

# AS LEIS DE NEWTON

## DINÂMICA

É a parte da mecânica que estuda as causas dos movimentos e das suas variações (acelerações).

A dinâmica se baseia em 3 princípios enunciados por Isaac Newton – as 3 leis de Newton.

### LEI DA INÉRCIA – 1ª LEI DE NEWTON

*‘Quando uma força resultante externa atua sobre um corpo durante certo intervalo de tempo, este corpo sofre uma variação em seu movimento’.* Mas, e se não houver nenhuma força resultante externa? O corpo irá permanecer no mesmo estado de movimento em que se encontra.

Assim chegamos ao enunciado da **1ª Lei de Newton**, ou **“Princípio da Inércia”**:

“Na ausência de forças resultantes externas mantém-se o estado de movimento de um corpo”.

Isso significa dizer não há a necessidade de uma força para manter um movimento, mas sim para modificá-lo.

### LEI FUNDAMENTAL – 2ª LEI DE NEWTON

A segunda lei de Newton é a lei fundamental da Mecânica. Ela nos permite fazer previsões (velocidade e posição, por exemplo) sobre o movimento dos corpos.

Qualquer alteração da velocidade de uma partícula é atribuída, sempre, a um agente denominado força. Basicamente, o que produz mudanças na velocidade são forças que agem sobre a partícula. Como a variação de velocidade indica a existência de aceleração, podemos concluir que haja uma relação entre a

força e a aceleração. De fato, Sir Isaac Newton percebeu que existe uma relação muito simples entre força e aceleração, isto é, a força é sempre diretamente proporcional à aceleração que ela provoca:

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

Desta expressão percebemos que a massa é a constante de proporcionalidade entre a força resultante e a aceleração. Isto significa que quanto maior a massa de um corpo, mais difícil será acelerá-lo.

### AÇÃO E REAÇÃO – 3ª LEI DE NEWTON

Conforme sabemos, as forças são interações mútuas entre corpos. Logo, quando empurramos o chão para trás graças ao atrito entre nossos pés e o chão, somos empurrados para frente pelo chão graças ao mesmo atrito.

Segue o enunciado da **3ª Lei de Newton**, ou **“Princípio da Ação e Reação”**:

“Para toda ação há sempre uma reação de mesmo módulo, mesma direção e sentido contrário e que jamais se anulam por se aplicarem em corpos diferentes”.

Quem faz a ação sofre a reação e é muito importante sabermos identificar os pares ação-reação.

**Importante:** O Peso de um corpo e a reação Normal de apoio deste corpo sobre uma superfície **não correspondem a um par ação-reação**.

As principais características de um par ação-reação são:



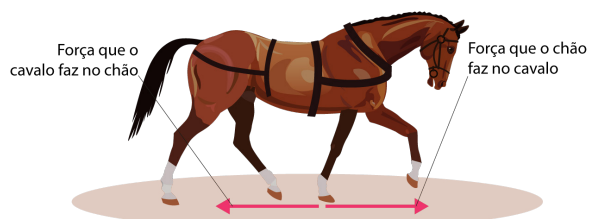
- Uma força nunca aparece sozinha. Elas aparecem aos pares (uma delas é chamada de ação e a outra, de reação).
- É importante observar que cada uma dessas duas forças atua em objetos distintos.
- Finalmente, essas forças (aos pares) tem a mesma magnitude mas diferem uma da outra pelo sentido: elas têm sentido oposto uma da outra.

## Exemplo



### COMO O CAVALO SE MOVE?

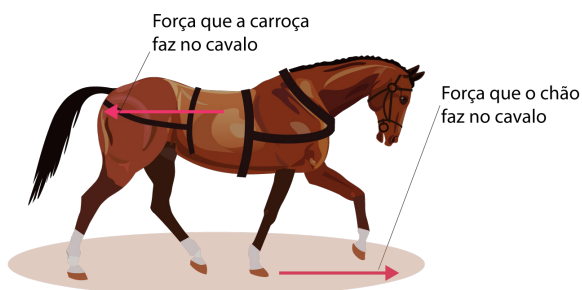
Se você disser que o cavalo empurra o chão está absolutamente certo. Mas o que faz realmente o cavalo andar é a força de reação que o chão faz no cavalo. Poderíamos esquematizar tudo isso como na figura abaixo.



Mas o cavalo tem de puxar a carroça. Como ficaria o esquema das forças cavalo-carroça? É preciso lembrar que da mesma forma que o cavalo "puxa" a carroça, ela "segura" o cavalo, ou seja, aplica nele uma força de reação, para trás. Observe o esquema ao lado:

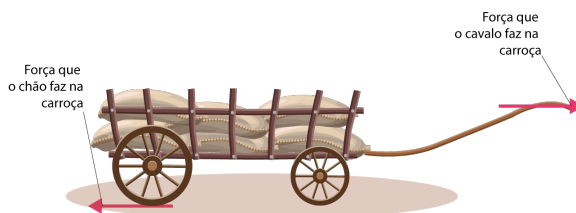


Essa discussão mostrou dois pares de forças de ação e reação. O primeiro representando a interação entre o cavalo e o chão e o segundo mostrando a interação entre o cavalo e a carroça. Mas para entender o movimento do cavalo que puxa a carroça, podemos fazer um esquema somente com as forças que são aplicadas nele. Observe:



Se o cavalo consegue acelerar para frente é porque a força que o chão faz no cavalo é maior que a força que a carroça faz no cavalo. Portanto, o cavalo tem de aplicar uma grande força no chão, para que a reação deste também seja grande. Se não for assim, ele "patina" e não consegue arrastar a carroça.

E a carroça, se move como?



É claro que ela se move porque o cavalo a puxa. Mas não podemos nos esquecer de que, além do cavalo, a carroça também interage com o chão, que a segura pelo atrito. Evidentemente que, para a carroça acelerar para frente, a força que o cavalo faz na carroça tem de ser maior do que a força que o chão faz na carroça.





# EXERCÍCIOS



## QUESTÃO RESOLVIDA NA AULA

**1** (UFPE 2013) A respeito das leis de Newton, podemos afirmar que:

( ) a primeira lei de Newton diz que, para que um corpo esteja em movimento, é obrigatório que haja pelo menos uma força atuando sobre ele.

( ) a segunda lei de Newton não contém a primeira lei de Newton como caso particular porque elas são completamente diferentes.

( ) a segunda lei de Newton implica em uma equação para cada força que atua em um corpo massivo.

( ) a terceira lei de Newton estabelece que

a toda força de ação corresponde uma força de reação, sempre com ambas no mesmo corpo.

( ) as três leis de Newton valem em qualquer referencial.

**2** (PUCMG 2007) Quando um cavalo puxa uma charrete, a força que possibilita o movimento do cavalo é a força que:

**a** o solo exerce sobre o cavalo.

**b** ele exerce sobre a charrete.

**c** a charrete exerce sobre ele.

**d** a charrete exerce sobre o solo.

## EXERCÍCIOS

**1** (UFRGS 2017) Aplica-se uma força de 20 N a um corpo de massa  $m$ . O corpo desloca-se em linha reta com velocidade que aumenta 10 m/s a cada 2 s.

Qual o valor, em kg, da massa  $m$ ?

**a** 5.

**b** 4.

**c** 3.

**d** 2.

**e** 1.

**2** (UEMA 2016) CTB – Lei nº 9.503 de 23 de Setembro de 1997

Institui o Código de Trânsito Brasileiro

- **Art. 65.** É obrigatório o uso do cinto de segurança para condutor e passageiros em todas as vias do território nacional, salvo em situações regulamentadas pelo CONTRAN.

<http://www.jusbrasil.com.br>

O uso do cinto de segurança, obrigatório por lei, remete-nos a uma das explicações da Lei da Inércia, que corresponde à:

**a** 1ª Lei de Ohm.

**b** 2ª Lei de Ohm.

**c** 1ª Lei de Newton.

**d** 2ª Lei de Newton.

**e** 3ª Lei de Newton.

**3** (IFCE 2016) Para que uma partícula de massa  $m$  adquira uma aceleração de módulo  $a$ , é necessário que atue sobre ela uma força resultante  $F$ . O módulo da força resultante para uma partícula de massa  $2m$  adquirir uma aceleração de módulo  $3a$  é:

**a** 7  $F$ .

**b** 4,5  $F$ .

**c** 2,6  $F$ .

**d** 5  $F$ .

**e** 6  $F$ .

**4** (IFCE 2016) Em um dos filmes do Homem Aranha ele consegue parar uma composição de metrô em aproximadamente 60 s. Considerando que a massa total dos vagões seja de 30.000 kg e que sua velocidade inicial fosse de 72 km/h, o módulo da força resultante que o herói em questão deveria exercer em seus braços seria de:

**a** 10.000 N.

**b** 15.000 N.

**c** 20.000 N.

**d** 25.000 N.

**e** 30.000 N.

**5** (FMP 2016) Um helicóptero transporta, preso por uma corda, um pacote de massa 100 kg. O helicóptero está subindo com aceleração constante vertical e para cima de  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Se a aceleração da gravidade no local vale  $10 \text{ m/s}^2$ , a tração na corda, em newtons, que sustenta o peso vale:

**a** 1.500

**b** 1.050

**c** 500

**d** 1.000

**e** 950



### TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Leia o texto e responda à(s) questão(ões).

Um motorista conduzia seu automóvel de massa 2.000 kg que trafegava em linha reta, com velocidade constante de 72 km/h, quando avistou uma carreta atravessada na pista.

Transcorreu 1 s entre o momento em que o motorista avistou a carreta e o momento em que acionou o sistema de freios para iniciar a frenagem, com desaceleração constante igual a  $10 \text{ m/s}^2$

- 6** (FATEC 2016) Antes de o automóvel iniciar a frenagem, pode-se afirmar que a intensidade da resultante das forças horizontais que atuavam sobre ele era:

- a** nula, pois não havia forças atuando sobre o automóvel.
- b** nula, pois a força aplicada pelo motor e a força de atrito resultante atuavam em sentidos opostos com intensidades iguais.
- c** maior do que zero, pois a força aplicada pelo motor e a força de atrito resultante atuavam em sentidos opostos, sendo a força aplicada pelo motor a de maior intensidade.
- d** maior do que zero, pois a força aplicada pelo motor e a força de atrito resultante atuavam no mesmo sentido com intensidades iguais.
- e** menor do que zero, pois a força aplicada pelo motor e a força de atrito resultante atuavam em sentidos opostos, sendo a força de atrito a de maior intensidade.

- 7** (CFTMG 2015) A imagem mostra um garoto sobre um skate em movimento com velocidade constante que, em seguida, choca-se com um obstáculo e cai.



A queda do garoto justifica-se devido à(ao):

- a** princípio da inércia.
- b** ação de uma força externa.
- c** princípio da ação e reação.
- d** força de atrito exercida pelo obstáculo.

- 8** (UDESC 2015) Com relação às Leis de Newton, analise as proposições.

I. Quando um corpo exerce força sobre o outro, este reage sobre o primeiro com uma força de mesma intensidade, mesma direção e mesmo sentido.

II. A resultante das forças que atuam em um corpo de massa  $m$  é proporcional à aceleração que este corpo adquire.

III. Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante, agindo sobre ele, altere a sua velocidade.

IV. A intensidade, a direção e o sentido da força resultante agindo em um corpo são iguais à intensidade, à direção e ao sentido da aceleração que este corpo adquire.

Assinale a alternativa **correta**.

- a** Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- b** Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- c** Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d** Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- e** Todas afirmativas são verdadeiras.

- 9** (UEMA 2015) Um estudante analisou uma criança brincando em um escorregador o qual tem uma leve inclinação.

A velocidade foi constante em determinado trecho do escorregador em razão de o(a):

- a** aceleração ter sido maior que zero.
- b** atrito estático ter sido igual a zero.
- c** atrito estático ter sido menor que o atrito cinético.
- d** atrito estático ter sido igual ao atrito cinético.
- e** aceleração ter sido igual a zero.

- 10** (UNISC 2015) Qual dessas expressões melhor define uma das leis de Newton?

- a** Todo corpo mergulhado num líquido desloca um volume igual ao seu peso.
- b** A força gravitacional é definida como a força que atua num corpo de massa
- c** O somatório das forças que atuam num corpo é sempre igual ao peso do corpo.
- d** A força de atrito é igual ao produto da massa de um corpo pela sua aceleração.
- e** A toda ação existe uma reação.

- 11** (PUCRS 2014) Em muitas tarefas diárias, é preciso arrastar objetos. Isso pode ser mais ou menos difícil, dependendo das forças de atrito entre as superfícies deslizantes. Investigando a força necessária para arrastar um bloco sobre uma superfície horizontal, um estudante aplicou ao bloco uma força horizontal  $F$  e verificou que o bloco ficava parado. Nessa situação, é correto afirmar que a força de atrito estático entre o bloco e a superfície de apoio é, em módulo,

- a** igual à força  $F$ .
- b** maior que a força  $F$ .
- c** igual ao peso do bloco.
- d** maior que o peso do bloco.
- e** menor que o peso do bloco.

- 12** (UEPB 2014) No século XVIII, o físico inglês Isaac Newton formulou as leis da mecânica e as usou para estudar e interpretar um grande número de fenômenos físicos. Com base na compreensão dessas leis, analise as proposições a seguir:



I. Ao fazer uma curva fechada em alta velocidade, a porta de um automóvel abriu-se, e o passageiro, que não usava cinto de segurança, foi lançado para fora. Esse fato pode ser explicado pela segunda lei de Newton.

II. A segunda lei de Newton afirma que, se a soma de todas as forças atuando sobre um corpo for nula, o mesmo terá um movimento uniformemente variado.

III. Um automóvel colide frontalmente com uma bicicleta. No momento da colisão, pode-se afirmar que a intensidade da força que o automóvel exerce sobre a bicicleta é a mesma que a intensidade da força que a bicicleta exerce sobre o automóvel e em sentido contrário.

Para as situações supracitadas, em relação às leis de Newton, é(são) correta(s) apenas a(as) proposição(ões):

- a** I e II.
- b** II.
- c** I.
- d** III.
- e** II e III.

**13** (UEPG 2013) O estudo dos movimentos está fundamentado nas três leis de Newton. Sobre movimentos e as leis de Newton, assinale o que for correto.

- a** O princípio da inércia é válido somente quando a força resultante sobre um corpo é não nula.
- b** Duplicando o valor da força resultante aplicada sobre um objeto, a aceleração experimentada pelo objeto também será duplicada.
- c** Forças de ação e reação nunca se anulam, pois atuam sempre em corpos distintos.
- d** Um avião voando em linha reta com velocidade constante está em equilíbrio dinâmico.

**14** (UFSM 2013) O uso de hélices para propulsão de aviões ainda é muito frequente. Quando em movimento, essas hélices empurram o ar para trás; por isso, o avião se move para frente. Esse fenômeno é explicado pelo(a):

- a** 1ª lei de Newton.
- b** 2ª lei de Newton.
- c** 3ª lei de Newton.
- d** princípio de conservação de energia.
- e** princípio da relatividade do movimento.

**15** (UECE 2017) Considere dois instantes no deslocamento de um elevador em viagem de subida: o início (I) imediatamente após a partida, e o final (F)

imediatamente antes da parada. Suponha que apenas um cabo de aço é responsável pela sustentação e movimento do elevador.

Desprezando todos os atritos, é correto afirmar que a força exercida pelo cabo na cabine no início ( $\vec{F}_I$ ) e no final ( $\vec{F}_F$ ) tem direção e sentido:

- a** vertical para cima e vertical para baixo, respectivamente, com  $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$ .
- b** vertical para cima, nos dois casos, e com  $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$ .
- c** vertical para baixo e vertical para cima, respectivamente, com  $|\vec{F}_I| > |\vec{F}_F|$ .
- d** vertical para baixo, nos dois casos, e com  $|\vec{F}_I| < |\vec{F}_F|$ .

**16** (ITA 2017) Considere um automóvel com tração dianteira movendo-se aceleradamente para a frente. As rodas dianteiras e traseiras sofrem forças de atrito respectivamente para:

- a** frente e frente.
- b** frente e trás.
- c** trás e frente.
- d** trás e trás.
- e** frente e não sofrem atrito.

**17** (IFCE 2016) Há dois momentos no salto de paraquedas em que a velocidade do paraquedista torna-se constante: quando atinge velocidade máxima, que é de aproximadamente 200 km/h, e no momento do pouso. Com base nas Leis da Física, a força de arrasto do ar:

- a** é maior quando o paraquedista encontra-se em velocidade de pouso.
- b** é a mesma, seja na velocidade máxima ou no momento do pouso.
- c** é maior quando o paraquedista encontra-se em velocidade máxima.
- d** é zero nesses dois momentos.
- e** depende da posição do corpo do paraquedista nesses dois momentos.

**18** (UECE 2016) Considere que um elevador inicia uma subida de 13 andares, e que durante a passagem de 11 desses andares ele se desloca com velocidade constante, até parar no 13º. Assim, todas as variações de velocidade devem ocorrer durante a passagem pelo 1º andar e o 13º andar. De modo extremamente simplificado, considere que as forças de atrito sejam de mesmo módulo ao longo de todo o percurso e que o elevador seja sustentado por um único cabo inextensível e de massa muito menor que a da cabine.

Nessas condições, é correto afirmar que a tensão nos cabos de sustentação é:

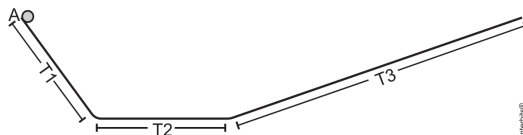
- a** maior na passagem pelo 1º, constante nos 11 intermediários e menor no início da passagem pelo 13º andar.
- b** menor na passagem pelo 1º, constante nos 11 intermediários e maior no início da passagem pelo 13º andar.





- c** constante na passagem pelo 1º, constante nos 11 intermediários e menor no início da passagem pelo 13º andar.
- d** menor na passagem pelo 1º, maior nos 11 intermediários e menor no início da passagem pelo 13º andar.

**19** (PUCRS 2015) Sobre as informações, afirma-se que a força resultante sobre o corpo:



- I. é nula no trecho T2
- II. mantém a sua direção e o seu sentido durante todo o movimento.
- III. é maior em módulo no trecho T1 do que no trecho T3.

Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s):

- a** I, apenas.
- b** II, apenas.
- c** I e III, apenas.
- d** II e III, apenas.
- e** I, II e III.

**20** (IFSC 2014) Ao saltar de paraquedas, os paraquedistas são acelerados durante um intervalo de tempo, podendo chegar a velocidades da ordem de 200 km/h, dependendo do peso e da área do seu corpo.

Quando o paraquedas abre, o conjunto (paraquedas e paraquedista) sofre uma força contrária ao movimento, capaz de desacelerar até uma velocidade muito baixa permitindo uma aterrissagem tranquila.



Fonte: <http://www.ctpq.org.br/imagens.php> Acesso: 13 out. 2013.

Assinale a soma da(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- 01** A aceleração resultante sobre o paraquedista é igual à aceleração da gravidade.
- 02** Durante a queda, a única força que atua sobre o paraquedista é a força peso.
- 04** O movimento descrito pelo paraquedista é um movimento com velocidade constante em todo o seu trajeto.
- 08** Próximo ao solo, com o paraquedas aberto, já com velocidade considerada constante, a força resultante sobre o conjunto (paraquedas e paraquedista) é nula.
- 16** Próximo ao solo, com o paraquedas aberto, já com velocidade considerada constante, a força resultante sobre o conjunto (paraquedas e paraquedista) não

pode ser nula; caso contrário, o conjunto (paraquedas e paraquedista) não poderia aterrissar.

**32** A força de resistência do ar é uma força variável, pois depende da velocidade do conjunto (paraquedas e paraquedista).

**21** (UFSM 2014) O principal combustível usado pelos grandes aviões de transporte de carga e passageiros é o querosene, cuja queima origina diversos poluentes atmosféricos. As afirmativas a seguir referem-se a um avião em voo, num referencial inercial.

I. Se a soma das forças que atuam no avião é diferente de zero, ele não pode estar em MRU.

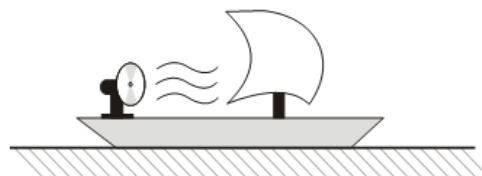
II. Se a soma das forças que atuam no avião é zero, ele pode estar parado.

III. O princípio de conservação da energia garante que o avião se move em sentido contrário àquele em que são jogados os gases produzidos na combustão.

Está(ão) correta(s):

- a** apenas I.
- b** apenas I e II.
- c** apenas III.
- d** apenas II e III.
- e** I, II e III.

**22** (UPE 2014) A figura a seguir representa um ventilador fixado em um pequeno barco, em águas calmas de um certo lago. A vela se encontra em uma posição fixa e todo vento soprado pelo ventilador atinge a vela.



Nesse contexto e com base nas Leis de Newton, é **CORRETO** afirmar que o funcionamento do ventilador

- a** aumenta a velocidade do barco.
- b** diminui a velocidade do barco.
- c** provoca a parada do barco.
- d** não altera o movimento do barco.
- e** produz um movimento circular do barco.

**23** (UFTM 2012) Em um dia de calmaria, um barco reboca um paraquedista preso a um *paraglider*. O barco e o paraquedista deslocam-se com velocidade vetorial e alturas constantes.



(www.gettyimages.pt)







# GABARITO



## AS LEIS DE NEWTON



### QUESTÃO RESOLVIDA NA AULA

1: F-F-F-F-F

2: A

1: [B]

Primeiramente calculamos a aceleração:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} \therefore a = 5 \text{ m/s}^2$$

Usando o Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$F = m \cdot a \Rightarrow m = \frac{F}{a} = \frac{20 \text{ N}}{5 \text{ m/s}^2} \therefore m = 4 \text{ kg}$$

2: [C]

A Lei da Inércia corresponde a 1ª Lei de Newton, que menciona que um corpo tende a manter seu estado de movimento uniforme ou estático a não ser que uma força externa aja sobre o corpo, ou seja, a tendência de um corpo em movimento uniforme é continuar com esse movimento. No caso de uma colisão, o veículo para abruptamente e se os ocupantes não estiverem usando o cinto de segurança, manterão os movimentos antes do impacto, provocando sérias lesões e traumatismos.

3: [E]

Do Princípio Fundamental:

$$\begin{cases} F = ma \\ F' = (2m) \cdot (3a) = 6 \cdot ma \end{cases} \Rightarrow F' = 6F$$

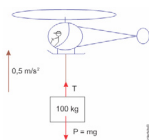
4: [A]

Supondo que essa força seja a resultante e que seja aplicada na mesma direção do movimento, aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica, vem:

$$F_{\text{res}} = ma \Rightarrow F_{\text{res}} = m \frac{v - v_0}{\Delta t} = 30.000 \cdot \frac{20}{60} \Rightarrow F_{\text{res}} = 10.000 \text{ N}$$

5: [B]

Observando o diagrama de corpo livre para o sistema de corpos:



Aplicando a segunda lei de Newton sobre o pacote:

$$F_R = m \cdot a$$

$$T - m \cdot g = m \cdot a$$

$$T = m \cdot (g + a) \Rightarrow T = 100 \text{ kg} \cdot (10 + 0,5) \text{ m/s}^2 \therefore T = 1050 \text{ N}$$

6: [B]

O veículo estava se movimentando em linha reta com velocidade constante, portanto a força resultante sobre o veículo antes do acionamento do freio era nula devido ao fato que a força motora do carro tinha o mesmo módulo do atrito, porém essas forças

atuando em sentidos contrários. Temos com isso, a alternativa [B] correta.

7: [A]

Quando o skate choca-se com o obstáculo, o garoto, por **inércia**, continua em movimento e cai.

8: [D]

Analisando as alternativas, temos que:

[I] INCORRETA. Princípio da ação e reação (3ª Lei de Newton). O sentido da força de reação é oposto ao sentido da força de ação.

[II] CORRETA. Pela 2ª Lei de Newton, tem-se que:  $F_r = m \cdot a$

Assim, a força resultante é proporcional à aceleração do corpo de massa  $m$ .

[III] CORRETA. 1ª Lei de Newton (Princípio da Inércia). Um corpo que está em repouso ou em MRU tende a permanecer nesta situação até que uma força resultante não nula atue sobre o corpo.

9: [E]

Se a velocidade é constante, significa que a força resultante é nula, sendo assim, de acordo com o princípio fundamental da dinâmica, a aceleração também será nula.

10: [E]

A terceira lei de Newton da dinâmica é também chamada de Lei da ação e reação, que relaciona as forças de contato, tração em cordas e demais forças de reação que surgem de uma ação, de igual intensidade e direção da ação, mas de sentido contrário, forças sempre aplicadas em corpos diferentes e, portanto não se anulam quando analisadas nos corpos isolados.

11: [A]

Se o bloco não acelera, é porque a resultante das forças sobre ele é nula. Ou seja, a força de atrito e a força aplicada pelo estudante têm a mesma intensidade:  $R = F$

12: [D]

[I] Falso. Esse fato pode ser explicado pela primeira lei de Newton.

[II] Falso. A segunda lei de Newton afirma que, se a soma de todas as forças atuando sobre um corpo for nula, o mesmo poderá ter um movimento uniforme (ou estar em repouso).

[III] Verdadeiro.

13:  $02 + 04 + 08 = 14$ .

[01] **Incorreta.** O princípio da inércia afirma que "se a resultante das forças sobre um ponto material é nula, ele



*está em repouso (equilíbrio estático) ou em movimento retilíneo e uniforme (equilíbrio dinâmico)“.*

[02] **Correta.** De acordo com o princípio fundamental da dinâmica, o módulo da aceleração é diretamente proporcional à intensidade da força resultante e inversamente proporcional à massa.

[04] **Correta.** O termo mais adequado a se usar para a terceira lei de Newton é: **forças de ação e reação nunca se equilibram**, pois atuam em corpos distintos. Elas se anulam quando deixam de atuar.

[08] **Correta.** O movimento retilíneo e uniforme é um caso de equilíbrio dinâmico.

14: [C]

As forças do par ação-reação têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, conforme afirma a 3ª Lei de Newton (princípio da ação-reação).

15: [B]

A tração no cabo de elevador tem sempre direção vertical e sentido para cima.

No início da subida, o movimento é acelerado para cima, então a intensidade da tração é **maior** que a do peso;

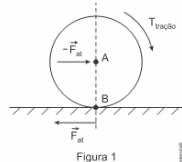
No final da subida, o movimento é retardado para cima, então a intensidade da tração é **menor** que a do peso.

Assim:

$$\left\{ \begin{array}{l} |\vec{F}_t| > |\vec{P}| \\ |\vec{F}_t| < |\vec{P}| \end{array} \right\} \Rightarrow |\vec{F}_t| > |\vec{F}_P|$$

16: [B]

Considere a interação da roda dianteira com o solo, ilustrada na figura 1:

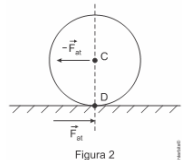


Como a roda dianteira está tracionada, no contato B ela “empurra” o solo para trás com uma força de atrito  $\vec{F}_{at}$  sobre o solo, conforme figura 1.

Pela lei da ação e reação, o solo atuará sobre roda com uma força de atrito  $-\vec{F}_{at}$ , de mesmo módulo e mesma direção, mas sentido contrário.

Logo, a força de atrito **sobre a roda** dianteira é “para frente”.

Considere agora a interação da roda traseira com o solo, ilustrada na figura 2:



A roda traseira está sendo conduzida pelo chassi do automóvel para frente e, devido à sua interação com o solo, tenderá a “empurrar” o solo para frente com uma força  $\vec{F}_{at}$ , conforme indicado na figura 2.

Pela lei de ação e reação, o solo atuará sobre a roda traseira com uma força de atrito de mesmo módulo e mesma direção  $-\vec{F}_{at}$ , mas de sentido contrário, como indicado na figura 2.

Logo, a força de atrito sobre a roda traseira é “para trás”.

17: [B]

De acordo com o Princípio da Inércia (1ª Lei de Newton), se o movimento é retilíneo e uniforme (o vetor velocidade é constante), a resultante das forças sobre o corpo é nula, ou seja, as forças atuantes sobre ele estão equilibradas. No caso, a força de arrasto do ar tem a mesma intensidade do peso, seja na velocidade máxima ou no momento do pouso.

18: [A]

Na passagem pelo 1º andar o movimento é acelerado, então a tração tem maior intensidade que o peso.  $T_1 > P$ .

Na passagem pelos 11 andares intermediários, o movimento é uniforme, então a tração tem a mesma intensidade do peso.  $T_2 = P$ .

Durante a passagem pelo 13º andar, o movimento é retardado, então a tração tem menor intensidade que o peso.  $T_3 < P$ .

Assim:  $T_1 > T_2 > T_3$ .

19: [C]

[I] **Correta.** A resultante é nula no trecho T2, pois a normal e o peso se equilibram.

[II] **Incorreta.** No trecho T2 a resultante é nula.

[III] **Correta.** A resultante é maior em módulo no trecho T1 do que no trecho T3, pois o trecho T1 apresenta maior inclinação.

20:  $08 + 32 = 40$ .

Justificando as proposições incorretas:

[01] **Incorreta.** A resistência do ar não é desprezível, impedindo a queda livre.

[02] **Incorreta.** Atuam no paraquedista o peso e a resistência do ar.

[04] **Incorreta.** O movimento é acelerado no início da queda.

[08] **Correta.**

[16] **Incorreta.** De acordo com o Princípio da Inércia, se o movimento é retilíneo e uniforme a resultante das forças sobre o corpo é nula.

[32] **Correta.**

21: [B]

[I] **CORRETA.** Se a resultante das forças é não nula, o avião deve sofrer aceleração, não podendo estar em MRU.

[II] **CORRETA.** Pelo Princípio da Inércia, se a resultante das forças é nula, ele pode estar em repouso ou em MRU.

[III] **INCORRETA.** Isso é garantido pelo Princípio da AÇÃO-REAÇÃO.

22: [D]

O ventilador sopra ar para frente, recebendo uma força de reação **para trás**; todo o vento soprado atinge a vela, aplicando nela uma força **para frente**. Assim, agem no sistema barco-vela-ventilador duas forças de mesma intensidade e de sentidos opostos, sendo nula a resultante nesse sistema. Portanto, nenhuma alteração ocorre no movimento do barco.

Comentário:

A questão, porém, torna-se mais complexa, se levarmos em conta que:

1º) o atrito entre a água e o barco pode não ser desprezível;

2º) dependendo da distância ventilador-vela, as partículas de ar que atingem a vela podem não ter a mesma velocidade com que são lançadas pelo ventilador, pois no percurso chocam-se com outras partículas perdendo velocidade, caso esses choques não sejam perfeitamente elásticos;

3º) se os choques entre as partículas sopradas pelo ventilador e a vela não inelásticos, as partículas refletidas têm uma velocidade de retorno  $v'$ , fazendo com o barco seja impelido para frente com velocidade  $V'$ .

