



## REVISÃO ENEM

### Dinâmica

A Dinâmica é a parte da Mecânica que estuda os movimentos e as causas que os produzem ou os modificam. Duas grandezas são agora apresentadas: a massa e a força. Após os Princípios Fundamentais, são apresentadas algumas forças notáveis da Dinâmica.

### INTERAÇÕES E FORÇAS

A noção de força em nossa vida diária está associada a *puxão* ou *empurrão*. Esta é uma noção intuitiva, elementar, de força.

Quando estudamos o movimento de um corpo, verificamos que este é influenciado pela presença de outros corpos na sua vizinhança. Esta influência mútua que os corpos exercem entre si no Universo é denominada **interação** (*ação entre*). Quando dois corpos estão interagindo, dizemos que estão **trocando forças**.

Se, num dado instante, um corpo estiver interagindo com vários outros corpos, nele estarão agindo várias forças. O número de forças agentes em um corpo é sempre igual ao número de interações que ele realiza com os demais corpos. Logo, **a um corpo estão aplicadas tantas forças quantas forem as interações das quais ele participa**.

#### □ Efeito das forças

É possível reconhecer a existência de forças pelos **efeitos** que produzem quando aplicadas a um corpo. Assim, poderíamos dizer que força é o agente físico capaz de iniciar movimentos ou **alterar velocidades** durante os movimentos. As forças também podem provocar **deformações** quando agem sobre objetos.



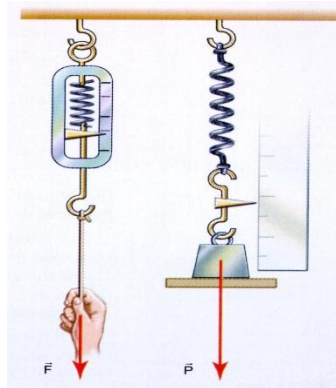
Podemos definir força como o agente físico capaz de iniciar movimentos, alterar a velocidade dos corpos e produzir deformações.

#### □ Medida de forças

Força é uma **grandeza vetorial**, para determinar uma força, precisamos conhecer sua intensidade, sua direção e seu sentido.

A intensidade de uma força pode ser medida através de um instrumento denominado **dinamômetro**, cujo princípio de funcionamento é a deformação de molas ou lâminas.

- A unidade internacional de força (SI) é o **newton (N)** ⇒  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2$ .
- Ainda é utilizada a unidade **quilograma-força (kgf)**, sendo  $1 \text{ kgf} \cong 10 \text{ N}$ .



## OBSERVAÇÕES

- É importante notar que, quando assinalamos uma força num corpo, queremos representar a **ação que o corpo está sofrendo** e não a ação que ele está exercendo. Em outras palavras, uma força assinalada num corpo simboliza **o que estão fazendo com ele** e não o que ele faz.

- Um cuidado importante que se deve tomar é o de **dissociar o conceito de força do de velocidade**. Se um corpo se movimenta para a direita, não significa que nele está agindo obrigatoriamente uma força para a direita. **Um corpo nem sempre se move na direção e sentido da força aplicada.**

## ❑ Força resultante

Quando um ponto material está interagindo com vários outros corpos, fica submetido à ação de tantas forças quantas forem as interações das quais ele participa. Sob a ação deste sistema de forças, o ponto material movimenta-se de uma determinada maneira. A força que, agindo sozinha no ponto material, produziria o mesmo movimento é denominada **resultante** do sistema de forças e pode ser obtida através de **adição vetorial** dos vetores associados às forças.

Dado um sistema de forças agindo num ponto material, denomina-se **força equilibrante** a força igual e oposta à força resultante.  $(\vec{F}_R = -\vec{F}_E)$

## 1ª LEI DE NEWTON

- ❑ **Inércia** é a propriedade que a matéria tem de manter o seu estado de movimento ou o seu estado de repouso.

*Todo corpo em **repouso** tende a permanecer em **repouso**, e assim ficará, a menos que uma força externa o obrigue a sair deste estado.*

Todo corpo em movimento retilíneo uniforme tende a permanecer em movimento retilíneo e uniforme, e assim ficará, a menos que uma força externa o obrigue a sair deste estado.

**Quando a resultante das forças agentes num corpo é nula, sua velocidade vetorial permanece constante.**

Resumindo:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} \text{ é constante}$$

☑  $\vec{v} = \vec{0} \Rightarrow$  repouso  $\Rightarrow$  equilíbrio estático

☑  $\vec{v} \neq \vec{0} \Rightarrow$  M.R.U.  $\Rightarrow$  equilíbrio dinâmico

## OBSERVAÇÕES

– **Sistema inercial de referência** é um sistema em que a primeira lei de Newton é válida, ou um sistema em relação ao qual  $\vec{a} = \vec{0}$  para qualquer objeto com  $\sum \vec{F} = \vec{0}$ .

- Qualquer sistema que se mova com velocidade constante em relação a um sistema inercial é também um sistema inercial.
- Qualquer experiência mecânica, realizada em algum referencial inercial, conserva os mesmos princípios e leis físicas que conservaria se fosse realizado em qualquer outro.

## 2ª LEI DE NEWTON

- O efeito dinâmico de uma força resultante **constante**  $\Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$  sobre um objeto de massa  $m$  é uma variação no vetor velocidade do corpo:

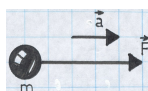
$$\Sigma \vec{F} \neq \vec{0} \Rightarrow \Delta \vec{v} \neq \vec{0} \Rightarrow \vec{a} \neq \vec{0} \text{ e constante}$$

Uma partícula material sujeita à ação de uma força adquire uma aceleração com as seguintes características:

**módulo:** diretamente proporcional ao módulo da força resultante;

**direção:** a mesma da força resultante;

**sentido:** o mesmo da força resultante.



O fator de proporcionalidade entre a força e a respectiva aceleração é uma constante positiva característica do corpo, denominada **massa inercial** ou simplesmente **massa**.

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

onde  $\vec{F} = \Sigma \vec{F} \Rightarrow$  força resultante constante

Conclui-se que a aceleração é inversamente proporcional à massa do corpo.

## 3ª LEI DE NEWTON

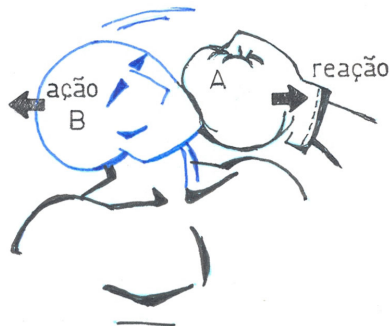
- Num referencial inercial, se um corpo recebe a ação de uma força, obrigatoriamente deve existir um outro corpo que a está aplicando.

O **P.A.R.** analisa a interação entre estes dois corpos:

Toda vez que um corpo **A** aplica uma força a um corpo **B**, recebe deste uma força de mesma intensidade, de mesma direção e sentido contrário.

AÇÃO: corpo **A** atua sobre corpo **B**.

REAÇÃO: corpo **B** atua sobre o corpo **A**.



Ação: mão sobre o rosto  
Reação: Rosto sobre mão

## OBSERVAÇÕES

- A toda ação corresponde uma reação de mesma intensidade e sentido oposto.
- É indiferente distinguir qual é a ação e qual é a reação; a idéia importante contida no Princípio é de que as forças se manifestam sempre simultaneamente e aos pares: **não há ação sem reação**.
- Ação e reação são forças sempre de mesma natureza (ambas elétricas, ou ambas gravitacionais, ou ambas de contato, etc.) e agem sempre **em corpos distintos**. Logo, não tem sentido físico pensar que ação e reação se neutralizam

**Ação e reação nunca se neutralizam mutuamente.**

- Por estarem aplicadas sempre em corpos diferentes, os respectivos **efeitos** da ação e da reação são **diferentes**.

*A ação do pé sobre a bola produz na bola um efeito acelerado, tal que ela é chutada a mais de 100 km/h.*

*A reação da bola sobre o pé tem a mesma intensidade, mas o efeito sobre o atleta é de gerar uma aceleração muito menor, pela brutal diferença de massa.*



## APLICAÇÕES DAS LEIS DE NEWTON

### Peso de um corpo

- A força peso ( $\vec{P}$ ) é uma força de campo, pois ocorre pela ação a distância entre os corpos.
- Peso de um corpo é a força de atração gravitacional que a Terra (ou outro astro) exerce sobre o corpo.

**ação:** a Terra atrai o corpo ( $\vec{P}$ )

**reação:** corpo atrai Terra ( $-\vec{P}$ )

**módulo:**  $P = m \cdot g$

**direção:** coincide com a vertical  
do lugar **sentido:** “para baixo”

A direção da força peso é dada pela reta que passa pelo centro de massa do corpo e pelo centro de massa da Terra.

### Principais diferenças entre peso e massa

(1) **Massa** é a grandeza **escalar**, associada à inércia do corpo. É medida em **balanças** e sua unidade SI é o **quilograma** (kg). A massa de um objeto é **constante** na mecânica newtoniana.

(2) **Peso** é força de atração gravitacional, sendo uma grandeza **vetorial**, medida em **dinamômetros** e sua unidade SI é o **newton** (N). O peso de um objeto é **variável**, dependendo da latitude e da altitude.

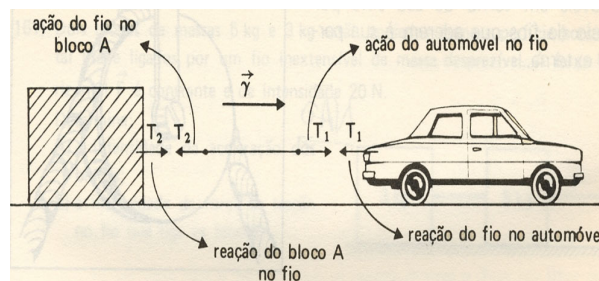
### ❑ Força de tração num fio ideal

– Forças de **tração** ( $\vec{T}$ ) são aquelas que mantêm um fio esticado; o fio, por sua vez, exerce sobre cada corpo ao qual está preso uma força de intensidade igual.

– **Fio ideal** é aquele que tem **massa desprezível** e é **inextensível**: seu comprimento é invariável quaisquer que sejam os esforços a que estejam submetidos.

– Os fios ideais desempenham, nas estruturas em que estão presentes, simplesmente o papel de **transmissores de esforços** de uma extremidade à outra.

Vejamos a seguinte situação: um bloco **A** puxado por um automóvel através de um fio considerado ideal:



### (1) – Interação entre o fio e o carro:

Ação: automóvel puxa fio ( $T_1 \rightarrow$ )

Reação: fio puxa automóvel ( $T_1 \leftarrow$ )

## (2) – Interação entre o bloco A e o fio:

Ação: fio puxa o bloco  $A$  ( $T_2 \rightarrow$ )

Reação: bloco  $A$  puxa o fio ( $T_2 \leftarrow$ )

Como a massa do fio é desprezível, têm-se

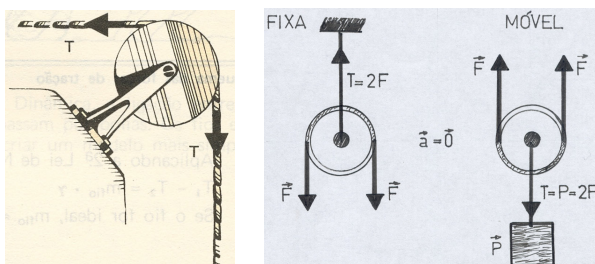
$$T_1 = T_2$$

– Assim, tudo se passa como se o fio não existisse e o automóvel e o bloco  $A$  interagissem diretamente. A função do fio ideal é apenas a de transmitir forças, sem alterar sua intensidade.

**As forças que agem nas extremidades de um fio ideal são sempre de mesma intensidade.**

### ❑ Polia ideal

As polias são discos circulares móveis em torno de seu eixo por meio de fios que aderem à sua parte externa. As **polias ideais** tem massa desprezível e sem atrito no eixo. Nestas condições elas modificam a direção dos fios que passam na periferia, sem alterar a intensidade das forças de tração.



## LEI DE HOOKE

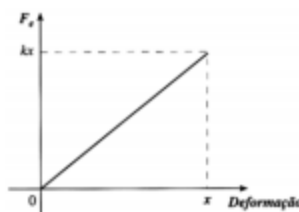
- **Elasticidade:** propriedade, em maior ou menor grau, que os corpos possuem, de serem deformados por ação de forças exteriores e de retornarem à sua forma original, quando elas deixam de atuar, desde que não seja ultrapassado o limite de elasticidade.

- **Lei de Hooke:** Em regime elástico, a deformação sofrida pelo corpo é diretamente proporcional à intensidade da força que a provoca.

$$F = k \cdot x$$

$K$  = constante elástica do material

$x$  = deformação (= alongação)



## OBSERVAÇÕES

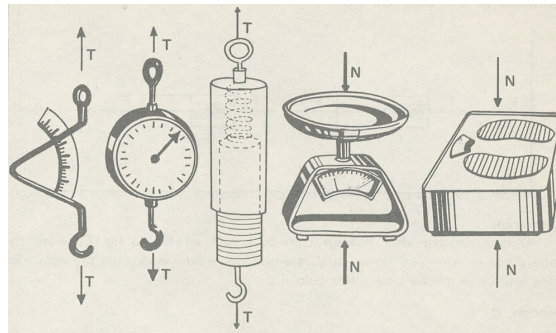
### ❑ Medida de forças

O instrumento utilizado para medir intensidade de forças, denominado **dinamômetro**, é constituído essencialmente por um corpo elástico (geralmente molas) que é deformado pela ação das forças cuja intensidade se pretende medir.

A medida da intensidade da força é obtida através da medida de deformação sofrida pelo corpo elástico.

É interessante notar que as forças opostas que deformam o corpo elástico **têm mesma intensidade**, o que implica resultante nula no dinamômetro. Por conseguinte, o dinamômetro está calibrado para registrar apenas a intensidade de uma delas. Ou seja, o dinamômetro registra o valor **T**.

Existem dinamômetros que são acionados por força de tração e os que funcionam por compressão.



### ATENÇÃO

**A força responsável pelo funcionamento do dinamômetro é a tração ou a normal.**

## TESTES

1) (UFRGS) Considere o movimento de um veículo totalmente fechado, sobre uma estrada perfeitamente plana e horizontal. Nesse contexto, o solo constitui um sistema de referência inercial e o campo gravitacional é considerado uniforme na região. Suponha que você se encontre sentado no interior desse veículo, sem poder observar nada do que acontece do lado de fora.

Analise as seguintes afirmações relativas à situação descrita.

I – Se o movimento do veículo fosse retilíneo e uniforme, o resultado de qualquer experimento mecânico realizado no interior do veículo em movimento seria idêntico ao obtido no interior do veículo parado.

II – Se o movimento do veículo fosse acelerado para a frente, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para trás.

III – Se o movimento do veículo fosse acelerado para a direita, você perceberia seu tronco se inclinando involuntariamente para a esquerda.



Está(ão) correta(s)

- A) apenas I e II
- B) apenas I e III
- C) apenas II e III
- D) apenas I
- E) I, II e III

2) (UFpel) Um automóvel, de massa igual a 1 tonelada, move-se ao longo de uma estrada reta com velocidade escalar igual a 90 km/h. Freando-se o automóvel, suas rodas são travadas e ele percorre 50,0 m até parar. Supondo constante a força de atrito que atua sobre ele durante a freada, o módulo dessa força, em newtons, é igual a:

- a)  $6,25 \times 10^7$
- b)  $6,25 \times 10^6$
- c)  $6,25 \times 10^5$
- d)  $6,25 \times 10^4$
- e)  $6,25 \times 10^3$

3)(UNB) Um astronauta usou uma balança de mola e uma de braços para fazer um experimento na lua. Se o experimento do astronauta estiver correto, temos que:

- a) As medidas feitas pelas duas balanças seriam as mesmas se efetuadas na terra.
- b) As medidas feitas na lua pelas duas balanças são menores que as medidas efetuadas na terra.
- c) As medidas efetuadas com a balança de braços são as mesmas tanto na terra como na lua e as efetuadas com a balança de mola são diferentes.
- d) As medidas efetuadas com a balança de molas são as mesmas na lua e na terra, mas as efetuadas com a balança de braços são diferentes.
- e) Ambas as balanças não funcionam na lua.

4)(ENEM) O peso de um corpo é uma grandeza física:

- a) que não varia com o local onde o corpo se encontra.
- b) cuja unidade de medida é o quilograma.
- c) caracterizada pela quantidade de matéria que o corpo encerra.
- d) que mede a intensidade da reação de apoio.
- e) cuja intensidade é o produto da massa do corpo pela aceleração da gravidade local.

05) (ITA) Um corpo é impulsionado, no vácuo, sobre um plano horizontal, sem atrito, por uma força paralela ao plano, que atua instantaneamente sobre ele. Neste caso, pode-se concluir que:

- a) O corpo adquire movimento uniformemente acelerado, no qual permanece indefinidamente.
- b) O corpo segue em equilíbrio.
- c) durante o movimento, não atua força sobre o corpo.
- d) O corpo possui movimento retardado.
- e) O corpo adquire movimento retilíneo uniforme a partir do repouso.

6) Admita que o campo gravitacional na superfície da lua seja seis vezes menor do que na superfície da terra. Um astronauta na terra tem massa  $m$  e peso  $p$ . Na lua, a massa e o peso do astronauta serão, respectivamente:

- a)  $m$  e  $p$ .
- b)  $m/6$  e  $p/6$ .
- c)  $6m$  e  $6p$ .
- d)  $m/6$  e  $p$ .
- e)  $m$  e  $p/6$ .

7) (UFpel) – aristóteles afirmava que o lugar natural do corpo é o repouso, ou seja, quando um corpo adquire velocidade, sua tendência natural é voltar ao repouso (daí a explicação dos antigos filósofos de que os corpos celestes deveriam ser empurrados por anjos....). Em oposição ao que afirmava aristóteles, galileu elaborou a hipótese de que não há necessidade de forças para manter um corpo com velocidade constante, pois uma aceleração nula está necessariamente associada a uma força resultante nula.

Paraná, djalma nunes, física, vol 1

Com base no texto e em seus conhecimentos, considere as afirmações abaixo.

- I. Quando, sobre uma partícula, estão aplicadas diversas forças cuja resultante é zero, ela está necessariamente em repouso ( $v=0$ )
- II. Quando, sobre uma partícula, estão aplicadas diversas forças cuja resultante é zero, ela necessariamente está em movimento retilíneo uniforme.
- III. Quando é alterado o estado de movimento de uma partícula, a resultante das forças exercidas sobre ela é necessariamente diferente de zero.

A(s) afirmativa(s) que se aplica(m) a qualquer sistema de referência inercial é (são)

- a) apenas a I
- b) apenas a III
- c) apenas a I e a II
- d) apenas a II e a III
- e) I, II e III
- f) I.R.

**Gabarito: 1.e / 2.e / 3.c / 4.e / 5.b / 6.e / 7.b**