

Dinâmica

Assunto: Leis de Newton

Aula 01 – As 3 leis de Newton

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 01](#)

Princípios da Dinâmica

Dinâmica: É a parte da Mecânica que analisa os movimentos, fazendo as relações entre causas e efeitos.

O estudo dos movimentos que relacionam as causas e os efeitos é a essência da Dinâmica. Conceitos primitivos como os de **força** e de **energia** serão associados aos movimentos, além dos conceitos já estudados na Cinemática. Portanto, daqui em diante, as razões pelas quais os móveis adquirem ou modificam suas velocidades passarão a ser estudadas e relacionadas com as respectivas consequências.

Força: Para se compreender o conceito de força, que é algo intuitivo, pode-se basear em dois tipos de efeitos, dos quais ela é a causa:

Deformação: efeito estático da força; o corpo sofre uma modificação em seu formato, sob a ação da força.

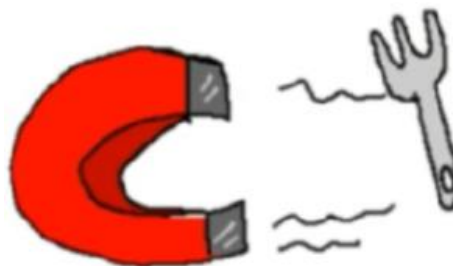
Aceleração: efeito dinâmico da força, em que o corpo altera a sua velocidade vetorial, isto é, varia pelo menos umas das seguintes características da velocidade: direção, sentido e módulo, quando sujeito à ação da força.

A força pode surgir em 2 tipos diferentes, a força de **Campo** e a força de **Contato**.

A força de Campo age sem a necessidade do contato, ou seja, age a distância. Como exemplos temos a força gravitacional e a força magnética (de um ímã).



Força gravitacional



Força magnética

Já a força de contato obrigatoriamente deve haver um ponto de contato entre os agentes que interagem diretamente:



Passaremos agora a estudar propondo a responder a uma pergunta, talvez das mais antigas feitas pelo homem: **como se relacionam forças e movimento?**

Uma das respostas, dada por Aristóteles (século IV a.C.), pode ser sintetizada como se segue: **é impossível a um corpo se deslocar na ausência de forças.** À primeira vista, essa parece resumir de forma simples um fato bem conhecido. Esse fato pode ser, por exemplo, puxar uma cadeira: enquanto você a puxa, ela anda; ao você parar de puxar, ela para.

Entretanto, se nos prendermos a análises desses tipos, imediatistas e simplórias, seremos levados a acreditar que a conclusão de Aristóteles estava certa. E essa conclusão perdurou por aproximadamente 2 000 anos, pois apenas no fim do século XVI, com Galileu, e no século XVII, com Newton, é que caíram por terra os postulados aristotélicos do movimento.

⇒ LEIS DO MOVIMENTO DE NEWTON:

Então, como se relacionam força e movimento? A resposta só poderá ser dada, na sua forma mais clara, após a apresentação das leis do movimento de Newton, que passaremos a analisar a seguir.

1ª Lei de Newton (princípio da inércia):

Quando a resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula, esse corpo permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU).

Antes de passarmos à discussão das ideias contidas nesse primeiro princípio, vejamos o significado de suas palavras. A expressão “resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula” é, para nós, sinônimo de equilíbrio. Esse equilíbrio pode manifestar-se de duas formas:

$$\mathbf{R} = \mathbf{0} \Rightarrow \text{equilíbrio} \begin{cases} \textit{estatico: repouso} \\ \textit{dinamico: MRU} \end{cases}$$

Mas perceba que, no enunciado da lei, Newton apresenta, em primeira análise, dois fatos decorrentes da situação “resultante das forças nula” ($\mathbf{R} = \mathbf{0}$):

- a) O corpo permanece em repouso. Não discutiremos essa ideia, por se tratar do resultado mais simples e intuitivo contido na 1ª lei.
- b) O corpo permanece em movimento retilíneo uniforme. Nessa segunda parte do enunciado, Newton contradiz Aristóteles na medida em que passa a admitir a possibilidade de movimento na “ausência de forças” ($\mathbf{R} = \mathbf{0}$): Isso, como vimos, era categoricamente negado

por Aristóteles. Vejamos como podemos chegar a essa mesma conclusão, através da experiência a seguir:

Se um ponto material estiver livre da ação de forças, sua velocidade vetorial permanece constante. Galileu, estudando uma esfera em repouso sobre um plano horizontal, observou que, empurrando-a com determinada força, ela se movimentava. Cessando o empurrão (força), a esfera continuava a se mover até percorrer determinada distância. Verificou, portanto, que a esfera continuava em movimento sem a ação de uma força e que a esfera parava em virtude do atrito entre a esfera e o plano horizontal. Polindo o plano horizontal, observou que o corpo se movimentava durante um percurso maior após cessar o empurrão. Se pudesse eliminar completamente o atrito, a esfera continuaria a se movimentar, por inércia, indefinidamente, sem retardamento, isto é, em movimento retilíneo e uniforme (**figura 1**).

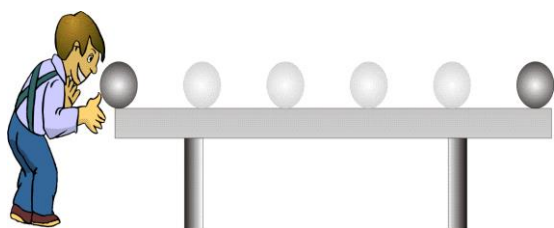


figura 1



figura 2

A **figura 2** logo acima, representa uma nave espacial livre de ações gravitacionais significativas do resto do universo. Com seus motores desligados, a força propulsora da nave é nula, porém ela mantém o seu movimento com velocidade constante, segundo o princípio da inércia.

Analisemos agora o caso de um bloco preso a um fio, que está atado a um pino fixo em uma mesa horizontal e perfeitamente lisa **figura 3**. Posto em movimento, esse bloco passará a se deslocar em movimento circular uniforme em torno do pino, como vemos na **figura 4**.

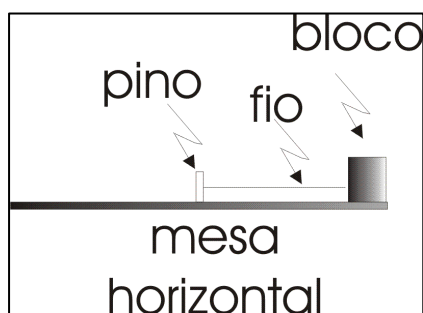


figura 3



figura 4

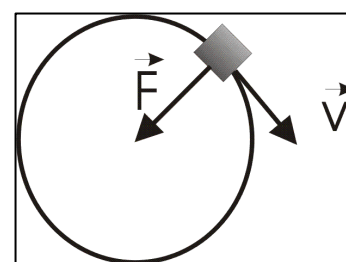


figura 4b

Embora o valor da velocidade venha a permanecer com módulo constante, podemos perceber que a direção do \vec{v} é alterada de ponto para ponto da trajetória, graças à ação do fio sobre o corpo, ou seja, o fio é responsável pela presença de uma força \vec{F} , perpendicular à direção do \vec{v} , que é incapaz de alterar o valor da velocidade, mas altera a direção da velocidade \vec{v} .

A partir dos exemplos do bloco, podemos perceber que, sempre que alterarmos o estado de movimento de um corpo, ou, em outras palavras, sempre que alterarmos a velocidade vetorial \vec{v} de um corpo, é necessário que sobre o mesmo atue uma força resultante \vec{F} .

2ª Lei de Newton: Princípio Fundamental da Dinâmica

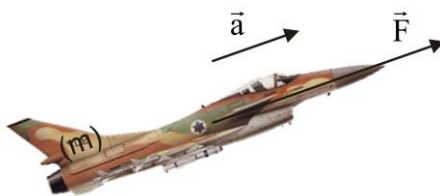
Newton conseguiu estabelecer, com sua 1ª lei, a relação entre força e movimento. Entretanto, ele mesmo percebeu que apenas essa lei não era suficiente, pois exprimia somente uma relação qualitativa entre força e movimento: a força altera o estado de movimento de um corpo. Mas, com que intensidade? Como podemos relacionar matematicamente as grandezas envolvidas?

Nessa 2ª lei, o princípio fundamental da dinâmica, ou 2º princípio, as ideias centrais são as mesmas do 1º princípio, só que formalizadas agora com o auxílio de uma expressão matemática, como segue:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

A resultante das forças \vec{F} que atuam sobre um corpo de massa m comunica ao mesmo uma aceleração resultante \vec{a} , na mesma direção e sentido de \vec{F} . Esse resultado era de se esperar, já que, como foi visto, uma força \vec{F} , ao atuar sobre um corpo, alterava sua velocidade \vec{v} . Se modifica sua velocidade, está transmitindo ao corpo uma determinada aceleração \vec{a} .

Da segunda lei podemos relacionar a força resultante \vec{F} e a aceleração adquirida pelo corpo \vec{a} , como é mostrado na figura.



- módulo: $F = m \cdot a$
- direção: \vec{F} e \vec{a} , têm a mesma direção.
- sentido: \vec{F} e \vec{a} , têm o mesmo sentido.

⇒ UNIDADES DE FORÇA:

Serão apresentadas aqui três unidades utilizadas para se exprimir o valor de uma força em três diferentes sistemas de unidades: o CGS, o MKS (Sistema Internacional de Unidades) e o MK*S (MKS técnico). A tendência atual da ciência se concentra na utilização do sistema internacional. Essa é também a tendência que se revela nos grandes vestibulares realizados no país. No quadro a seguir, apresentamos as unidades fundamentais de cada sistema, bem como as unidades de força de cada um deles.

SISTEMA	COMPRIMENTO	MASSA	TEMPO	FORÇA
SI (MKS)	m	kg	s	$\text{kg} \cdot \text{m/s} = (\mathbf{N})$ (newton) $\text{g} \cdot \text{cm/s}^2 = (\text{dyn})$ (dina)
CGS	cm	g	s	$\text{utm} \cdot \text{m/s}^2$ (quilograma-força)
MK*S	m	utm	s	(kgf)

As definições de dina (d) newton (N) e quilograma-força (kgf) derivam da 2ª lei de Newton, como veremos:

- Um dina corresponde à intensidade da força que, aplicada a um corpo de massa 1 g, comunica ao mesmo uma aceleração de 1 cm/s^2 .

$$F = m \cdot a \Rightarrow F = 1\text{g} \cdot 1\text{cm/s}^2 \Rightarrow F = 1 \text{ dyn}$$

- Um newton é a intensidade da força que, aplicada a um corpo de massa 1 kg, transmite ao mesmo uma aceleração de 1 m/s^2 .

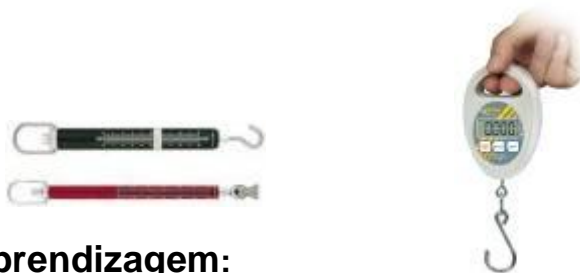
$$F = m \cdot a \Rightarrow F = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 \Rightarrow F = 1 \text{ N}$$

- Um quilograma-força corresponde ao peso de um corpo de massa 1 kg num local onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

$$F = m \cdot a \Rightarrow F = 1\text{kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 \Rightarrow F = 9,8 \text{ N} \Rightarrow F = 1 \text{ kgf}$$

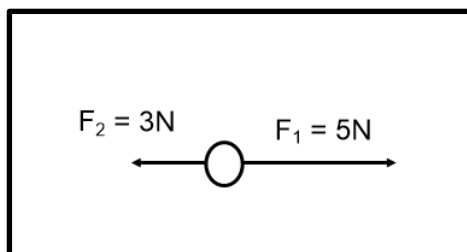
obs. $1\text{N} = 10^5 \text{ d}$ e $1\text{kgf} = 9,8 \text{ N}$

⇒ **DINAMÔMETRO:** Chama-se dinamômetro todo aparelho graduado de forma a indicar a intensidade da força aplicada em um dos seus extremos. Internamente, o dinamômetro é dotado de uma mola que se distende à medida que se aplica a ele uma força. O dinamômetro será ideal se tiver massa desprezível.

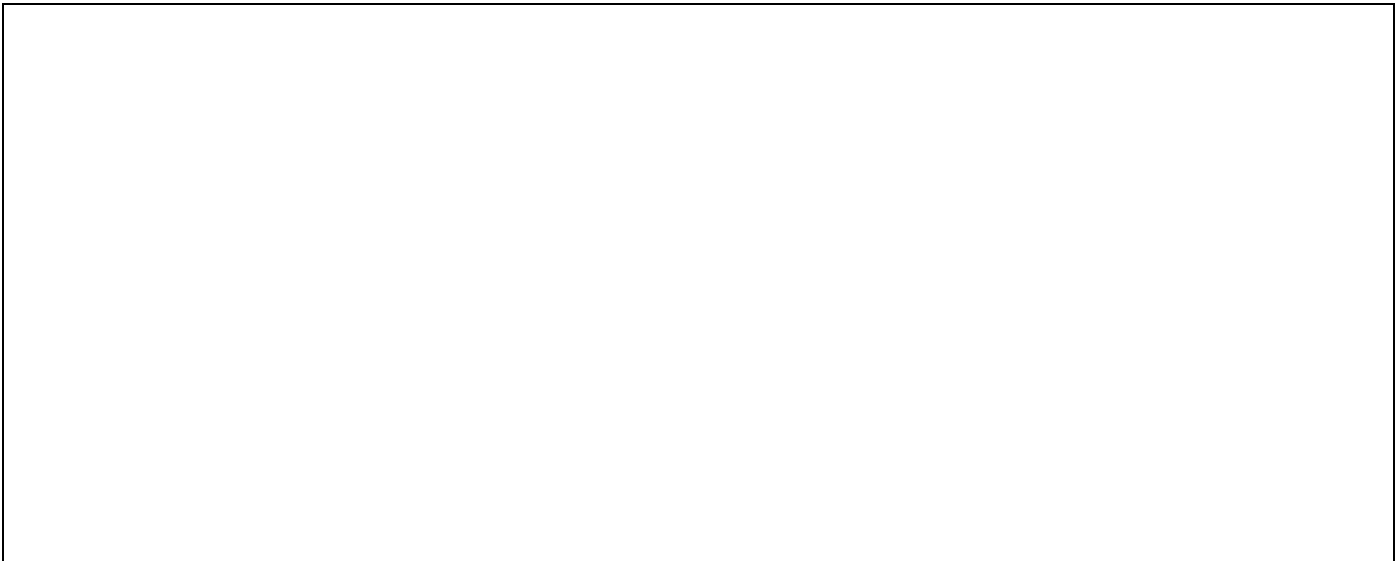


Exercícios de aprendizagem:

- 1) No esquema abaixo estão representadas as únicas forças que atuam em um corpo de massa $1/2 \text{ kg}$ que parte do repouso. Determine a velocidade do corpo após 5s de movimento.



2) Um corpo de massa 2 kg movimentar-se segundo a função horária $s = 2 + 2.t + 2.t^2$ no (S.I.). Determine a força resultante que atua no mesmo.



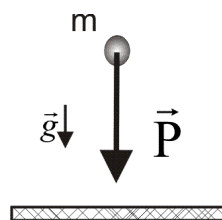
⇒ **Peso de um corpo:**

Como já foi visto em cinemática, qualquer corpo próximo à superfície da Terra é atraído por ela e adquire uma aceleração cujo valor independe da massa do corpo, denominada aceleração da gravidade g .

Se o corpo adquire uma certa aceleração, isso significa que sobre o mesmo atuou uma força. No caso, diremos que a Terra atrai o corpo e chamaremos de peso \vec{P} do corpo à força com que ele é atraído pela Terra. De acordo com o 2º princípio, podemos escrever:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$



ATENÇÃO: O peso \vec{P} de um corpo varia de local para local, porque o valor da aceleração da gravidade \vec{g} se altera de local para local, mas sua massa m é a mesma em todos os lugares, pois depende apenas do corpo em estudo.

Obs. Quando você pisa em uma balança para verificar seu peso, a mesma mostra o resultado em kgf (quilograma-força) que é uma forma de mostrar seu peso (força) em comparação com o peso de uma certa **quantidade de massa** em um local ao nível do mar e a uma latitude de 45º. Nesse local a aceleração da gravidade é chamada **aceleração normal** e seu valor é, aproximadamente de 9,8 m/s². Portanto nesse local, 2 kg de massa irão pesar 2 kgf, 3 kg pesarão 3 kgf e assim sucessivamente. Sendo assim, o kgf é uma unidade de força. Para se transformar o N (newton) para kgf (quilograma-força) basta dividir o valor por 9,8.

Exemplo: Antes de embarcar para a Lua um astronauta com seus trajes completos, mede seu peso aqui na Terra em um local onde a aceleração da gravidade vale 9,8 m/s², usando uma balança de precisão que mostra 120,0 kgf. Qual seria a leitura dessa mesma balança se ele estivesse na Lua, onde a aceleração da gravidade vale 1,6 m/s².

Solução: Se aqui na Terra em um local onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ o peso foi de 120 kgf, isso significa que a massa do astronauta com seus trajes espaciais vale 120 kg. Na Lua essa mesma massa

pesaria:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 120 \text{ kg} \times 1,6 \text{ m/s}^2$$

$$P = 192 \text{ N}$$

Para se transformar newton para quilograma-força, basta dividir por 9,8

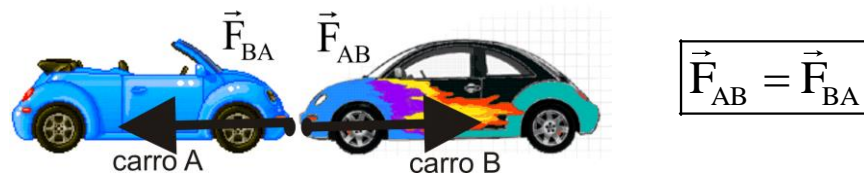
$$P = 192 / 9,8$$

$$P = 19,6 \text{ kgf}$$

(Na lua o astronauta se sentirá bem mais leve. Ele terá a mesma massa, mas não o mesmo peso.)

3ª Lei de Newton: Princípio da ação e reação

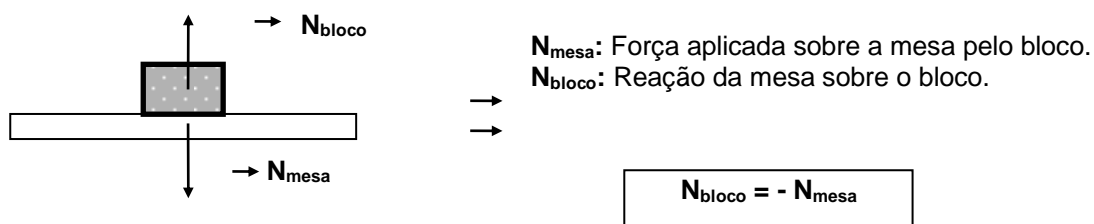
Quando dois corpos **A** e **B** interagem, se **A** aplica sobre **B** uma força, esse último corpo aplicará sobre **A** uma outra força de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário.



Atenção: É importante ressaltar que ação e reação nunca se anulam, pois atuam sempre em corpos diferentes.

- **Força de reação normal \vec{N} :**

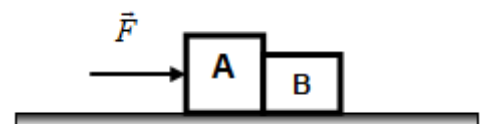
É a força de contato entre um corpo e a superfície na qual ele se apoia, que se caracteriza por ter direção sempre perpendicular ao plano de apoio. A figura abaixo apresenta um bloco que está apoiado sobre uma mesa.



Exercícios de aprendizagem:

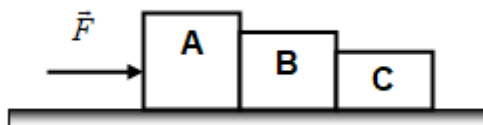
3) Na figura as massas dos corpos são: $m_A = 40 \text{ kg}$ e $m_B = 10 \text{ kg}$, e a força **F** de intensidade 100 N. Supondo o atrito desprezível, determine:

- a aceleração do sistema;
- a força que o corpo B exerce sobre A.



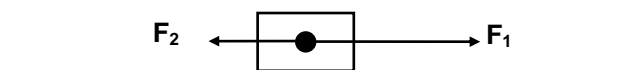
4) Três blocos A, B e C, de massas respectivamente iguais a 9,0 kg, 6 kg e 2,0 kg, estão inicialmente em repouso sobre um plano horizontal sem atrito como ilustra a figura. A partir de determinado instante aplicamos ao conjunto uma força horizontal de intensidade $F = 85$ N. Calcule:

- o módulo da aceleração adquirida pelo conjunto;
- o módulo da força que A exerce em B;
- o módulo da força que B exerce em C.

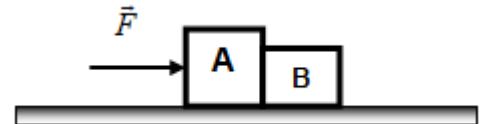


Exercícios de Fixação:

- 1) Um corpo de massa igual a 5 kg, inicialmente em repouso sofre a ação de uma força resultante constante de 30 N. Qual a velocidade do corpo depois de 5s?
- 2) A equação horária das velocidades de uma partícula em movimento retilíneo e de 3 kg de massa é $v = 4 + 2t$, com unidades do SI. Qual a intensidade da força resultante sobre a partícula?
- 3) Uma força horizontal, de intensidade 30 N , atua sobre um corpo que inicialmente se encontra em repouso sobre uma superfície lisa e horizontal. Após 2 segundos, sua velocidade é de 30 m/s. Calcule a massa do corpo.
- 4) Durante quanto tempo uma força de 120 N deve atuar sobre um corpo de massa 5 Kg para aumentar sua velocidade de 1 m/s para 25 m/s?
- 5) Um corpo de massa igual a 5 kg, inicialmente em repouso sofre a ação de uma força resultante constante de 30 N. Qual a velocidade do corpo depois de 5s?
- 6) Um trator puxa um tronco de árvore por meio de um cabo, a uma velocidade constante e com uma força F de 1 000 N. O tronco de árvore tem massa $m = 200$ kg. Qual a força resultante aplicada sobre o tronco?
- 7) Um móvel de massa 2 kg, inicialmente em repouso, sofre a ação de uma força resultante constante de 10 N. Determine a velocidade do móvel após decorridos 3 segundos de movimento.
- 8) (PUC-SP) - Se a resultante das forças que atuam sobre um corpo é 10N, sua aceleração é 4 m/s^2 . Se a resultante das forças fosse de 12,5N , qual seria a aceleração?
- 9) Sobre um corpo de 6 kg de massa, inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal perfeitamente lisa, aplica-se uma força F constante, também horizontal. Após um deslocamento de 25 m o corpo apresenta uma velocidade de 5 m/s. Determine a intensidade da força F aplicada ao corpo.
- 10) A equação horária da velocidade de uma partícula em movimento retilíneo e de 3 kg de massa é $v = 4 + 2t$, com unidades do SI. Qual a intensidade da força resultante sobre a partícula?
- 11) Um veículo de massa 700 Kg sobre um plano horizontal liso é freado uniformemente quando sua velocidade é de 20 m/s e para após percorrer 50 m. Determine o módulo da intensidade da força aplicada pelos freios.
- 12) Um bloco de massa 4 Kg desliza sobre um plano horizontal sujeito à ação das forças F_1 e F_2 , conforme indica a figura. Sendo a intensidade das forças $F_1 = 15$ N e $F_2 = 5$ N, determine a aceleração do corpo.

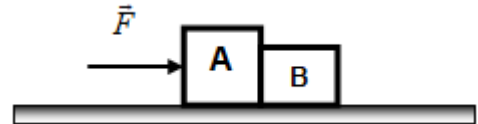


13) Na figura as massas dos corpos são: $m_A = 40 \text{ kg}$ e $m_B = 10 \text{ kg}$, e a força \vec{F} tem intensidade de 100 N. Supondo o atrito desprezível, determine:



- a) a aceleração do sistema;
- b) a força que o corpo B exerce sobre A.

14) Dois blocos A e B, de massas respectivamente iguais a 12 kg e 8,0 kg, estão inicialmente em repouso sobre um plano horizontal sem atrito encostados um no outro. A partir de determinado instante, aplicamos ao conjunto uma força horizontal \vec{F} , de intensidade 60N, como ilustra a figura. Calcule:



- a) o módulo da aceleração adquirida pelo conjunto;
- b) o módulo da força que um bloco exerce sobre o outro;
- c) o módulo da resultante das forças que atuam sobre o bloco B;
- d) o módulo da resultante das forças que atuam sobre o bloco A.

15) Considere as seguintes afirmações:

I - Segundo a 1ª Lei de Newton, é necessária uma força resultante para manter com velocidade constante o movimento de um corpo se deslocando numa superfície horizontal sem atrito.

II - De acordo com a 2ª Lei de Newton, a aceleração adquirida por um corpo é a razão entre a força resultante que age sobre o corpo e sua massa.

III - Conforme a 3ª Lei de Newton, a força peso e a força normal constituem um par ação-reação.

Assinale a alternativa que contém as afirmações CORRETAS.

- a) I e II. b) I e III. c) II e III. d) somente II. e) todas estão corretas.

16) Marque (V) de **VERDADEIRO** ou (F) de **FALSO**

- () A força normal é reação da força peso.
- () Quando empurramos uma parede ela não se move porque a força que fazemos sobre a parede é igual em módulo a força que a parede faz sobre nós, mas possuem sentidos contrários, assim sendo elas se anulam.
- () Podemos ter movimento sem que exista força agindo sobre um corpo.
- () Se duas forças forem 10 N e 40 N a resultante delas terá no máximo o valor de 50N e no mínimo o valor de 30 N.
- () Se duas forças ortogonais valem 8N e 6N a resultante das mesmas será 14N.

() Quando uma pessoa sobe sobre uma balança em um local onde a aceleração da gravidade é de 10 m/s^2 e lê a indicação de 60, isto quer dizer que sua massa vale 60kg e seu peso é de 600N.

() Quando um astronauta viaja para a lua ele observa que seu peso na lua é menor que seu peso na terra este fato é somente decorrente do fato dele ter perdido massa durante a viagem, uma vez que sua alimentação é mais deficitária neste trajeto.

() Para um avião deslocar-se para frente ele usa a lei de Newton da ação e reação, uma vez que ele empurra o ar para trás e o ar o empurra para frente, através das suas turbinas.

() A ação e a reação nunca se anulam, pois agem em corpos diferentes.

() No equilíbrio dos pontos materiais, tem resultante igual a zero, logo aceleração igual a zero. Estas situações são repouso ou MRU.

17) Complete as lacunas abaixo:

Forças são situações entre corpos, que produzem variações no seu estado _____ (de movimento/físico) ou provocam _____ (deformações/iluminação). Quando a força não produz variação no movimento, mas apenas deformação, dizemos que o efeito da força é _____ (estático/dinâmico). Se a força produzir apenas variações no movimento, dizemos que o efeito da força é _____ (estático/dinâmico). A força da atração que a Terra exerce em um corpo é denominada força _____ (normal/peso). Quanto maior a massa de um corpo, _____ (maior/menor) é a força peso.

Denomina-se força de reação normal a força de reação da força _____ (peso/exercida contra uma superfície). O módulo da força normal é _____ (sempre/às vezes) igual ao módulo da força peso. A força de reação normal _____ (é /não é) a reação da força peso.

O aparelho utilizado para medir a força é denominado _____ (velocímetro/dinamômetro). Um corpo de um quilo de massa tem _____ (1/10/0,1) kgf de peso. Já um corpo de 50 kg de massa tem aproximadamente _____ (5/50/500) Newton de peso.

Se um corpo está em repouso _____ (é/não é) necessário a ação de uma força para colocá-lo em movimento. Numa superfície perfeitamente lisa, onde podemos considerar nula as forças de atrito, se um corpo está em movimento retilíneo _____ (é/não é) necessária a ação de uma força para mantê-lo neste movimento. Para alterar a velocidade de um objeto é necessária a ação de uma _____ (massa/aceleração). Se a força resultante for nula a velocidade do corpo ficará _____ (variável/constante/aumentando).

Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1) $v = 20 \text{ m/s}$ 2) $F_R = 8 \text{ N}$ 3) a) $a = 2 \text{ m/s}^2$ b) $|F_{AB}| = |F_{BA}| = 20 \text{ N}$
4) $a = 5 \text{ m/s}^2$ b) $F_{AB} = 40 \text{ N}$ c) $F_{BC} = 10 \text{ N}$

Exercícios de Fixação:

- 1) $v = 30 \text{ m/s}$ 2) $F_R = 6 \text{ N}$
3) 2 kg 4) 1 s 5) 30 m/s 6) zero (observe que a velocidade é constante, logo $F_R = 0$)
7) 15 m/s 8) 5 m/s^2 9) 3 N 10) 6 N 11) 2.800 N 12) $2,5 \text{ m/s}^2$ 13) a) 2 m/s^2 b) 20 N
14) a) $a = 3 \text{ m/s}^2$ b) 24 N c) 24 N d) 36 N 15) d 16) F F V V F V F V V V
17) Movimento, deformações, estático, dinâmico, peso, maior.

Exercida contra uma superfície, às vezes, não é.

Dinamômetro, 1 kgf , 500 N .

É, não é, aceleração, constante.