

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA



Física • Matemática

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO  
Avenida Água Verde, 2140  
Telefone: (0XX) 41 3340-1500  
80240-900 - CURITIBA - PARANÁ  
[www.diaadiaeducacao.pr.gov.br](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br)



Pré-vestibular

Prezado(a) aluno(a)

O material que você está recebendo é fruto de uma parceria entre a Secretaria de Estado da Educação do Paraná e o Programa Eureka, veiculado pela TV Paraná Educativa desde 2003.

Trata-se de um material com características específicas, uma vez que não se destina ao ensino regular, mas diretamente a você, estudante de terceiro ano, interessado no concurso vestibular para o ingresso no ensino superior.

A Secretaria de Estado da Educação, através do Departamento de Educação Básica e da TV Paulo Freire, em atendimento a essa demanda específica, assumiu a parte administrativa, cuidando da editoração, impressão, distribuição do material, gravação de aulas e da contratação de professores, com experiências significativas em cursos pré-vestibulares, que se responsabilizaram pela produção pedagógica do material.

A produção de 100 aulas, que serão transmitidas pela TV Paulo Freire e pela TV Educativa, complementam esta ação e articulam o material impresso à linguagem televisiva, possibilitando a você aprofundamento nos conteúdos disciplinares.

Nossa expectativa é que, tendo acesso a todos estes materiais, você e seus colegas se organizem junto à direção escolar e a seus professores para realização dos estudos.



**GOVERNO DO PARANÁ**

Roberto Requião

**SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO**

Mauricio Requião de Mello e Silva

**DIRETORIA GERAL**

Ricardo Fernandes Bezerra

**SUPERINTENDÊNCIA DA EDUCAÇÃO**

Yvelise Freitas de Souza Arco-Verde

**DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA**

Mary Lane Hutner

**COORDENAÇÃO PEDAGÓGICA**

Marlus Humberto Geronasso

Regina Elisabeth Luque





**Física**

**Tony Marcio Groch**

Colaborador Elton Dias Júnior

## AULA Nº 01

## INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA FÍSICA

Assistindo a um jogo de futebol pela televisão, temos muitos fenômenos físicos envolvidos, desde a transmissão televisiva como no próprio campo de futebol. A televisão funciona utilizando **eletricidade**, os jogadores utilizando a transformação de **energia** dos alimentos se **movimentam**, chutam, aplicando uma **força** considerável na bola, que rola pelo gramado, quase sem **atrito**, quando o **som** do apito do árbitro, apontado um impedimento, os jogadores correm até o mesmo, pedindo explicações, não concordando com a marcação, um dos jogadores diz que o mesmo estaria precisando **óculos**. O **"calor"** da partida está fazendo com que os jogadores, suem tanto pela elevada **temperatura** que faz no estádio como pelo nervosismo inerente a uma decisão no futebol.

E no conforto de nossa sala, estamos apreensivos, porém comendo uma tigela de pipocas, que acabamos de fazer no forno de **microondas**, tomando um suco gelado, quando a centenas de quilômetros através das **ondas eletromagnéticas** da transmissão de televisão, vemos maior alegria que podemos ter em uma partida de futebol, um momento mágico, incomum, o gol que torna vencedor, lavando a alma de um bom torcedor e sofredor de futebol.

**O conhecimento científico**

O homem primitivo pela não compreensão da natureza que o cercava, portava-se com respeito temeroso e subjugante, chegando a veneração dos fenômenos naturais. Porém, uma das características humanas é a indagação constante, uma curiosidade jamais saciada, isto possibilitou o questionamento e a reflexão, que permitiu a análise, interpretação e codificação destes fenômenos, que através da tradição cultural, é passada de geração em geração, permitindo que a

nova geração ultrapasse a anterior, em conhecimento científico.

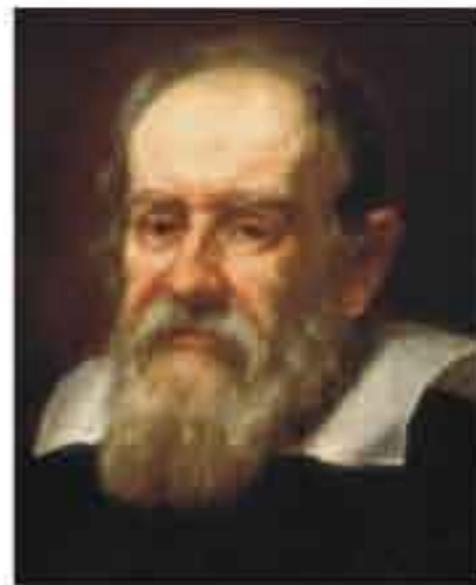
**O método científico**

Na Grécia antiga, **Aristóteles** de Estagira (384-322 a. C) elaborou o sistema filosófico para explicar os fenômenos da natureza. Tudo que existia segundo ele, era composto de quatro elementos: terra, água, ar e fogo; existido um quinto elemento o éter que circundava o mundo. Sendo que a posição de cada corpo é perfeitamente determinado. Um pedra caía por exemplo, porque o local da pedra era a terra, enquanto a fumaça subia, porque seu local natural era o ar. Porém coube a **Galileu Galilei** (1564-1642) desenvolver o método científico (ou experimental), que utilizamos até hoje.



Aristóteles de Estagira (384-322 a. C.)

Foto:wikipedia



Galileu Galilei (1564-1642)

Fonte: wikipedia antwrp

Original portrait by Justus Sustermans painted in 1636.

O método científico é composto por quatro fases fundamentais:

**Observação:** durante a observação do fenômeno tenta-se formular uma hipótese de o por que, do como, para que, etc.

**Reprodução:** em um ambiente controlado (um laboratório), busca-se a reprodução do fenômeno, isolando suas variáveis, para compreendê-las.

**Elaboração:** de teorias, leis, formulações matemáticas, que irão descrever o fenômeno levando em conta os fatores importantes ocorridos na fase de reprodução.

**Comprovação:** etapa de verificação se as leis, teorias e formulação matemáticas regem adequadamente o fenômeno em questão.

A **ciência** é a compreensão objetiva e racional da realidade e suas transformações, apresenta-se codificada e é transmitida de geração em geração.

A palavra **Física** tem origem grega (PHYSIKÉ) que significa natureza.

Estuda a natureza visando o estabelecimento de leis que regem os fenômenos naturais, mediante o comportamento energético da matéria.

Na Física constantemente iremos estudar **Fenômenos**, que significam acontecimentos ou transformações.

Os **fenômenos Físicos** são aqueles que não alteram a natureza das substâncias.

Exemplo:

O gelo (água no estado sólido) quando colocado no ambiente começa a derreter, quanto mais alto estiver a temperatura, mais rapidamente ele irá derreter, até se transformar totalmente em água (no estado líquido). Portanto, durante este fenômeno físico de mudança de estado físico (chamado de fusão), causado pelo aumento de temperatura, a natureza da substância não se alterou, continuou sendo água.



São considerados **fenômenos químicos**, quando ocorre a alteração na natureza da substância.

Exemplo:

A madeira sendo transformada em carvão, em uma carvoaria.



foto:wikipedia

Como vimos, a Física, preocupa-se em compreender a natureza, utilizando-se o método científico (ou experimental), porém para a comprovação de suas hipóteses, normalmente são necessárias a obtenção de medidas, como espaço, tempo, massa; que são **grandezas físicas**. Que tudo que é suscetível de ser comparado e medido. Podemos ter grandezas físicas fundamentais ou primitivas, e as grandezas físicas derivadas.

Exemplo:

Quando medimos a largura de uma mesa, utilizamos um metro, através da comparação de quantos metros cabem na largura da mesa, a esta forma de medida chamamos: maneira direta. Quando queremos obter a distância da Terra a Lua, medimos utilizando equipamentos especiais, mas de maneira indireta.

No exemplo anterior da medida da largura da mesa, utilizamos o metro, que é **unidade padrão** de distância.

As unidades padrões, sempre serão comparadas com o fenômeno que nós queremos medir.

Essas grandezas podem apresentar tanto números muito elevados como números muito pequenos, por isso, usaremos os múltiplos e submúltiplos, que são hoje bastante difundidas como a capacidade de armazenamento de um HD de computador 80Gb equivale a  $80 \cdot 10^9$  b, a velocidade do processador 2,2 MHz, equivale a  $2,2 \cdot 10^6$  Hz.

prefixo	símbolo	Fator de multiplicação
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
quilo	k	$10^3$
hecto	h	$10^2$
deca	da	$10^1$

deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$

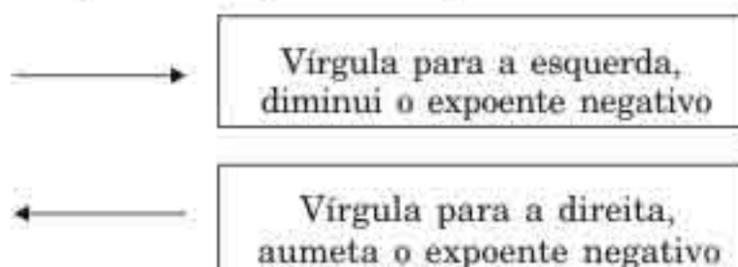
A **notação científica** é também uma ferramenta matemática de representação poderosa, quando queremos representar tanto grandezas extremamente grandes, como as grandezas extremamente pequenas.

Exemplos:

1 ano-luz (distância em que a luz viaja durante um ano)  $9,46 \times 10^7$  m aproximadamente

1 Å (Angstrom) =  $10^{-10}$  m

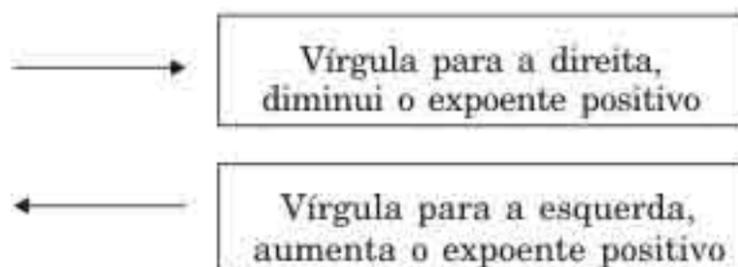
Quando o expoente é negativo:



Exemplo:

carga de um elétron =  $0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 16\ C = 1,6 \times 10^{-19} C$

Quando o expoente é positivo:



Exemplo:

massa da Terra =  $5.980.000.000.000.000.000.000 = 5,98 \times 10^{24} kg$

### Atividades:

- Transforme os números abaixo para notação científica:
  - 0,0005.....
  - 525,4.....
  - 12.000.000.000.....
  - 0,000000078.....
- Dê a ordem de grandeza das medidas a seguir:
  - 1000m  $10^3$  m
  - 0,00001m  $10^{\dots}$  m
  - 3600s  $10^{\dots}$  s
  - 0,003s  $10^{\dots}$  s

A grandeza comprimento pode ser comparada com diferentes unidades como a polegada, o centímetro, ou mesmo uma que nós determinássemos, porém a comunicação da mesma ficaria prejudicada. Para facilitar a comunicação e compreensão das grandezas físicas, foi criado em Paris, em 1960, o Sistema Internacional de Unidade (SI), que é utilizado em comunicações científicas, e será largamente explorado durante o estudo que iremos fazer de Física.

Temos como unidades fundamentais no SI:

Grandeza fundamental	padrão	símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
Intensidade de corrente	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Intensidade luminosa	candela	cd
Quantidade de matéria	mol	mol

### Atividades:

- Transforme as seguintes grandezas a seguir:
  - 3km.....m
  - 7000g.....kg
  - 451mm.....m
  - $2km^2$ ..... $m^2$
  - $200m^2$ ..... $km^2$
  - 1h.....s
  - 1dia.....s

### Divisão Didática da Física

Para facilitar o entendimento da Física utilizamos uma divisão didática:

**Mecânica** que é o estudo dos fenômenos envolvendo energia mecânica.

Subdivide-se em: estática, cinemática, dinâmica, mecânica dos corpos celestes e dos fluidos.

**Termologia** que é o estudo dos fenômenos que envolvem a energia térmica.

Subdivide-se em: termometria, calorimetria, dilatação, mudança de estado físico, gases perfeitos, termodinâmica.

**Ondas** que os estudo dos fenômenos que envolvem a energia luminosa e sonora.

Subdivide-se em: ondas mecânicas, acústica, ondas eletromagnéticas e a óptica.

**Eletromagnetismo** é o estudo dos fenômenos que envolvem a energia elétrica.

Subdivide-se em: eletrostática, eletrodinâmica e magnetismo.

**Física Moderna e Contemporânea** corresponde ao estudo da Física do final do século XIX até hoje, como a mecânica quântica, mecânica relativística, etc.

### TESTES DE VESTIBULAR

01. (UEPG 2006) O sistema de unidades adotado pelo Brasil é o Sistema Internacional. Sobre esse sistema, assinale o que for correto.
- 01) No Sistema Internacional existem duas classes de unidades, as fundamentais e as derivadas.
  - 02) As unidades fundamentais são em números de seis.
  - 04) Nas unidades que derivam de nomes próprios a primeira letra do símbolo é maiúscula e as demais são minúsculas.
  - 08) Tonelada e litro são unidades que não pertencem ao Sistema Internacional.
  - 16) Joule e pascal são exemplos de unidades fundamentais.
02. (UEPG 2005) Se [L], [M], [T] e [I] são as unidades de comprimento, massa, tempo e corrente elétrica, respectivamente, assinale o que for correto.
- 01) A unidade de potência é  $[L]^2.[T]^{-1}$ .
  - 02) A unidade de vazão é  $[L]^3.[T]^{-1}$ .
  - 04) A unidade de pressão é  $[M].[L]^{-1}.[T]^{-2}$ .
  - 08) A unidade de diferença de potencial elétrico é  $[M].[L]^2.[T]^{-2}.[I]^{-1}$ .
  - 16) A constante dielétrica é adimensional.
03. (UTFPR 02) Suponha que um grão de soja ocupe um volume igual a  $1 \text{ cm}^3$ . A cidade de Paranaguá tem uma área próxima de  $12 \text{ km}^2$ . Suponha que toda a superfície da cidade fique coberta com uma camada de soja com  $10 \text{ cm}$  de altura. É possível afirmar que existiriam no local:
- a)  $1,2 \times 10^3$  grãos.
  - b)  $1,2 \times 10^9$  grãos.
  - c)  $1,2 \times 10^{15}$  grãos.
  - d)  $1,2 \times 10^{12}$  grãos.
  - e)  $1,2 \times 10^6$  grãos.
04. (UNICENTRO 2005) O raio médio da órbita elíptica da Terra em torno do Sol é considerado para medir 1 Unidade Astronômica(U.A.):  $1 \text{ U.A.} = 1,49 \times 10^8 \text{ km} = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$ . A U. A. é utilizada para medir os raios das órbitas dos planetas do sistema solar, entretanto é uma unidade muito pequena para ser utilizada como parâmetro de medida para as distâncias das estrelas. Para essas distâncias, é utilizado o Ano-Luz (A.L.) que é a distância percorrida pela luz em um ano. Por exemplo, a estrela alfa-centauro está a  $4,3 \text{ A. L.}$  de distância da Terra. Se a velocidade de propagação da luz é igual a  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ , é correto afirmar que a distância média entre o Sol e a Terra é de:
- a) 150 Segundos-Luz.
  - b) 300 Segundos-Luz.
  - c) 430 Segundos-Luz.
  - d) 500 Segundos-Luz.
  - e) 600 Segundos-Luz.
05. (UTPR 2006) Para obter um certa mistura, foram adicionados  $0,100 \text{ g}$  de uma substância A,  $2,00 \text{ cg}$  de uma substância B e  $250 \text{ mg}$  de uma substância C. A massa total da mistura, em gramas, ficou igual a:
- a) 0,285
  - b) 0,470
  - c) 0,370
  - d) 0,475
  - e) 0,375
06. (UFPR LITORAL 2006) Suponha que uma bactéria tenha formato cúbico e que sua dimensão seja da ordem de  $10^{-5} \text{ m}$ . Supondo que existam esses organismos, qual é a ordem de grandeza do número de bactérias que em média podem ser confinadas em  $1,0 \text{ cm}^3$ ?
- a) 9
  - b) 8
  - c) 7
  - d) 6
  - e) 5

## AULA Nº 02

### CINEMÁTICA VETORIAL

Cinemática é um termo derivado do grego que significa movimento, é o termo que da origem também a palavra cinema, pois as imagens estáticas, elas são projetadas numa seqüência e velocidade que nossa visão não consegue perceber individualmente, dando a sensação visual da imagem em movimento.

A cinemática é parte da mecânica, e tem por objetivo descrever os movimentos genericamente, sem a preocupação das causas que produziram o movimento, para a compreensão dos mesmos utilizaremos recursos como a natureza, funções matemáticas, representações gráficas, etc.

#### Grandezas escalares e vetoriais

Grandezas escalares são aquelas que ficam perfeitamente determinadas conhecendo apenas seu módulo (ou intensidade), acompanhado da unidade de medida correspondente.

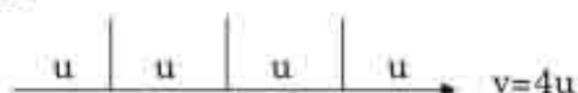
Exemplo: comprimento, área, volume, temperatura, tempo, etc.

Grandezas vetoriais são aquelas que necessitam além do módulo, da unidade de medida, de uma direção e sentido de aplicação desta grandeza.

Exemplo: força, velocidade, aceleração, campo elétrico, campo magnético, etc.

O **vetor** é um ente matemático que representa em seu tamanho, o módulo ou intensidade, a direção e o sentido, através de um segmento de reta orientado.

Exemplo:



onde o  $v$  tem módulo 4 unidades, direção horizontal e sentido da esquerda para a direita.

A direção é dada pela reta suporte onde está representada a minha grandeza física vetorial, tendo como exemplos: horizontal, vertical, norte-sul, leste-oeste, diagonal, etc.

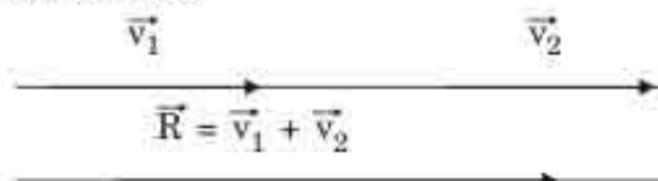
O sentido é a orientação de uma dada direção, como exemplos temos: de baixo para cima, de cima para baixo, de leste para oeste, da esquerda para a direita, etc.

O vetor que representa sozinho todos os outros vetores em questão, é chamado de vetor resultante.

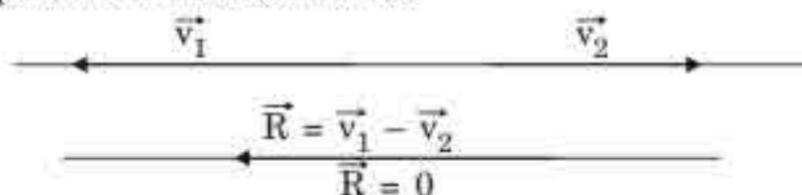
**Observação:** representaremos o vetor, a partir daqui em negrito. Ex.  $\mathbf{v}$ .

#### Operações com Vetores

Quando os vetores tem a mesma direção e mesma sentido:



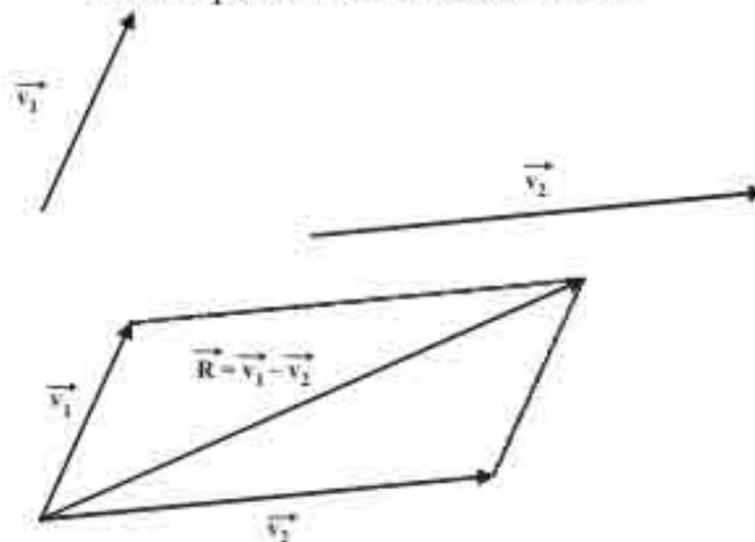
Quando os vetores tem a mesma direção, porém sentidos contrários:



Se tivermos vetores em direções diferentes, podemos determinar a resultante de duas regras:

#### Regra do paralelogramo

Usada quanto temos dois vetores.

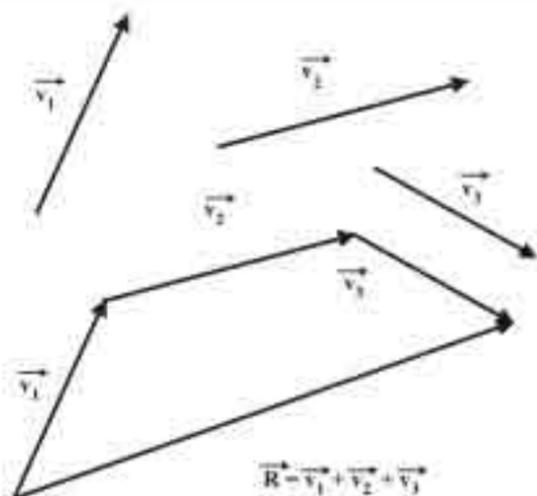


Dados dois vetores quaisquer, fazemos com que suas origens coincidam e montamos linhas paralelas aos vetores, de maneira a montarmos um paralelogramo. A diagonal desse paralelogramo é a resultante do sistema.

#### Regra do polígono

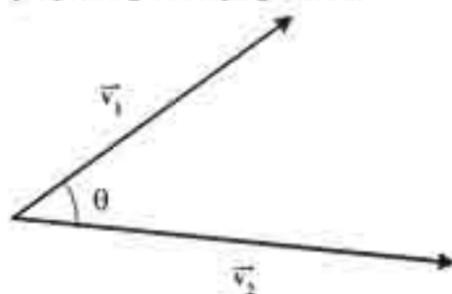
Usado para qualquer número de vetores

Redesenhamos os vetores de forma que a extremidade de um coincida com o início do outro, e assim por diante até o último vetor, sendo a resultante do sistema obtido através da união da origem do primeiro vetor com a extremidade do último vetor.



Podemos também obter a resultante analiticamente, pela lei dos cossenos:

$$\vec{R} = \sqrt{\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 \cos \theta}$$

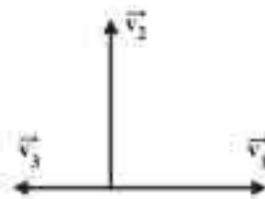


Quando o ângulo entre os dois vetores quaisquer for  $90^\circ$ , a fórmula ficará reduzida a:

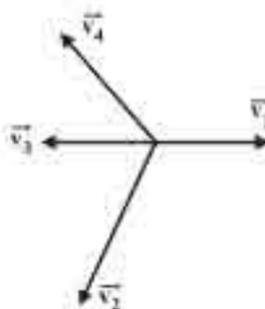
$$\vec{R} = \sqrt{\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2}$$

### Atividades

01. Obtenha o vetor soma, usando o método do polígono:
- 



b)



02. Dois vetores de intensidades  $5u$  e  $12u$ , determinam uma resultante de  $13u$ . Qual é o ângulo formado entre os vetores?

03. Dados dois vetores de intensidades 3 unidades e 4 unidades, formando entre si um ângulo de  $60^\circ$ . Qual a intensidade do vetor soma?

04. Dois vetores de intensidade 10 unidades. Obter a intensidade do vetor soma nos seguintes ângulos:

- $0^\circ$
- $180^\circ$
- $120^\circ$
- $90^\circ$

### TESTES DE VESTIBULAR

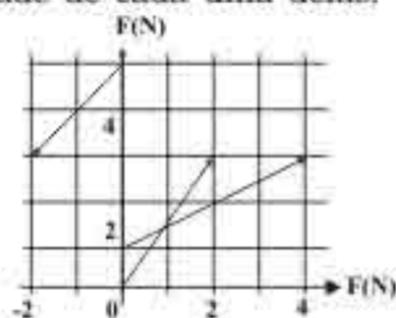
01. (UEL 94) Considere as seguintes grandezas físicas mecânicas: tempo, massa, forças, velocidade e trabalho. Dentre elas, têm caráter vetorial apenas:

- força e velocidade
- massa e força
- tempo e massa
- velocidade e trabalho
- tempo e trabalho

02. (UEPG 2005) Sobre um sistema de forças, assinale o que for correto.

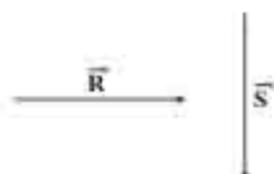
- A resultante das forças internas de um sistema isolado é nula.
- A resultante de um sistema de forças é a força capaz de produzir o mesmo efeito do sistema.
- Para que um corpo, sob ação de uma força, execute um movimento rotacional em torno de um ponto, é obrigatório que a linha suporte da força não passe sobre este ponto.
- A condição necessária e suficiente para que um corpo esteja em equilíbrio é que a soma vetorial das forças que agem sobre ele seja nula.
- Centro de gravidade de um corpo é o ponto de aplicação do seu peso.

03. (UTF PR 2003) Aplicadas a um corpo são mostradas três forças coplanares. O sistema de eixos está graduado em newtons para avaliar a intensidade de cada uma delas.



É possível afirmar que a força resultante no corpo tem um módulo, em newtons, igual a:

- a) 0.  
b) 2.  
c) 4.  
d) 5.  
e) 7.
04. (UTFPR 01) Considere os vetores R e S representados.



O vetor resultante da operação vetorial  $(-\vec{R} + \vec{S})$  está melhor representado na opção:

- a) b)   
c) d)   
e)

05. (UEM 2006) Um corpo está sendo arrastado em uma superfície lisa (atrito desprezível), tracionado por duas cordas, conforme o diagrama de forças abaixo. Qual a intensidade da força resultante?



- a)  $\vec{F}_R = \sqrt{19}N$   
b)  $\vec{F}_R = \sqrt{8}N$   
c)  $\vec{F}_R = \sqrt{34}N$   
d)  $\vec{F}_R = \sqrt{49}N$   
e)  $\vec{F}_R = \sqrt{2}N$
06. (UTFPR 2006) Verifique quais são as grandezas escalares e vetoriais nas afirmações abaixo.
- 1) O deslocamento de um avião foi de 100km, na direção Norte do Brasil.
  - 2) A área da residência a ser construída é de  $120,00m^2$ .
  - 3) A força necessária para colocar uma caixa de 10kg em uma prateleira é de 100N.
  - 4) A velocidade marcada no velocímetro de um automóvel é de 80km/h.
  - 5) Um jogo de futebol tem um tempo de duração de 90 minutos.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) Vetorial, vetorial, escalar, vetorial, escalar.  
b) Vetorial, escalar, escalar, vetorial, escalar.  
c) Escalar, escalar, vetorial, vetorial, escalar.  
d) Vetorial, escalar, vetorial, escalar, escalar.  
e) Escalar, escalar, vetorial, escalar, escalar.

## AULA Nº 03

### MOVIMENTO UNIFORME

Um movimento pode ser classificado de acordo com suas características, iniciaremos nosso estudo sobre a cinemática escalar, através do Movimento Uniforme conhecendo algumas características fundamentais que facilitarão nossa compreensão de todos os tipos de movimento.

#### Conceitos Fundamentais

##### *Ponto material ou partícula e corpo extenso*

Ponto material é o corpo com dimensões desprezíveis quando comparadas às outras dimensões envolvidas no fenômeno. É considerado um corpo extenso quando as dimensões não poderão ser desprezadas.



##### *Referencial*

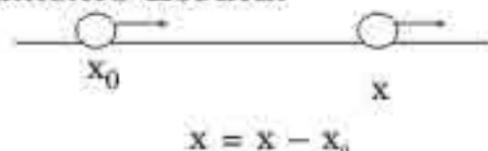
Pode ser um objeto, lugar ou ponto no espaço que utilizamos na comparação ao local ou corpo que estamos estudando.

Um corpo está em **repouso** quando a distância entre este corpo e o referencial não varia com o tempo. Um corpo está em **movimento** quando a distância entre este corpo e o referencial varia com o tempo.

##### *Trajétoria*

É a linha determinada pelas várias posições ocupadas por um corpo no decorrer do tempo.

##### *Deslocamento Escalar*



$$\Delta x = x - x_0$$

$\Delta x$  = deslocamento (m)

$x$  = posição final (m)

$x_0$  = posição inicial (m)

##### *Velocidade Média Escalar*



$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = x - x_0$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$v_m$  = velocidade média

$\Delta x$  = deslocamento (m)

$\Delta t$  = tempo

$$v_M = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

##### *Velocidade Instantânea*

$$v_M = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

##### *Transformação da Velocidade*

$$\frac{1\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{1}{3,6} \text{m/s}$$

**“Para transformar uma velocidade em km/h para m/s, devemos dividir a velocidade por 3,6. Para transformar uma velocidade em m/s para km/h, devemos multiplicar a velocidade por 3,6.”**

##### *Atividade:*

01. (UEL- PR) A velocidade escalar média de um atleta que corre 100m em 10s é, em km/h de:
- 3
  - 18
  - 24
  - 30
  - 36

### Aceleração Escalar Média

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Delta v = v - v_0$$

$$\Delta t = t - t_0$$

$$a = \text{aceleração (m/s}^2\text{)}$$

$$\Delta v = \text{variação da velocidade (m/s)}$$

$$\Delta t = \text{variação do tempo (s)}$$

### Aceleração Escalar Instantânea

$$a_m = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

### Movimento Uniforme

Chamamos de movimento uniforme (MU) quando a velocidade permanece constante, no caso particular da trajetória ser retilínea, denominamos movimento retilíneo uniforme (MRU).

Podemos classificar o movimento em:

- quanto a trajetória, em movimento retilíneo ou curvilíneo.
- quanto a velocidade escalar instantânea, em progressivo ou retrógrado.
- quanto ao valor absoluto da velocidade escalar instantânea, em acelerado ou retardado.

### Movimento Progressivo

É aquele em que a velocidade escalar é positiva, ou seja a posição aumenta com o tempo.

### Movimento Retrográdo

É aquele em que a velocidade escalar é negativa, ou seja, a posição decresce no decorrer do tempo.

### Função Horária dos Espaços ou de Posições para o M. U.

$$x = x_0 + v \cdot t$$

onde:

$x$  → é a posição atual, ou que se pretende conhecer.

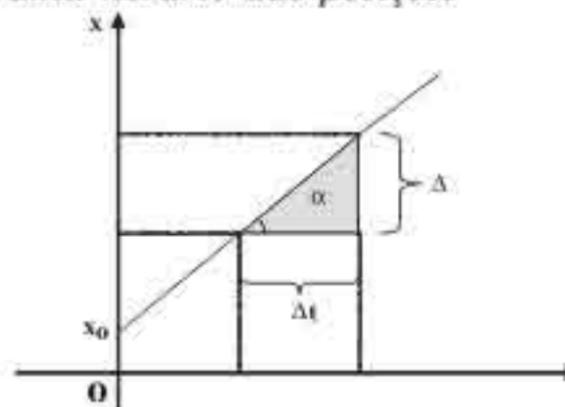
$x_0$  → é a posição onde o móvel iniciou o movimento.

$v$  → velocidade uniforme

$t$  → o tempo do fenômeno

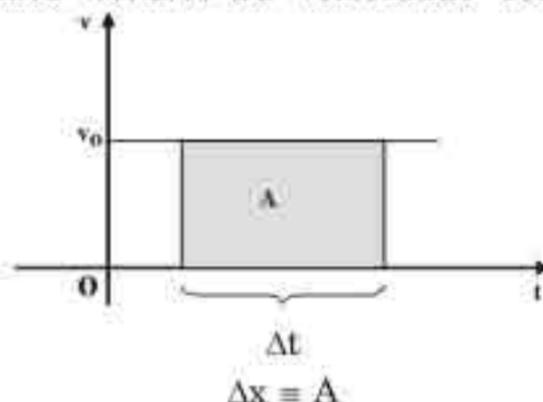
### Diagramas para o Movimento Uniforme

#### Diagrama horário das posições



$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ logo } v = \text{tg } \alpha$$

#### Diagrama horário da velocidade escalar



No movimento uniforme, o deslocamento escalar ocorrido num intervalo de tempo é numericamente igual à área compreendida entre a reta que representa a velocidade e o eixo dos tempos.

#### Diagrama horário da aceleração escalar



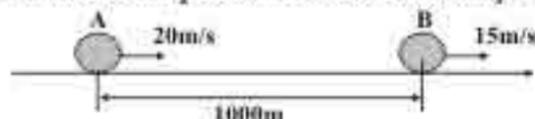
### Encontro de dois móveis em movimento uniforme

“Para determinar o instante em que dois móveis se encontram devemos igualar as posições dos móveis. Substituindo o instante encontrado, numa das funções horárias, determinaremos a posição onde o encontro ocorreu.”



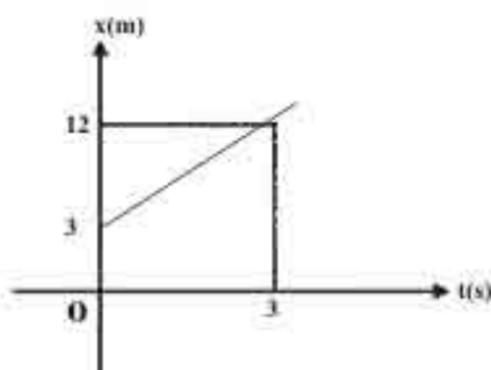
Atividades:

01. Dois móveis de dimensões desprezíveis, movem-se em movimento uniforme e no mesmo sentido. No instante inicial ( $t_0=0$ ), os mesmos se encontram nas posições indicadas na figura, determine o instante em que o móvel A alcança B.

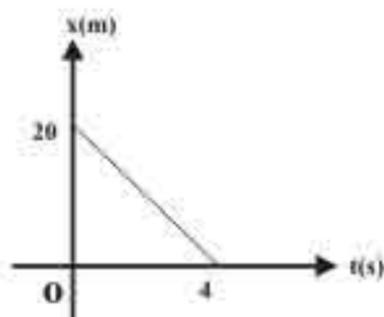


02. Os diagramas a seguir fornecem a relação entre o espaço e o tempo, para cada um deles escreva a equação horária do movimento, classificando-os em progressivo ou retrógrado.

a)

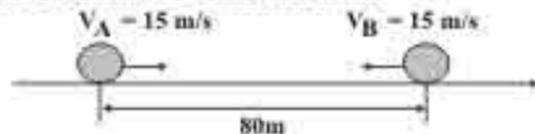


b)



TESTES DE VESTIBULAR

01. (PUC -PR) De dois pontos A e B, conforme a figura, partem simultaneamente duas partículas em movimento retilíneo uniforme com velocidades de 15m/s e 5m/s. A que distância do ponto A elas se encontram?



- a) 20m  
b) 60m  
c) 40m  
d) 30m  
e) 80m

02. (UEPG 2006) Para o estudo dos movimentos, é necessário elegermos um referencial. Sobre tal referencial, assinale o que for correto.

- 01) Se a velocidade de um corpo é negativa pode-se afirmar que o corpo está se afastando do referencial.  
02) Se o referencial se movimenta junto com um corpo, objeto de estudo, pode-se dizer que o corpo encontra-se em repouso em relação ao referencial.  
04) O referencial pode ser inercial e não inercial.  
08) Tendo a Terra como referencial pode-se dizer que a Terra gira em torno do Sol.  
16) Considerando a Terra como referencial, está em repouso um corpo situado sobre seu eixo de rotação.

03. (UEPG 2005) Após iniciar uma dieta alimentar, uma pessoa passa a perder 5,76 kg de massa corporal por mês. Considere um mês de 30 dias. É correto afirmar que esta perda de massa corporal corresponde a:

- 01) 0,002 kg/h  
02) 8 g/h  
04) 1,33 g/min  
08) 19,2 g/dia  
16) 1,344 kg/semana

04. (UEPG 2004) Nas equações abaixo as letras t, x e v representam, respectivamente, tempo, distância percorrida e velocidade no movimento unidimensional, e a letra k, representa uma constante com dimensões físicas apropriadas. Assinale as equações que representam movimento com aceleração constante.

- 01)  $v = k.x$   
02)  $v=k.t$   
04)  $v^2=kx$   
08)  $x = k.t$   
16)  $x = k.t^2$

05. (UNICENTRO 05) No futebol, a marca do pênalti está a 11m do ponto mais próximo da linha do gol. Já os pontos mais distantes, as bordas laterais das traves, estão a 11,59m da marca do pênalti. A distância entre as traves é de 7,32m e a distância da borda inferior do travessão até o chão é de 2,44m. Assim, quando o goleiro está de braços abertos suas mãos distam cerca de 3 metros dos cantos das traves. A partir desses dados, e supondo que numa cobrança de pênalti um baterador chute a bola num canto com velocidade de 97,2Km/h, assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, o tempo que tem o goleiro para alcançar a bola e qual deve ser sua velocidade média.
- 0,10s e 108km/h
  - 0,15s e 72km/h
  - 0,27s e 40km/h
  - 0,39s e 28km/h
  - 0,43s e 25km/h
06. (UTPPR 02) Um corredor A, da prova dos 100 metros rasos, gasta 9,9 s para concluir esta prova. Um maratonista B gasta 2h03min para concluir uma outra prova, que tem um percurso de 40 km. Portanto, considere as proposições que seguem:
- Os corredores possuem velocidade média próximas de 36 km/h e 19,5 km/h, respectivamente.
  - Se o corredor A mantivesse a sua velocidade média na prova de 40 km, ele a concluiria em aproximadamente 1h50min.
  - Se o corredor B mantivesse a sua velocidade média e fosse correr os 100 metros rasos, ele a concluiria em aproximadamente 18,5 s.
- Portanto, somente está(ão) correta(s) a(s) proposição(ões):
- I e II.
  - II.
  - I.
  - I e III.
  - III.
07. (UFPR 97) Com base no estudo de grandezas físicas é correto afirmar:
- A energia potencial pode ser expressa no Sistema Internacional de unidades(SI) em  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ .
  - Se um "crono" (unidade de medida de tempo) corresponde 1008s, um período de uma semana terá 600,0cronos.
  - Se um formigueiro tem  $1,0 \times 10^4$  formigas, então a ordem de grandeza do número total de formigas em dois formigueiros idênticos é igual a  $10^4$ .
  - Para caracterizar completamente uma grandeza física vetorial basta especificar sua direção e sentido.
  - A velocidade média de uma partícula que percorre uma distância de 1,00m em 0,30s, expressa com o número correto de algarismos significativos, é igual a 3,3333m/s.
08. (UEPG) Se o velocímetro do seu carro marca 60 km/h e permanece nesta posição durante 15 minutos, que distância você terá percorrido?
- 60km
  - 25km
  - 120km
  - 15km
  - n.d.a
09. (UTFPR) Considere as seguintes afirmações:
- A trajetória de um móvel pode ser retilínea para um observador e curvilínea para outro.
  - Um móvel pode estar em repouso para um observador e em movimento para outro.
  - A velocidade de um móvel é sempre única e não depende do referencial adotado.
- São corretas as afirmações:
- I e II.
  - Apenas a afirmação III.
  - I e III
  - Todas as afirmações
  - II e III.

10. (UEL) Um carro percorreu a metade de uma estrada viajando a  $30\text{km/h}$  e, a outra metade da estrada, a  $60\text{km/h}$ . Sua velocidade média no percurso total foi de:
- $60\text{km/h}$
  - $54\text{km/h}$
  - $48\text{km/h}$
  - $40\text{km/h}$
  - $30\text{km/h}$
11. (UEL 2004) Popularmente conhecido como “lombada eletrônica”, o redutor eletrônico de velocidade é um sistema de controle de fluxo de tráfego que reúne equipamentos de captação e processamento de dados. Dois sensores instalados na pista no sentido do fluxo, a uma distância de  $4\text{m}$  um do outro. Ao cruzar cada um deles, o veículo é detectado; um microprocessador recebe dois sinais elétricos consecutivos e, a partir do intervalo de tempo entre eles, calcula a velocidade média do veículo com alta precisão. Considerando que o limite Máximo de velocidade permitida para o veículo é de  $40\text{km/h}$ , qual é o menor intervalo de tempo que o veículo deve levar para percorrer a distância entre os dois sensores, permanecendo na velocidade permitida?
- $0,066\dots\text{s}$
  - $0,10\text{h}$
  - $0,36\text{s}$
  - $11,11\text{s}$
  - $900\text{s}$
12. (UEL 2005) Um cão persegue uma lebre de forma que enquanto ele dá 3 saltos ela dá 7 saltos. Dois saltos do cão equivalem a cinco saltos da lebre. A perseguição inicia-se em um instante em que a lebre está a 25 saltos a frente do cão. Considerando-se que ambos deslocam-se em linha reta, é correto afirmar que o cão alcança a lebre após ele ter:
- percorrido  $30\text{m}$  e a lebre  $70\text{m}$ .
  - percorrido  $60\text{m}$  e a lebre  $140\text{m}$ .
  - dado 70 saltos
  - percorrido  $50\text{m}$
  - dado 150 saltos.
13. (UEM 2006) Um observador permanece um longo período observando uma tempestade e percebe que, progressivamente, o intervalo de tempo entre os relâmpagos e as respectivas trovoadas vai diminuindo. Um dos relâmpagos foi visto a uma distância de  $1.376$  metros do local onde o observador se encontra. A partir dessas observações, o que ele conclui em relação à tempestade e qual o intervalo de tempo decorrido entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada ouvida pelo observador?
- (Considere a velocidade do som =  $344\text{ m/s}$ .)
- A tempestade está se afastando, e o intervalo de tempo entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada é de  $4,0\text{ s}$ .
  - A tempestade está se aproximando, e o intervalo de tempo entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada é de  $2,0\text{ s}$ .
  - A intensidade da tempestade está diminuindo, e o intervalo de tempo entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada é de  $4,0\text{ s}$ .
  - A tempestade está se afastando, e o intervalo de tempo entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada é de  $2,0\text{ s}$ .
  - A tempestade está se aproximando, e o intervalo de tempo entre o relâmpago e o estrondo da trovoadada é de  $4,0\text{ s}$ .

## AULA Nº 04

### MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

O movimento uniformemente variado apresenta uma aceleração escalar não nula, isto significa que sua velocidade aumenta ou diminui, de acordo com a aceleração, sempre com o mesmo incremento (positivo ou negativo).

#### Funções horárias para M. U. V.

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$$

$x$  = posição em um instante qualquer (m)

$x_0$  = posição no instante inicial (m)

$v_0$  = velocidade inicial (m/s)

$t$  = tempo (s)

$a$  = aceleração ( $m/s^2$ )

#### Função Horária da Velocidade Escalar

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$v$  = velocidade em um instante qualquer ( m/s)

$v_0$  = velocidade inicial (m/s)

$a$  = aceleração ( $m/s^2$ )

$t$  = tempo (s)

#### Equação de Torricelli

$$v^2 = v_0^2 + 2 a \cdot x$$

$v$  = velocidade em um instante qualquer (m/s)

$v_0$  = velocidade inicial (m/s)

$a$  = aceleração ( $m/s^2$ )

$x$  = distância percorrida (m)

#### ATIVIDADE

01. (UTFPR) Na decolagem, um certo avião, partindo do repouso, percorre 500m em 10,0s. Considerando-se sua aceleração constante, a velocidade com que o avião levanta vôo, em m/s, é:
- 100
  - 200
  - 125
  - 50
  - 144

#### Diagramas para o movimento uniformemente variado

Diagrama horário das posições

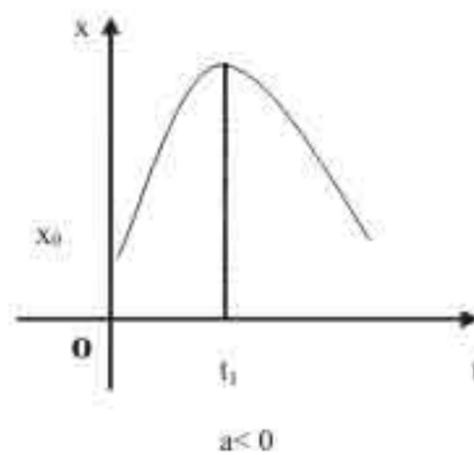
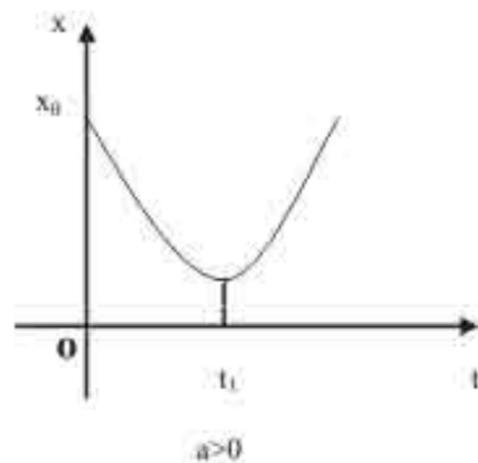


Diagrama horário da velocidade escalar

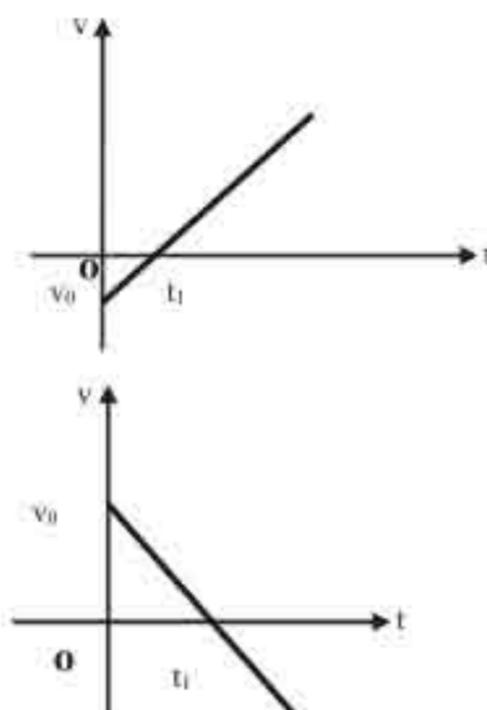
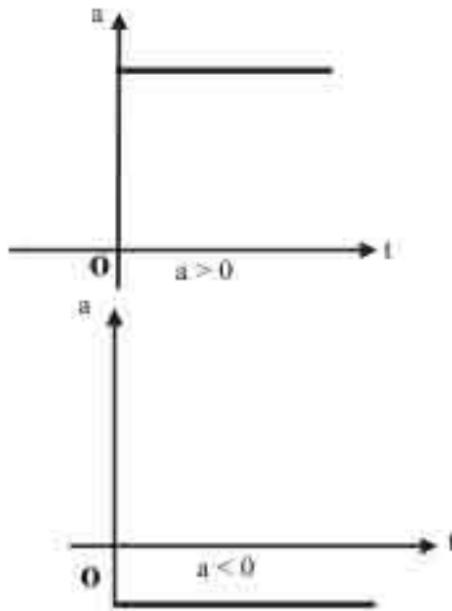
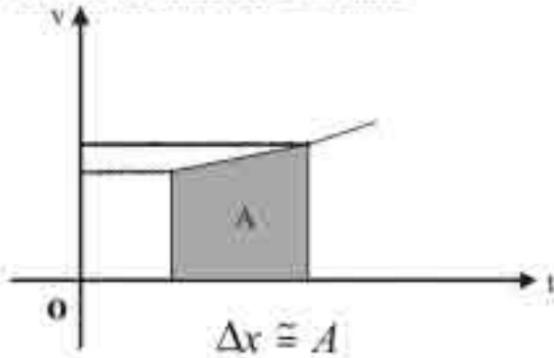


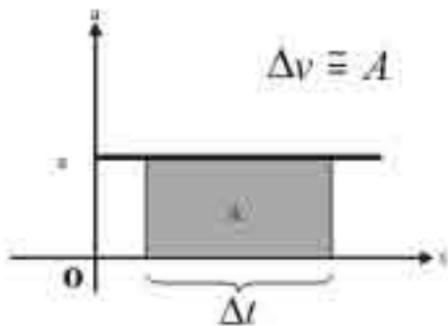
Diagrama horário da aceleração escalar



Cálculo do deslocamento escalar

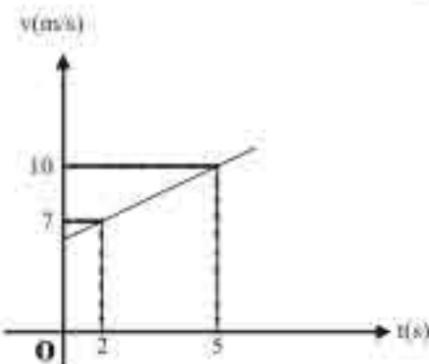


Cálculo da variação da velocidade escalar



ATIVIDADES

01. O gráfico abaixo apresenta a velocidade de um móvel em função do tempo. Qual foi a aceleração escalar média do corpo de  $t_0 = 2$  e  $t = 5$ s.? Qual seu deslocamento neste tempo?



TESTES DE VESTIBULAR

01.(UTPPR 02) Considere as seguintes afirmações:

- I. Em um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), o movimento de um móvel está relacionado com a variação uniforme da velocidade.
- II. Em um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), a velocidade escalar é constante, pois a aceleração escalar é constante e não nula.
- III. Em um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado, a velocidade escalar final e inicial devem possuir valores diferentes.
- IV. Em um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), o movimento retrógrado se caracteriza pelo tempo negativo.

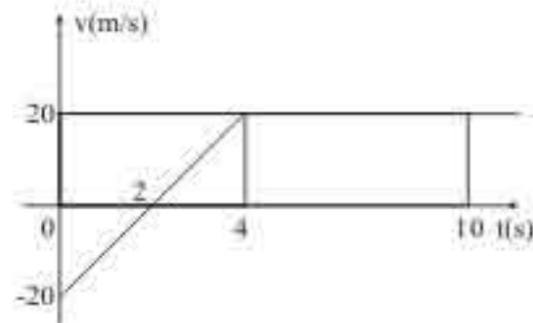
Somente estão corretas as afirmativas:

- a) I e IV.
- b) II e III.
- c) II e IV.
- d) I, II e III.
- e) I e III.

02. (UTFPR) Um móvel descreve um movimento retilíneo obedecendo à função horária  $x = 8 + 6t - t^2$  (no SI). Esse movimento tem inversão de seu sinal no instante em segundos igual a:

- a) 8;
- b) 3
- c) 6
- d) 2
- e) 4/8

03. (UTFPR 2003) O gráfico a seguir mostra como varia a velocidade de um móvel, em função do tempo, quando percorre uma trajetória retilínea.



Baseado nesse gráfico, são feitas as afirmativas a seguir:

- I. No intervalo de tempo entre 0s e 2s, o movimento é retrógrado e retardado.
- II. A velocidade média do móvel no intervalo de tempo entre 2s e 10s é igual a 17,5 m/s.
- III. No instante  $t = 2s$  o móvel seguramente passou pela origem das posições.

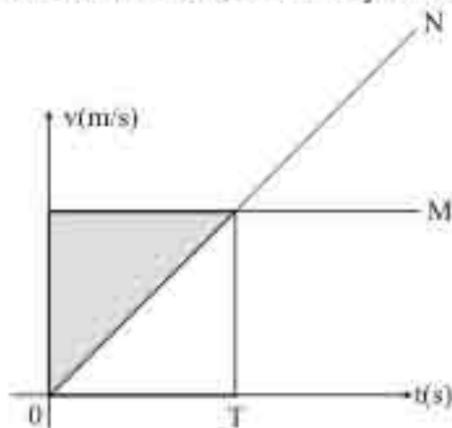
Podemos afirmar que:

- a) apenas I é correta.
- b) apenas I e II são corretas.
- c) apenas I e III são corretas.
- d) apenas II e III são corretas.
- e) todas são corretas.

04.(UTFPR 02) Um corpo é abandonado no vácuo, a partir do repouso, de tal maneira que no último segundo de queda percorre uma distância igual a 35 m. Considerando a intensidade do campo gravitacional igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , podemos concluir que o corpo foi abandonado de uma altura, em metros, igual a:

- a) 50.
- b) 65.
- c) 80.
- d) 105.
- e) 135.

05. (UTFPR 02) O gráfico a seguir fornece as velocidades de dois móveis M e N que percorrem trajetórias retilíneas, em função do tempo.



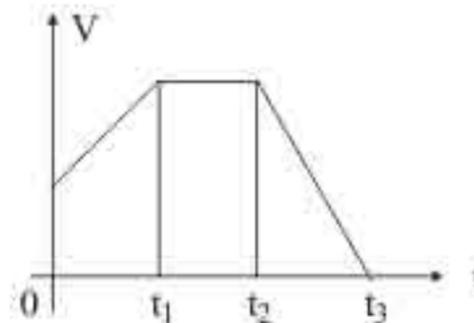
Com relação a essa situação são feitas as seguintes afirmações:

- I. A força resultante que atua sobre o móvel M é nula.
- II. A área hachurada representa a diferença entre os deslocamentos dos dois móveis no intervalo de zero a "T" segundos.
- III. No instante "T" segundos, os dois móveis estão à mesma distância da origem do movimento.

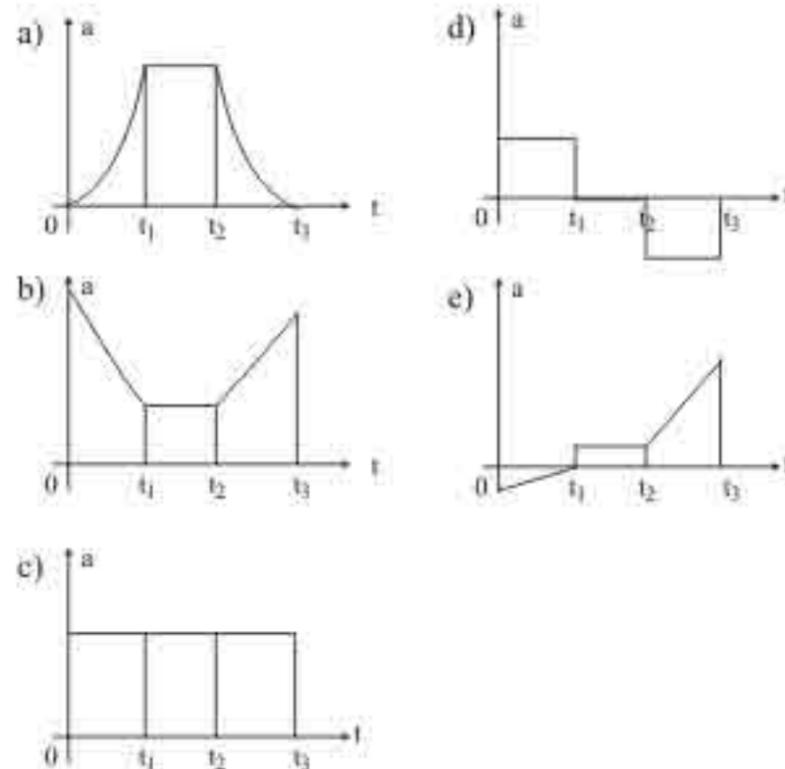
Assinale:

- a) Se apenas I for correta.
- b) Se apenas I e II forem corretas.
- c) Se apenas II e III forem corretas.
- d) Se apenas III for correta.
- e) Se I, II e III forem corretas.

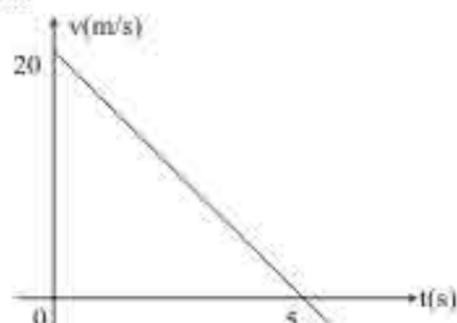
06. (UTPR 02) O gráfico a seguir mostra como varia a velocidade em função do tempo, para um móvel que descreve um movimento em uma trajetória retilínea.



Assinale qual das alternativas melhor representa a aceleração em função do tempo para esse mesmo movimento.



07. (UTFPR 02) O gráfico a seguir mostra como varia a velocidade de um móvel em função do tempo. Sabe-se que, no instante  $t_0 = 0$ , o móvel se encontrava 5m à direita da origem das posições.



A respeito dessa situação, são feitas as afirmativas a seguir:

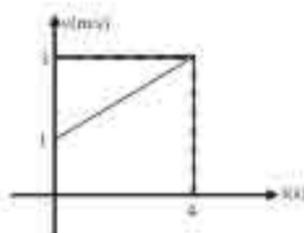
- I. A função horária  $x = f(t)$  desse movimento é dada por:  $x = 5 + 20t - 2t^2$ .
- II. O móvel sofre inversão no sentido do movimento, no instante  $t = 5$  s.
- III. A velocidade do móvel no instante  $t = 8$  s é igual a  $-12$  m/s.

Assinale a alternativa correta.

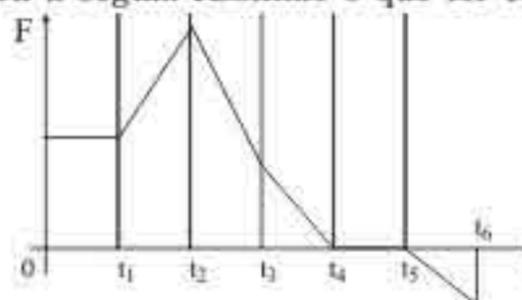
- a) Apenas a I é correta.
  - b) Apenas a I e a II são corretas.
  - c) Apenas a I e a III são corretas.
  - d) Apenas a II e a III são corretas.
  - e) I, II e III são corretas.
08. (UFPR 2006) Em uma prova de atletismo, um corredor de 100 m rasos parte do repouso, corre com aceleração constante nos primeiros 50 m e depois mantém a velocidade constante até o final da prova. Sabendo que a prova foi completada em 10 s, o valor da aceleração é:
- a)  $2,25 \text{ m/s}^2$ .
  - b)  $1,00 \text{ m/s}^2$ .
  - c)  $1,50 \text{ m/s}^2$ .
  - d)  $3,20 \text{ m/s}^2$ .
  - e)  $2,50 \text{ m/s}^2$ .

09. (UTFPR) No diagrama velocidade x tempo, a aceleração do corpo é:

- a)  $0,75 \text{ m/s}^2$
- b)  $0,5 \text{ m/s}^2$
- c)  $0,25 \text{ m/s}^2$
- d)  $0,2 \text{ m/s}^2$
- e)  $0,1 \text{ m/s}^2$



10. (UEM 2004) Um bloco inicialmente em repouso sobre uma superfície plana horizontal sofre a ação de uma força resultante  $F$ . Tal força, paralela à superfície de apoio do bloco, possui direção constante, e seu módulo e sentido variam com o tempo de acordo com o gráfico mostrado na figura a seguir. Assinale o que for correto.



- 01. No intervalo de tempo entre  $t_1$  e  $t_2$ , o movimento do bloco é uniformemente variado.
  - 02. No intervalo de tempo entre  $t_2$  e  $t_4$ , o movimento do bloco é retardado.
  - 04. A aceleração do bloco é máxima em  $t_2$ .
  - 08. A velocidade do bloco é máxima em  $t_4$ .
  - 16. No intervalo de tempo entre  $t_4$  e  $t_5$ , o bloco ficou com velocidade constante.
  - 32. No intervalo de tempo entre 0 e  $t_1$ , o movimento do bloco é retilíneo uniforme.
11. (UFPR LITORAL 2006) Um motorista dirige um carro na rodovia Alexandra-Matinhos do litoral do Paraná a  $90,0 \text{ km/h}$ . O motorista vê uma placa de aviso de lombada, e  $0,500 \text{ s}$  após pisa no pedal dos freios. Após um intervalo de tempo de  $5,00 \text{ s}$ , ele chega à lombada a uma velocidade de  $18,0 \text{ km/h}$ . O deslocamento total desde o instante em que o motorista vê a placa até chegar na lombada é:
- a)  $75,0 \text{ m}$ .
  - b)  $12,5 \text{ m}$ .
  - c)  $125 \text{ m}$ .
  - d)  $87,5 \text{ m}$ .
  - e)  $81,2 \text{ m}$ .

## AULA Nº 05

### LANÇAMENTOS VERTICAIS

Os lançamentos verticais são bastante corriqueiros, quando deixamos cair um objeto de uma certa altura, estamos tendo o que chamamos de queda livre, enquanto quando atiramos verticalmente para cima, esses estão somente sob a ação da força da gravidade.

Imagine a seguinte situação, que abandonando uma pedra e uma folha de papel, ao mesmo tempo e a mesma altura, quem primeiro chega ao solo? Essa é fácil, é a pedra. Mas se amassarmos a folha de papel e, novamente abandonarmos a pedra e a folha amassada (em forma de "bolinha de papel"), da mesma altura e ao mesmo tempo, o que ocorrerá? Galileu Galilei (1564-1642), na famosa Torre de Pisa na Itália, já observava um fenômeno similar a este. Por incrível que pareça os dois chegaram ao solo praticamente juntas. Utilizando tubos fechados de onde se retira o ar (tubos de Newton ou de vácuo) é possível comprovarmos que os dois corpos caem precisamente ao mesmo tempo, pois estão caindo com a mesma aceleração - a aceleração da gravidade  $\vec{g}$ . A aceleração da gravidade é praticamente a mesma em toda a superfície do globo terrestre, tendo direção vertical e sentido apontando ao centro da Terra.



Foto: wikipedia

#### Queda Livre

Qualquer objeto em queda livre está sujeito a aceleração da gravidade ( $\vec{g}$ ), portanto cai em MRUV.

#### Funções horárias para queda livre

A partir da função horária do MUV  $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$  e considerando como distância em vez de  $x$  o  $h$ , e como o  $h_0=0$ , e o  $v_0=0$  e a aceleração da gravidade é  $g$ ; temos:

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Que relaciona altura da queda com o tempo de queda.

Função horária da velocidade escalar

$$v = g \cdot t$$

Equação de Torricelli

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

#### Diagramas para a queda livre

Diagrama horário das alturas (posições)

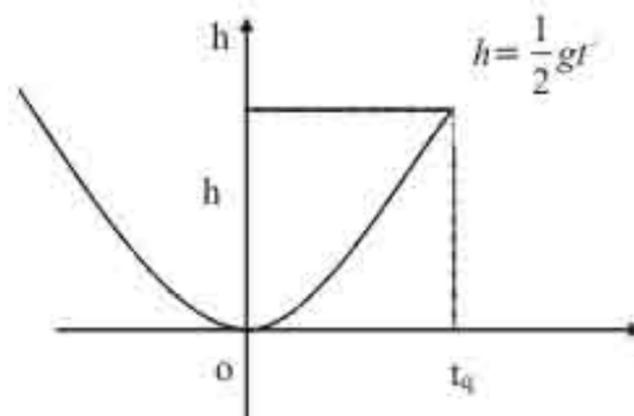


Diagrama horário das velocidades

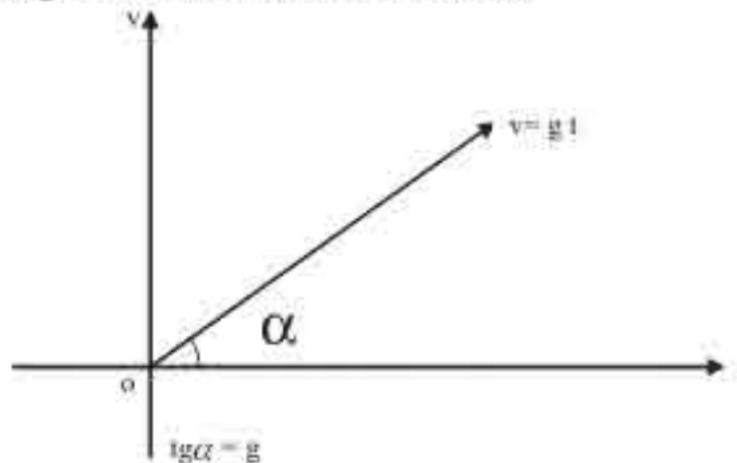
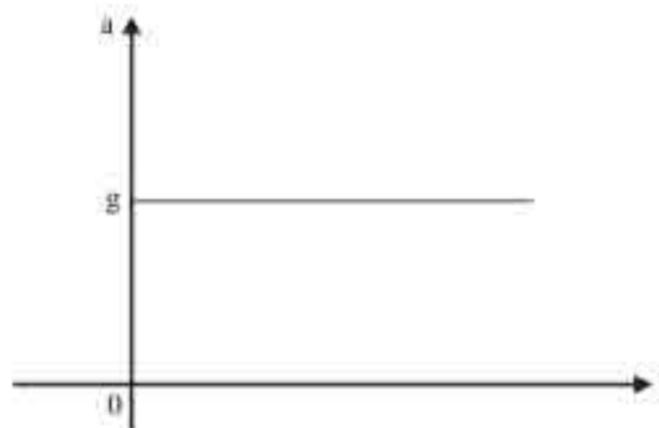


Diagrama horário da aceleração



### ATIVIDADE:

01. Um corpo cai de um ponto situado a 320m de altura em relação ao solo, sob ação única da gravidade. Determine:  
(adote  $\vec{g}=10\text{m/s}^2$ )
- a função horária do movimento
  - o tempo gasto para atingir o solo (tempo de queda)
  - a velocidade ao tocar o solo.

### Lançamento Vertical para Cima

Função horária da posição

$$h = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

$h$  = posição em um instante qualquer (m)

$v_0$  = velocidade escalar inicial (m/s)

$t$  = tempo (s)

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ )

Função horária da velocidade escalar

$$v = v_0 - \vec{g} \cdot t$$

$v$  = velocidade escalar em um instante qualquer (m/s)

$v_0$  = velocidade escalar inicial (m/s)

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ )

$t$  = tempo (s)

Equação de Torricelli

$$v^2 = v_0^2 - 2 \vec{g} \cdot H$$

$v$  = velocidade escalar em um instante qualquer (m/s)

$v_0$  = velocidade escalar inicial (m/s)

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = altura percorrida (m)

### Diagramas Horários

Diagrama horário das posições (alturas)

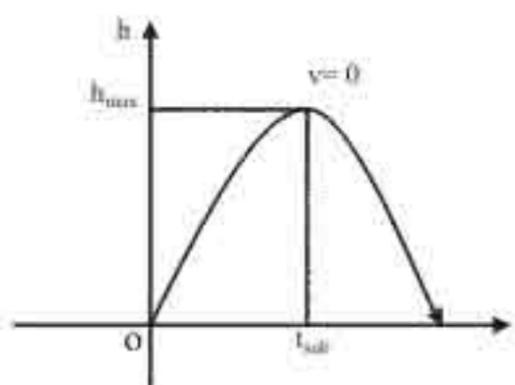


Diagrama horário das velocidades

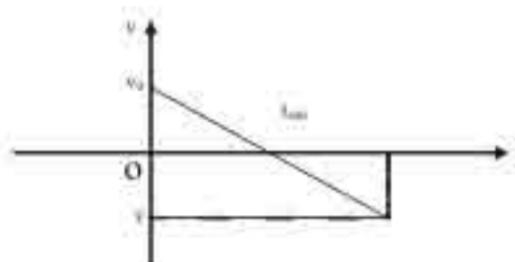
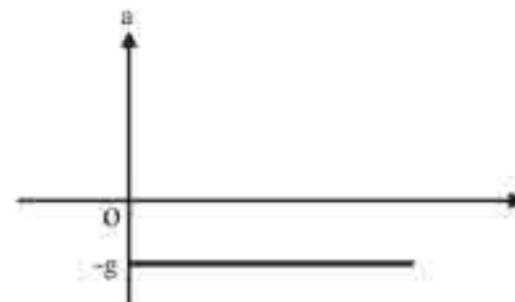


Diagrama horário da aceleração



### ATIVIDADE:

01. O lançamento vertical para baixo difere do para cima pelo sinal da aceleração da gravidade que é positivo.



### TESTES DE VESTIBULAR

01. (UEPG 2005) Uma pessoa na beira de um penhasco de altura  $h$  lança, simultaneamente, uma pedra ( $p_1$ ) para cima em linha reta, com velocidade escalar inicial  $u$ , e outra ( $p_2$ ) para baixo, também em linha reta, com a mesma velocidade escalar inicial  $u$ . Desprezando a resistência do ar, assinale o que for correto.

01) Ao passar pelo ponto de lançamento, a velocidade de  $p_1$  será  $-u$

02)  $p_1$  atingirá o solo com uma velocidade maior que a velocidade com que  $p_2$  atingirá o solo.

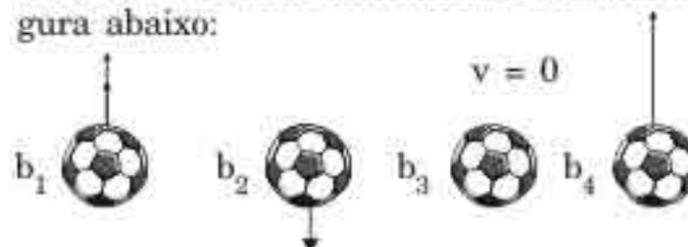
04) As velocidades de  $p_1$  e  $p_2$ , ao atingirem o solo, serão respectivamente iguais a  $u_1 = u - gt$  e  $u_2 = -u - gt$

08) Os deslocamentos de  $p_1$  e  $p_2$  serão respectivamente iguais a  $y_1 = ut - \frac{1}{2}gt^2$  e

$$y_2 = ut - \frac{1}{2}gt^2$$

16) Os tempos de queda de  $p_1$  e  $p_2$  serão respectivamente iguais a  $t_1 = \frac{u_1 + u}{-g}$  e  $t_2 = \frac{u_2 - u}{-g}$

02. (UFPR 2006) Quatro bolas de futebol, com raios e massas iguais, foram lançadas verticalmente para cima, a partir do piso de um ginásio, em instantes diferentes. Após um intervalo de tempo, quando as bolas ocupavam a mesma altura, elas foram fotografadas e tiveram seus vetores velocidade identificados conforme a figura abaixo:



Desprezando a resistência do ar, considere as seguintes afirmativas:

I. No instante indicado na figura, a força sobre a bola  $b_1$  é maior que a força sobre a bola  $b_3$ .

II. É possível afirmar que  $b_1$  é a bola que atingirá a maior altura a partir do solo.

III. Todas as bolas estão igualmente aceleradas para baixo.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

b) Somente a afirmativa I é verdadeira.

c) Somente a afirmativa II é verdadeira.

d) Somente a afirmativa III é verdadeira.

e) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

03. (UFPR LITORAL 2005) Um operário está numa ponte em construção sobre um rio e deixa cair um tijolo. A distância entre o ponto de onde o operário larga o tijolo e a superfície da água é de 20m. Considerando a aceleração da gravidade como  $10\text{m/s}^2$  e desprezando a resistência do ar, o tempo de queda é de:

- a) 2,0 s
- b) 10,0s
- c) 4,0 s
- d) 1,0 s
- e) 0,50s

04. (UFPR) Num experimento físico, um pequeno corpo é solto no vácuo de uma certa altura, com velocidade inicial nula. Dentre as características e grandezas físicas abaixo, quais as necessárias para se determinar o tempo de queda do corpo.

- 01. altura da queda.
- 02. volume do corpo.
- 04. forma geométrica do corpo
- 08. massa do corpo.
- 16. aceleração gravitacional local

05. (UNIOESTE 2005) Uma pedra é atirada verticalmente para cima, a partir de uma janela de um edifício, situada a 5m de altura com relação ao solo com uma velocidade inicial igual a 20m/s. No mesmo instante, de uma janela situada a 25m em relação ao solo, exatamente acima da primeira janela, é atirada verticalmente para cima uma outra pedra com velocidade inicial de 10m/s. Desprezando a resistência do ar, determine após quantos segundos, a partir do instante do arremesso, as duas pedras estarão à mesma altura.

06. (UTFPR 2006) Um pedreiro está trabalhando na cobertura de um edifício. Por descuido, o martelo de massa 0,3kg escapa de sua mão e cai verticalmente para baixo. Sabendo-se que a velocidade do martelo imediatamente antes de tocar o solo é de 30m/s num tempo de queda igual a 2s, qual é a velocidade inicial com que o martelo abandonou a mão do pedreiro e qual a altura do edifício?

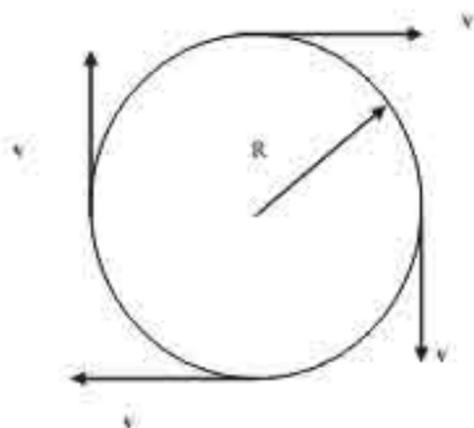
(considerar  $g = 10\text{m/s}^2$ )

- a)  $v_0 = 5\text{m/s}$  e  $h = 30\text{m}$
- b)  $v_0 = 10\text{m/s}$  e  $h = 30\text{m}$
- c)  $v_0 = 20\text{m/s}$  e  $h = 40\text{m}$
- d)  $v_0 = 10\text{m/s}$  e  $h = 40\text{m}$
- e)  $v_0 = 10\text{m/s}$  e  $h = 20\text{m}$

## AULA Nº 06

### MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Um corpo está em movimento circular quando sua trajetória é curva, existem dois tipos de movimento circular: o movimento circular uniforme (MCU) e o movimento uniformemente variado (MCUV), no nosso curso somente iremos estudar o MCU. O termo uniforme é usado porque a velocidade tangencial é constante ( $v = \text{constante}$ ).



O MCU necessita a introdução de novas grandezas:

#### Período:

É o tempo gasto por um corpo para efetuar uma volta completa, sua unidade no SI é o segundo.

#### Frequência:

É o número de voltas efetuadas na unidade de tempo, sua unidade no SI é o Hertz (Hz).



#### Relação entre período e frequência

$$f = \frac{1}{T}$$

$f$  = frequência (Hz)

$T$  = período (s)

#### Velocidade tangencial escalar

Lembrando que velocidade é o espaço percorrido na unidade de tempo e que a trajetória é circular no movimento circular uniforme, definimos a velocidade tangencial considerando o espaço de uma volta completa na unidade de tempo.

$C_{\text{comprimento}} = 2\pi r$  o comprimento da circunferência

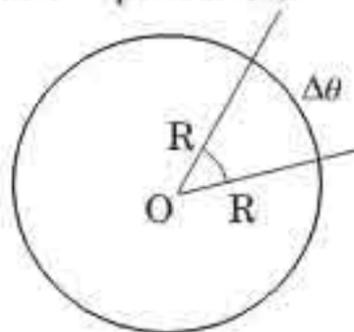
$T$  o período de tempo para dar a volta completa,

$r$  o raio da circunferência

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

#### Velocidade angular

É a velocidade com a qual o ângulo se move circularmente, para dar uma volta completa o corpo percorre  $2\pi$  rad de ângulo, levando um tempo de um período ( $T$ ).



$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$\omega$  = velocidade angular (rad/s)

$\Delta\theta$  = ângulo percorrido (rad)

$t$  = tempo (s)

#### Relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular

$$v = \omega \cdot R$$

$v$  = velocidade escalar (m/s)

$\omega$  = velocidade angular (rad/s)

$R$  = raio (m)

A grandeza que faz o corpo permanecer em movimento circular é a **aceleração centrípeta**, porém apesar do nome, ela não contribui para a variação da velocidade tangencial, tendo como função única fazer o corpo manter-se na

trajetória circular. O termo centrípeta quer dizer “dirigido para o centro”.

Matematicamente temos:

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

**observação:**

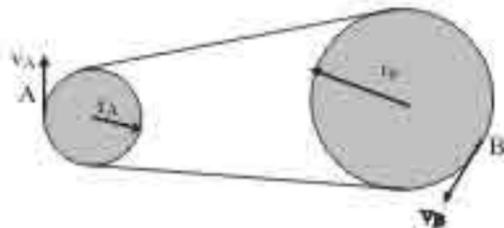
a velocidade angular é sempre a mesma em qualquer ponto, enquanto a tangencial depende do raio, ou seja da distância do centro.

*Acoplamento de polias*

Podemos acoplar polias de duas formas:



Através de uma correia:



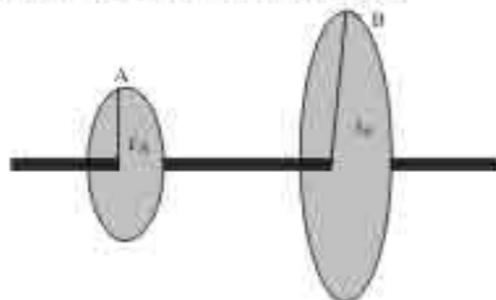
- $v_A$  = velocidade na periferia da polia A
- $v_B$  = velocidade na periferia da polia B
- $r_A$  = raio da polia A
- $r_B$  = raio da polia B

$$v_A = v_B$$

$$\omega_A \cdot r_A = \omega_B \cdot r_B$$

Exemplos: bicicletas, motores de automóveis, etc.

Através de um mesmo eixo:



Neste caso, as velocidades angulares descrevem o mesmo ângulo no mesmo intervalo de tempo, ou seja:

$$\omega_A = \omega_B$$

$$\frac{v_A}{r_A} = \frac{v_B}{r_B}$$

Exemplo: motores, caixa de câmbio, etc.

**ATIVIDADES**

01. O ponteiro dos minutos de um relógio mede 40cm.
  - a) Qual a velocidade angular do ponteiro?
  - b) Qual a velocidade linear na extremidade desse ponteiro?

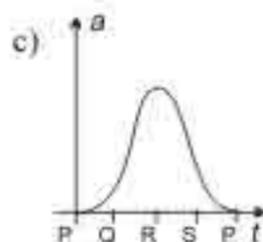
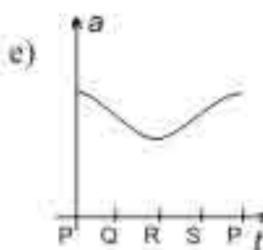
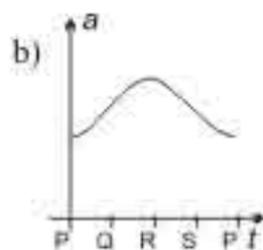
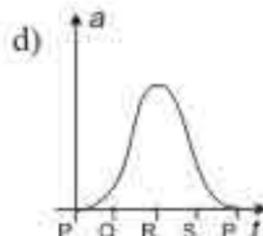
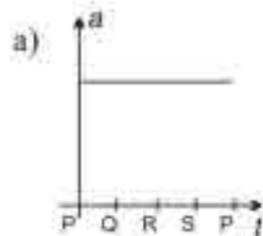
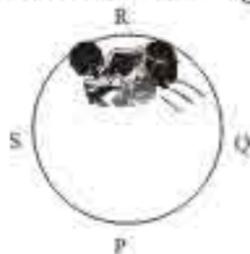
02. Duas polias A e B, rigidamente unidas por um eixo, giram com frequência f constante. Sendo  $R_A = 2R_B$ , a razão entre as acelerações dos pontos das periferias das respectivas polias é:

TESTES DE VESTIBULAR

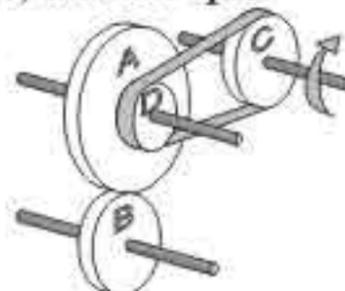
01. (UEPG 2006) Pode-se considerar a velocidade pelo aspecto vetorial e escalar. Com relação à velocidade vetorial, quando o corpo descreve uma trajetória qualquer, assinale o que for correto.

- 01) Em qualquer ponto da trajetória, a soma de suas componentes é constante se o movimento for uniforme.
- 02) A direção é sempre tangente à trajetória.
- 04) É plenamente determinada quando se conhece seu módulo, sua direção e seu sentido.
- 08) Num ponto da trajetória, o módulo da velocidade vetorial é igual ao valor da velocidade escalar.
- 16) Sendo suas componentes constantes, o movimento é circular uniforme.

02. (UTFPR 02) Um motociclista percorre uma pista circular vertical e impõe ao seu veículo uma velocidade escalar constante em toda a volta. A aceleração centrípeta a que fica submetido o condutor, durante uma volta completa, está melhor representada no diagrama:



03. (UTFPR 01) No interior de uma máquina existem quatro polias acopladas e representadas a seguir. É sabido que seus raios estão relacionados pela expressão  $R_A > R_B > R_C > R_D$ . É correto, então, **afirmar que:**



- a) as polias A e B possuem velocidades angulares iguais.
- b) as velocidades escalares das periferias das polias C e D são iguais.
- c) a frequência da polia A é maior que a frequência da polia D.
- d) em intervalos de tempos iguais, o ângulo descrito pela polia C é maior que o ângulo descrito pela polia D.
- e) as polias A, B e D possuem períodos de rotação iguais.

04. (UTFPR 01) Considere um automóvel que apresenta uma velocidade escalar constante. Algumas afirmações são feitas relativamente a este evento:

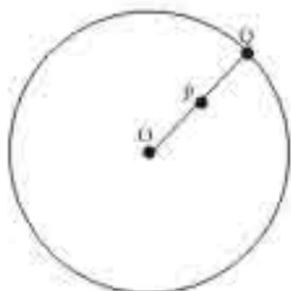
- I. Com relação ao eixo, qualquer molécula do pneu apresenta uma situação de equilíbrio, pois atuam simultaneamente uma força centrípeta e outra centrífuga, imprimindo a ela uma velocidade escalar constante.
- II. O ponto da periferia do pneu diametralmente oposto ao ponto do pneu em contato com o solo apresenta uma velocidade escalar, relativamente ao solo, duas vezes superior à do veículo.
- III. Se o veículo efetuar uma curva e não derrapar, a força que garante uma trajetória segura é a força de atrito estático entre o pneu e o solo.
- IV. Qualquer passageiro sentado no interior do veículo estará em equilíbrio estático, mesmo se o veículo estiver efetuando uma curva.

As afirmações corretas são:

- a) I, II e IV somente.
- b) I, III e IV somente.
- c) I, II, III e IV.
- d) I e IV somente.
- e) II e III somente.

05. (UNICENTRO 2005) A bicicleta tem o pedal preso a um disco denominado "coroa". A corrente liga a coroa à catraca, que é o disco preso à roda traseira. A cada pedalada, a catraca gira várias vezes, pois seu diâmetro é menor que o diâmetro da coroa. Qual é a distância percorrida por uma bicicleta de aro 33 (raio da roda 33cm), cuja coroa tem raio três vezes maior que o raio da catraca, no período igual a uma pedalada?
- 5,3m
  - 5,7m
  - 6,2m
  - 6,8m
  - 7,1m
06. (UFPR 2004) Em uma prova de atletismo realizada nos Jogos Panamericanos de Santo Domingo, um atleta completou, sem interrupções, a prova dos 400 m (em pista circular) em um intervalo de tempo de 50,0 s. Com esses dados, é correto afirmar:
- Durante a prova, o atleta sempre esteve sujeito a uma aceleração.
  - A velocidade escalar média do atleta foi de 10,0 m/s.
  - Considerando que o ponto de chegada coincide com o ponto de partida, o deslocamento do atleta é nulo.
  - O vetor velocidade do atleta permaneceu constante durante a prova.
  - Transformando as unidades, esse atleta percorreu 0,400 km em 0,833 min.
07. (UFPR) Uma partícula material gira em movimento circular uniforme sobre uma mesa horizontal. Analise as afirmativas a seguir:
- A velocidade vetorial varia somente em direção
  - O movimento não tem aceleração
  - O movimento tem apenas aceleração normal
  - O período é constante.
  - A frequência varia.
08. (UFPR) A polia de um motor tem 2 polegadas de diâmetro e se encontra ligada por meio de uma correia de transmissão, a outra polia de 40 polegadas de diâmetro. Verificou-se que a polia maior executa 75rpm. O número de rotações que a polia menor executa é:
- 3000rpm
  - 80rpm
  - 1600rpm
  - 1500rpm
  - n.d.a

09. (UTFPR 2005) O disco a seguir figurado efetua um movimento circular em torno de um eixo que passa pelo seu centro (ponto O). Os pontos P e Q, assinalados na figura estão fixos ao disco.



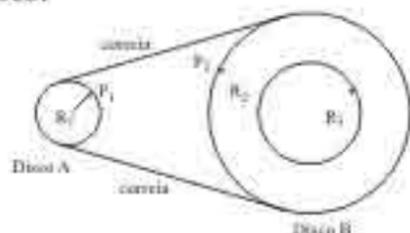
Com relação a essa situação, são feitas as seguintes afirmações.

- I. Os pontos P e Q possuem mesma velocidade angular.
- II. O ponto Q possui maior velocidade tangencial.
- III. Os pontos P e Q possuem a mesma aceleração centrípeta.

Podemos afirmar que:

- a) Apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- b) Apenas as afirmativa I e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmativas II e III estão corretas.
- d) Apenas a afirmativa II está correta.
- e) Todas as afirmativas estão corretas.

10. (UEM 2003) Dois discos coplanares, A e B, de raios  $R_1$  e  $R_2$ , acoplados por uma correia inextensível, giram em torno dos seus eixos. A figura a seguir ilustra o sistema. Sabe-se que  $R_2 = 3R_1 = 2R_3 = 24\text{cm}$  e que a velocidade tangencial do ponto  $P_3$  é  $48\pi\text{ cm/s}$ . Assinale o que for correto.



- 01) A frequência de rotação do ponto  $P_2$  é menor do que a do ponto  $P_3$ .
- 02) A velocidade tangencial do ponto  $P_2$  é  $24\pi\text{ cm/s}$ .
- 04) A velocidade tangencial do ponto  $P_1$  é  $96\pi\text{ cm/s}$ .
- 08) A velocidade angular do ponto  $P_1$  é  $12\text{ rad/s}$ .

- 16) A frequência de rotação do ponto  $P_1$  é igual ao triplo da frequência de rotação do ponto  $P_3$ .
- 32) Se, em um intervalo de tempo igual a 2 segundos, a velocidade angular do ponto  $P_1$  triplicar, a aceleração angular média por ele sofrida será  $12\pi\text{ rad/s}^2$ .

11. (UEL 2004) O Brasil tem procurado desenvolver a tecnologia de lançamento de satélites artificiais. A base brasileira de lançamento está situada em Alcântara, Maranhão, uma localização privilegiada. Considerando que o diâmetro equatorial da Terra é igual a  $12.800\text{ km}$  e seu período de rotação é de  $0,997\text{ dias}$ , a velocidade tangencial com que um satélite lançado de Alcântara deixa a base é:

- a)  $7,8\text{ m/s}$
- b)  $233,4\text{ m/s}$
- c)  $322,4\text{ m/s}$
- d)  $466,8\text{ m/s}$
- e)  $933,6\text{ m/s}$

12. (UTFPR 2006) Numa pista de "autorama", dois carrinhos, A e B, com velocidades respectivamente iguais a  $20\text{ m/s}$  e  $30\text{ m/s}$ , percorrem uma pista circular de raio  $6\text{ metros}$ . Se eles percorrem a pista no mesmo sentido, assinale a alternativa correta.

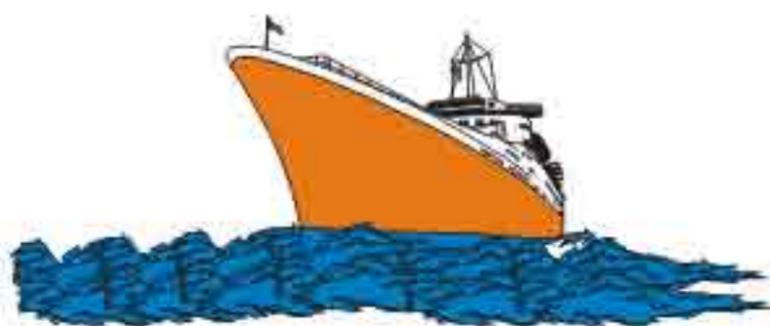
- a) A velocidade angular do carrinho B é igual  $3\text{ rad/s}$ .
- b) A frequência do carrinho A é igual a  $0,25\text{ Hz}$ .
- c) O período do carrinho B é igual a  $6\text{ s}$ .
- d) O carrinho A é ultrapassado a cada  $12\text{ s}$ .
- e) A velocidade relativa entre os carrinho é  $5\text{ m/s}$ .

## AULA Nº 07

### COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS

Considerando um barco em movimento com velocidade  $V_1$  (em um rio sem correnteza), e o rio com uma correnteza de velocidade  $V_2$  (relativo as margens), se este barco desce o rio (a favor da correnteza), ou sobe o rio (contra a correnteza), a sua velocidade relativa às margens, será uma composição vetorial entre ambas.

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$



### LANÇAMENTOS

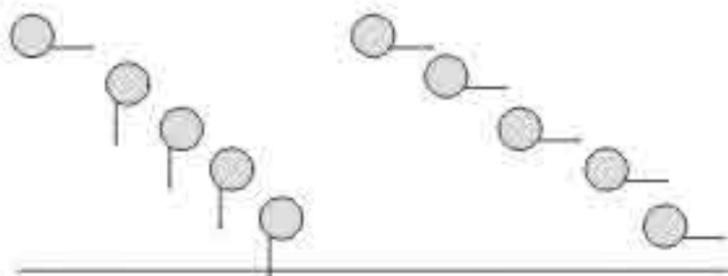
#### LANÇAMENTO HORIZONTAL

O lançamento horizontal é a composição de dois outros movimentos, por isso mesmo iremos tomar cuidados extras.

Quando um corpo é lançado horizontalmente no vácuo ele descreve uma trajetória parabólica.

Posição no instante  $t$

Para sabermos a posição em um determinado instante iremos decompor o movimento em dois: em relação a vertical, ao qual ele está sob a ação da aceleração da gravidade, será queda livre; enquanto na horizontal o movimento se comporta como um movimento uniforme, com velocidade constante.



Na horizontal, teremos MRU, portanto a posição fica:

$$x = x_0 + vt, \text{ mas como } x_0=0 \text{ temos:}$$

$$x = vt \text{ (I)}$$

onde:

$x$  = é a posição atual, ou que se pretende-se conhecer.

$v$  = velocidade uniforme

$t$  = o tempo do fenômeno

Na vertical, como é queda livre temos:

$h = \frac{1}{2} gt^2$ , substituindo  $h$  por  $y$  ficamos:

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \text{ (II)}$$

onde:

$y$  = altura em relação ao solo

$g$  = aceleração da gravidade

$t$  = tempo do fenômeno

A partir de (I) e de (II) podemos chegar a equação da trajetória:

$$y = \frac{1}{2} \frac{g}{v_0^2}$$

Quanto à velocidade:

Na horizontal é MRU, ou seja a  $v_x=v_0$ .

Na vertical, é queda livre, portanto:

$$v_y = g.t$$

escalarmente temos

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

A partir da função horária das posições (em relação a vertical) isolando-se  $t$ , e substituindo  $y$  por  $H$  (altura que foi lançado), teremos o tempo de queda é:

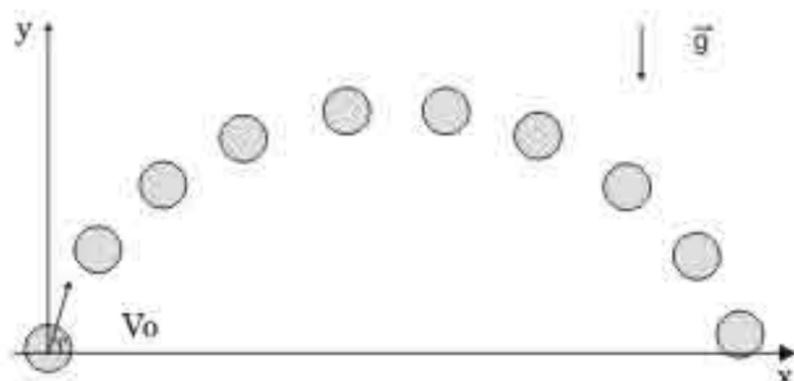
$$t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

A partir da função horária das posições (em relação a horizontal) e substituindo  $x$  por  $A$  (de alcance) e o  $t$ , pelo tempo de queda, teremos:

$$A = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

## LANÇAMENTO OBLÍQUO

Como no lançamento horizontal o lançamento oblíquo é uma composição de dois movimentos: horizontal (MU) e vertical (MUV).



Componentes da velocidade inicial

$$\vec{V}_{ox} = \vec{v}_0 \cos \theta$$

$$\vec{V}_{oy} = \vec{v}_0 \sin \theta$$

Posição no instante t

Na horizontal é MU então:

$$x = x_0 + v_x t$$

Na vertical é MUV, então:

$$y = y_0 + v_{oy} t + \frac{1}{2} g t^2$$

O ponto onde a trajetória apresenta maior altura, o tempo para ele atingir esta altura e a altura atingida é dada por:

$$t_m = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2 \cdot g}$$

Sendo que a distância atingida pelo projétil é chamada de alcance é dado:

$$A = \left( \frac{v_0^2}{g} \right) \sin (2 \theta)$$

O alcance máximo ocorrerá quando o ângulo for de 45°.

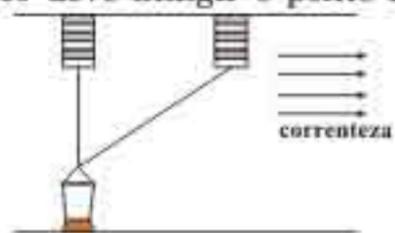
## ATIVIDADES

01. Um projétil é lançado obliquamente no vácuo com velocidade inicial de 100m/s, com um ângulo de 30° com a horizontal. Sabendo-se que a aceleração da gravidade é de 10m/s<sup>2</sup>, determine:
- o tempo para atingir a altura máxima;
  - a altura máxima;
  - o alcance horizontal
  - a velocidade resultante quando atinge a altura máxima.

TESTES DE VESTIBULARES

01. (UEPG 2004) Sobre um projétil lançado obliquamente para cima, desprezando a força de resistência aerodinâmica, assinale o que for correto.
- 01. os componentes vertical e horizontal da velocidade do projétil permanecem constantes.
  - 02. quando o projétil alcança a altura máxima, sua velocidade é nula.
  - 04. a distância percorrida horizontalmente pelo projétil é diretamente proporcional ao dobro do tempo que ele leva para atingir a altura máxima do lançamento.
  - 08. as acelerações dos movimentos de subida e de descida do projétil são iguais em módulo, porém de sentidos contrários.
  - 16. O tempo de permanência do projétil no ar é diretamente proporcional a velocidade de lançamento e inversamente a aceleração da gravidade.

02. (UTFPR 2006) Um pequeno barco dotado de motor 4HP apresenta velocidade constante de 36km/h em relação a água do rio. A velocidade de arrastamento das águas em relação as margens é de 5m/s e se mantém inalterada. Aplicando o Princípio de Simultaneidade proposto por Galileu, determine os valores aproximados dos módulos das velocidades do barco em relação as margens nos seguintes casos:
- I. o barco deve atingir o ponto A;
  - II. o barco deve atingir o ponto B.



- As velocidades (I) e (II) respectivamente são:
- a) 8,7m/s e 11,2m/s.
  - b) 11,2m/s e 8,7m/s
  - c) 10,0m/s e 11,2m/s
  - d) 5,9m/s e 7,9m/s
  - e) 6,2m/s e 8,8m/s.

03. (UTFPR 2006) Um garoto deseja derrubar uma manga que se encontra presa na mangueira atirando um pedra. A distância horizontal do ponto em que a pedra sai da mão do garoto até a manga é de 10m, enquanto a vertical é 5m. A pedra sai da mão do garoto, fazendo um ângulo de 45° com a horizontal. Qual deve ser o módulo da velocidade inicial da pedra, em m/s, para que o garoto acerte a manga?  
(considere:  $g = 10\text{m/s}^2$ ;  $\text{sen } 45^\circ = \text{cos } 45^\circ = \sqrt{2}/2$ )
- a)  $5\sqrt{2}$
  - b)  $10\sqrt{2}$
  - c) 15
  - d)  $20\sqrt{2}$
  - e) 25

04. (UTFPR 2005) Um canhão lança projéteis com velocidade 50m/s segundo um ângulo com a horizontal, tal que  $\text{sen} = 0,8$  e  $\text{cos} = 0,6$ . Desprezando a altura do canhão e a resistência do ar e supondo  $10\text{m/s}^2$  a aceleração da gravidade local, assinale a alternativa correta.
- a) os projéteis atingem a altura máxima 8 s após terem sido lançados.
  - b) A altura máxima atingida pelos projéteis é igual a 160m
  - c) Os projéteis atingem o solo a uma distância igual a 120 m do ponto de lançamento.
  - d) O rio de curvatura da trajetória parabólica no ponto de altura máxima é 90m
  - e) A componente horizontal da velocidade dos projéteis ao atingirem o solo é 40m/s

05. (UEM 2006) Em uma cena de filme, um policial em perseguição a um bandido salta com uma moto do topo e um prédio a outro. Considere que ambos os prédios têm o topo quadrado com uma área de  $900 \text{ m}^2$  e que o policial motorizado se lança horizontalmente com a velocidade de  $72 \text{ km/h}$ . Considere ainda que a distância entre os prédios é de  $20 \text{ m}$  e que o topo do segundo prédio está  $10 \text{ m}$  abaixo do topo do primeiro. Nessas condições, pode-se afirmar que essa cena poderia ser real? (Considere a aceleração gravitacional igual a  $10 \text{ m/s}^2$ . Despreze a resistência do ar.)

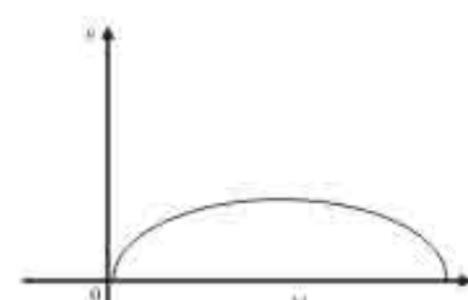
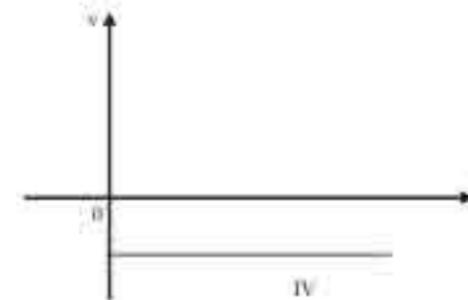
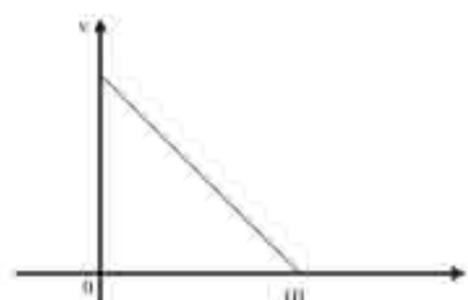
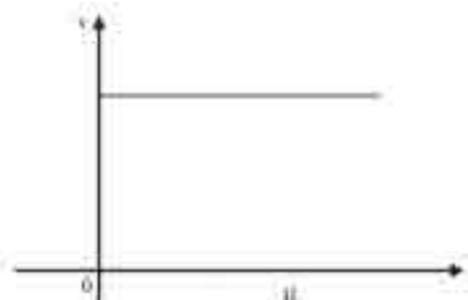
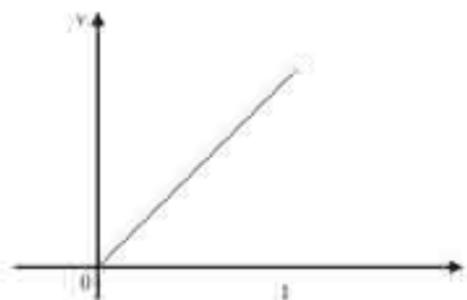
- Sim, pois o policial alcançaria o topo do segundo prédio aproximadamente  $8 \text{ m}$  após a primeira borda do prédio.
- Não, pois com essa velocidade inicial, o policial ultrapassaria o topo do segundo prédio.
- Não, pois o policial cairia entre os prédios em queda livre.
- Não, pois o policial atingiria a parede lateral do prédio em alguma altura do edifício.
- Não, pois o policial alcançaria o topo do segundo prédio a aproximadamente  $0,5 \text{ m}$  da segunda borda do prédio, sem espaço suficiente para parar a moto.

06. (UEM 2006) Uma pedra é lançada com um ângulo de  $45^\circ$  em relação ao eixo horizontal  $x$  e na direção positiva de  $x$ . Desprezando-se a resistência do ar, quais dos gráficos melhor representam a componente horizontal da velocidade ( $v_x$ ) versus tempo ( $t$ ) e a componente vertical da velocidade ( $v_y$ ) versus tempo ( $t$ ), respectivamente?

$v_x$  versus  $t$

$v_y$  versus  $t$

- I e IV
- II e I
- II e III
- II e V
- IV e V



08. (UEM 2004) Um barco tem velocidade própria de  $40 \text{ m/s}$ . Ele se movimenta em um rio cuja correnteza tem velocidade de  $30 \text{ m/s}$ . Qual é o módulo da velocidade resultante do barco (em  $\text{m/s}$ ) quando ele se movimenta na direção perpendicular à da correnteza?

## AULA Nº 08

### AS LEIS DE NEWTON

Até este momento estudamos os movimentos sem a preocupação de sabermos a causa dos mesmos, porém agora estudaremos o por que faz um corpo entrar em movimento? O que faz manter o movimento? Issac Newton, em sua mais famosa obra "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural", de 1686, estabelece os fundamentos do que chamamos hoje Mecânica Clássica, estabeleceu leis fundamentais, que receberam seu nome, a qual estuda os movimentos com a preocupação das suas causas, a esta parte didática da mecânica, chamamos de dinâmica.

Um dos conceitos fundamentais para compreendermos a dinâmica é o de força, que é o agente físico capaz de modificar o estado de movimento ou de repouso de um corpo, ou até mesmo deformá-lo.

A unidade no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$  ou Newton (N), porém as vezes são usadas unidades no CGS o dyn (dina) que corresponde a  $1\text{g}\cdot\text{cm}/\text{s}^2$ , ou o quilograma-força, o kgf, que é o peso de 1kg padrão ao nível do mar, este é utilizado como medida de peso.

$$1\text{kgf} = 9,8\text{N}$$

$$1\text{N} = 10^5\text{dyn}$$

É muito comum confundirmos a grandeza massa com a grandeza peso, quando nós vamos usar uma balança em uma farmácia, normalmente dizemos que vamos medir nosso peso, quando queremos na verdade medir a nossa massa. Parece confuso, não? Vamos então tentar facilitar, a massa é a medida da quantidade de matéria que um corpo possui, e é medida no SI em kg, já o peso é a ação que a força de campo, a gravidade, que os corpos celestes têm sobre os objetos, e é medida no SI, em N (Newton).

As forças podem ser de contato ou de campo.

Exemplos:

força de contato: força que aplicamos ao um corpo quando o empurramos, a força de atrito, etc.

#### As situações em equilíbrio

Dizemos que um corpo está em equilíbrio quando a resultante das forças que agem no mesmo é nula, podendo ser equilíbrio estático,

quando não há movimento (situação de repouso), ou equilíbrio dinâmico, quando há um movimento. Um exemplo de equilíbrio dinâmico é o MRU, onde a resultante de forças é nula e a velocidade é constante.

#### PRIMEIRA LEI DE NEWTON

Inércia é a propriedade comum a todos os corpos materiais, mediante a qual eles tendem a manter o seu estado de movimento ou de repouso.

"Um corpo livre da ação de forças permanece em repouso (se já estiver em repouso) ou em movimento retilíneo uniforme (se já estiver em movimento)."

A inércia, já havia sido descoberta por Galileu Galilei, porém este acreditava erroneamente que para um corpo manter-se em movimento era necessária a aplicação continua de uma força, que Newton mostrou que um corpo em MRU mantém seu movimento sem a necessidade de aplicação continua de uma força.

#### SEGUNDA LEI DE NEWTON

Mas o que ocorre se a resultante de um corpo não for nula? O que ocorrerá com sua velocidade?

Newton verificou que se um corpo não tiver resultante nula, o mesmo terá um movimento variado, sendo que a massa é inversamente proporcional a aceleração adquirida pelo corpo, e a resultante das forças será diretamente proporcional.

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

Esta é denominada Princípio Fundamental da Dinâmica, ou segunda Lei de Newton.

$$\vec{F} = \text{força (N)}$$

$$m = \text{massa (kg)}$$

$$\vec{a} = \text{aceleração (m/s}^2\text{)}$$

Unidade de força no SI: Newton (N)

#### TERCEIRA LEI DE NEWTON OU LEI DA AÇÃO E REAÇÃO

A toda ação corresponde uma reação, com a mesma intensidade, mesma direção e sentidos contrários.

Sempre que imprimimos uma força a um corpo, este imprime sobre nós uma força de igual intensidade, isto podemos verificar no caso de duas pessoas em pé, usando patins, estão em repouso (em relação ao solo) inicialmente, quando

uma delas empurra a outra, não somente a que empurrou se movimenta, mas a outra também se movimenta, com a mesma intensidade, porém em sentido contrário a primeira.



Exemplos:

-um foguete movimentando-se no espaço, o motor expulsa um gás (ação) e o gás expelido empurra o foguete (reação)



-um barco a remo, o remo empurra a água para trás e a força de reação da água empurra o barco para frente.



O par ação e reação representam a interação entre os corpos, sendo que uma é aplicada em um corpo e a outra no outro corpo. Tem sempre a mesma direção (ela própria ou sua componente) e sentidos contrários, com mesma intensidade de forças (ela ou sua componente).

### PESO DE UM CORPO

Em decorrência da segunda Lei de Newton podemos calcular a força peso de um corpo, que é dada pela expressão:

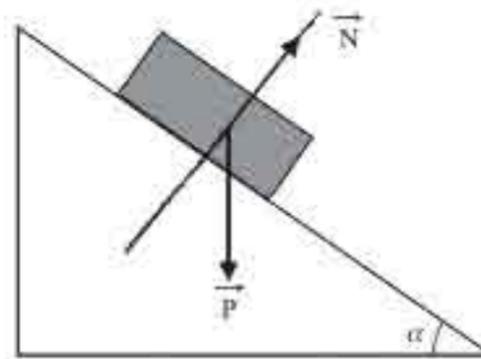
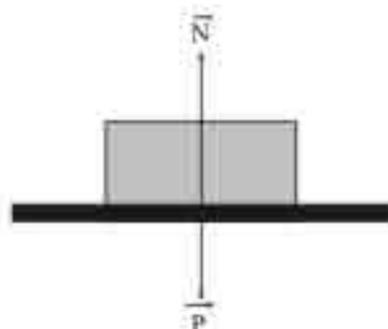
$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

Onde:

$\vec{P}$  = peso (N)

m = massa (kg)

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade local (m/s<sup>2</sup>)



### DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

Uma mola, quando é aplicada uma força sobre a mesma se deforma, podendo ser esta deformação temporária ou permanente, no caso de uma deformação temporária, ela é chamada elástica, e obedece a Lei de Hooke, que é dada pela expressão:

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

F = força elástica (N)

k = constante elástica da mola (N/cm)

x = deformação da mola (cm)

O valor da constante k é uma característica própria de cada mola, dependo da sua constituição, formato, e número de espiras (número de voltas).

### FORÇA CENTRÍPETA

É a designação dada a qualquer força que mantém um corpo em trajetória curva.

Exemplo:

força gravitacional que mantém um satélite em órbita.

força de atrito que mantém um carro fazendo uma curva.

Lembrando do movimento circular, a aceleração centrípeta é

$$\vec{a}_c = \frac{v^2}{R} \text{ substituindo em } \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}, \text{ temos:}$$

$$\vec{F}_c = m \frac{v^2}{R}$$

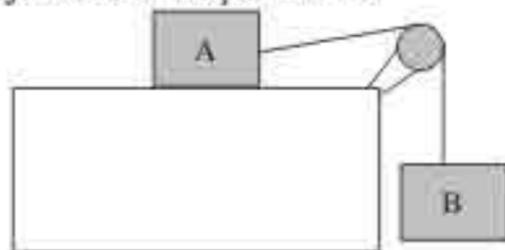
Você já deve ter ouvido o termo centrífuga. Então existe uma força centrífuga? Existe sim, mas não é a mesma coisa de força centrípeta. A força centrífuga é uma força que aparece somente dentro dos corpos em movimento circular, para que o a terceira Lei de Newton seja válida. Portanto, ela não existe se nós observarmos um movimento de fora, teríamos sim que nos transportamos para o local do corpo se movendo, para "vermos" a força centrífuga. A designação de centrifugar das máquinas de lavar esta correta, com relação as roupas, que estão grudadas as paredes, durante a mesma.

**ATIVIDADES**

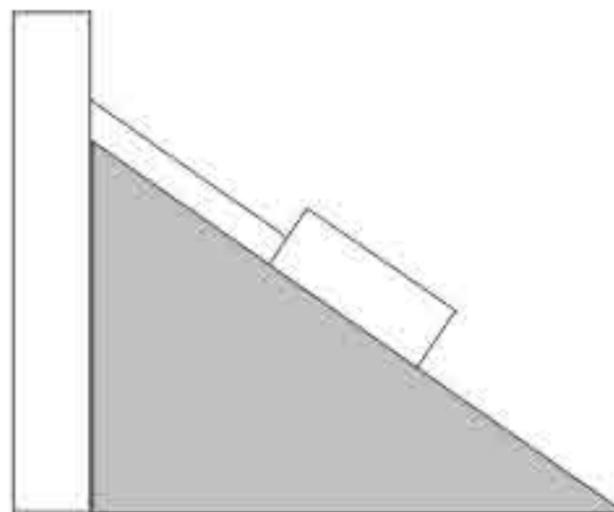
01. Dois corpos A e B da figura a seguir, de massas  $m_A = 2\text{kg}$  e  $m_B = 3\text{kg}$ , são interligados por um fio inextensível e puxados por uma força paralela ao plano de apoio liso (sem atrito), conforme o esquema abaixo;  
Se a força paralela tem intensidade de  $100\text{N}$ , determine a força de tração no fio que une os dois blocos.



02. Dois corpos da figura a seguir têm massas  $m_A = 30\text{kg}$  e  $m_B = 20\text{kg}$ . O plano de apoio é liso e o fio é ideal. Não há atrito entre o fio e a polia. Adote  $\bar{g} = 10\text{m/s}^2$ . Determine a aceleração do conjunto e a tração no fio.



03. Em um plano inclinado de inclinação de  $30^\circ$  com a horizontal, um bloco de  $5\text{kg}$  é mantido em repouso por meio de um fio ideal, conforme indica a figura, Determine :  
a) a força de reação normal do plano inclinado  
b) a força de tração exercida no fio.



TESTES DE VESTIBULAR

01. (UNIOESTE 04) As bases da mecânica foram estabelecidas por Sir Isaac Newton (1642-1727), através de suas três leis. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) com relação a esse assunto.

- 01. As leis de Newton podem ser empregadas em qualquer fenômeno físico, não precisando correções.
- 02. As leis de Newton não podem ser empregadas em qualquer situação física, necessitando de correções em algumas situações físicas.
- 04. Na terceira lei de Newton estabelece que ação e reação são duas forças que se equilibram.
- 08. As leis de Newton podem ser empregadas tanto para objetos que se movem com velocidades comparáveis à velocidade da luz como para a escala do átomo.
- 16. A reação à força resultante tem sua existência estabelecida através da terceira lei de Newton.
- 32. A lei da gravitação universal, preconizada por Newton em seus "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural", em 1687, é um caso particular da lei da inércia.
- 64. Tanto a mecânica Newtoniana quanto a lei da gravitação universal falham em alguns casos extremos da física.

02. (UNIOESTE 05) São fornecidas abaixo diversas afirmativas, envolvendo conceitos de mecânica. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s):

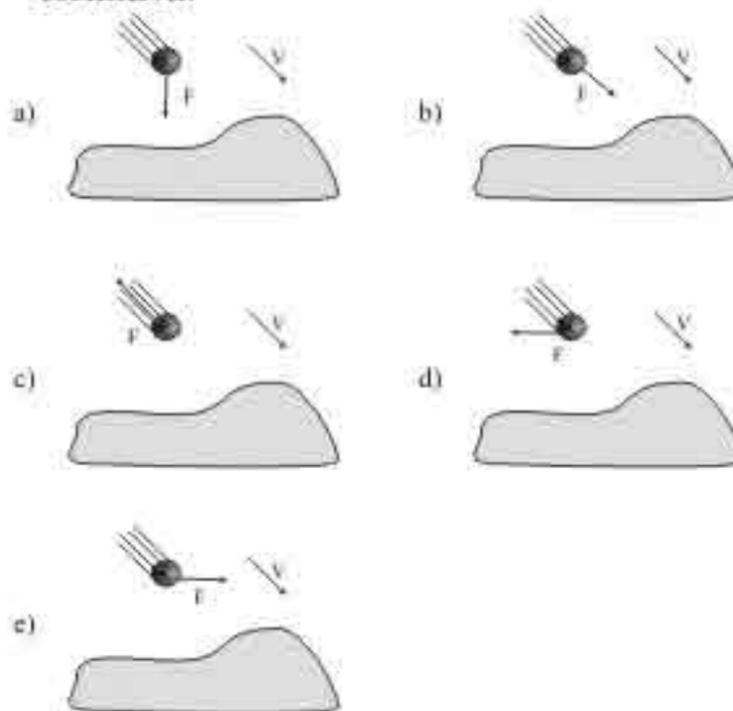
- 01. Um objeto, inicialmente em repouso, recebe um impulso e adquire velocidade. Após um curto intervalo de tempo, o impulso deixa de atuar. Pode-se afirmar que, a partir deste momento, como consequência do impulso, o objeto passa a ter um força, a qual, aos poucos, vai cessando, até que o objeto volte ao repouso. Considere que o objeto não sofre nenhum outro tipo de interação.
- 02. Um objeto não pode realizar uma trajetória curva com velocidade escalar constante, caso a soma vetorial de todas as forças que sobre ele atuam seja nula.
- 04. A velocidade de um projétil, sujeito apenas ao campo gravitacional da Terra, lançado obliquamente, aumenta até atingir um valor máximo, após o que o projétil se desloca verticalmente, de volta para o chão.

- 08. É possível exercer uma força sobre um objeto sem que haja realização de trabalho.
- 16. Um objeto que está em repouso não pode estar sendo submetido à ação da gravidade.
- 32. A atração gravitacional entre dois objetos leva um certo tempo para ocorrer, não sendo instantânea.
- 64. Para que um objeto esteja em movimento, não é necessário haver uma força aplicada sobre ele.

03. (UNICENTRO 05) As luvas, instrumento essencial dos lutadores de Boxe, são um ícone desse esporte. A partir das Leis da Mecânica de Newton e, em particular, sob a perspectiva da Terceira Lei de Newton, é correto afirmar que as luvas do Boxe:

- a) aumentam a massa dos punhos do boxista aumentando a força de seus golpes.
- b) aumentam a área de contato entre os punhos do boxista e o corpo do adversário.
- c) amaciam os golpes do boxista, tornando-os suportáveis ao adversário.
- d) protegem a mão do boxista evitando que ela fique ferida com os golpes por ele mesmo desferidos.
- e) por serem elásticas, diminuem o tempo de contato entre os punhos do boxista e o corpo do adversário, aumentando assim a força do golpe.

04. (UTFPR 02) Um instante antes de tocar o chão da Lua, um meteorito está animado de uma velocidade ( $v$ ). Das representações que seguem, é possível afirmar que a força resultante ( $F$ ) sobre o objeto está melhor representada na alternativa:



05. UTFPR 02) Sobre forças gravitacionais, pode-se afirmar:

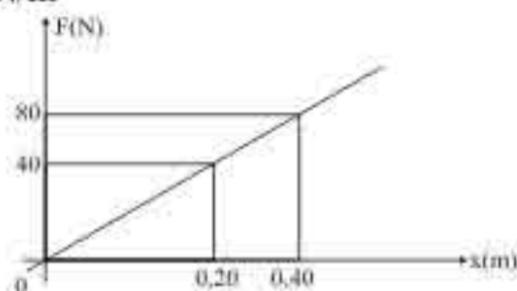
- I. Um corpo que se constitui como uma casca esférica oca não estabelece um campo gravitacional.
- II. Sobre um corpo de massa 100 g, a Terra exerce uma força gravitacional aproximadamente igual a 1 N.
- III. O módulo da força que a Terra exerce sobre a Lua é igual ao módulo da força que a Lua exerce sobre a Terra.

Sobre as afirmações, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- e) As três afirmativas são verdadeiras.

06. (UFPR LITORAL 2005) A figura abaixo mostra um gráfico de força aplicada sobre uma mola em função da deformação apresentada por ela.

- a)  $5,0 \times 10^3$  N/m
- b)  $20 \times 10^2$  N/m
- c) 32 N/m
- d)  $8,0 \times 10^2$  N/m
- e) 8 N/m



07. (UEM 2004) Das afirmativas abaixo, assinale o que for correto.

- 01) A massa de um corpo é a medida de sua inércia.
- 02) A massa de um copo pode variar de um ponto a outro na Terra.
- 04) O kgf (quilograma-força) e o kg (quilograma) são unidades de grandezas diferentes pertencentes ao mesmo sistema de unidades.
- 08) O peso de um corpo pode variar de um ponto a outro na Terra.
- 16) Em um mesmo lugar na Terra, peso e massa são grandezas inversamente proporcionais.
- 32) O peso de um corpo é uma grandeza vetorial.

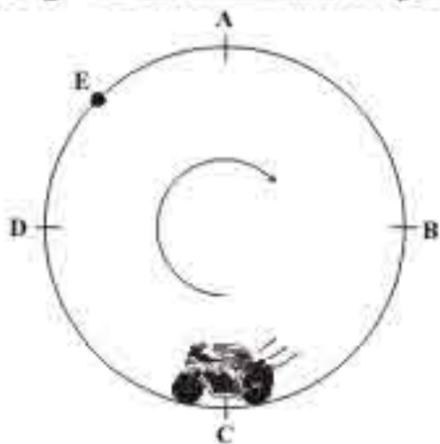
08. (UFPR LITORAL 2006) Entre as inúmeras descobertas que o cientista inglês Isaac Newton, considerado um dos maiores gênios da ciência, realizou, podemos citar as leis da dinâmica, que hoje levam o seu nome, as três leis de Newton. Em relação a essas leis, considere as seguintes afirmativas:

1. Da primeira lei decorre o conceito de inércia, a qual está relacionada com a grandeza escalar massa.
2. A segunda lei, também conhecida como o princípio fundamental da dinâmica, estabelece uma relação entre a força e a aceleração a que uma partícula está sujeita.
3. A terceira lei é conhecida como a lei da ação e reação, e as forças assim denominadas estão sempre aplicadas sobre um mesmo corpo.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.

09. (UEM 2004) Um motociclista descreve uma circunferência num "globo da morte" de raio 4 m, em movimento circular uniforme, no sentido indicado pela seta curva, na figura abaixo. A massa total (motorista + moto) é de 150 kg. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e assinale o que for correto.



- 01) A velocidade do motociclista em B é tangente à circunferência e dirigida para baixo ( ).
- 02) A aceleração do motociclista no ponto C é dirigida para o centro da circunferência.
- 04) A força resultante sobre o motociclista no ponto A é dirigida para fora da circunferência e perpendicular à mesma ( ).
- 08) Se a velocidade do motociclista no ponto mais alto da circunferência for 12 m/s, a força exercida sobre o globo nesse ponto será 3900 N.
- 16) No ponto mais baixo da circunferência, a força exercida sobre o globo é a mesma que a da parte mais alta.
- 32) A velocidade mínima que o motociclista deve ter no ponto mais alto da circunferência para que ele consiga fazer a volta completa sem cair é 6,3 m/s.

## AULA Nº 09

### ATRITO

#### FORÇA DE ATRITO

“Quando um corpo é arrastado sobre uma superfície rugosa, surge uma força de atrito de sentido contrário ao sentido do movimento.”



$$\vec{f}_{at} = \mu \cdot N$$

$\vec{f}_{at}$  = força de atrito (N)

$\mu$  = coeficiente de atrito

$\vec{N}$  = normal (N)

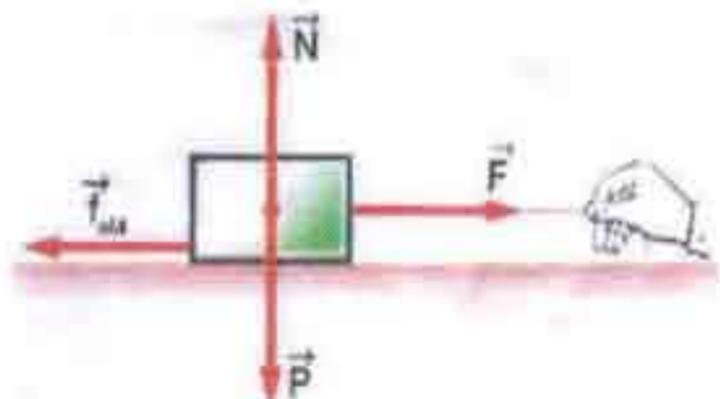
Sobre um corpo no qual aplicamos uma força  $\vec{F}$ , temos:

$$\vec{F} - \vec{f}_{at} = m \cdot \vec{a}$$

#### TIPOS DE ATRITO

##### ATRITO ESTÁTICO

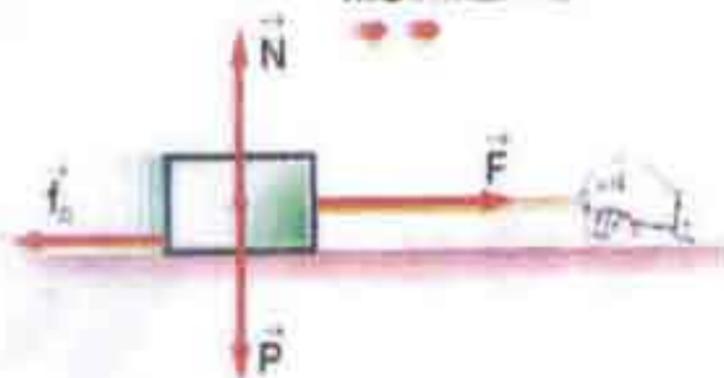
$$\vec{f}_{e_{at_{max}}} = \mu_e \cdot N$$



##### ATRITO DINÂMICO OU CINÉTICO

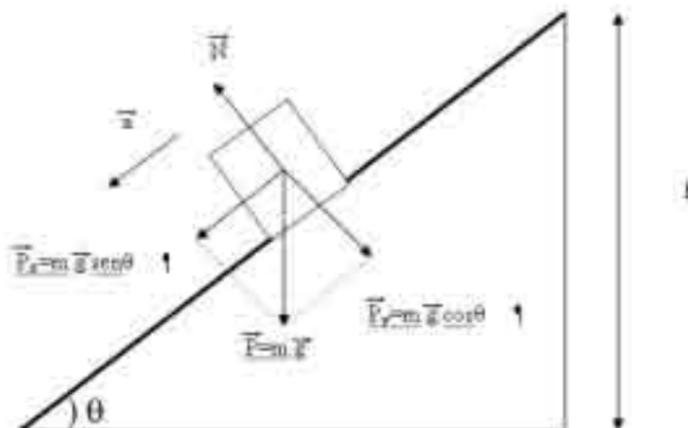
$$\vec{f}_{at} = \mu_c \cdot N$$

MOVIMENTO



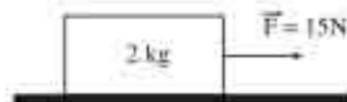
#### PLANO INCLINADO

O força peso (que acelera o corpo em um plano inclinado) é sempre vertical, portanto há necessidade de ser decomposta suas componentes, pois o plano inclinado forma um ângulo  $\theta$ , em relação ao plano horizontal.



#### ATIVIDADES

01. Na figura abaixo, determine a aceleração do movimento sabendo que o coeficiente de atrito entre o corpo e a superfície é de 0,5. Considere  $g=10\text{m/s}^2$

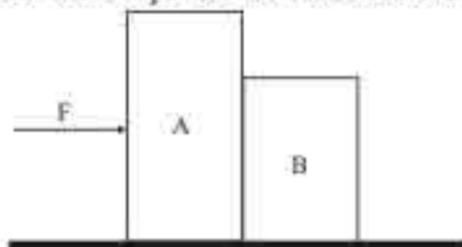


- 02.(MARK-SP) Dois blocos A e B de pesos respectivamente iguais a 30N e 70N apoiam-se sobre uma mesa horizontal. O coeficiente de atrito entre os blocos e a mesa vale 0,40. Aplicando-se ao primeiro bloco uma força horizontal constante, de intensidade  $F=50\text{N}$  e supondo  $g = 10\text{m/s}^2$  pede-se:

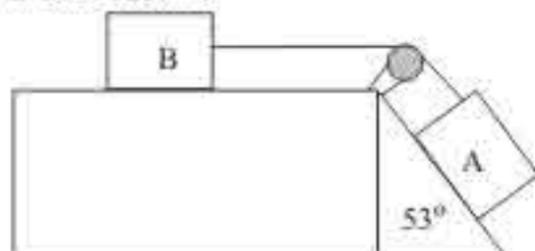


- o módulo da aceleração comunicada ao sistema;
- a intensidade da força tensora na corda

03. Os dois blocos A e B, apoiados sobre a superfície horizontal, estão inicialmente em repouso, possuem massas respectivamente iguais a 3kg e 2kg, e sobre A é aplicada uma força de 20N. Dado  $\mu = 0,2$  o coeficiente de atrito entre as superfícies, e  $g = 10\text{m/s}^2$ , determine:
- qual a intensidade da força de atrito em cada bloco.
  - o módulo da aceleração dos blocos e a intensidade da força de contato entre eles.



04. Obtenha a aceleração e a força tensora no cabo que une os corpos, dado  $g = 10\text{m/s}^2$ . Os fios e as polias são ideais.



Dados:

$$M_A = 5\text{kg}$$

$$M_B = 10\text{kg}$$

$$\mu_A = 0,2$$

$$\mu_B = 0,1$$

$$\text{sen}53^\circ = 0,8 \text{ e } \text{cós} 53^\circ = 0,6$$

### TESTES DE VESTIBULAR

01. (UNICENTRO 04) Quando a superfície de um corpo desliza sobre a de outro, cada um desses corpos exerce sobre o outro uma força denominada
- normal, que atua como reação ao peso do corpo mais leve.
  - atrito, que atua como reação peso do corpo mais denso.
  - atrito, que se opõe ao movimento e é perpendicular à superfície de contato.
  - normal, que favorece ao movimento e é paralela à superfície de contato.
  - atrito, que se opõe ao movimento e é paralela à superfície de contato.

02. (UNICENTRO 04) Considere-se um cilindro oco, de raio R, girando em torno do seu eixo vertical com velocidade angular constante, e um corpo C, colocado dentro do cilindro e em contato com sua superfície, conforme a figura. Sejam g o valor da aceleração da gravidade local e  $\mu$  o coeficiente de atrito estático entre o corpo C e o cilindro. Nessas condições, retirando-se a base de apoio B, é possível manter o corpo C, em equilíbrio, na posição indicada, quando o valor de  $\omega$  for igual a:

a)  $\sqrt{Rg\mu}$

b)  $\sqrt{\frac{Rg}{\mu}}$

c)  $\sqrt{\frac{g}{R\mu}}$

d)  $\frac{R}{g\mu}$

e)  $\frac{\mu}{Rg}$



03. (UNICENTRO 05) Por se oporem ao movimento, as forças de atrito são facilmente reconhecidas. No entanto nem sempre isso ocorre, pois existem situações em que são justamente as forças de atrito as responsáveis pelo movimento. Dentre os movimentos descritos a seguir, assinale a alternativa que apresenta aquele no qual as forças de atrito são essenciais para que o movimento ocorra.

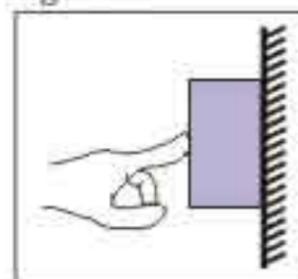
- Um foguete sendo acelerado através da queima de combustível
- Um automóvel em movimento retilíneo uniforme.
- Um esquiador deslizando encosta abaixo em uma montanha.
- Um projétil arremessado de um canhão.
- Um automóvel que acelera rapidamente de 0 a 100km/h.

04.(UTFPR 02) Um homem de massa 80 kg pretende empurrar um cofre de massa 200 kg sobre um piso plano e horizontal.

Analise as alternativas a seguir e assinale a correta.

- Se o coeficiente de atrito entre os sapatos do homem e o piso for igual a 0,5 e entre o cofre e o piso for igual a 0,1, o homem consegue empurrar o cofre.
- Se o coeficiente de atrito entre os sapatos do homem e o piso for igual a 0,6, o homem consegue empurrar o cofre, qualquer que seja o coeficiente de atrito entre o cofre e o piso.
- Se o coeficiente de atrito entre os sapatos do homem e o piso é igual a 0,4 e o coeficiente de atrito entre o cofre e o piso for igual a 0,3, o homem consegue empurrar o cofre.
- Se o coeficiente de atrito entre o cofre e o piso for menor que 0,4, o homem consegue empurrar o cofre, qualquer que seja o coeficiente de atrito entre seus sapatos e o piso.
- Se o coeficiente de atrito entre os sapatos do homem e o piso for igual ao coeficiente de atrito entre o cofre e o piso.

05. (UTFPR 02) Na figura a seguir, uma pessoa consegue manter o bloco de peso "P" em equilíbrio encostado em uma parede vertical, aplicando sobre o mesmo uma força horizontal. Sendo " $\mu$ " o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a parede, a força exercida pela pessoa tem módulo igual a:



- P
- $\mu \cdot P$
- $\frac{P}{\mu}$
- $\frac{3}{4} \cdot P$
- $2 P \cdot \mu$

06. (UNICENTRO 2005) A força é sempre dissipativa e resiste ao movimento, mas há situações em que, embora esta força seja resistente ao movimento, ela possibilita que o movimento seja favorecido. Assinale a alternativa que apresenta a situação física em que a força de atrito com a superfície, ou de resistência de um fluido, favorece o movimento.

- Força da resistência do ar que atua em um automóvel em movimento.
- Força de resistência do ar que atua em um pára-quedas.
- Força de atrito entre duas placas de vidro bem polido molhadas.
- Força de atrito que o chão aplica nos pneus de um carro em movimento.
- Força de atrito entre o pistão e o cilindro no motor do automóvel.

07. (UFPR LITORAL 2005) Uma das principais forças presentes em nosso dia-a-dia, é a força de atrito. Ela permite, por exemplo explicar o fato de poderem segurar um lápis, assim como escrever com ele. Com relação a força de atrito entre dois corpos, assinale a alternativa correta.
- Atua no mesmo sentido do movimento relativo das superfícies dos dois corpos.
  - Independente dos materiais que constituem os corpos.
  - Independente das condições de polimento em que se encontram as superfícies em contato dos dois corpos.
  - Tem módulo máximo dado pelo produto do coeficiente de atrito pela força normal que uma superfície exerce sobre a outra.
  - Apresenta o mesmo valor, quer os corpos estejam em repouso relativo, que estejam em movimento relativo.

08. (UFPR 2003) Dois blocos de massas iguais a 2,0 kg e 4,0 kg estão presos entre si por um fio inextensível e de massa desprezível. Como representado abaixo, o conjunto pode ser puxado de duas formas distintas sobre uma mesa, por uma força paralela à mesa. O coeficiente de atrito estático entre os blocos e a mesa é igual a 0,20. O fio entre os blocos pode suportar uma tração de até 10 N sem se romper. Com base nesses dados, é correto afirmar:



Figura 1

Figura 2

- Se o conjunto for puxado pelo bloco de maior massa, como na figura 2, o fio que une os blocos arrebentará.
- Se o conjunto for puxado pelo bloco de menor massa, como na figura 1, o fio que une os blocos arrebentará.
- O conjunto da figura 1 será acelerado se a força tiver módulo maior que 12 N.
- No conjunto da figura 2, as forças de atrito que atuam em cada um dos blocos têm o mesmo módulo.
- A tração no fio que une os blocos é a mesma, quer o conjunto seja puxado como na figura 1, quer como na figura 2.

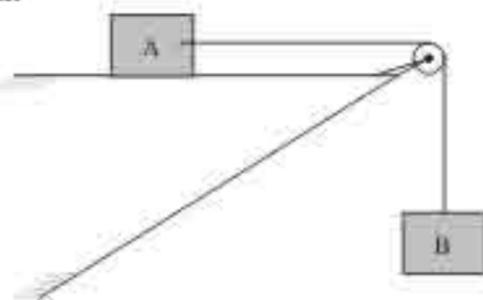
09. (UEPG 2005) Sobre os movimentos, assinale o que for correto.

- Uma esfera que desce um plano inclinado, sem deslizar, executa simultaneamente dois movimentos: translação e rotação.
- Um projétil lançado verticalmente para cima, no vácuo, com velocidade  $V$ , retorna ao ponto de lançamento com a mesma velocidade  $V$ .
- Uma partícula pode inverter o sentido do seu movimento mantendo sua aceleração constante.
- O estado de movimento de uma partícula independe do referencial adotado.
- No movimento circular uniforme, o vetor velocidade da partícula não se mantém constante.

10. (UTFPR 2005) Um bloco de massa 5kg repousa sobre um plano inclinado de altura 3m e comprimento horizontal 4m. Considerando o coeficiente de atrito estático igual a 0,8 e a aceleração da gravidade local igual a  $10\text{m/s}^2$ , assinale a alternativa correta.

- a intensidade da força de atrito existente entre o bloco e plano inclinado é igual a 32N.
- a força resultante exercida sobre o bloco pelo plano inclinado é igual a 40N.
- a força resultante exercida sobre o bloco pelo plano inclinado é vertical e dirigida para cima.
- As forças peso e normal formam um par ação-reação
- A intensidade da força de atrito existente entre o bloco e plano inclinado pode ser determinada pela expressão  $F_{AT} = \mu \cdot N$

11. (UTPR 2006) No esquema da figura a seguir, o bloco A tem massa igual ao dobro da massa do bloco B e a roldana apresenta massa e atrito desprezíveis. Se o sistema permanece em repouso, o coeficiente de atrito entre o bloco A e a superfície horizontal tem um valor mínimo igual a:



- a) 0,25  
b) 0,50  
c) 1,00  
d) 1,50  
e) 2,00

12. (UEM 2006) Uma caixa contendo ferramentas está em repouso sobre uma superfície horizontal áspera. Uma pessoa está tentando colocá-la em movimento, empurrando-a com uma força paralela à superfície, mas não está conseguindo. Qual a razão para isso?

- a) A força que a mão da pessoa faz sobre a caixa é a mesma que a caixa faz sobre a mão.  
b) A força que o solo faz sobre a caixa devido ao atrito cinético é muito maior do que a força que a pessoa faz sobre a caixa.  
c) A força de atrito estático que o solo exerce sobre a caixa é de mesma intensidade da força que a mão faz sobre a caixa.  
d) A quantidade de momento que a caixa possui.  
e) O fato de o torque que a mão imprime à caixa ser menor do que a força de atrito estático que o solo exerce sobre a caixa.

## AULA Nº 10

### MECÂNICA CELESTE

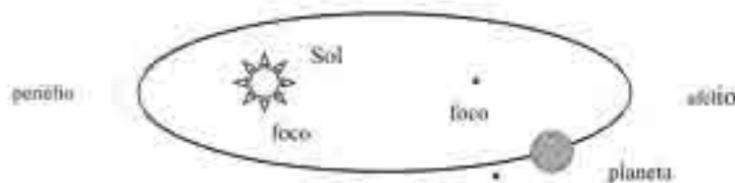
O céu sempre fascinou o homem, servindo como orientação para os navegadores, tema corrente para os poetas, etc. Despertando na humanidade o desejo da descoberta, isso levou os homens inicialmente sem instrumentos de medidas, utilizar a imaginação, e com advento do desenvolvimento de instrumentos de observação como a luneta, possibilitou ao ser humano, iniciar o estudo mais detalhado da imensidão do cosmo. Hoje com o uso dos poderosos telescópios, como o Hubble esta demonstrando através das imagens captadas, que o céu é muito mais complexo do que imaginávamos.

#### As Leis de Kepler para o movimento planetário



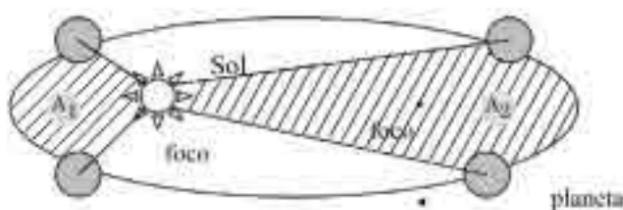
#### 1ª LEI DE KEPLER: LEI DAS ÓRBITAS

A órbita de um planeta ao redor do Sol é uma elipse, da qual o Sol ocupa um dos focos.



#### 2ª LEI DE KEPLER: LEI DAS ÁREAS

O raio vetor, linha imaginária que une o Sol ao planeta, varre áreas iguais em tempos iguais.



#### 3ª LEI DE KEPLER: Lei dos Tempos

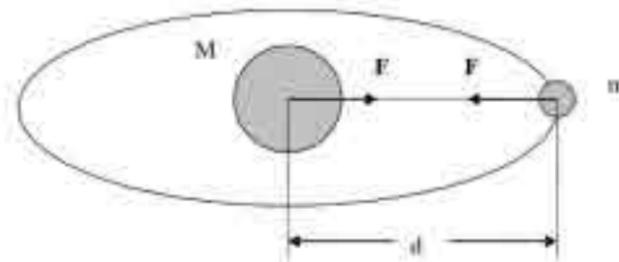
O quadrado do período de qualquer planeta é proporcional ao cubo de sua distância média do Sol.

$$\frac{T^2}{R^3} = K \text{ ou } T^2 = K R^3$$

onde k é uma constante física, válida para todos os planetas que giram ao redor do Sol e depende das unidades utilizadas.

#### LEI DE NEWTON PARA A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

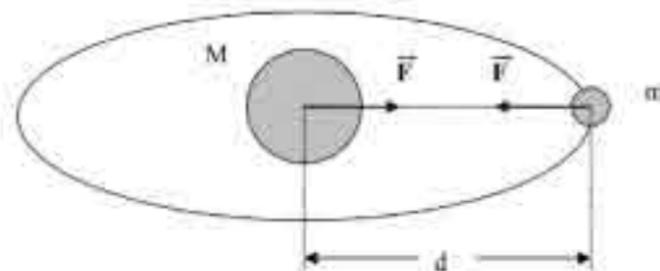
Dois corpos se atraem com forças diretamente proporcionais ao produto de suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre os seus centro de massas.



$$\vec{F} = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

$$G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

#### VARIAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE



$$\vec{g} = G \cdot \frac{M}{d^2}$$

## ATIVIDADES

01. Calcule o valor aproximado da força de atração gravitacional entre a Terra e a Lua.

Dados:

$$\text{Massa da Terra} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{Massa da Lua} = 7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{Distância Terra-Lua} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

02. Um satélite artificial em órbita estacionária, está a uma distância  $D$  do centro da Terra. Um outro satélite está situado a uma distância  $D'$ , tem período 8 vezes maior. Qual é a razão entre  $D'$  e  $D$ ?

## TESTES DE VESTIBULAR

01. (UFPR 99) Considerando as leis e conceitos da gravitação, é correto afirmar:
01. No SI, a unidade da constante de gravitação universal  $G$  pode ser  $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}$ .
  02. De acordo com as leis de Kepler, os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, sendo que o Sol ocupa um dos focos da elipse.
  04. As forças gravitacionais da Terra sobre a Lua e da Lua sobre a Terra têm módulos diferentes.
  08. Dois satélites artificiais de massas diferentes, descrevendo órbitas circulares de mesmo raio em torno da Terra, têm velocidades escalares diferentes.
  16. Sabendo que a lei das áreas de Kepler estabelece que a reta que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais, conclui-se que quando o planeta está próximo do Sol ele move-se mais rapidamente do que quando está mais afastado.
  32. A aceleração da gravidade na superfície de um planeta de massa  $M$  e raio  $R$  é dado por  $GM/R^2$ .
02. (UNIOESTE 05) Sobre a aceleração da gravidade, é correto afirmar:
01. que, em um mesmo local, a aceleração da gravidade é uma grandeza vetorial com direção e sentido iguais à direção e sentido da força da gravidade.
  02. que as diferentes massas da Terra e da Lua definem valores diferenciados para a aceleração da gravidade em suas superfícies.
  04. que, em queda livre, todos os objetos apresentam aceleração igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$ , independentemente da distância em relação à superfície da Terra.
  08. que a aceleração de pacotes de energia como os fótons, na ausência da resistência do ar, é determinada pela aceleração da gravidade local.
  16. que a aceleração da gravidade próxima à superfície terrestre independe de características próprias dos objetos sujeitos a esta aceleração.
  32. que o valor da aceleração da gravidade diminui à medida que nos afastamos do nível do mar para maiores altitudes, devido à redução da densidade do ar.
  64. que o valor da aceleração da gravidade na Terra, ao nível do mar, é aproximadamente  $9,8 \text{ N/kg}$ .

03. (UNICENTRO – 04) – De acordo com as leis de Kepler e as leis da mecânica, um planeta, em sua órbita, mantém
- energia cinética constante, ao longo da trajetória descrita.
  - velocidade angular constante, ao se afastar do Sol.
  - quantidade de movimento constante, em módulo, ao se afastar do Sol.
  - energia potencial constante, ao se movimentar do afélio para o periélio.
  - velocidade de translação constante, em módulo, sendo a órbita considerada circular.
04. (UEL) – Se existisse um planeta cuja a massa fosse o dobro da massa da Terra e cujo raio fosse o dobro do terrestre, a aceleração da gravidade na superfície do planeta seria aproximadamente, em  $m/s^2$ , igual a:
- 20
  - 10
  - 7,5
  - 5
  - 2,5
05. (UEPG) – “No Universo, matéria atrai matéria na razão direta do produto de suas massas e na razão inversa do quadrado da distância que separa seus centros de massa”. Esse enunciado refere-se à Lei da Gravitação Universal de:
- Kepler
  - Gauss
  - Galileu
  - Torricelli
  - n.d.a.
06. (UEM) – Sabe-se que a massa e o raio da Terra são, respectivamente, 80 vezes e 4 vezes maior que a massa e o raio da Lua. A relação entre as acelerações da gravidade da Terra ( $g_T$ ) e da Lua ( $g_L$ ) é aproximadamente:
- $g_L = 1/5 g_T$
  - $g_L = 1/8 g_T$
  - $g_L = 1/9 g_T$
  - $g_L = 1/4 g_T$
  - $g_L = 1/3 g_T$
07. (UTFPR – 01) – A lei da gravitação universal é formulada algebricamente pela expressão  $F = G.m_1.m_2.r^{-2}$ , na qual  $F$  é a força atrativa entre duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$ , separadas por uma distância  $r$ , e  $G$  é uma constante de proporcionalidade. A unidade de  $G$ , no Sistema Internacional de Unidades, é dada por:
- $kg^{-2}.m^2.s^{-2}$
  - $kg.m^2.s^{-1}$
  - $kg.m^2.s^{-2}$
  - $kg^{-1}.m^3.s^{-2}$
  - $kg^{-2}.m^2.s^{-2}$
08. (UEM 2006) Johannes Kepler, após anos de estudo sobre Marte, renunciou à sua visão de perfeição geométrica para o movimento planetário. Sabe-se, hoje, que, para objetos celestes como cometas e planetas, as órbitas são curvas que podem ser melhor representadas por
- elipse, circunferências e parábolas.
  - parábolas, hipérboles e circunferências.
  - elipses, retas e parábolas.
  - elipses, circunferências e hipérboles.
  - hipérboles, parábolas e elipses.

09. (UFPR 2004) Os astrônomos têm anunciado com frequência a descoberta de novos sistemas planetários. Observações preliminares em um desses sistemas constataram a existência de um planeta com massa  $m_p$  vezes maior que a massa da Terra e com diâmetro  $d_p$  vezes maior que o da Terra. Sabendo que o peso de uma pessoa é igual à força gravitacional exercida sobre ela, determine o valor da aceleração da gravidade  $g_p$  a que uma pessoa estaria sujeita na superfície desse planeta, em  $m/s^2$ . Dado: A aceleração da gravidade na superfície da Terra é  $10 m/s^2$ .

Questão aberta

$m_p$  = massa do planeta     $d_p$  = diâmetro do planeta

50 $m_T$	5 $d_T$
40 $m_T$	4 $d_T$
20 $m_T$	2 $d_T$
60 $m_T$	10 $d_T$

**Fórmula geral**

$$g_p = g_T \left( \frac{m_p}{m_T} \right) \left( \frac{R_T}{R_p} \right)^2$$

**Resultado**

$$g_p = 20 m/s^2$$

$$g_p = 25 m/s^2$$

$$g_p = 50 m/s^2$$

$$g_p = 6,0 m/s^2$$

Com base nos conceitos e nas leis de conservação da quantidade de movimento (momento linear) e da energia cinética, é correto afirmar:

- 01) A quantidade de movimento (momento linear) de uma partícula depende do sistema de referência.
- 02) A energia cinética de uma partícula pode assumir valores negativos.
- 04) Em uma colisão perfeitamente elástica, a energia cinética é conservada.
- 08) Em uma colisão inelástica, a quantidade de movimento (momento linear) não é conservada.
- 16) Quando duas partículas colidem, a velocidade do centro de massa do sistema, na ausência de forças externas, permanece constante.

10. (UTFPR) – Supondo  $g$  o valor da aceleração da gravidade na superfície da Terra (massa  $M$  e diâmetro  $D$ ) e  $G$  a constante de Gravitação Universal, o valor da aceleração da gravidade, num ponto situado a uma distância que é o triplo do raio da Terra, será:

- a) o triplo de  $g$ .
- b) a terça parte de  $g$
- c) a nona parte de  $g$
- d) nove vezes o valor de  $g$
- e) igual ao valor de  $g$ .

11. (UFPR) – Seja  $R$  o raio da órbita de um planeta em torno do Sol e  $T$  o seu período de revolução. Sendo  $K$  uma constante, vale a relação:

$$\frac{T^x}{R^y} = k$$

De acordo com a terceira Lei de Kepler, temos:

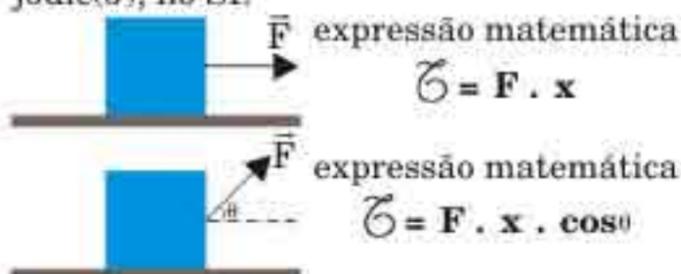
- a)  $x = 1$  e  $y = 1$
- b)  $x = 3$  e  $y = 1$
- c)  $x = 1$  e  $y = 3$
- d)  $x = 3$  e  $y = 2$
- e) n.d.a

12. (UEL 2005) Em 21 de junho de 2004, a nave espacial Space Ship One realizou um fato memorável: foi o primeiro veículo espacial concebido pela iniciativa privada a entrar em órbita em torno da Terra, em uma altura pouco superior a 100km. Durante o intervalo de tempo em que a nave alcançou sua máxima altitude, e com os motores praticamente desligados, seu piloto abriu um pacote de confeitos de chocolates para vê-los flutuar no interior da nave. Assinale a alternativa que apresenta corretamente a explicação da flutuação dos confeitos.
- a) a gravidade é praticamente zero na altitude indicada.
  - b) Não há campo gravitacional fora da atmosfera da Terra.
  - c) A força gravitacional da Terra é anulada pela gravidade do Sol e da Lua.
  - d) As propriedades especiais do material de que é feita a nave espacial blindam, em seu interior, o campo gravitacional
  - e) Nave e objetos dentro dela estão em “queda livre”, simulando uma situação de ausência de gravidade.
13. (UTFPR 2006) Sobre um satélite artificial colocado em órbita em torno da Terra, considere as seguintes afirmações:
- I. a força resultante sobre o satélite é nula.
  - II. A força gravitacional atua sobre o satélite como força centrípeta.
  - III. O satélite não exerce sobre a Terra nenhuma força gravitacional.
  - IV. O satélite acabara caindo quando sua velocidade for diminuindo gradativamente.
- Podemos concluir que somente a(s) afirmação(ões):
- a) I está correta.
  - b) II está correta.
  - c) I e II estão corretas.
  - d) I e III estão corretas.
  - e) II e IV estão corretas.
14. (UTFPR 2005) No SI (Sistema Internacional de Unidades), o trabalho realizado pela força gravitacional pode ser expressa em joules ou pelo produto:
- a)  $\text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-1}$
  - b)  $\text{kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}$
  - c)  $\text{kg} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$
  - d)  $\text{kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2}$
  - e)  $\text{kg} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^2$

## AULA Nº 11

### TRABALHO MECÂNICO E POTÊNCIA

A grandeza física escalar **trabalho** relaciona a força com um deslocamento que a mesma possa provocar num corpo. O trabalho é medido em joule(J), no SI.

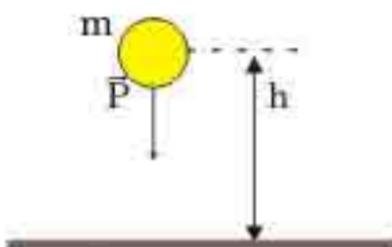


A expressão acima vale para força resultante constante.

O trabalho pode assumir valores positivos, nulos ou negativos de acordo com o ângulo da força aplicada.

O ângulo entre a força e direção do deslocamento pode variar de  $0^\circ$  até  $90^\circ$ , e é chamado **trabalho motor** ( $\zeta < 0$ ); se o ângulo for maior  $90^\circ$  é chamado de **trabalho resistente** ( $\zeta > 0$ ) e se o ângulo for igual a  $90^\circ$  o **trabalho é nulo**.

#### TRABALHO DA FORÇA PESO



$$\zeta = \bar{P} \cdot h$$

$$\zeta = \text{trabalho (J)}$$

$$\bar{P} = \text{peso (N)}$$

$$h = \text{altura (m)}$$

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

$$\bar{g} = \text{aceleração da gravidade (m/s}^2\text{)}$$

( $\zeta > 0$ ): A força tem o sentido do movimento.

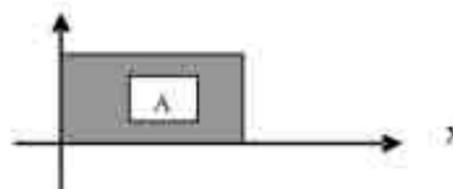
( $\zeta < 0$ ): A força tem sentido contrário ao sentido do movimento.

#### DIAGRAMA FORÇA X DESLOCAMENTO

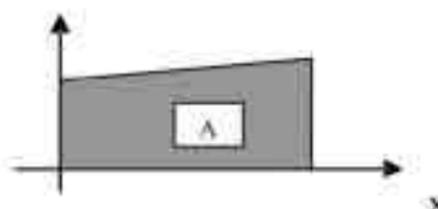
Quando a força não é constante, devemos utilizar o diagrama de força com o deslocamento, sendo que o trabalho será numericamente igual à área da figura compreendida entre a curva e o eixo de deslocamentos.

Exemplos:

a) força constante.



b) força variável.



### POTÊNCIA

Devido a necessidade de realizar um trabalho com menor tempo possível, temos uma grandeza que mede a eficiência com que um trabalho é executado, a qual chamamos de **potência**.

$$P = \frac{\zeta}{\Delta t}$$

A potência é uma grandeza escalar medida em watt (W), no SI.

Como a unidade watt é bastante pequena utilizamos múltiplos como:

$$\text{kw} \quad \text{quilowatt} \quad 10^3 \text{ W}$$

$$\text{MW} \quad \text{megawatt} \quad 10^6 \text{ W}$$

$$\text{GW} \quad \text{gigawatt} \quad 10^9 \text{ W}$$

Outras unidades de potência:

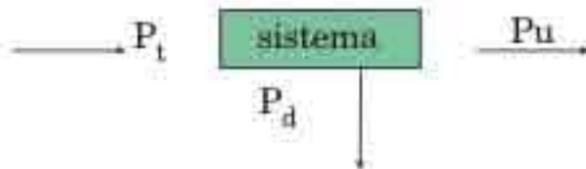
$$1\text{cv} = 735 \text{ W}$$

$$1\text{HP} = 746\text{W}$$

### RENDIMENTO

Para uma máquina funcionar devemos fornecer a ela uma **potência total (Pt)**, onde uma parte da mesma que é perdida, principalmente pelo atrito, é denominada **potência dissipada (Pd)** e a potência realmente aproveitada é denominada **potência útil (Pu)**.

“Uma máquina nunca aproveita totalmente a energia que lhe é fornecida, uma grande parte é perdida, por isso precisamos conhecer seu rendimento.”



$$P_t = P_u + P_d$$

$P_t$  = potência total

$P_u$  = potência útil

$P_d$  = potência dissipada

O rendimento é calculada pela razão entre potência útil e a potência total.

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

### ENERGIA CINÉTICA

“Energia que o corpo adquire devido a sua velocidade.”



$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$E_c$  = energia cinética (J)

$m$  = massa (kg)

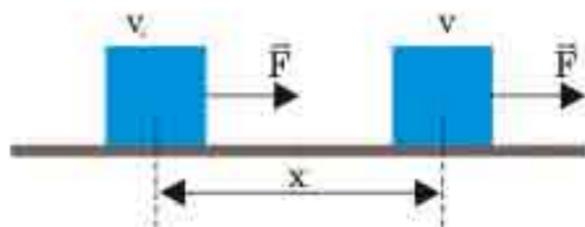
$v$  = velocidade (m/s)

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

### Teorema da energia cinética

O trabalho realizado pela força resultante que atua sobre um corpo é igual à variação da energia cinética desse corpo.

Consideremos um corpo de massa  $m$  onde é aplicada uma força  $F$ , o corpo passa da velocidade  $v_0$  para  $v_f$  provocando um deslocamento  $d$ .



Esta força  $\vec{F}$  produzirá uma aceleração  $a$ :

$$\zeta = \vec{F} \cdot d = m \cdot \vec{a} \cdot d \quad (1)$$

Da equação de Torricelli

$$v^2 = v_0^2 + 2 a d \quad \text{ad} = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \quad (2)$$

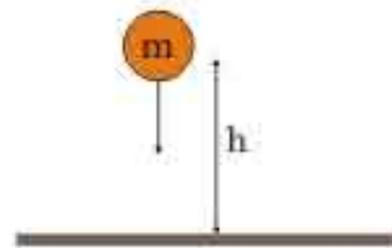
Substituindo (1) em (2) temos:

$$\zeta = m \frac{v^2 - v_0^2}{2} = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\zeta = E_{c_{\text{final}}} - E_{c_{\text{inicial}}} \quad \boxed{\zeta = \Delta E_c}$$

### ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

“Energia que o corpo adquire quando é elevado em relação a um determinado nível.”



$$E_p = m \cdot \vec{g} \cdot h$$

$E_p$  = energia potencial (J)

$m$  = massa (kg)

$\vec{g}$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = altura (m)

$$E_{p_{\text{gravit}}} = m \cdot g \cdot h$$

### ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

$$E_{p_{\text{elast}}} = \frac{1}{2} k x^2$$

### ENERGIA MECÂNICA

$$E_M = E_p + E_c$$

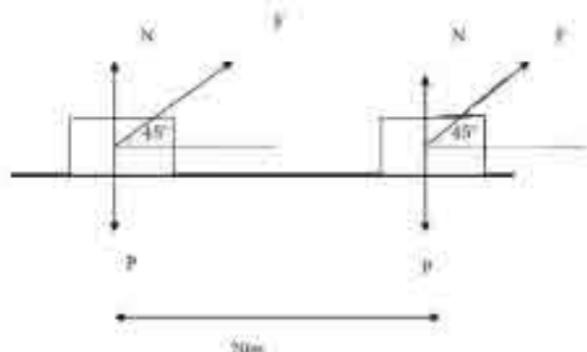
### PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

$$E_M = E_p + E_c = \text{cte}$$

### ATIVIDADES

01. (CEFET –PR) O corpo representado no esquema move-se sujeito a uma mola de constante elástica  $k = 8000\text{N/m}$ , para que o sistema armazene a energia de  $16\text{J}$  a amplitude do movimento deve ser:
- 20cm
  - 2m
  - 40cm
  - 4m
  - 2m

02. O bloco da figura tem massa  $40\text{kg}$  e é puxado por uma força de  $150\text{N}$ , sofrendo um deslocamento de  $20\text{m}$ , no plano horizontal. Determine:
- o trabalho de cada força
  - o trabalho da resultante
  - supondo que estivesse em repouso, obter a velocidade após  $20\text{m}$ .



03. Um bloco de  $10\text{kg}$  é levantado a uma altura de  $10\text{m}$  em  $10\text{s}$ . Determine:
- qual a quantidade de energia utilizada?
  - qual a potência média utilizada?

05. Uma montanha russa tem uma altura máxima de  $40\text{m}$ . O carrinho da mesma tem massa de  $200\text{kg}$ , está inicialmente em repouso no topo da montanha. Adote  $g=10\text{m/s}^2$  e despreze os atritos.
- qual a energia potencial em relação ao solo do carrinho neste instante?
  - qual será sua energia cinética no instante, em que em relação ao solo estiver a  $15\text{m}$ ?

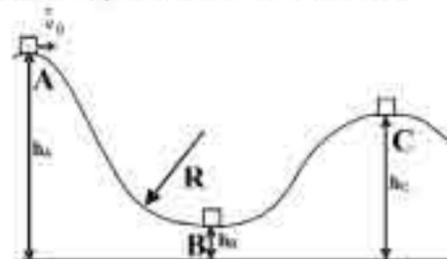
### TESTES DE VESTIBULAR

01. (UEPG 2006) – Sobre o teorema do Trabalho-Energia, assinale o que for correto.
- 01) Energia é a capacidade de se realizar trabalho.
  - 02) A transferência de energia somente ocorre através do trabalho.
  - 04) A energia potencial de um ponto material só é definida para campos de forças não conservativos.
  - 08) Em qualquer processo a energia nunca é criada ou destruída, apenas é transformada de uma modalidade para outra.
  - 16) Energia mecânica de um sistema é a soma das energia potencial e cinética em cada instante.

02. (UEM 2005) – Tomando-se como base a conservação da energia mecânica, assinale o que for correto.

- 01) Em qualquer circunstância, a energia mecânica de uma partícula é constante.
- 02) A energia potencial não pode ser transformada em energia cinética.
- 04) Não é possível determinar a energia potencial de uma partícula quando a sua energia cinética é nula.
- 08) Durante a queda de um corpo no vácuo, a energia mecânica do corpo permanece constante.
- 16) A energia mecânica de uma partícula em movimento harmônico simples (MHS) é proporcional ao quadrado da amplitude do movimento.
- 32) Joga-se uma pedra verticalmente para cima. A energia cinética da pedra é máxima no momento em que ela sai da mão.
- 64) Em qualquer circunstância, o tempo empregado por uma partícula para se deslocar de uma posição para outra pode ser determinado diretamente a partir da expressão que caracteriza a conservação da energia mecânica.

03. (UFPR 2003) Um corpo de massa  $m = 1,0$  kg desliza por uma pista, saindo do ponto A com velocidade de módulo igual a  $3,0$  m/s, passando pelo ponto B com a mesma velocidade e parando no ponto C (figura abaixo). A resistência do ar ao movimento do corpo é desprezível, mas pode haver atrito entre o corpo e a pista. O trecho da pista que contém B é parte de uma circunferência de raio  $R = 0,30$  m. As alturas de A, B e C em relação a um nível de referência são  $h_A$ ,  $h_B$  e  $h_C$ , respectivamente. Com base nesses dados, é correto afirmar:



- 01) Existe uma força de atrito entre a pista e o corpo entre os pontos A e B, que realiza trabalho igual a  $-mg(h_A - h_B)$ .
- 02) Nenhuma força realiza trabalho sobre o corpo entre A e B, pois não houve variação da energia cinética.
- 04) O trabalho total realizado sobre o corpo entre os pontos B e C é  $9,0$  J.
- 08) Se não houvesse atrito entre a pista e o corpo, este teria no ponto C uma velocidade com módulo maior que  $v_0$ .
- 16) A aceleração centrípeta do corpo no ponto B é  $30$  m/s<sup>2</sup>.

04. (UEM 2004) – Um corpo de massa  $2\text{kg}$  é abandonado de uma altura  $h = 10\text{m}$ . Observa-se que, durante a queda, é gerada uma quantidade de calor igual a  $100\text{J}$ , em virtude do atrito com o ar. Considerando  $g = 10\text{m/s}^2$ , calcule a velocidade (em  $\text{m/s}$ ) do corpo no instante que ele toca o solo.
05. (UEL 2004) Numa pista de teste de freios, um boneco é arremessado pela janela de um veículo com a velocidade de  $72\text{km/h}$ . Assinale, respectivamente, a energia cinética do boneco ao ser arremessado e a altura equivalente de uma queda livre que resulte da energia potencial de mesmo valor. Considere que o boneco tenha  $10\text{kg}$  e que a aceleração da gravidade seja  $10\text{m/s}^2$ .
- a)  $1.000$  Joules e  $30$  metros.
  - b)  $2.000$  Joules e  $20$  metros.
  - c)  $2.200$  Joules e  $30$  metros.
  - d)  $2.400$  Joules e  $15$  metros.
  - e)  $4.000$  Joules e  $25$  metros.
06. (UTFPR 2006) Um motorista trafegando a  $72\text{km/h}$  avista uma barreira eletrônica que permite velocidade máxima de  $40\text{km/h}$ . Quando está a  $100\text{m}$  da barreira, ele aciona continuamente o freio do carro e passa por ela a  $36\text{km/h}$ . Considerando que a massa do carro com os passageiros é de  $100\text{kg}$ , qual o módulo da força resultante, suposta constante, sobre o carro ao longo destes  $100\text{m}$ ?
- a)  $300\text{N}$
  - b)  $3000\text{N}$
  - c)  $1000\text{N}$
  - d)  $1700\text{n}$
  - e)  $1500\text{N}$

## AULA Nº 12

### IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Por que é mais fácil parar uma bicicleta do que um caminhão?

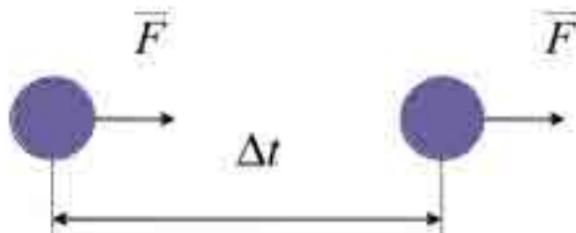
#### Impulso de uma força

Definimos impulso quando uma força  $\vec{F}$  atua em um corpo durante um intervalo de tempo  $t$ . O impulso é igual ao produto da força  $\vec{F}$  pelo intervalo  $t$ .



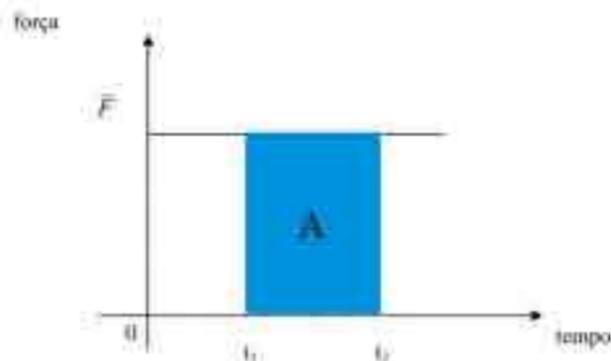
$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t$$

unidade no SI: N.s



O impulso é uma grandeza vetorial, com intensidade dada pela fórmula acima, direção e sentido a mesma da força  $F$ . A unidade do impulso no SI é: Newton por segundo (N.s).

No gráfico  $F \times t$ , a área é numericamente igual a intensidade do impulso da força  $F$ , no intervalo de tempo de  $t_1$  e  $t_2$ .



#### Quantidade de movimento (momento linear)

A grandeza vetorial que relaciona a massa de um corpo com sua velocidade, é chamada quantidade de movimento. Sendo que sua intensidade é dada pela fórmula:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

a direção e o sentido é a mesma da velocidade.

#### Teorema do Impulso

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \text{onde} \quad \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \text{ substituindo}$$

$$\vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot (\vec{v} - \vec{v}_0)$$

$$\vec{I} = m \cdot \vec{v} - m \cdot \vec{v}_0$$

$$\vec{I} = \vec{Q} - \vec{Q}_0$$

ou

$$\boxed{\vec{I} = \Delta \vec{Q}}$$

Para um mesmo intervalo de tempo, o impulso da força resultante é igual à variação da quantidade de movimento.

#### ATIVIDADES

- Determine durante quanto tempo deve agir uma força de intensidade 50N para que um corpo de massa 5kg passe a sua velocidade de 20m/s para 60m/s.

02. Um foguete de massa de aproximadamente de 50 toneladas expulsa 200kg de gás que sofre uma variação de 500m/s. Determine a variação de velocidade do foguete.

03. Um menino, de massa 50kg, que encontra-se sobre um lago congelado, onde o atrito é desprezível, se o mesmo jogar para frente uma pedra de 500g, com velocidade de 20m/s, qual será sua velocidade de recuo?

04. Um carro de 800Kg a 108km/h colide contra um poste e para. Qual foi a variação da quantidade de movimento durante a colisão? Qual o módulo da força média, sabendo que a colisão durou 0,1s?

## TESTES DE VESTIBULARES

01. (UEL – PR) – Se os módulos das quantidades de movimento de dois corpos são iguais, necessariamente eles possuem:
- a) mesma energia cinética.
  - b) velocidades de mesmo módulo.
  - c) módulos das velocidades proporcionais às suas massas.
  - d) mesma massa e velocidades de mesmo módulo.
  - e) módulos das velocidades inversamente proporcionais às suas massas.
02. (UEM – PR) – Os brasileiros, em geral, andam muito interessados em corridas de fórmula 1. Considere, portanto, que um carro teve sua velocidade, no final da reta, reduzida de 90m/s para 30m/s em 3 segundos, a uma aceleração constante.
- Dado: massa do carro: 500kg  
(considere o movimento unidimensional).
- Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).
01. O momento linear(momentum) imediatamente antes da freada era de 4500N.s.
  02. O momento linear no ato do término da freada valia 20000 N.s.
  04. A energia cinética de translação do carro, no momento inicial da freada era  $200 \times 10^5$  J.
  08. No instante final da freada, a energia cinética de translação do carro era de  $22,5 \times 10^4$  J.
  16. Houve, seguramente, um aquecimento de parte do sistema de freio devido a freada.
  32. O atrito com o solo provoca aquecimento dos pneus dos carros de Fórmula 1, quando estes estão participando de uma corrida.

03. (UEPG – 2006) – Considerando-se dois corpos A e B, de massas  $m_A$  e  $m_B$  que possuem velocidades  $v_A$  e  $v_B$ , assinale o que for correto.

- 01) Se a energia cinética de A for maior que a energia cinética de B, a quantidade de movimento de B pode ser maior do que a de A.
- 02) Se as quantidades de movimento são iguais, as energias cinéticas obrigatoriamente deverão ser iguais.
- 04) Se  $v_A$  for maior que  $v_B$ , então a energia cinética de A é maior que a energia cinética de B.
- 08) Os corpos só terão as mesmas energias quando  $m_A$  for igual a  $m_B$  e  $v_A$  for igual a  $v_B$ .
- 16) Se as quantidades de movimento forem iguais, as massas dos corpos e suas respectivas velocidades poderão ser diferentes.

04. (UTFPR – 2003) – Duas esferas A e B, de massas  $m_A = 4 \text{ kg}$  e  $m_B = 5 \text{ kg}$ , colidem de forma perfeitamente elástica, como indica a figura a seguir. Suas velocidades, em módulo, antes do choque são respectivamente iguais a  $8 \text{ m/s}$  e  $6 \text{ m/s}$  (despreze os atritos).



Com base nessa situação são feitas as afirmativas a seguir:

- I. O módulo da quantidade de movimento do sistema constituído pelas duas esferas imediatamente após o choque é igual a  $2 \text{ N.s}$ .
- II. Por causa de sua massa menor, o impulso exercido pela esfera A sobre a esfera B, durante a colisão, é menor que o impulso exercido por B sobre A.
- III. Durante a colisão a energia mecânica que é perdida dissipa-se na forma de calor.

Podemos afirmar que:

- a) apenas a afirmativa I é correta.
- b) apenas a afirmativa II é correta.
- c) apenas a afirmativa III é correta.
- d) todas são corretas.
- e) todas são incorretas.

05. (UFPR – 2003) – Sabendo-se que  $[M]$  representa a dimensão de massa,  $[L]$  a de comprimento e  $[T]$  a de tempo, e considerando os conceitos de Algarismos Significativos, medidas e dimensões físicas, é correto afirmar:

- 01) Os números  $3,55 \cdot 10^2$ ,  $355,0$  e  $0,355$  têm todos a mesma quantidade de algarismos significativos.
- 02) Utilizando uma régua milimetrada, uma pessoa não tem como afirmar que obteve, como medida de um comprimento, o valor de  $9,653 \text{ cm}$ .
- 04) O trabalho realizado por uma força de módulo  $2,00 \cdot 10^3 \text{ N}$ , aplicada a um corpo que se desloca paralelamente à direção da força por uma distância de  $3,55 \text{ m}$ , é  $7,10 \cdot 10^3 \text{ J}$  e a dimensão física do trabalho é  $[M] [L] [T]^{-2}$ .
- 08) A quantidade de movimento tem a dimensão física:  $[M] [L] [T]^{-1}$ .
- 16) O número de copos de água (1 copo =  $200 \text{ ml}$ ) contidos numa caixa d'água de  $1,0 \text{ m}^3$  tem a mesma ordem de grandeza do número de minutos contidos em um ano.

06. (UTFPR) – Num jogo de “bete ao ombro”, o bastão atinge a bola com uma força média de  $490 \text{ N}$  durante  $0,01 \text{ s}$ . Nesse caso, a impulsão será: ( $1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$ )

- a)  $0,45 \text{ kgf.s}$
- b)  $0,5 \text{ kgf.s}$
- c)  $0,45 \text{ N.s}$
- d)  $0,5 \text{ N.s}$
- e)  $4,9 \text{ kgf.s}$

07. (UEL) – Um corpo de peso igual a  $100 \text{ N}$  é lançado verticalmente para cima, atingindo a altura máxima em  $1,0 \text{ s}$ . O impulso aplicado a esse corpo pela força da gravidade, durante a subida, tem módulo, em  $\text{N.s}$ , igual a:

- a) zero
- b) 10
- c) 50
- d) 100
- e) 500

08. (UFPR) – Um objeto com 1kg de massa sofre a ação da força resultante de 2N durante 1s. Para esse intervalo de tempo, é correto afirmar:
01. A quantidade de movimento do objeto não se altera.
  02. A diferença entre as velocidades final e inicial é igual a 2m/s.
  04. A velocidade final é o dobro da inicial, qualquer que seja esta.
  08. A energia cinética do corpo se conserva.
  16. Construindo um gráfico cartesiano com a força resultante no eixo y e o tempo no eixo x, obtém-se um segmento de reta paralelo ao eixo x.
09. (UTFPR – 2006) – O jogador Roberto Carlos, da seleção brasileira de futebol, costuma chutar faltas nas quais a bola, de massa aproximadamente 400g, chega a atingir 126km/h. Considerando que a bola fique em contato com a chuteira do jogador durante, aproximadamente,  $1,00 \times 10^{-2}$  s, a força média que a bola recebe, é aproximadamente, igual a:
- a) 700N
  - b) 1010N
  - c) 1400N
  - d) 2020N
  - e) 5040N
10. (UTFPR – 2005) – Uma bola de futebol de massa igual a 1,5kg vem em direção ao gol com velocidade igual a 72km/h. O goleiro defende rebatendo a bola com um chute na direção de onde ela veio com velocidade igual a 108km/h. Se a bola ficou em contato com o pé do goleiro durante um décimo de segundo, assinale a alternativa que indica a força exercida na bola pelo pé do goleiro.
- a) 900N
  - b) 750N
  - c) 600N
  - d) 450N
  - e) 300N

