) zero. Tal acontece porque o peso de **B** é maior que o de **A**.

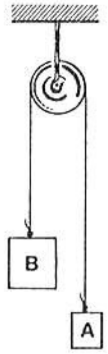
****

zero; 1,0 kg; 2,0 kg; descer; diferente de

3 ▪ Seja $|\vec{a}|$ o módulo da aceleração resultante no sistema. Então, o corpo **B** descerá com aceleração de módulo ______________ e A ______________________________.

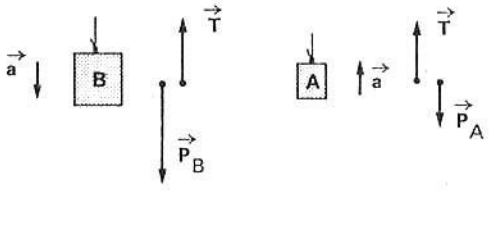
****

$|\vec{a}|$; subirá com aceleração de módulo $|\vec{a}|$

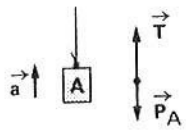


4 ▪ Identifique, na figura ao lado, construindo os vetores que as representam, as forças que atuam sobre cada corpo. Indique também a aceleração de cada um.

****



5 ■



Na figura ao lado "isolamos" o bloco **A**. Como a sua aceleração é vertical e para cima, **T** deve ser (maior que; menor que; igual a) P_A. Logo, a força resultante sobre **A** pode ser escrita:

(vetorialmente): $\vec{F}_{R_{(A)}}$ = ______________________.

(em módulo): $|\vec{F}_{R_{(A)}}|$ = ______________________.

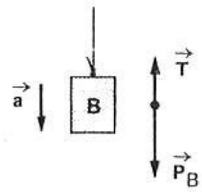
* * * * * * * * * * * *

maior que; $\vec{T} + \vec{P}_A$; $|\vec{T}| - |\vec{P}_A|$ (O sinal é negativo porque $\vec{T}$ e $\vec{P}_A$ possuem sentidos opostos.)

6 ■ Na figura ao lado, "isolamos" o corpo __________. Como a sua aceleração resultante é vertical e para ____________, $\vec{T}$ deve ser menor que ______________. Logo, a força resultante sobre **B** pode ser expressa pela equação:

(vetorial): ________________________,

(em módulo): ________________________.



* * * * * * * * * * * *

B; baixo; $\vec{P}_B$; $\vec{F}_{R_{(B)}} = \vec{T} + \vec{P}_B$; $|\vec{F}_{R_{(B)}}| = |\vec{P}_B| - |\vec{T}|$

7 ■ Arranje as equações convenientes e resolva para $|\vec{a}|$ e $|\vec{T}|$.

* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}| = \frac{10}{3}$ m/s² e $|\vec{T}| = \frac{40}{3}$ newtons

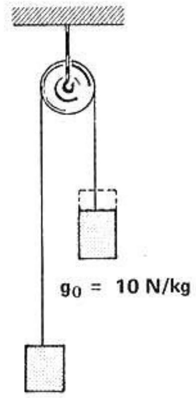
RESOLVA:

Duas massas de 4,0 kg cada uma estão presas às extremidades de um fio que passa por uma polia onde o atrito é desprezível. Se 2,0 kg for adicionada a uma das massas:

a) qual será o módulo da aceleração de cada massa?

b) qual será a intensidade da tração no fio?

c) qual será a duração do tempo de queda da massa maior, se cair por 2,0 metros?

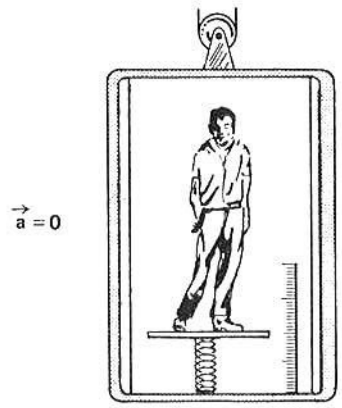


* * * * * * * * * * * *

$|\vec{a}| = 2{,}0$ m/s²; $|\vec{T}| = 48$ N; $t \cong 1{,}4$ s

PROBLEMA 19: Na figura ao lado está representado um elevador que possui aceleração resultante nula, isto é, ou ele está parado ou em MRU (subindo ou descendo com velocidade constante).

Qual é a intensidade da força exercida pela mola, se o peso do homem é 600 newtons?



1 ■ O elevador, e portanto todos os pontos que lhe pertencem, possui aceleração ______________. De acordo com a 1ª Lei de Newton, a tendência do conjunto é ____.

★★★★★★★★★★★★

nula; conservar seu estado de movimento

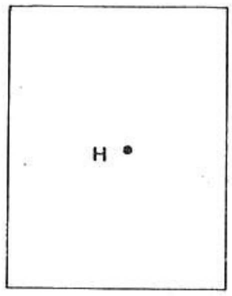
2 ■ Vamos analisar as forças que atuam sobre o homem:

a) A Terra atrai o homem verticalmente para baixo com uma força que é seu ______________.

b) A mola suporta então seu peso, portanto ela exercerá uma ____________ verticalmente para ________________.

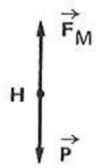
Como a aceleração resultante é nula, o peso do homem (é; não é) equilibrado pela força da ________________.

Desenhe no quadro, a partir do ponto H que representa o homem, as forças que atuam sobre o indivíduo.



★★★★★★★★★★★★

peso; força; cima; é; mola,



3 ■ Podemos então escrever que: $\vec{F}_{R(H)}$ = ____________ (vetorialmente) e em módulo, $|\vec{F}_{R(H)}|$ = ________

★★★★★★★★★★★★

$\vec{p} + \vec{F}_m$; $|\vec{p}| - |\vec{F}_m|$ (O sinal é negativo porque os sentidos são opostos.)

4 ■ Como a aceleração do elevador é nula, a aceleração do homem também é nula; logo, a força resultante sobre o homem será ________________ . Então: $|\vec{p}| - |\vec{F}_m|$ = ______________.

★★★★★★★★★★★★

nula; 0

5 ■ Logo, $|\vec{F}_m|$ = ________________ (em termos do peso) e $|\vec{F}_m|$ = ________________ (numérico).

★★★★★★★★★★★★

$|\vec{p}|$; 600 N

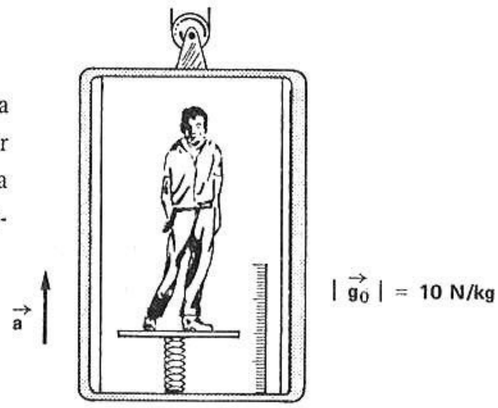
6 ■ Na escala que acompanha a mola leremos portanto: ________________ .

★★★★★★★★★★★★

600 N

PROBLEMA 20: O mesmo homem encontra-se em cima da mola dentro do elevador (figura ao lado). O elevador começa a subir com aceleração $\vec{a}$. Determinar a expressão da força que a mola exerce sobre o homem.

(massa do homem = 60 kg)



1 ■ O homem possuirá uma aceleração resultante dirigida verticalmente para ____________ igual a: __________.

****

cima; $\vec{a}$

2 ■ Logo, a força resultante sobre o homem (será; não será) nula. A força resultante está dirigida verticalmente para ________________ no mesmo sentido da aceleração.

****

não será; cima

3 ■ Sobre o homem atuam duas forças: o ______________ e a ______________. O peso está dirigido verticalmente para baixo e a força da mola, verticalmente para cima. Já vimos que a resultante está dirigida ________ ____________________, logo a força que a mola exerce (é; não é) maior que o peso.

****

peso; força da mola; verticalmente para cima; é

4 ■ Se o elevador estivesse parado, $|\vec{F}_m| =$ peso. Quando o elevador começa a subir com aceleração, a força da mola fica maior que o peso. Vamos verificar como isto sucede: a 1ª Lei de Newton diz que a __________ de qualquer ________________ é ________________ seu estado de ________________; quando o elevador sobe com aceleração, a tendência do homem é permanecer no mesmo local do espaço; logo, ele será empurrado para cima. Como ele tende a ficar no lugar e a mola o empurra para cima, a mola apresentará uma deformação (maior; menor) que a original.

****

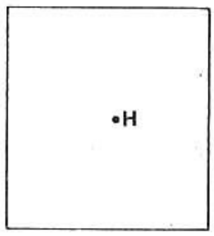
tendência; objeto; manter; movimento; maior

5 ■ Como a deformação aumenta, a força que a mola irá exercer será ________________.

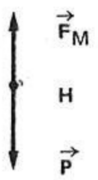
****

maior

6 ■ No quadro ao lado, H representa um homem. Desenhe, a partir de H, as forças que atuam neste ponto.



****



7 ■ Observando a figura que representa os vetores forças, verificamos que $\vec{F}_{R(H)} =$ ______________ (vetorialmente) e $|\vec{F}_{R(H)}| =$ ________________.

****

$\vec{P} + \vec{F}_m$; $|\vec{F}_m| - |\vec{P}|$

8 ■ Já sabemos que $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, logo $\vec{F}_{R(H)} =$ ______________.

****

$m_H \cdot \vec{a}$

9 ■ Logo, em módulo, ______________ $= |\vec{F}_m| - |\vec{P}|$

****

$m_H \cdot |\vec{a}|$

10 ■ Portanto, podemos escrever que: $|\vec{F}_m| =$ ______________________ .

****

$m_H \cdot |\vec{a}| + |\vec{P}|$

11 ■ Sabendo-se que $m_H = 60$ kg, $|\vec{g}_0| = 10$ N/kg, $|\vec{a}| = 2{,}0$ m/s², determine $|F_m|$

$|F_m| =$ ______________________ .

****

$|\vec{F}_m| = m_H \cdot |\vec{a}| + m_H \cdot |\vec{g}_0|$

$|\vec{F}_m| = m_H(|\vec{a}| + |\vec{g}_0|) = 60\ \text{kg}\,(2{,}0\ \text{m/s}^2 + 10\ \text{m/s}^2) = 720\ \text{N}$

SEÇÃO 9 – PROBLEMAS

1 ■ Quando uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto que possui ampla liberdade de movimento, qual é a aceleração resultante, se a massa do objeto é 1,0 kg?

2 ■ Uma força de 1,0 newton atua sobre um objeto de peso 1,0 newton. Se ele possui ampla liberdade de movimento, qual é o módulo da aceleração resultante sobre o objeto? $|\vec{g}_0| \cong 10$ N/kg

3 ■ Um automóvel de massa 2 000 kg acelera de 20 m/s para 30 m/s num intervalo de tempo igual a 1 s. Determine a intensidade da força aceleradora resultante.

4 ■ Um homem encontra-se sobre uma balança calibrada em newtons dentro de um elevador. A escala da balança acusa 600 newtons. Quando o elevador começa a se movimentar, a escala acusa 800 newtons. Qual é o sentido do movimento do elevador? Justifique.

5 ■ Um elevador de massa 2 400 kg é suportado por um cabo de aço que pode aguentar com segurança uma tração de 30 000 newtons. Qual é a máxima aceleração, dirigida verticalmente para cima, que o elevador pode desenvolver? Supor $|\vec{g}_0| \cong 10$ N/kg

6 ■ Uma caixa movimenta-se com uma velocidade inicial de 5,0 m/s sobre uma superfície horizontal e percorre 12,5 m antes de parar. Supondo que a massa da caixa seja 2,0 kg, qual é a intensidade da força retardadora do atrito?

7 ■ Um bloco é puxado com uma força constante de módulo 8,0 N, dirigida horizontalmente para a esquerda. Sendo 4,0 kg a massa do bloco e zero a sua velocidade inicial:

a) qual é a intensidade da aceleração resultante?

b) qual é a velocidade do bloco depois de 2,0 s?

c) qual é o deslocamento do bloco depois de 2,0 s?

8 ■ Um homem puxa um objeto de 100 kg sobre uma superfície sem atrito de modo que sua aceleração seja 4,0 m/s². Qual é a força aplicada sobre o objeto?

9 ■ Considere o mesmo enunciado da questão 8. Suponha que o homem esteja puxando o objeto com um cabo de massa 5,0 kg. Qual é o módulo da força que o homem deve exercer, de modo que o objeto possua ainda aquela aceleração?

10 ■ No caso do problema 9. Qual é a tração ao longo do cabo?

11 ■ Após a reentrada na superfície, um astronauta de 80 kg de massa é recolhido no mar por intermédio de um helicóptero. Quando o helicóptero o acelera verticalmente para cima a 0,50 m/s^2, qual é a tração no cabo que o segura? $|\vec{g}_0| = 10$ N/kg.

12 ■ Uma massa de 100 g é suspensa por intermédio de uma mola a um balão. Qual será a força da mola quando o balão subir a 2,0 m/s^2?

RESPOSTAS

1 ■ 1,0 N/kg;	2 ■ 10 N/kg;	3 ■ 2×10^4 N	4 ■ vertical ascendente
5 ■ 2,5 N/kg	6 ■ 2,0 N	7 ■ a) 2,0 N/kg b) 4,0 m/s c) 4,0 m	8 ■ $4,0 \times 10^2$ N
9 ■ $4,2 \times 10^2$ N	10 ■ $4,0 \times 10^2$ N	11 ■ $8,4 \times 10^2$ N	12 ■ 1,2 N

SEÇÃO 10 – GALILEO E A CINEMÁTICA – HISTÓRICO

1. ARISTÓTELES E A QUEDA LIVRE DOS CORPOS

A Cinemática originou-se do estudo de Galileo Galilei (1564-1642) sobre a queda livre dos corpos. Antes de Galileo, as idéias mais aceitas sobre esse assunto eram as de Aristóteles (384 - 322 a.C.), filósofo grego. Observador arguto da Natureza, Aristóteles viu em geral os corpos pesados caírem com maior velocidade que os mais leves. Aliando suas idéias metafísicas a essas observações, ele formulou as seguintes leis:

a) um corpo abandonado no ar movimenta-se com uma velocidade proporcional a seu peso;

b) essa velocidade é inversamente proporcional à densidade do meio onde se efetua o movimento.

Estas asserções foram consideradas verdadeiras durante um longo tempo. Aproximadamente dois mil anos.

Todavia, no século XVI, elas começaram a ser duvidadas seriamente. Nessa época, a Ciência se transformou. De uma matéria puramente ornamental passou a ser algo fortemente ligado aos problemas práticos e tecnológicos. Desse modo, as conclusões obtidas de uma pura e simples observação já não bastavam. Era necessário maior precisão, maior dinamismo na investigação científica.

2. O PAPEL DO AR NA QUEDA DOS CORPOS

Galileo refez as observações de Aristóteles. Os corpos mais pesados caem sem dúvida com velocidades maiores, mas não o fazem na proporção dos seus pesos. Um corpo dez vezes mais pesado não cai dez vezes mais rápido. Além disso, se os dois corpos são pesados, embora de pesos diferentes, as suas quedas se dão da mesma forma, quase simultaneamente. Ele notou então a importância do ar nesse movimento. Não seria a resistência do ar o responsável pela diferença de comportamento entre os corpos pesados e os leves? Se assim fosse, para conhecer a relação entre o peso e a velocidade, seria necessário eliminar esse fator de perturbação. Em outras palavras, Galileo estabeleceu artificialmente as condições de observação. Não sendo possível eliminar completamente o ar, Galileo realizou as experiências, primeiro em um meio muito denso e depois em um outro pouco denso, para em seguida comparar os resultados. Concluiu que, quanto menos denso é o meio, menor é a discrepância de comportamento entre os corpos leves e os pesados na queda. Ou seja, eles caem praticamente com a mesma velocidade. Em conseqüência, no vácuo, essas velocidades seriam iguais.

3. A ORIGEM DA CINEMÁTICA

Em seguida, Galileo se empenhou na descrição matemática da queda livre. Verificou que, usando uma esfera metálica lisa e pesada, a resistência do ar poderia ser praticamente eliminada. Realizando experiências e utilizando-se dessas esferas, observou o aumento da velocidade à medida que o corpo caía. Tentou determinar com precisão essa variação da velocidade. Entretanto, não se dispunha, na época, de instrumentos capazes de medir diretamente as velocidades. Engenhosamente, ele procurou estabelecer relações entre a velocidade, o espaço percorrido e o tempo, pois essas duas últimas grandezas eram mensuráveis.

Com esse procedimento, Galileo analisou lógica e sistematicamente o fenômeno do movimento. Inicialmente, definiu o movimento retilíneo uniforme como: "um movimento retilíneo que em tempos iguais e arbitrários são percorridas distâncias iguais".

Depois de esclarecer as propriedades desse movimento, pesquisou o fenômeno da queda, considerando-o uniformemente acelerado. Ao fazer isso, ele estava colocando duas hipóteses:

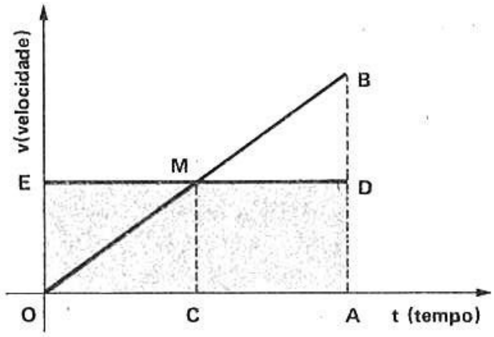
a) a aceleração é constante para qualquer corpo em queda livre no vácuo;

b) a velocidade aumenta proporcionalmente com o tempo da queda.

Pela hipótese **b**, pode-se escrever:

$v = a \cdot t$, onde a é a constante de proporcionalidade.

Galileo comparou graficamente o movimento retilíneo uniforme com o acelerado.



No eixo das abscissas coloca-se o tempo **t** e no das ordenadas a velocidade **v**. A equação $v = a \cdot t$ é representada então pela reta $\overline{OB}$. Por outro lado, o movimento retilíneo uniforme com a velocidade $v' = \frac{1}{2} v$ é representado na figura pela reta $\overline{ED}$, sendo $\overline{AD} = \frac{1}{2} AB$. O espaço percorrido nesse caso é $v' \cdot t$ e é representado pelo retângulo OADE. Pela figura, pode-se ver, então, a existência de um relacionamento entre o movimento uniforme e o acelerado, pois os triângulos OME e MDB são iguais. Por isso, as áreas do retângulo OADE e do triângulo OAB são iguais. Pode-se então escrever o espaço percorrido s no movimento uniformemente acelerado:

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t$$

como $\quad v = a \cdot t$

tem-se $\quad s = \frac{1}{2} a t^2$

No caso particular da queda livre, simbolizando-se a aceleração da gravidade por **g**, tem-se:

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

Num tempo $t = 1$, $s_1 = \frac{1}{2} g$; $t = 2$, $s_2 = \frac{1}{2} g \cdot 4$; $t = 3$, $s_3 = \frac{1}{2} g \cdot 9$; $t = 4$, $s_4 = \frac{1}{2} g \cdot 16$; $t = 5$, $s_5 = \frac{1}{2} g \cdot 25$.

Isso significa que no primeiro tempo 1 o móvel anda $s_1 = \frac{1}{2} g$, e no tempo 1 seguinte ele se locomove $s_2 - s_1 = 4\frac{1}{2} g - \frac{1}{2} g = 3\frac{1}{2} g = 3 s_1$.

Prosseguindo o mesmo raciocínio, tem-se:

$s_3 - s_2 = 5s_1$, $s_4 - s_3 = 7s_1$, $s_5 - s_4 = 9s_1$ e assim por diante.

Portanto, na queda livre, as distâncias percorridas em tempos iguais formam a série de números ímpares.

4. COMPROVAÇÃO EXPERIMENTAL

Desta forma, encontrando a relação entre o tempo e o espaço, faltaria apenas efetuar as medidas. Ao tentar realizá-las, Galileo encontrou ainda uma dificuldade adicional: os movimentos eram rápidos demais na queda. Era impossível realizar as medições naquelas condições. Novamente, usou o raciocínio teórico e chegou à conclusão que o movimento no plano inclinado obedecia às mesmas leis da queda.

Como as velocidades eram menores no plano inclinado, as experiências puderam ser realizadas. A confirmação da relação da série de números ímpares foi plenamente satisfatória. Era o despertar do método científico moderno.

impres
Impressão
Acabamento
Rua Cadete, 209 - São Paulo
Tels.: 67-7905 — 67-3585