Leonardo Diego Lins

E-BOOK

EDITORA OXENTE

PENSANDO FÍSICA

Paulo Afonso/BA, 2020

Leonardo Diego Lins

PENSANDO FÍSICA

Editora Oxente

Capa

Carlos Rafael Luz de Souza

Diagramação

Bruna Graziela Cordeiro dos Santos

Alunos/as Participantes

Aurirauan Braz de Souza

Cristina Ribeiro Souza

Daniel Braz de Souza

Danilo Braz de Souza

Iara Braz de Oliveira

Jorge Luiz de Souza Santana

Mairan Braz de Souza

Miriam dos Santos Braz

Telma da Conceição Braz

Tiago dos Santos Oliveira

Uribatan Braz de Souza

Professores Participantes

João Rodolfo

Lenilson de Oliveira Silva

Uilian Conceição de Souza Rodrigues

Escolas Participantes

Escola Indígena Pataxó Tingui do Guaxuma

Escola Indígena Pataxó Boca da Mata

Colégio Estadual Indígena Coroa Vermelha – Anexo Guaxuma

Escola Estadual Indígena Bom Jesus

Editora Oxente

editoraoxente@gmail.com

Ficha Catalográfica

Lins, Leonardo Diego. Material Didático Alternativo de Ensino/ Leonardo

Diego Lins. Paulo Afonso, Oxente, 2020.

203 f. : il

ISBN: 978-65-86239-18-8

Universidade do Estado da Bahia

1. Gravitação Universal. 2. Hidrostática. 3. Leis de Newton. 4. Cinemática Escalar . 5. grandezas escalares e vetoriais. I. , . II. Título.

E-BOOK

SUMÁRIO

Capítulo 3

Capítulo 4

Capítulo 5

Apresentação

Ao/a Professor/a Indígena,

Este livro didático alternativo é a tentativa de buscar uma nova percepção para o aluno no que se diz respeito ao ensino e aprendizagem de Física. Esta obra é um processo de aprimoramento permanente e versátil, que pode se adequar a realidade indígena local. O texto, embora se apresente com uma linguagem um pouco rebuscada, não chega ser excessivamente formal, pois foi construído com a ajuda permanente dos professores indígenas, buscando alternativas de inclusão da interculturalidade no conteúdo apresentado em sala de aula.

Minha grande preocupação na sua construção foi à possibilidade da percepção do aluno e professor da sua cultura no conteúdo programático e nas atividades propostas. Como nos exemplos e respostas dos exercícios no final do conteúdo.

Dessa forma dividimos em 05 capítulos nosso material, devido à realidade de exposição dos conteúdos no ano letivo. Pois geralmente, devido ao número de aulas serem insuficiente para toda apresentação dos conteúdos.

No capítulo I, são apresentadas noções básicas de vetores, na assimilação da diferença entre grandezas escalares e vetoriais, como também a operacionalização com vetores. Já que o conteúdo de vetores é essencial para compreensão da mecânica como também outras partes da Física, como a Eletrostática e Eletromagnetismo. Esperamos com isso que, o aluno fique apto a somar, subtrair e decompor vetores. Consequentemente utilizem de forma adequada as regras do polígono, do paralelogramo e Lei dos cossenos, traduzindo assim numa aprendizagem significativa o conceito de grandezas vetoriais.

No capítulo II, é desenvolvido as noções básicas de Cinemática Escalar do ponto material. É importante destacar que os conceitos estudados nesse capítulo serão fundamentais para o estudo do próximo capítulo. Por isso, o aluno deverá incialmente conhecer meios de determinar a posição de um corpo, ou seja, saber informar onde o corpo está. Para isso, ele precisa assimilar o conceito de referencial, no qual toda física newtoniana está fundamentada. Sugiro que apresente o conceito de referencial através de uma árvore próxima da escola e a partir, determinar a posição de um aluno, ônibus escolar ou de um avião em relação à árvore ou da própria escola. Tornando o aluno apto a perceber que posição e movimento estão relacionados a um referencial.

Em seguida, precisamos falar de tempo e as conversões dessa grandeza escalar. Mostrando o instante que um determinado corpo está em um determinado local e o intervalo de tempo entre dois acontecimentos, por exemplo, quanto tempo durou a corrida do Maracá, em relação à largada e chegada do vencedor. Pois, a mudança ou não de posição do corredor na corrida do Maracá no decorrer do tempo leva aos conceitos de movimento e repouso.

Na sequência, o aluno deverá está apto sobre o conceito de trajetória e tipos de trajetórias, retilínea e parabólica, que está relativo a um referencial adotado. Pois, em movimentos que ocorrem em trajetórias a posição de um corpo é dada pelo espaço. Sendo assim, importante mostrar o significado da função horária do espaço. Vale ressaltar, que a variação do espaço ocorrida em um determinado intervalo de tempo introduz o conceito de velocidade escalar. Podendo ser facilmente entendida na corrida do maracá, no lançamento do arco e flecha e na disputa da zarabatana.

Outro conceito fundamental é o da aceleração escalar, cuja definição deriva da variação da velocidade escalar num certo intervalo de tempo. Facilmente representadas, nas freadas (desaceleração) e arrancadas (aceleração) dos automóveis e animais.

O capítulo III, traz os conceitos de força e massa, bem como as Leis de Newton, que nortearão o estudo da Dinâmica. Podemos dizer sem sombra de dúvidas que este capítulo nos traz varias possibilidades de aplicação do conteúdo com o cotidiano do aluno, bem como a possibilidade de contextualização e caracterização de fenômenos naturais. Despertando a curiosidade e consequentemente um maior envolvimento do aluno em sala de aula e fora dela. É fundamental que o discente observe que a força é uma grandeza vetorial capaz de provocar variações de velocidade, que também é uma grandeza vetorial, em um determinado corpo.

Lembre que é importante trazer para a sala de aula o contexto histórico desde as ideias aristotélicas de força, como também as ideias de Galileu Galilei sobre inércia até o momento histórico de Isaac Newton. Lembrando que a ciência é uma constante quebra de paradigmas, que está em constante evolução. É preciso enfatizar as principais forças encontradas na natureza e exemplificando no cotidiano do aluno. É preciso ratificar que as forças de ação e reação nunca se equilibram mutualmente, já que ocorre em corpos distintos. Aconselho que traga, vários exemplos para a sala de aula e instigue o aluno a trazer também.

Na sequência, o capítulo IV traz os conceitos norteadores da Hidrostática, fundamental pelo seu caráter histórico como também por sua praticidade e aplicabilidade no dia a dia do aluno. A hidrostática ou Estática dos fluidos é baseada nos teoremas de Stevin, Pascal e Arquimedes. Inicialmente é importante apresentar ao aluno as definições de densidade e pressão, que servirá de subsunçores para os demais conteúdos.

Na sequência, apresentamos os demais teoremas discorrendo suas aplicações no cotidiano. Este capítulo nos traz várias possiblidades de aplicação no cotidiano do aluno, como por exemplo, a navegação em canoas. Podendo, contextualizar com os conceitos de densidade, pressão e empuxo.

Por fim, o capítulo V nos traz os conceitos da Gravitação Universal, que contextualmente instiga os alunos a buscarem outros conhecimentos paralelos, como por exemplo, Astronomia e Astrofísica. São apresentadas as três Leis de Kepler e a Lei da Gravitação de Newton. Sugiro que a apresentação da gravitação traga uma abordagem histórica sobre os modelos dos planetas geocêntrico e heliocêntrico. Temas como o big-bang e a condição do planeta-anão Plutão, podem instigar a curiosidade do aluno.

Vale ressaltar que ao final de cada capítulo, se propõe desenvolvimento de atividades experimentais, com o intuito de complementar e fortalecer a compreensão dos assuntos abordados em sala de aula. Pois, o ensino de Física associado a realização de experimentos, desenvolve o espírito crítico e reflexivo, como também facilita a socialização com o assunto abordado, já que possibilita o manuseio do experimento em cada etapa da investigação experimental, possibilitando uma aprendizagem significativa dos tópicos estudados.

Procurou-se ao elaborar os roteiros, não se prender a uma fundamentação teórica muito extensa, pois isto pode ser encontrado nos livros texto. Buscou-se idealizar experiências simples, que explicitem fenômenos fundamentais da Física e que complementem o conteúdo abordado pelo livro texto, sendo que os experimentos destacam claramente os princípios envolvidos, facilitando a compreensão do tópico estudado pelo aluno.

1. VETORES

Vetores

Introdução

Imagine-se de pé bem no meio de um campo de futebol prestes a começar o campeonato regional de futebol indígena, na comunidade Coroa Vermelha, voltado para o gol do time adversário. De repente, o técnico lhe oferece o seguinte comando:

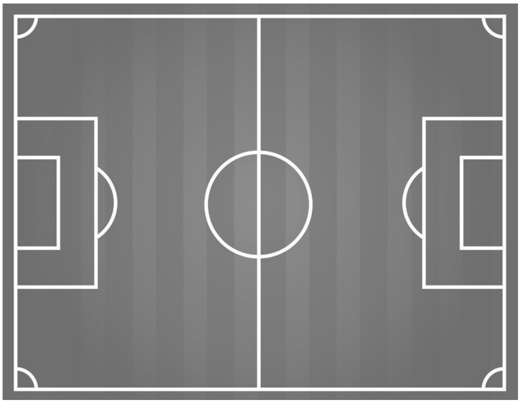


Figura 1 Campo de Futebol

Dê 05 passos a partir do local em que se encontra; em seguida, dê mais 03 passos e, por último, mova-se mais 05 passos. Após efetuar esses movimentos, é possível responder a quantos passos você estaria da posição inicial? 10 passos? 15

passos? No ponto de partida?

As opções anteriores são apenas três de inúmeras possíveis respostas para essa situação. Uma resposta seguramente correta só pode ser dada com o conhecimento de uma informação fundamental: **para onde** foram dados os passos? Algumas grandezas físicas, como o deslocamento, somente ficam bem definidas se indicarmos além de seu valor numérico, seguido de sua unidade, sua direção e seu sentido. Se tais indicações não são feitas, a informação é incompleta e, portanto, incorreta.

No nosso cotidiano muitas vezes trabalhamos com grandezas em que restringimos os cálculos às situações em que bastava determinar o módulo (intensidade) e a unidade. A partir de agora, a discussão se torna um pouco mais complexa, pois é necessário estabelecer também a orientação destas grandezas e, para isso, vamos introduzir uma importante ferramenta matemática, o **VETOR.**

1.2. Grandezas escalares e vetoriais

Existem dois tipos de grandezas físicas: as **escalares** e as **vetoriais**. Uma grandeza escalar é caracterizada apenas pela sua intensidade (módulo), ou seja, o valor numérico, acompanhado de sua unidade de medida. O tempo, massa, temperatura e distância percorrida de um corpo são exemplos de grandezas escalares. Já as grandezas vetoriais necessitam, além da intensidade, a informação quanto à sua direção e seu sentido. Ao dizer, por exemplo, que uma flecha se move a 25 km/h, a informação sobre sua velocidade está incompleta.

Definição

Para representarmos uma grandeza vetorial, utilizamos os **vetores**, que são segmentos de reta orientados. Na fotografia abaixo a flecha será disparada pela atleta com uma certa velocidade. A velocidade da flecha seria representada por um vetor já que se trata de uma grandeza vetorial.

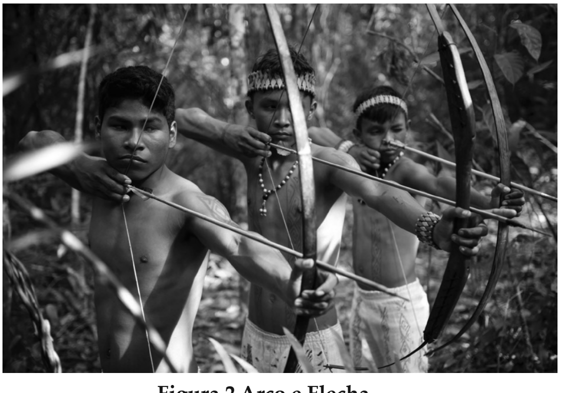


Figura 2 Arco e Flecha

1.3. Diferenciações entre direção e sentido

A velocidade é uma grandeza vetorial e, portanto, é necessário informar a direção e o sentido de deslocamento da flecha. Neste caso, poderia ser dito que a flecha trafega no campo de futebol (direção) em sentido ao rio (sentido).

1.3.1. Elementos de um vetor

O vetor é um segmento de reta orientado, muito poderoso no que se refere à descrição de seus atributos. É, pode-se dizer que um vetor é o conjunto de todos os segmentos orientados que têm a mesma direção, o mesmo comprimento e o mesmo sentido. O vetor carrega consigo todas as informações necessárias para definir as grandezas vetoriais: o módulo ou intensidade está associado ao comprimento do segmento de reta, a direção do vetor é a direção do segmento de reta (direção horizontal), e o sentido é fornecido pela seta (sentido da esquerda para a direita) como associado na figura 3:

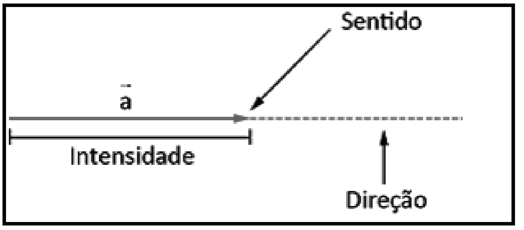


Figura 3 Esquema de um vetor

Vejam quais são seus atributos:

a) **Intensidade:** seu comprimento é proporcional à intensidade da grandeza vetorial.

b) **Direção:** é a reta suporte do vetor.

c) **Sentido:** é a orientação do segmento de reta.

Observação: Os vetores podem ser representados por uma letra qualquer, maiúscula ou minúscula, com uma seta em cima **($\vec{a}$ ou $\vec{A}$)** para indicar que se trata de uma **grandeza vetorial**.

⟶ **Vetores Iguais -** Dois vetores são iguais quando possuem o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido.

⟶ **Vetores Opostos -** Dois vetores são opostos quando possuem o mesmo módulo e mesma direção, mas sentidos opostos. Desta forma, observando o desenho abaixo determine você mesmo o módulo, a direção e o sentido do vetor a representado abaixo:

1.3.3. Adição Vetorial

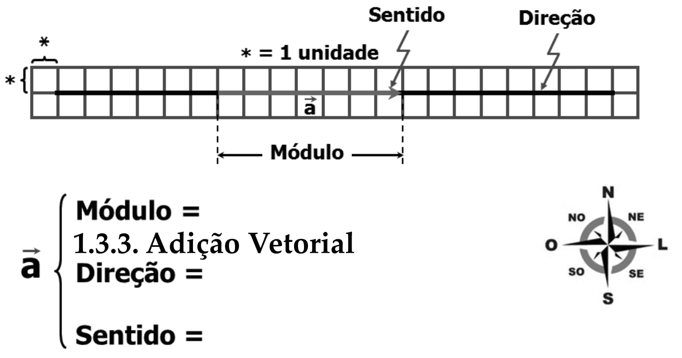


Figura 4 Elementos de um vetor

1.3.3.1. Polígono

As grandezas vetoriais podem ser somadas (ou adicionadas), porém, essa operação é realizada de modo diferente da soma de grandezas escalares. Por exemplo, ao efetuar a soma de 1kg de tomates com mais 2kg de tomates, o resultado sempre será 3kg de tomates. No entanto, outra abordagem é necessária para somarmos vetores. Assim como as grandezas escalares, as grandezas vetoriais também estão submetidas a regras de operações matemáticas, como adição, subtração e multiplicação. No caso das adições vetoriais estudaremos dois processos para a sua realização: o método do polígono e o método do paralelogramo.

Na adição de dois ou mais vetores, pode-se utilizar uma regra conhecida como a regra do polígono. Esta regra consiste em transladar os vetores, ou seja, mudar sua posição no espaço sem alterar nenhum de seus atributos, de modo que a extremidade de um coincida com a origem do outro, independentemente da ordem. Assim, os vetores são colocados numa sequência qualquer, de forma que o vetor soma $(\vec{S})$ é obtido unindo-se a origem do 1º vetor à extremidade do último vetor, conforme a figura do exercício a seguir.

A figura abaixo representa três vetores $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ representados sobre um papel quadriculado onde cada quadrícula possui módulo igual a uma unidade. Determine após reproduzir os vetores no quadro abaixo por meio do método do polígono, a indicação de qual dos vetores abaixo melhor representa a direção e o sentido do vetor soma $\vec{S} = \vec{x} + \vec{y} + \vec{z}$.

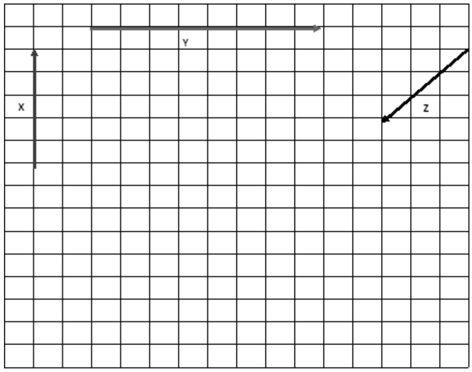
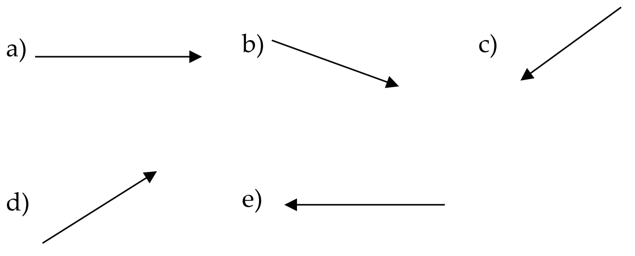


Tabela 1 Elementos de um vetor



Ainda com base na questão anterior pode-se dizer que o módulo do vetor soma $\vec{S}$ é de:

a) 2u

b) 3u

c) 4u

d) 5u

e) 6u

1.3.3.2. Paralelogramo

O método do paralelogramo trás uma restrição em relação ao método do polígono. Enquanto no método anterior tínhamos a liberdade para somas dois ou mais vetores, neste método do polígono, os vetores só podem ser somados dois a dois. Assim, no caso particular da adição de dois vetores, podemos utilizar também a regra do paralelogramo, como mostrado a abaixo:

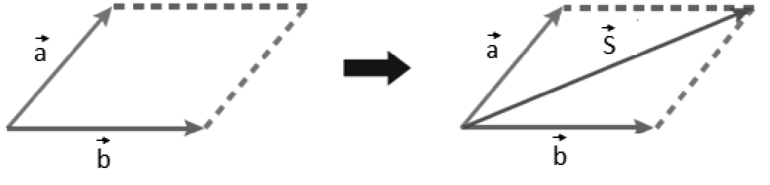


Figura 5 Paralelogramo

Os vetores, nesse caso, são aproximados de modo a terem suas origens no mesmo ponto. Em seguida, a partir da extremidade do vetor $\vec{a}$, traçamos uma paralela ao vetor e $\vec{b}$, da extremidade do vetor $\vec{b}$, traçamos uma paralela ao vetor $\vec{a}$.

Finalmente, ligamos o ponto que corresponde à origem comum dos vetores ao ponto de encontro das paralelas aos vetores, obtendo o vetor soma.

O seu sentido é da origem dos vetores para o encontro das paralelas, conforme a figura anterior. Quando desejarmos **somar mais de 2 vetores**, o método **do polígono** é o que **mais convenientemente** deverá ser utilizado, pois o método do paralelogramo somente permite somar 2 vetores **de cada vez**. Obviamente, **os dois métodos** de soma vetorial apresentados devem conduzir ao **mesmo resultado**, isto é, o vetor S obtido pelos dois métodos deve ter o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido. Observe esta verificação no esquema abaixo onde: $\overrightarrow{V_S} = \overrightarrow{V_1} + \overrightarrow{V_2}$.

Exemplo 01:

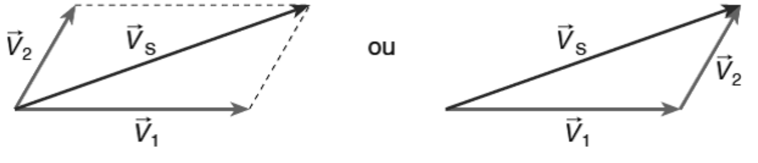


Figura 6 Vetores S

Exemplo 02:

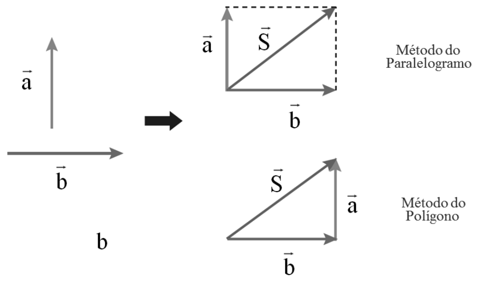


Figura 7 Exemplo de Métodos Paralelogramo e Polígono

Exemplo 03:

Analisando a disposição dos vetores BA, EA, CB, CD e DE, conforme figura a seguir, assinale a alternativa que contém a relação vetorial CORRETA.

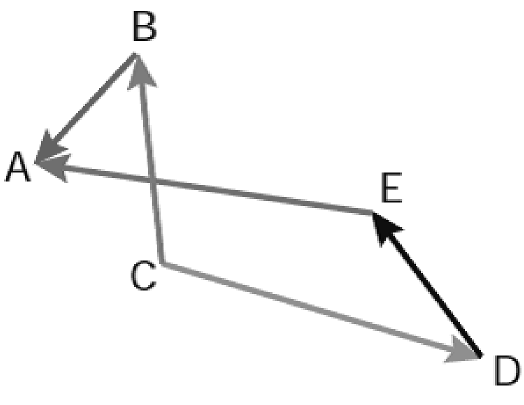


Figura 8 Exercício de Paralelogramo

a) $\overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE} = \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA}$

b) $\overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA} = \overrightarrow{CD} - \overrightarrow{DE}$

c) $\overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA} = \overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EA}$

d) $\overrightarrow{EA} - \overrightarrow{BA} - \overrightarrow{CB} = \overrightarrow{CD} + \overrightarrow{DE}$

e) $\overrightarrow{CD} - \overrightarrow{DE} = \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA}$

Aplicação

(01) Uma grandeza física vetorial fica perfeitamente definida quando dela se conhecem:

a) valor numérico, desvio e unidade.

b) valor numérico, desvio, unidade e sentido.

c) desvio, direção, sentido e unidade.

d) valor numérico, unidade, direção e sentido.

e) Magnitude, desvio e proporção.

Resposta: d

(02) São grandezas escalares**:**

a) tempo, deslocamento e força.

b) força, velocidade e aceleração.

c) tempo, temperatura e volume.

d) temperatura, velocidade e volume.

e) tempo, temperatura e deslocamento.

Resposta: c

(03) Observe a figura abaixo e com base nela julgue a alternativa que melhor justifica a frase entre aspas:

Figura 9 Pontos A e B

Se "toda direção tem sempre dois sentidos", então a direção e os dois sentidos podem ser representados, respectivamente, por:

a) linha AB; de B para A; de A para B.

b) de A para B; linha AB; de B para A.

c) de B para A; de A para B; linha AB.

d) de B para A; linha AB; de A para B.

e) de B para A; linha AB; linha AB.

Resposta: a

(04) A figura a seguir representa os vetores velocidade de quatro automóveis em uma esquina da cidade Porto

Seguro. Assinale V apenas afirmativas verdadeiras (atenção ao tamanho das setas representadas no esquema) e F para as falsas. Em seguida assinale a opção que apresenta a sequência correta para a classificação das assertivas.

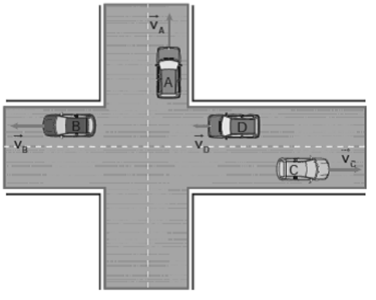


Figura 10 Cruzamento

$\overrightarrow{V_B}$ e $\overrightarrow{V_D}$ têm mesma direção ( )

$\overrightarrow{V_B}$ e $\overrightarrow{V_C}$ têm mesma direção ( )

$\overrightarrow{V_B}$ e $\overrightarrow{V_D}$ têm mesma direção e sentidos opostos ( )

$\overrightarrow{V_A}$ e $\overrightarrow{V_D}$ têm mesmo sentido ( )

$\overrightarrow{V_C}$ e $\overrightarrow{V_D}$ têm a mesma direção e sentidos opostos ( )

$\overrightarrow{V_A}$ e $\overrightarrow{V_C}$ têm módulos diferentes ( )

$\overrightarrow{V_B}$ e $\overrightarrow{V_D}$ são iguais ( )

a) VF FFVFV

b) FVFFVFV

c) FFVVFVF

d) FFFVVVF

e) VVFFVFV

Resposta: e

(05) Desprezando-se a **força** de resistência do ar, a **aceleração** de queda de um Maracá nas proximidades da superfície terrestre é, aproximadamente, igual a $10 m/s^2$. Nessas condições, um Maracá que cai durante o **tempo** de 3 segundos, a partir do repouso, atinge o solo com **velocidade** igual a v, após percorrer, no ar que se encontra a uma **temperatura** t, uma **distância** h.

Das grandezas físicas citadas, têm natureza vetorial:

a) Aceleração, velocidade e força;

b) Força, aceleração e tempo;

c) Tempo, velocidade e distância;

d) Distância, tempo e aceleração;

e) Tempo, força e temperatura.

Resposta: a

(06) A figura a seguir foi retirada de uma página da Internet relacionada ao estudo de conceitos de Física.

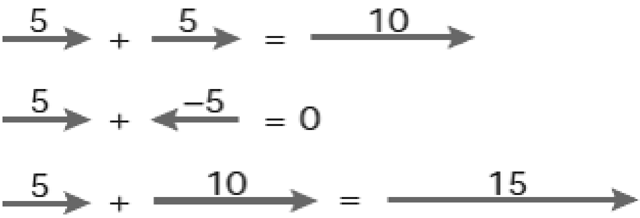


Figura 11 Conceitos de Física

Pode-se associar a figura com o seguinte tema:

a) Somatório de forças

b) Intervalos de tempo

c) Somatório de volumes

d) Velocidade relativa de veículos

e) Somatório de massas

Resposta: a

(07) A utilização dos rios como via de transporte/navegação/pesca sempre foi presente na história indígena. No Brasil, o transporte fluvial é muito utilizado na região Norte devido ao elevado número de rios e devido à escassez de rodovias. Uma característica positiva desse meio de transporte é o baixo custo e o baixo impacto ambiental. Um dos principais problemas desse tipo de transporte está ligado à irregularidade da superfície (topografia), que deve ser plana, além de levar em conta aspectos de caráter natural, como os períodos de cheias e de vazantes dos rios, ambas relacionadas ao volume de água que sofrem variações e que interferem na navegação. Assim como as estradas, os rios apresentam suas regras de tráfego para os barcos. Barcos que descem o rio o fazem movimentando-se sempre no meio do rio, enquanto que os barcos que sobem o rio o fazem trafegando sempre próximo às margens. A característica dos rios que melhor explica as regras do tráfego descritas é:

a) a diferença do nível de água do rio entre o período de cheias e o período de seca.

b) a menor velocidade da água do rio próximo à margem em comparação à posição central.

c) o desgaste desigual das margens direita e esquerda dos rios devido à rotação da Terra.

d) o desnível das diferentes partes do rio no seu curso superior, intermediário e inferior.

e) o fato de os rios apresentarem maior profundidade do seu leito na parte central que nas margens.

Resposta: b

(08) Observando a figura, assinale a proposição que apresenta a operação vetorial que pode ser considerada verdadeira. (Dado: Considere os segmentos de reta como flechas).

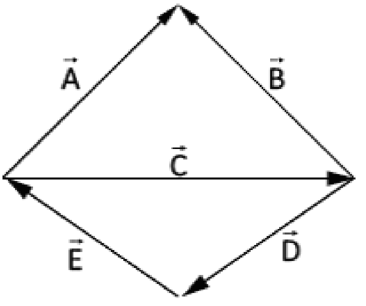


Figura 12 Segmentos de Reta

a) $\vec{C} + \vec{D} + \vec{E} = 0$

b) $\vec{D} + \vec{E} = \vec{A} + \vec{B}$

c) $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$

d) $\vec{D} + \vec{B} = \vec{C}$

e) $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} + \vec{E} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} + \vec{E}$

Resposta: a

(09) Os ponteiros de hora e minuto do relógio da secretaria da Escola Estadual Indígena de Coroa Vermelha têm, respectivamente, 1 cm e 2 cm. Supondo que cada ponteiro do relógio é um vetor que sai do centro do relógio e aponta na direção dos números na extremidade do relógio, pode-se então dizer que quando o relógio estiver marcando 6h em ponto os vetores correspondentes aos ponteiros das horas e minutos terão:

a) Mesmo módulo, mesma direção e mesmo sentido;

b) Módulos distintos, mesma direção e sentidos opostos;

c) Mesmos módulos, direções distintas e mesmo sentido;

d) Mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.

e) Módulos diferentes, direções diferentes e sentidos diferentes.

Resposta: b

(10) Sobre vetores é correto afirmar:

a) O módulo de um vetor está associado ao seu sentido.

b) O módulo da resultante de duas forças, cujos módulos são diferentes de zero, e atuam juntas sobre um ponto material, será máximo quando o ângulo entre elas for 90 graus.

c) Vetores opostos são, também, diferentes.

d) Vetor é uma semirreta orientada.

e) O módulo do vetor nulo é diferente de zero.

Resposta: c

1.4. Vetores

1.4.1. Subtração Vetorial

Toda subtração de vetores é na verdade um caso particular da soma. Assim, quem aprendeu a somar vetores certamente não terá dificuldade em compreender o processo de subtração de vetores. A subtração de um vetor com outro pode ser vista como a soma do primeiro vetor com o oposto do outro, ou **seja,** $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$ **.** A figura abaixo permite verificar uma propriedade importante. Ao contrário da soma, na subtração vetorial a ordem dos vetores que estão sendo subtraídos modificam completamente o vetor diferença $\overrightarrow{V_D}$, **ou seja:** $\overrightarrow{V_2} - \overrightarrow{V_1} \neq \overrightarrow{V_1} - \overrightarrow{V_2}$.

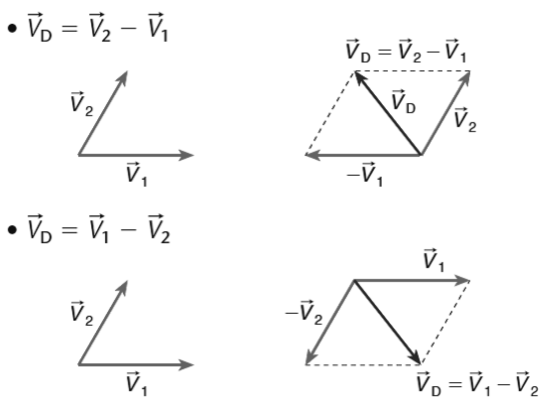


Figura 13 Vetores

Com base na análise do diagrama vetorial abaixo determine graficamente o vetor soma e o vetor diferença.

a) $\vec{S} = \vec{a} + \vec{b}$ (vetor soma)

b) $\vec{D} = \vec{a} - \vec{b}$ (vetor diferença)

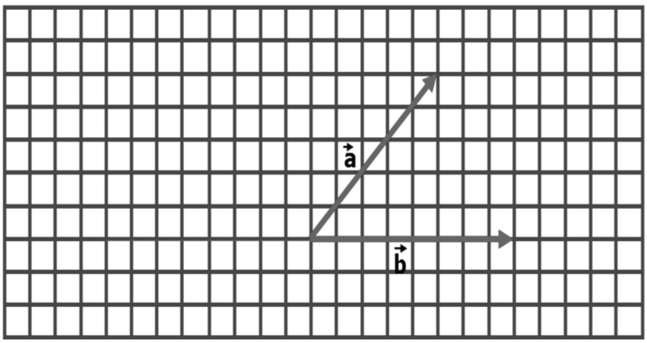


Tabela 3 Diagrama Vetorial

1.5. **Determinação do M**ódulo

1.5.1. **Mesmo Sentido**

→ Se o ângulo α=0^0 (formado entre os vetores), os vetores $\overrightarrow{F_2}$ e $\overrightarrow{F_1}$ possuem a mesma direção e sentido.

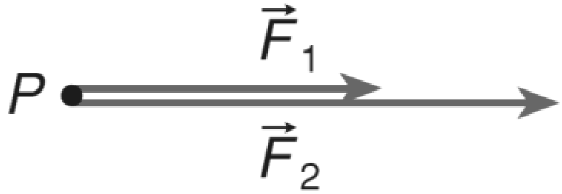


Figura 14 Ângulos

1.5.2. **Sentidos**

Nesse caso, o módulo do vetor soma é dado por:

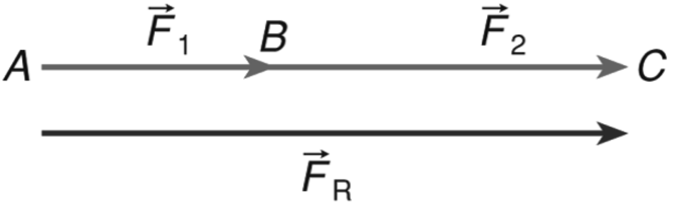


Figura 15 Sentidos de um vetor

$$\overrightarrow{\boldsymbol{F_R}} = \overrightarrow{\boldsymbol{F_1}} + \overrightarrow{\boldsymbol{F_2}}$$
$$\boldsymbol{F_R} = \boldsymbol{F_1} + \boldsymbol{F_2}$$

1.5.3. **Sentidos Opostos**

→ Se o ângulo α = 180^0 (formado entre os vetores), os vetores $\overrightarrow{F_1}$ e $\overrightarrow{F_2}$ possuem a mesma direção e sentidos opostos.

Figura 16 Ângulos entre vetores

Nesse caso, o módulo do vetor soma é dado por:

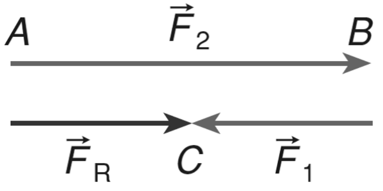


Figura 17 Módulo do Vetor

$$\overrightarrow{F_R} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2}$$
$$F_R = F_2 - F_1 (F_2 > F_1)$$

1.5.4. Perpendiculares

→ Se o ângulo α = 90^0 (formado entre os vetores), os vetores $\overrightarrow{F_1}$ e $\overrightarrow{F_2}$ possuem direções perpendiculares entre si.

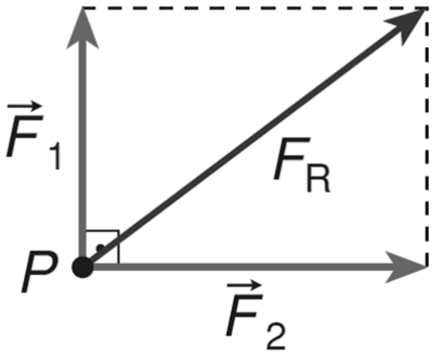


Figura 18 Direções de um Vetor

Nesse caso, o módulo do vetor soma é dado por: $F_R^2 = F_1^2 + F_2^2$.

1.5.5. Regra geral (Lei dos Cossenos)

• Se o ângulo $\alpha \neq 0^0 \neq 90^0 \neq 180^0$ (formado entre os vetores), os vetores $\overrightarrow{F_1}$ e $\overrightarrow{F_2}$ não terão nem o mesmo sentido, nem sentidos opostos nem serão perpendiculares entre si. Neste caso deveremos usar a regra geral. Este método somente será usado caso você não possa usar nenhum dos métodos anteriores.

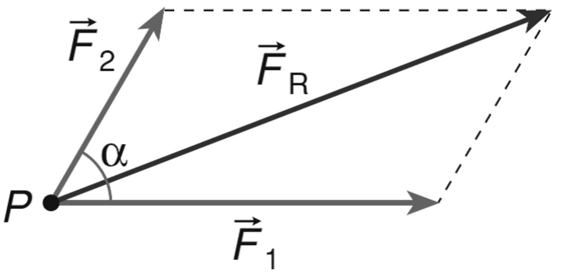


Figura 19 Lei dos Cossenos

Nesse caso, o módulo do vetor soma é dado por: $\boldsymbol{F_R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2.F_1 . F_2 . \cos\alpha}$.

1.6. Casos Particulares

Com os quatro métodos anteriores você já é capaz de resolver qualquer questão. Entretanto existem alguns casos particulares que caso sejam conhecidos permitirão que você resolva os exercícios de maneira bem mais simples e objetiva. Observe as situações abaixo:

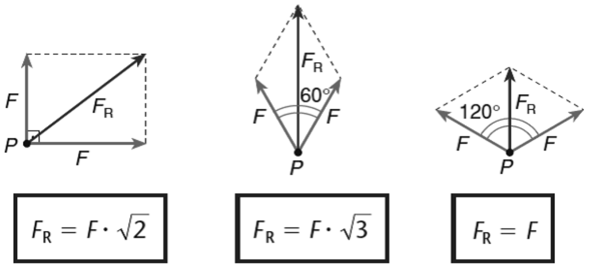


Figura 20 Casos Particulares Lei dos Cossenos

1.7. Decomposição Vetorial

Muitas vezes é útil decompor um vetor em seus vetores componentes. Existem vários tipos de decomposição de vetores e, neste módulo, descreveremos a decomposição ortogonal, na qual um vetor é decomposto em suas partes constituintes, segundo eixos perpendiculares entre si.

No item anterior, viu-se que, dados dois vetores, pode-se representá-los por meio de um terceiro vetor que é dado pela adição dos dois primeiros. Agora, a operação realizada será a inversa. Ao invés de somarmos dois vetores para transformar em um só, faremos o processo inverso. Um dado um vetor será decomposto em dois outros, denominados componentes, perpendiculares entre si.

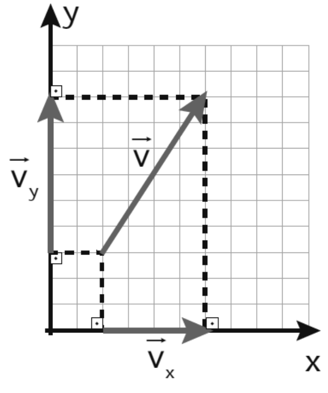
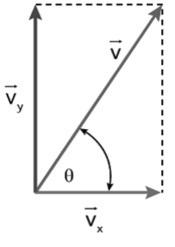


Figura 21 Decomposição Vetorial

Os vetores $\overrightarrow{V_x}$ e $\overrightarrow{V_y}$, resultantes da decomposição do vetor $\vec{V}$ são denominados componentes ortogonais do vetor $\vec{V}$ ou projeções do vetor $\vec{V}$ nos eixos x e y, respectivamente.

É importante ressaltar que, ao decompor o vetor $\vec{V}$ este deixa de existir. Ou seja, ou temos o vetor $\vec{V}$ ou temos seus componentes $\overrightarrow{V_x}$ e $\overrightarrow{V_y}$, . Os módulos dos componentes do vetor $\vec{V}$ podem ser encontrados utilizando-se as relações trigonométricas nos triângulos retângulos:



$$\text{sen } \theta = \frac{v_y}{v} \Rightarrow v_y = v.\text{sen } \theta$$

$$\cos \theta = \frac{v_x}{v} \Rightarrow v_x = v.\cos \theta$$

Figura 22 Lei dos Cossenos: Triâgulos e Retângulos

(01) O módulo do vetor soma dos três vetores, $\vec{S} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ dados na figura, conforme escala indicada é:

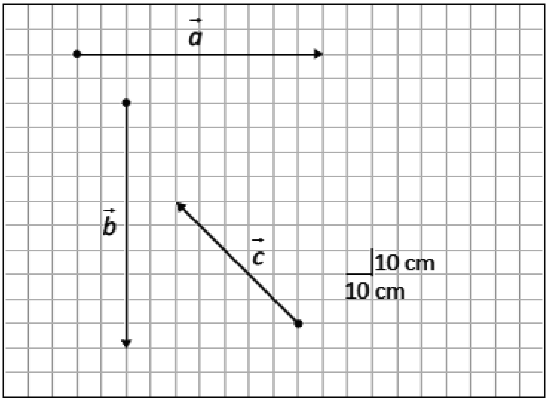


Figura 23 Módulo do Vetor

Espaço para a resolução:

a) 100

b) $50\sqrt{2}$

c) 50

d) $20\sqrt{5}$

e) zero

Resposta: b

(02) Um jogador de tênis efetua um saque, imprimindo na bola uma velocidade de 30 m/s, como ilustra a figura. Calcular a componente da velocidade responsável pelo deslocamento horizontal da bola. Dados: sen 60º = 0,86 e cos 60º = 0,5

Figura 25 Ilustração Jogador de Tênis

a) 05 m/s

b) 10 m/s

c) 15 m/s

d) 20 m/s

e) 30 m/s

Resposta: c

(03) Durante o campeonato de futebol na Escola Indígena Pataxó, uma bola é chutada obliquamente em relação ao solo. Uma estudante representa vetorialmente à velocidade inicial (V_0) da bola e suas componentes ortogonais. A representação feita por ela é mostrada na figura a seguir.

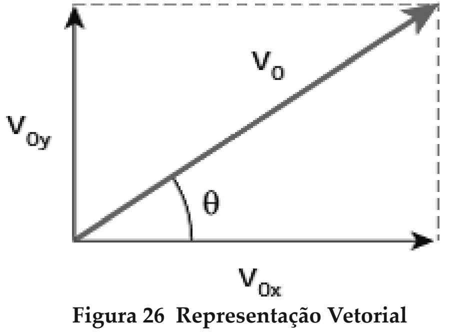


Figura 26 Representação Vetorial

Ela distribui seu diagrama a 5 colegas de grupo e cada uma das colegas elabora um comentário sobre o esquema.

Carolina: Os módulos dos vetores V_{0x} e V_{0y} podem se tornar maiores que o módulo do vetor V_0, caso o valor de θ varie.

Marina: A soma dos módulos dos vetores V_{0x} e V_{0y} sempre será igual ao valor do módulo do vetor V_0.

Fernanda: O vetor V_{0y} pode ser obtido por meio da soma vetorial do vetor V_0 com o vetor V_{0x}.

Isabela: Apesar de o diagrama mostrar três vetores, os vetores V_0, V_{0x} e V_{0y} não possuem existência concomitante.

Larissa: Esse diagrama não poderia ser utilizado para representar outras grandezas vetoriais.

O comentário correto foi feito pela estudante:

a) Carolina.

b) Marina.

c) Fernanda.

d) Isabela.

e) Larissa.

Resposta: d

(04) São dados os vetores F_1, F_2 e F_3 que possuem seus módulos, direções e sentidos apresentados no esquema abaixo. O lado de cada quadradinho corresponde a 10N. Assim, com base nas teorias vetoriais, pode-se afirmar que:

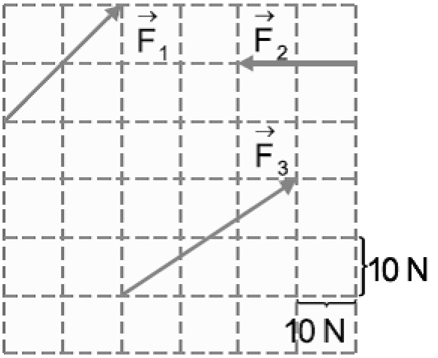


Figura 27 Vetores

a) A componente horizontal de F_1 é igual a F_2;

b) Os vetores F_1 e F_3 possuem a mesma direção;

c) A componente vertical do vetor F_3 possui o mesmo módulo que componente horizontal de F_1;

d) O vetor dado por F_1+F_2+F_3 apresenta resultante nula;

e) F_1+F_2 é um vetor de módulo 20N, direção vertical e sentido oeste.

Resposta: c

(05) A figura abaixo representa os deslocamentos de um estudante no parque do Monte Pascoal em várias etapas. Cada vetor tem módulo igual a 20m. O módulo do vetor que indica a soma vetorial de todos os vetores deslocamentos vale:

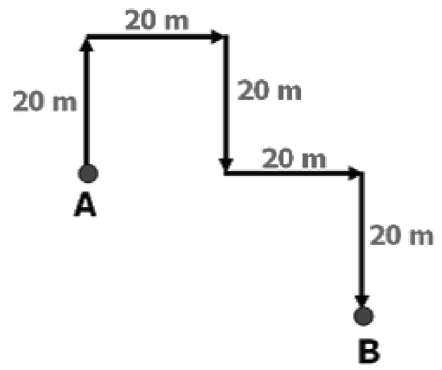


Figura 28 Representação do deslocamento

a) $20\sqrt{5}$

b) 20

c) $40\sqrt{5}$

d) $20\sqrt{5}$

e) $20\sqrt{6}$

Resposta: a

(06) Seis flechas, cada uma de módulo igual a 10 unidades fecham um hexágono regular, dando uma resultante nula. Se trocarmos o sentido de três deles, alternadamente, a resultante terá módulo igual a:

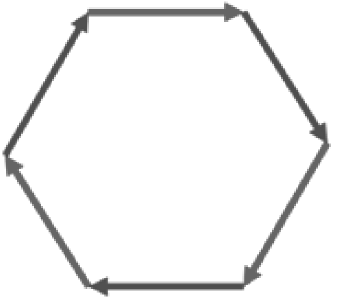


Figura 29 Flechas

a) Nula

b) 10 u

c) $10\sqrt{5}$ u

d) $20\sqrt{2}$ u

e) $30\sqrt{3}$ u

Resposta: a

(07) Com seis vetores de módulos iguais a 8 construiu-se o hexágono regular a seguir. O módulo do vetor resultante desses vetores é:

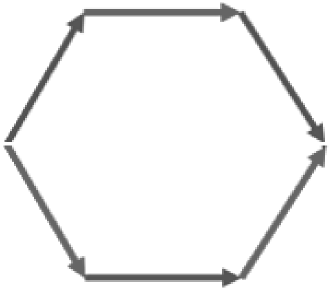


Figura 30 Hexágono

a) 8

b) 16

c) 32

d) $8\sqrt{2}$

e) $16\sqrt{2}$

Resposta: c

(08) A soma vetorial dos três vetores dados na figura é zero

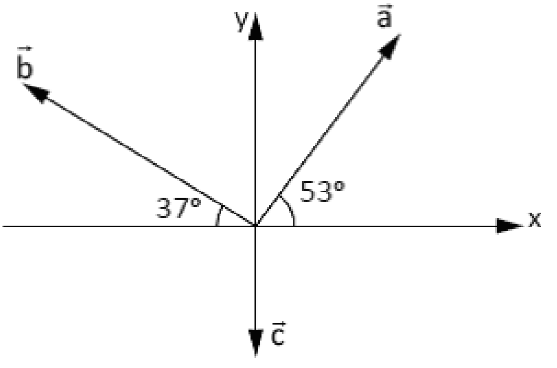


Figura 31 A soma vetorial

Sendo:

- a = 12 cm;
- sen 37° = cos 53° = 0,60;
- sen 53° = cos 37° = 0,80

Assim sendo, os módulos dos vetores e valem, respectivamente:

a) 9 cm e 15 cm

b) 12 cm e 24 cm

c) 15 cm e 9 cm

d) 9 cm e 21 cm

e) 24 cm e 15 cm

Resposta: a

(09) A figura apresenta uma "árvore vetorial" cuja resultante da soma de todos os vetores representados tem módulo, em cm, igual a:

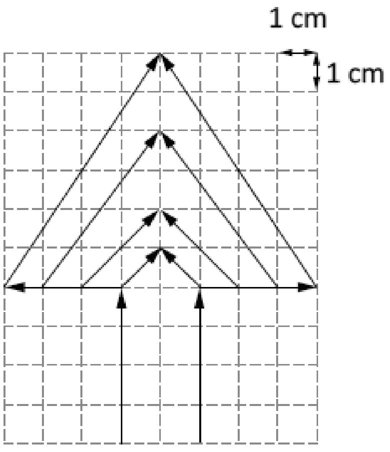


Figura 32 Árvore vetorial

a) 8

b) 26

c) 34

d) 40

e) 52

Resposta: c

(10) Dois vetores perpendiculares F_1 e F_2 representam forças de intensidades 12N e 16N, respectivamente. Os módulos, em newtons, de F_1+F_2 e F_1-F_2 são, respectivamente:

a) 20 e 20

b) 40 e 40

c) 4 e 28

d) $12\sqrt{2}$ e 34

e) 12 e 16

Resposta: a

Aprenda Brincando

Objetivos

- Diferenciar grandezas escalares de grandezas vetoriais.
- Verificar experimentalmente a soma de vetores.

Material

Item	Descrição	Quantidade
01	Quadro magnetizado	1
02	Vetores magnetizados (vários tamanhos)	6
03	Transferidor	1
04	Relógio de ponteiros	1
05	Régua de 50 cm graduada em milímetros.	1

Introdução

Várias grandezas físicas no cotidiano ficam completamente especificadas, quando conhecida sua intensidade ou módulo, acrescidas da unidade correspondente. Essas grandezas são chamadas escalares. Entretanto, existem outras grandezas, que não ficam completamente definidas quando se fornece apenas o seu módulo. Estas, por sua vez, para se tornarem bem caracterizadas, sem margem de dúvidas, devem ser fornecidas, além de sua intensidade, sua direção e sentido. Tais grandezas são denominadas de grandezas vetoriais.

Procedimento

- Represente o valor do tempo registrado pelo ponteiro de minutos do relógio, que é:___________ Tempo = __________ ____.
- Observe que para representar esta grandeza (tempo) você usou um valor numérico e uma unidade, que neste caso é: ____.
- A grandeza ficou completamente especificada? _________ ____.

Você classificaria a grandeza tempo como escalar ou vetorial? ____

____

____.

Por que?____.

Cite alguns exemplos de grandezas escalares que você conhece?____.

1. Para realizar as tarefas seguintes você disporá de vetores vermelhos $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ de módulos 16 e 12 cm, respectivamente. Eles serão somados de diversas maneiras e o resultado da soma deles será dado pelos vetores de cor amarela, podendo ser chamados de vetores, resultantes ou soma, $\vec{s}$.

a) Utilize o quadro magnético, coloque o vetor $\vec{v}_1$ cujo módulo é 16 cm de comprimento com a origem no início da margem esquerda do quadro, numa direção horizontal e sentido para a direita. A partir de sua extremidade, coloque a origem do vetor $\vec{v}_2$ de módulo 12 cm, também horizontalmente para a direita. Encontre entre os vetores que você recebeu, o vetor que corresponde à soma desses dois. Qual entre os vetores soma corresponde a resultante $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$? _______________ E, qual o seu módulo? ____________________.

Desenho:

b) Inverta o sentido do vetor $\vec{v}_2$, de 12 unidades fazendo ainda coincidir sua origem com a extremidade do vetor $\vec{v}_1$ de 16 cm. E agora, qual é o vetor resultante da soma dos dois vetores?

____.

A que operação entre os dois vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, corresponde o módulo do vetor resultante? __________________________

____

____.

Desenho:

c) No quadro magnético coloque a origem do vetor $\vec{v}_2$ do modo a coincidir com a extremidade do vetor $\vec{v}_1$, formando com este um ângulo de 90 graus. Encontre o vetor cuja origem coincida com a origem do vetor $\vec{v}_1$ e a extremidade com a extremidade do vetor $\vec{v}_2$. O vetor soma é ________. Quanto mede este vetor? ____________. Como determinar o módulo do vetor resultante por meio de cálculos matemáticos? ____.

Desenho:

d) Repita o procedimento da letra *c,* mudando o ângulo entre os dois vetores $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$, de 90 para 60 graus. Qual é vetor resultante? ____. Qual seu módulo? ____________________________.

Determine este módulo usando a lei dos cossenos __________

____

____.

Desenho:

Para Pensar

Por que o peso é uma grandeza vetorial sempre apontada para o centro da Terra? Faça um desenho que justifique sua resposta.

Desenho:

2. CINEMÁTICA

Cinemática

Introdução

A cinemática é o ramo da Física que se ocupa da descrição dos movimentos associados aos corpos, sem se preocupar com a análise de suas causas que determinam o estado do repouso ou as características do estado do movimento. Geralmente, trabalha-se aqui com partículas ou pontos materiais, corpos em que todos os seus pontos se movem de maneira igual e em que são desprezadas suas dimensões em relação ao problema. Lembremos que as grandezas físicas fundamentais de que a cinemática se vale são o comprimento e o tempo.

2.1. Referencial

É um corpo ou um conjunto de corpos em relação ao qual são definidas as posições de outros corpos. Por exemplo, quando o movimento do dardo é analisado a partir de um referencial que está preso a Terra, imaginemos um observador ligado à ela e nos transmitindo as imagens do fenômeno como ele o vê.

A) Ponto Material

É um corpo (objeto) cujas dimensões possam ser desprezadas em relação a outras dimensões envolvidas no fenômeno que se esteja examinando. Por exemplo: O tamanho do dardo em relação ao alvo (árvore) ou ao campo, no qual está ocorrendo a competição.

Figura 33 Dardo (ponto material) em relação à árvore

B) Corpo extenso

É todo corpo cujas dimensões interferem no estudo de um determinado fenômeno. Por exemplo: O tamanho do dardo em relação **à** zarabatana.

Figura 34 Dardos (esquerda) e Zarabatana (direita)

C) Movimento e repouso

Um corpo está em movimento em relação a um dado referencial quando as sucessivas posições ocupadas pelo corpo, em relação a esse referencial, se modificam no decorrer do tempo. Caso contrário, dizemos que o corpo está em repouso em relação a esse mesmo referencial. Por exemplo, quando o dardo sai da zarabatana e atinge um determinado alvo, como o dardo deslocou-se em relação a zarabatana o mesmo deslocou-se (movimento), caso o dardo não tivesse se deslocado o mesmo estaria em repouso.

D) Trajetória

Corresponde à linha geométrica descrita por um ponto material ao se deslocar em relação a um dado referencial. A forma assumida pela trajetória depende do referencial adotado, podendo ser retilínea ou parabólica.

E) Espaço

Representado pela letra S é a medida algébrica, ao longo de uma determinada trajetória, da distância do ponto onde se encontra o móvel ao ponto de referência adotado como origem.

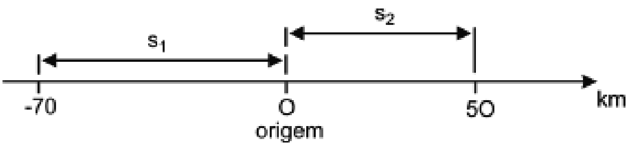


Figura 35 Medida algébrica

No Sistema Internacional (SI), a unidade de velocidade é metro (m).

F) Deslocamento Escalar

É a variação do espaço, representamos por , dado pela diferença entre o espaço final e o espaço inicial.

$$\Delta \boldsymbol{S} = \boldsymbol{S_f} - \boldsymbol{S_i}$$

No Sistema Internacional (SI), a unidade de velocidade é metro (m).

G) Velocidade Escalar

Imaginemos uma formiga em movimento e um homem andando sem correr. Qual deles é o mais rápido? Certamente o homem é o mais rápido, pois, num mesmo intervalo de tempo, o homem percorrerá uma distância muito maior do que a percorrida pela formiga. Em vez de dizer que o homem é o mais rápido, podemos dizer que a velocidade do homem é maior do que a velocidade da formiga. A velocidade escalar média é a relação entre o deslocamento escalar ΔSe o correspondente intervalo de tempo Δt.

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

No Sistema Internacional (SI), a unidade de velocidade é metro por segundo (m/s). É também muito comum o emprego da unidade quilômetro por hora (km/h). Pode-se demonstrar que 1 m/s é equivalente a 3,6 km/h. Assim temos:

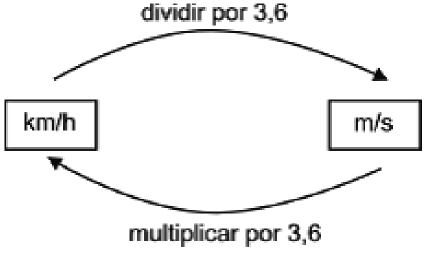


Figura 36 Conversão de medidas

I) Aceleração Escalar

É a variação da velocidade escalar ocorrida, em média, por unidade de tempo.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - V_o}{t - t_o}$$

No Sistema Internacional (SI), a unidade de aceleração é metro por segundo ao quadrado (m/s^2).

Aplicação

A Zarabatana

A zarabatana é um instrumento artesanal (bambu, taboca, madeira) de sopro usado para caçar animais de porte médio e também para defesa das aldeias, é confeccionada com bambu ou taboca e enfeitada com penas, são usadas pequenas setas (dardos) de madeira de aproximadamente 15 (quinze) centímetros de comprimento. É uma arma bastante utilizada pelos índios pataxó para caçar animais e aves, por ser silenciosa e precisa, mas bastante utilizada em competições esportivas na escola, com o intuito de valorizar as tradições da etnia.

Figura 37 Disputa com a Zarabatana

Põe-se um alvo numa distância de 10 m. Cada participante tem direito a 3 tentativas. A pontuação é de acordo com o desenho do animal. Por exemplo:

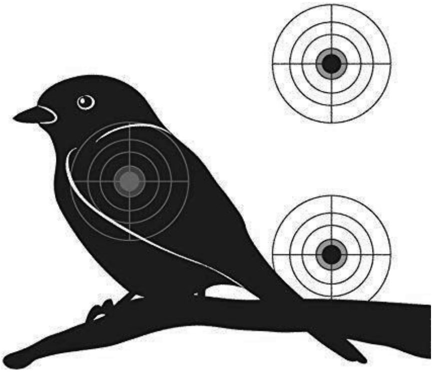


Figura 38 Alvo em forma de pássaro

O uso da zarabatana como instrumento pedagógico pelo docente indígena será de suma importância no estudo de conceitos físicos da mecânica clássica, como por exemplo: ponto material, corpo extenso, referencial, movimento e repouso, tempo, trajetória, espaço, deslocamento escalar e velocidade. Que são conceitos norteadores do (8) oitavo e (9) nono ano do ensino fundamental II e do (1) primeiro ano do ensino médio.

01) Um caju desprende-se do galho do cajueiro e cai no chão, dia sem vento. Qual é a trajetória descrita pelo fruto em relação ao chão, considerando-se o caju como um ponto material?

Resposta: Segmento de reta

02) Uma motocicleta pilotada pelo professor Leonardo está chegando na Escola Pataxó de Coroa Vermelha, onde alguns alunos estão sentados na quadra poliesportiva.

a) Em relação à quadra poliesportiva, a motocicleta e os alunos estão em movimento?

b) Em relação a motocicleta, a quadra poliesportiva e os alunos estão em movimento?

Resposta:

a) Em relação à **escola, a motocicleta está em movimento, mas os alunos estão parados.**

b) Em relação à **motocicleta, tanto a escola como os alunos ali sentados estão em movimento, com a mesma velocidade.**

03) Uma oca pode ser considerada um referencial? Justifique

Resposta: Sim, pois a mesma não muda de posição com o tempo. E a partir dela podemos analisar se um corpo está em movimento ou repouso.

04) A distância entre a Escola indígena Pataxó Coroa Vermelha e o centro de Porto Seguro é de 20km aproximadamente. Sabendo-se que a velocidade escalar média de uma motocicleta é 72km/h, qual o intervalo de tempo gasto pela motocicleta para percorrer essa distância.

Resposta:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta T} \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta S}{V_m} = \frac{20000\ m}{20\ m/s} \rightarrow \Delta T = 1000s \cong 17min$$

Lembrete:

$$\Delta S = 20km = 20.000m\ (1Km = 1.000m)$$

$$V_m = \frac{72km}{h} \div 3{,}6 = 20m/s$$

05) Um professor de física, verificando em sala de aula que todos os seus alunos encontram-se sentados, passou a fazer algumas afirmações para que eles refletissem e recordassem alguns conceitos sobre movimentos. Das afirmações seguintes formuladas pelo professor, a única correta é:

a) Pedro Pataxó (aluno da sala) está em repouso em relação aos demais colegas, mas todos nós estamos em movimento em relação à Terra.

b) A velocidade dos alunos que eu consigo observar agora, sentados em seus lugares, é nula para qualquer observador humano.

c) Como não há repouso absoluto, nenhum de nós está em repouso, em relação a nenhum referencial.

d) O Sol está em repouso em relação a qualquer referencial

e) n.d.r

Resposta: alternativa a

06) Na disputa de uma corrida nas olimpíadas indígenas de 2015, dois indígenas, Lenilson e Flávio, partem juntos, mantendo constante o sentido do movimento. O pataxó Lenilson percorre 12km nos primeiros 10 minutos, 20km nos 15 minutos seguintes e 4km nos 5 minutos finais. Já o pataxó Flavio mantém durante todo o percurso uma velocidade constante. Ao final da corrida, eles chegam juntos, isto é, empatam. A velocidade constante do ciclista Flávio, em km/h, é:

$$\boldsymbol{V_m = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{12km + 20km + 4km}{10' + 15' + 5'} = \frac{36km}{30'} = \frac{36km}{0,5h} = 72km/h}$$

07) Na competição dos jogos indígenas, a modalidade escolhida foi a zarabatana, no qual foram escolhidos três indígenas de etnias diferentes: Pataxó, Tupinambá e Kiriri. Em seguida todos os indígenas lançaram os dardos com a zarabatana e foi registrado a distância que cada dardo alcançou. O dardo do indígena pataxó alcançou 10m, do tupinambá 15m e o indígena kiriri 20m. Se consideramos o tempo de voo igual a 10s para todos os dardos. Que etnia atingiu a maior velocidade para o dardo?

$$\boldsymbol{Patax}\text{ó} \rightarrow \boldsymbol{V_m} = \frac{\Delta \boldsymbol{S}}{\Delta \boldsymbol{T}} = \frac{\mathbf{10}}{\mathbf{10}} = \mathbf{1}\boldsymbol{m/s}$$

$$\boldsymbol{Tupinamb}\text{á} \rightarrow \boldsymbol{V_m} = \frac{\Delta \boldsymbol{S}}{\Delta \boldsymbol{T}} = \frac{\mathbf{15}}{\mathbf{10}} = \mathbf{1,5}\boldsymbol{m/s}$$

$$\boldsymbol{Kiriri} \rightarrow \boldsymbol{V_m} = \frac{\Delta \boldsymbol{S}}{\Delta \boldsymbol{T}} = \frac{\mathbf{20}}{\mathbf{10}} = \mathbf{2}\boldsymbol{m/s}$$

08) O gráfico ilustra a posição s, em função do tempo t, do pataxó Sandoval caminhando em linha reta durante 400 segundos em busca de água.

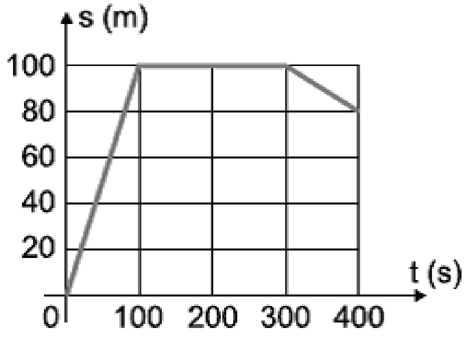


Figura 39 Gráfico do Tempo

Com base no gráfico, analise as afirmações a seguir:

I. Em nenhum instante Sandoval parou.

II. O deslocamento de Sandoval, durante os 400 s, foi 180 m.

III. A distância percorrida por Sandoval, durante os 400 s, foi 120 m.

Está correto apenas o que se afirma em:

a) I b) II c) III d) I e II e) III

Resposta: alternativa c (100m +20m = 120m)

09) Sandoval de 2,05 m de altura e seu amigo Flávio de apenas 1,6 m partem juntos para uma caminhada de 5km ao longo da Reserva da Jaqueira em Porto Seguro – Bahia. Com passadas que medem o dobro das de Flávio, Sandoval caminhou os primeiros 2 km, tendo sempre ao seu lado o seu companheiro Flávio, quando teve que parar por um momento, mas pediu que Flávio seguisseem frente. Flávio manteve seu ritmo e depois de certo tempo Sandoval o alcança completando a caminhada lado a lado. Podemos afirmar:

a) Nos primeiros 2km a velocidade de Sandoval é a o dobro da de Flávio.

b) Nos primeiros 2km a velocidade de Flávio foi o dobro da de Sandoval.

c) Ambos completaram a caminhada de 5km com a mesma velocidade média.

d) Ao longo dos 5km a velocidade média de Sandoval foi maior que a de Flávio.

e) Como as passadas de Sandoval medem o dobro das de Flávio, a aceleração de Sandoval sempre foi maior que a de Flávio.

Resposta: Alternativa c, pois como Sandoval e Flávio tiveram a mesma variação de espaço no mesmo intervalo de tempo (Ambos completaram a caminhada lado a lado) eles tem a mesma velocidade média.

10) A figura ilustra um avião que realiza um movimento retilíneo, deslocando-se paralelamente ao solo horizontal com velocidade escalar constante, sobrevoando a cidade de Porto Seguro - Bahia. Num determinado instante, uma caixa de mantimentos solta-se do avião. Nestas circunstâncias (quaisquer efeitos de atrito e resistência do ar são desprezados), pode-se dizer que a trajetória da caixa de mantimentos com relação a um observador em repouso no solo é um:

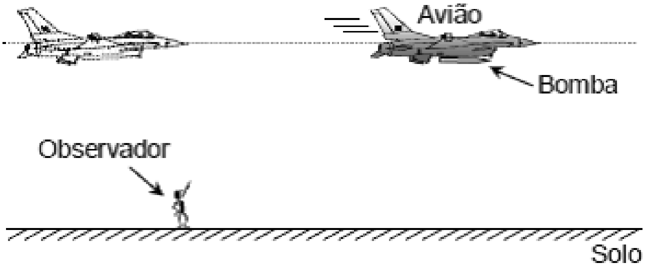


Figura 40 Deslocamento Paralelo

a) Segmento de reta formando um ângulo de 45º com o solo.

b) Arco de circunferência.

c) Segmento de reta formando um ângulo de 90º com o solo.

d) Arco de parábola.

e) Segmento de hélice (trajetória helicoidal).

Resposta: alternativa d.

Observação: Outra disputa bastante comum na nas escolas da aldeia indígena pataxó é a corrida com Maracá, na qual, é disputada por duas equipes ou mais, no qual, os participantes devem correr com o maracá na mão numa distância de 100 m ida e volta até o ponto estipulado, fazendo a volta e entregar o Maracá na mão do próximo participante da mesma equipe sem deixar cair. Ganha a equipe, cujos os participantes concluírem o trajeto primeiro.

Material:

1) 1 Maracá um instrumento feito com coco ou cabaça;

2) 20 a 50 sementes até o som ficar bom;

3) 1 pedaço de madeira 20 cm para o cabo;

Figura 41 Maracás Aldeia Fulni-ô. Foto: Driele Multti

Figura 42 Corrida do Maracá na Aldeia Pataxó

Contextualizando a corrida do Maracá com a Física, o professor poderá estudar temas relevantes na cinemática, como por exemplo, tempo, distância percorrida, espaço, velocidade e aceleração.

1) Formar equipes;

2) Determinar com seus alunos, a distância de 50 e 100m;

3) Registrar o tempo dos 50m e 100m,

Após, realizada todas as etapas anteriores, o professor poderá calcular a velocidade média escalar e a aceleração escalar de cada participante nos 50m e 100m da corrida. Como demostramos nos exemplos anteriores.

Objetivos

Introduzir o conceito de velocidade média;

Determinar a velocidade média em situações específicas;

Estimar a velocidade média em várias situações.

Material

Item	Descrição	Quantidade
01	Cronômetro	01
02	Trena de 10m	01
03	Carrinho	01
04	Giz	01

Introdução

Em nosso dia-a-dia sempre deparamos com placas sinalizando limite de velocidade do tipo:

Figura 43 Conceito de Velocidade

A placa indica que a velocidade máxima permitida é 70 km/h, a unidade km/h sugere que a velocidade é uma grandeza associada à rapidez com que um objeto se move. Quando o valor da velocidade de um corpo não se mantém constante, dizemos que este corpo está em movimento variado. Isto ocorre, por exemplo, com um automóvel cujo ponteiro de velocímetro indica valores deferentes a cada instante.

O valor indicado no velocímetro, em um dado instante, é a velocidade instantânea do automóvel naquele momento. De fato, a distância percorrida dividida pelo intervalo de tempo gasto corresponde á velocidade escalar média do objeto.

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

Procedimentos

a) Marque no chão do corredor da escola, usando giz e uma trena, uma distância de aproximadamente 20m.

b) Usando um cronômetro digital, registre o tempo gasto por uma pessoa para percorrer esta distância nos seguintes casos, completando a tabela abaixo:

A) Andando

b) Correndo

			Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Média
	Δ t(s)	**d(m)**	**Vm**	**Vm**	**Vm**	**Vm**	**Vm**
A		20 m					
B		20 m					

c) Termine de completar a tabela acima, usando dados de outros grupos.

d) Determine a média das velocidades, nas várias situações de deslocamento.

II – Determine a velocidade de um carrinho à pilha, que se desloca em linha reta.

i) Marque, usando giz, um percurso de 3 m divididos de 50 em 50 cm;

ii) Ligue o carrinho e solte-o no chão um pouco antes do marco zero.

iii) Quando este passar pela posição zero dispare o cronômetro.

iv) Preencha a tabela, registrando o tempo gasto pelo carrinho para efetuar os respectivos deslocamentos.

d(m)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Δ t(s)	0						
Vm	xxxxxx						

i) Determine a velocidade usando diferentes intervalos de tempo e preencha a tabela acima.

ii) Determine a Vm total.

i) Houve grande variação nos resultados obtidos com intervalos diferentes de tempo?

____

i) Que conclusão você pode chegar sobre velocidade do carrinho?

____

____.

Para Pensar: Exercício

1. Sabendo que o semáforo para o pedestre permanece aberto durante um tempo de 30 segundos numa determinada avenida larga, determine:

a) qual a largura máxima (em metros) poderá ter a avenida para uma pessoa conseguir atravessá-la andando antes do sinal fechar. (Use a velocidade média que você encontrou no item a da parte I).

b) Se a largura da rua for de 15m, qual deverá ser a velocidade mínima da pessoa para atravessa-la?

c) Considere um caminhão bem grande a 72 Km/h a 60m de uma faixa de pedestre de 15m de largura. Qual a velocidade mínima para que uma pessoa possa atravessar essa faixa antes que o caminhão passe por ela?

3. DINÂMICA

Dinâmica

Introdução

As leis de Newton são os pilares de sustentação da Mecânica clássica. Elas descrevem o movimento dos corpos, tanto no céu como na terra, as órbitas dos planetas, preveem a existência de novos planetas e explicam, por exemplo, os fenômenos das marés. Mas precisamos de cautela ao interpretá-las e aplicá-las ao nosso cotidiano.

3.1. Força

Força é uma interação entre dois corpos capaz de produzir, pelo menos, um dos seguintes efeitos:

- Iniciar um movimento;
- Parar um movimento;
- Variar o valor da velocidade de um corpo;
- Desviar a trajetória de um corpo;
- Modificar as formas de um corpo.

Podemos notar que os quatro primeiros itens estão relacionados com a variação da velocidade em módulo, direção ou sentido e o último, com mudanças estruturais no corpo. A definição de força exige que existam dois corpos. Desta forma, expressões do tipo: "eu tenho à força" são desprovidas de sentido dentro da Física. O correto seria: "eu posso aplicar uma força de grande intensidade em todos os corpos". Por exemplo, na disputa de cabo de guerra. **Observação: Força é uma grandeza vetorial e, portanto, possui módulo (intensidade), direção e sentido.**

Cabo de Guerra: Esse jogo é disputado por duas equipes compostos por 8 participantes de cada lado. Ganha o grupo que conseguir arrastar os adversários primeiro até o ponto delimitado na corda para seu lado. Esse jogo exige muita força e resistência, por isso os participantes treinam durante um período para que no dia dos jogos eles estejam preparados.

Figura 44 Disputa do cabo de guerra na Aldeia Pataxó Tynguí Guaxuma

Observação: Através desse jogo podemos representar as três Leis de Newton, como também a força de atrito.

3.2. Leis de Newton

Segundo Aristóteles, tanto para colocar um corpo em movimento, como para mantê-lo em movimento, é necessária a ação de uma força. Conforme ele, o movimento se divide em duas grandes classes: a do movimento natural e a do movimento violento. Aristóteles afirmava que o movimento natural decorre da “natureza” de um objeto, dependendo de qual combinação dos quatro elementos (terra, água, ar e fogo), ele fosse feito.

O movimento natural poderia ser diretamente para cima ou para baixo, no caso de todas as coisas da Terra, ou ser circular, no caso dos corpos celestes. Ao contrário do movimento para cima ou para baixo, o movimento circular não possuía começo ou fim. Ele acreditava que existiam leis diferentes que se aplicavam aos céus, e afirmava que os corpos celestes são esferas perfeitas, formados por uma substância perfeita e imutável, que foi denominada quintessência (quinta essência, as outras quatro sendo terra, água, ar e fogo).

O movimento violento resultava de forças que puxavam ou empurravam. Este nada mais era que o movimento imposto. Uma pessoa empurrando um carro de mão ou sustentando um objeto pesado impunha movimento, como faz alguém quando atira uma pedra ou vence um cabo-de-guerra. O conceito de movimento violento enfrentava suas dificuldades, pois empurrões e puxões nem sempre eram evidentes. As afirmações de Aristóteles a respeito do movimento constituíram o início do pensamento científico, em que suas ideias perduraram durante quase dois mil anos.

Somente no século XVI, Galileu, um dos mais importantes cientistas daquela época, demoliu as hipóteses de Aristóteles. Galileu deixou cair da torre de Pisa vários objetos com pesos diferentes e comparou suas quedas. Ao contrário do que afirmava Aristóteles, ele comprovou que uma pedra duas vezes mais pesada que outra não caía duas vezes mais rápido, exceto pelo pequeno efeito da resistência do ar. Galileu descobriu que objetos de vários pesos, soltos ao mesmo tempo, caíam juntos e atingiam o chão ao mesmo tempo. Observamos que a ideia fundamental de Aristóteles era que sempre fosse necessário empurrar ou puxar um objeto para mantê-lo em movimento. E este princípio básico foi negado por Galileu, afirmando que, se não houvesse interferência sobre um objeto móvel, este deveria mover-se em linha reta para sempre, no qual, nenhum empurrão, puxão ou qualquer tipo de ação era necessário para isso.

Galileu testou suas hipóteses fazendo experiências com o movimento de diversos objetos sobre planos inclinados. Observou que bolas que rolavam para baixo adquiriam maior velocidade, enquanto as que rolavam para cima menor velocidade. Então, ele concluiu que essas bolas que rolassem no plano horizontal não deveriam torna-se mais ou menos velozes. A bola atingiria finalmente o repouso não por causa da sua "natureza", mas por causa do atrito. Ele raciocinou que, na ausência de atrito ou de forças opositoras, um objeto movendo-se na horizontal continuaria movendo-se indefinidamente. A propriedade de um objeto de tender a manter-se em movimento numa linha reta foi chamada por ele de inércia.

Em 1642, no mesmo ano da morte de Galileu, nasceu Isaac Newton. Quando tinha 23 anos, ele desenvolveu suas famosas leis do movimento, que suplantaram em definitivo as ideias de Aristóteles que haviam dominado o pensamento dos cientistas por dois milênios. O conceito de inércia, como vimos anteriormente, foi conceituado pela primeira vez por Galileu e, após algumas décadas, Newton reafirmou essa ideia e formulou o seu primeiro princípio, o qual denominou lei da inércia ou princípio da inércia.

Podemos observar que a descrição do "estado de movimento" é caracterizado pela tendência natural de um corpo ou objeto estar no seu estado de descanso ou no seu estado de movimento retilíneo, devido à própria inércia da matéria. Ou seja, a ação impressa é uma ação exercida sobre um corpo para mudar seu estado de repouso ou de movimento uniforme em linha reta. É importante enfatizarmos que a ação representada e citada anteriormente no texto acima representa o **conceito de força** ($\vec{F}$).

Essa resistência à mudança do estado representa a inércia do corpo, pois um sistema é caracterizado como sendo inercial quando uma ação externa é aplicada ao corpo e esse resiste devido ao seu estado inercial. É importante ratificarmos que podemos caracterizar o estado inercial de um corpo por assim dizer como a quantidade de matéria contida num corpo, que chamamos de massa na qual a representação dessa massa, se observamos com cuidado, determina o princípio da inércia. Pois, no Princípio, Newton afirma que: "A força inata (ínsita) da matéria é um poder de resistir pelo qual cada corpo, enquanto depende dele, persevera em seu estado, seja de descanso, seja de movimento uniforme em linha reta." Ou seja, quanto maior a quantidade de matéria de um corpo, maior será a sua tendência ao repouso ou ao movimento retilíneo e uniforme.

Contudo, para especificarmos o quanto de matéria algum corpo tem, usamos o termo massa, e, quanto maior for a massa de um objeto, maior será a sua inércia. Seguindo o método axiomático de Euclides, como era costume no século XVII, Newton definiu o conceito de massa que chamava "quantidade de matéria", como o produto da densidade e do volume. Tal definição passou a ser considerada problemática, já que ele não define o que seria "densidade". Segue abaixo algumas definições mais recentes sobre massa:

- "A quantidade de matéria num objeto". (HEWITT, 2002)
- "É a medida da inércia ou lerdeza que um objeto apresenta em resposta a qualquer esforço feito para movê-lo, pará-lo ou alterar de algum modo o seu estado de movimento". (HEWITT, 2002)

A unidade de massa é definida em termos de um protótipo (depositado no Ofício Internacional de Pesos e Medidas em Paris), que representa o quilograma (kg), e foi construído originalmente para corresponder a massa de 1 litro de água a pressão atmosférica e a temperatura de 4 °C. Adotaremos o Sistema internacional de medidas (SI) de unidades, onde a unidade de comprimento é metro, a de massa é quilograma e tempo é o segundos. (NUSSENZVEIG, 2002)

É pela inércia da matéria que todo corpo dificilmente sai de seu estado de repouso ou de movimento. Ou seja, o que Newton chama de Inércia é a força de resistência ao movimento, que todo o corpo possui. Podemos observar outras formas de ratificar o princípio da inércia, através de outros autores, como:

- “Todo corpo persiste em seu estado de repouso, ou de movimento retilíneo e uniforme, a menos que seja compelido a modificar esse estado pela ação de forças impressas sobre ele”. (NUSSENZVEIG, 2002).

- “Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.” (HEWITT, 2002).

- “Um corpo permanece em repouso ou com velocidade constante (aceleração nula), quando abandonado a si mesmo, isto é, quando forças externas não atuam sobre ele.” (BERKELEY, 1973).

Salientamos que a primeira lei de Newton (inércia) não é válida para qualquer referencial. Os referenciais em que ela é válida chamam-se referenciais inerciais. Por exemplo, um referencial ligado às estrelas fixas é uma excelente aproximação de um referencial inercial. Um referencial em movimento retilíneo uniforme em relação a um referencial inercial é também inercial, porque todo corpo em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação a um deles também estará em repouso ou em movimento retilíneo em relação ao outro. Logo, dispomos de um referencial inercial (ligado às estrelas fixas), consequentemente de uma infinidade deles.

É importante ratificarmos que Newton sabia que as suas leis sobre o movimento só faziam sentido se definisse um sistema de eixos, um referencial ou sistema de referência, em relação ao qual pudessem fazer as medidas sobre o movimento dos corpos. Pois ele admitiu previamente ao enunciado das leis a existência de um espaço absoluto que na sua própria natureza, sem comparação a nada de exterior, permanece sempre o mesmo e inamovível, o que o obrigou também a definir um espaço relativo correspondendo a uma dimensão ou medida movível do espaço absoluto. Portanto, do ponto de vista newtoniano, o movimento a que se referem suas leis é o movimento absoluto que possui como referencial o espaço absoluto.

Tal como Newton admitiu a existência do espaço absoluto, também definiu o tempo como sendo absoluto de forma igual sem relação com qualquer coisa de exterior. Esta noção newtoniana, como a de espaço absoluto, esteve sempre sob a mira dos críticos: se o tempo fluía de uma forma igual, de modo uniforme, isto deveria implicar a existência de qualquer coisa que controlaria a forma como se desenrolava esse fluxo. No entanto, o próprio Newton acrescentava que o tempo absoluto fluía, então, não seria possível sem relação com qualquer coisa exterior controlar a uniformidade do fluir temporal.

O tempo absoluto apresentava-se, assim, como uma entidade fisicamente impossível de definir, de aceitação exclusivamente metafísica. É com a teoria da relatividade que este conceito é ultrapassado, definindo-se o processo físico de comparar instantes ditos simultâneos, sem recorrer a esse termo de comparação que é o tempo absoluto.

Ou seja, define-se referencial de inércia como aquele em relação ao qual são válidas as leis de Newton para qualquer sistema de eixos. Todavia, ainda de acordo com a Primeira Lei, movendo-se com velocidade uniforme e retilineamente em relação ao referencial absoluto, também será um referencial de inércia.

3.2.1. Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia)

Uma partícula qualquer pode estar sujeita a várias forças diferentes, aplicadas em direções e sentidos distintos. A primeira Lei de Newton afirma que se a resultante das forças que atuam em uma partícula for nula, ela estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

$$\boldsymbol{F_R} = \mathbf{0}(\boldsymbol{Repouso\ ou\ MRU})$$

As duas situações descritas acima representam que a velocidade da partícula é constante. Diremos que estas são situações de equilíbrio. Se a partícula estiver em repouso, chamaremos de equilíbrio estático, se ela estiver em movimento, equilíbrio dinâmico. A conclusão a que chegamos é que, naturalmente, um corpo parado tende a se manter em repouso e um corpo que se desloca, tende a se manter em movimento retilíneo uniforme. Esta propriedade inerente a todos os corpos chama-se inércia.

Podemos medir a quantidade de inércia de um corpo através de sua massa. Assim, um elefante possui muito mais inércia do que uma formiga. É por causa da inércia que nós somos projetados para frente quando freamos um automóvel. Em relação à rua, nós estávamos em movimento e temos, por inércia, a tendência de continuarmos em M.R.U (Movimento Retilíneo Uniforme). Quando iniciamos o movimento do automóvel novamente, temos uma sensação de compressão contra o assento. Estávamos parados e a nossa tendência era continuar nesse estado.

Contudo, uma das implicações da primeira lei da inércia é que qualquer variação da velocidade $\vec{v}$ (intensidade, direção e sentido do movimento) de um corpo em relação a um referencial inercial, resulta numa aceleração associada à ação de forças. A lei fundamental da mecânica clássica é a segunda lei do movimento de Newton. Esta nos permite determinar a evolução de um sistema na mecânica clássica. Temos que destacar que a primeira lei pode ser considerada como um caso particular da segunda lei, pois se a **força** ($\vec{F}$) que atua sobre um corpo é nula mostra que o corpo está em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Com isso, a segunda lei como a primeira só é válida num referencial inercial.

A apresentação da segunda lei de Newton implicou na existência de uma relação entre grandezas entendidas como entidades físicas mensuráveis. Mas, como foi citado anteriormente, Newton, nas suas definições prévias, nada diz sobre como medir massa e força. Logo, a Segunda Lei não se pode constituir como tal, sendo por muitos autores apresentada antes como a forma de definir a grandeza física força, pois a força é uma grandeza que resulta do produto da massa pela aceleração. Ou seja, a segunda lei de Newton corresponde efetivamente à definição de força, que **é determinada pelas interações induzidas pelos corpos, uns sobre os outros, segundo as linhas que os unem.**

3.2.2. Segunda Lei de Newton

Esta lei (também chamada de Princípio Fundamental da Dinâmica) nos informa o que irá acontecer se a força resultante sobre uma partícula não for nula. Newton mostrou que a força resultante é proporcional à aceleração adquirida pela partícula. Matematicamente, podemos expressar esta Lei da seguinte forma:

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

A força resultante sobre uma partícula é igual à massa multiplicada pela aceleração. Note que a equação descrita acima é vetorial, o que nos leva a concluir que a **força resultante e a aceleração sempre terão o mesmo sentido.**

Podemos determinar a unidade de força no sistema internacional, utilizando a 2ª Lei.

$$[F_R] = [m] \cdot [a] = kg \cdot m/s^2 = \text{newton (N)}$$

Para que se tenha uma ideia, 1 newton de força equivale ao peso de uma pequena xícara de café, aproximadamente. Outra unidade utilizada na prática é o quilograma-força (kgf). A relação entre o newton e o kgf é:

$$1kgf \cong 10N$$

3.2.3. Terceira Lei de Newton (Ação e Reação)

Até agora consideramos apenas as forças exercidas sobre uma única partícula. Num sentido mais amplo, uma força é resultado da interação entre objetos. Um boxeador ao bater no saco, mais coisas estão acontecendo além da pancada. O saco também está "batendo" o boxeador. De que forma poderíamos explicar por que as mãos do boxeador ficam doendo e avermelhadas? A mão do boxeador e o saco empurram-se mutuamente. Existe um par de forças envolvidas. A força aplicada pelo boxeador no saco e a força de volta do saco no boxeador são iguais em intensidade ou módulo, apresentam mesma direção e são opostas em sentido. (NUSSENZVEIG, 2002)

É comum que nossos alunos perguntem: "Quem exerce a força e quem sofre a ação da força?" A resposta de Newton para isso foi que nenhuma força pode ser definida como "ação" e "reação", ele concluiu que ambos os objetos devem ser tratados igualmente. Por exemplo, na interação de um martelo e um prego, o martelo exerce uma força sobre o prego, mas ele mesmo sofre uma parada neste processo. Tais observações conduziram Isaac Newton a sua terceira lei do movimento:

- "Sempre que um objeto exerce uma força sobre um outro objeto, este exerce uma força igual e oposta sobre o primeiro". (HEWITT, 2002)

- "Sempre que dois corpos interagem, a força $\vec{F}_{12}$ no segundo corpo, devido ao primeiro, é igual e oposta à força $\vec{F}_{21}$ no primeiro, devida ao segundo ($\vec{F}_{12} = \vec{F}_{21}$)." (BERKELEY, 1973).

A terceira lei de Newton com frequência é enunciada assim: "A cada ação corresponde sempre uma reação igual". Em qualquer interação há sempre um par de forças de ação e reação, que são iguais em valor e de sentidos opostos. Nenhuma força existe sem a outra, as forças aparecem em pares. O par de forças de ação e reação constitui uma interação entre as duas. (HEWITT, 2002)

Ou seja, quando aproximamos um ímã de um prego bem pequeno, notamos que o segundo se desloca em direção ao primeiro. Isto nos faz concluir que o ímã atrai o prego. Por outro lado, se tivermos um ímã bem pequeno e um prego bem grande, iremos notar em uma situação oposta, o que irá mostrar que existe uma atração do prego sobre o ímã. A 3ª Lei de Newton nos informa que se um corpo **A** aplica uma força $\mathbf{F}_{\mathbf{AB}}$ em outro corpo **B**, então **B** irá aplicar força $\mathbf{F}_{\mathbf{BA}}$ em **A**.

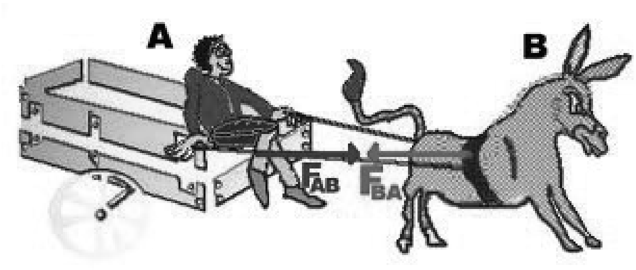


Figura 45 Par de forças ação e reação

Estas duas forças (chamadas de par de forças ação e reação) terão as seguintes características:

- Mesma direção;
- Sentidos opostos;
- Mesmo módulo.

Enquanto as duas primeiras características são de fácil compreensão, a terceira pode nos causar uma certa estranheza, a princípio. Por exemplo, em uma colisão entre um ônibus e uma bicicleta, esta irá apresentar estragos muito maiores. Temos que ter cuidado com as conclusões que tiramos a partir das observações que fazemos. No caso citado, apesar de as forças trocadas entre o ônibus e a bicicleta serem iguais em módulo, os efeitos produzidos são diferentes. Devemos perceber que a estrutura de uma bicicleta é muito mais frágil do que a de um ônibus. A mesma força de 10 newtons aplicada sobre uma formiga não irá produzir o mesmo efeito do que se for aplicada em um elefante.

Outro exemplo, que podemos identificar com facilidade a terceira de Newton é a disputa de arco e flecha, bastante comum nas aldeias pataxó e também em competições das Olimpíadas Indígenas.

Arco e flecha: É uma arma de tamanho 1m e meio de comprimento usada para caçar animais de porte médio e também para defesa das aldeias. É confeccionada com pau d'arco e pati, são usadas flechas de 1 m feitas de pati ou tucum. A pontuação será pelas somas da pontuação adquirida no lançamento das flechas. Todos terão que trazer seu arco e flecha.

Como jogar: Põe-se um alvo a uma distância de 50 m. No qual, cada participante tem direito a 3 tentativas. Ganha quem acerta o centro do alvo que pode ser um desenho de um animal. A pontuação é contada de acordo com o desenho do animal. Ex: peixe, porco etc. (100 – olho, 50 – o corpo e 25 – abas)

Figura 46 Disputa do arco e flecha (Akuã)

Observação: Através desse Jogo, podemos representar e calcular as forças de ação e reação, como os conceitos estudados em Cinemática.

3.3. Principais Forças na Natureza

3.3.1. Força peso $(\vec{P})$

que a Terra cria em torno de si um campo gravitacional. Qualquer corpo aí inserido é atraído para o seu centro. A queda será feita em movimento acelerado e, nas proximidades da superfície da Terra, a aceleração (chamada de aceleração da gravidade, g) é cerca de 10 m/s^2.

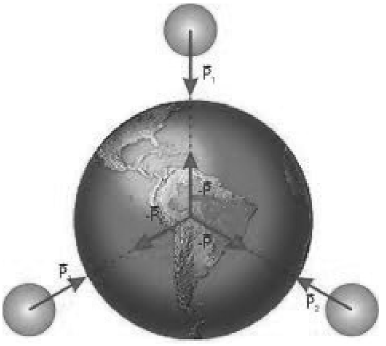


Figura 47 Força e Peso

De acordo com a 2ª Lei de Newton, se um corpo possui uma aceleração, deve existir uma força resultante. Esta força com que a Terra atrai os corpos recebe o nome de força peso. Podemos mostrar que o peso de um corpo de massa m é calculado por:

$$\vec{\boldsymbol{P}} = \boldsymbol{m}.\vec{\boldsymbol{g}}$$

O peso tem direção radial e aponta sempre para o centro do planeta, ou seja, para baixo. Em nossos exercícios, iremos considerar o peso uma força vertical para baixo. Definimos o peso de um corpo para a Terra, mas o que foi discutido é válido para qualquer corpo celeste. Na superfície da Lua, por exemplo, onde a aceleração da gravidade é cerca de 6 vezes menor do que na da Terra, o peso de um corpo será 1/6 de seu peso em nosso planeta. No nosso dia-a-dia, utilizamos a palavra peso para designar massa. Perguntamos: "Qual é o seu peso da tora?" e temos como resposta: "70 quilos". A resposta que foi dada está errada, pois 70 quilos (quilogramas) representa a sua massa. Pelo que estudamos neste item, a resposta correta deveria ser: "considerando g = 10 m/s², o meu peso é 700N." Pois, neste caso, efetuamos o seguinte cálculo:

$$\mathbf{P} = m\mathbf{g} = \mathbf{70\ (kg).10\ (m/s^2) = 700\ N}$$

Corrida de tora: O povo Pataxó sempre esteve em confronto com outros grupos, por isso a corrida de tora era usada como um teste para saber se o kacuçu (homem) estava preparado para confrontos e também para casar. O kacuçu tem o dever de carregar uma tora com o peso da sua jokana (mulher) até uma determinada distância. Devido ao dever que o homem de ajudá-la caso ocorra algo com ela na mata ou em outras circunstâncias. Vale ressaltar que hoje, a corrida de tora também é uma das modalidades dos jogos indígenas.

Figura 48 Disputa da corrida da tora

Como se joga nos Jogos: Ela é disputada por dois participantes de cada equipe. Eles ficam a uma determinada distância um do outro. Um deles corre com a tora até o participante que está do outro lado e faz a passagem da tora para o outro retornar ao ponto inicial. Ganhando quem fizer o trajeto mais rapidamente.

Através da fig.10, podemos calcular as forças: peso $(\vec{P})$, normal $(\vec{N})$ e atrito $(\vec{f})$. Como também os conceitos estudados em cinemática.

3.3.2. Normal $(\vec{N})$

Vamos imaginar um bloco apoiado em uma superfície horizontal.

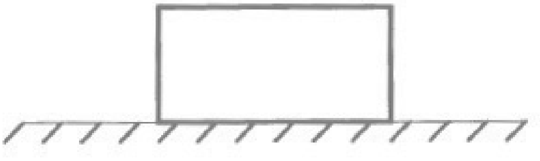


Figura 49 Bloco em superfície

Já sabemos que a Terra aplica uma força de atração sobre este bloco. No caso, o Peso tem direção vertical e sentido para baixo. Por causa desta força, o bloco tende a se deslocar para o centro da Terra. Este fato não acontece, pois a superfície horizontal aplica sobre o bloco uma força vertical para cima, que é contrária à compressão exercida pelo bloco sobre a superfície. A esta força contrária à compressão damos o nome de Reação Normal. O nome *normal* se refere ao fato de esta força ser sempre perpendicular à superfície. A figura seguinte mostra o esquema de forças que atuam no bloco.

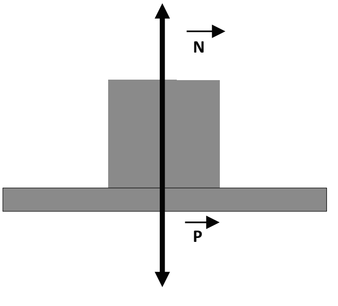


Figura 50 Força que atuam em um Bloco

Note que, neste caso, as forças Peso e Normal possuam mesma direção, sentidos opostos e mesmo módulo. Por isso, estas forças se equilibram, produzindo uma força resultante nula.

Observação: Normal e Peso não representam um par de forças ação e reação, pois atuam em um mesmo corpo.

3.3.3. Força de Tração exercida por um fio ideal $(\vec{T})$

Dadoumsistemaondeumcorpoépuxadoporumfioideal, ou seja, que seja inextensível, flexível e tem massa desprezível.

Figura 51 Tração em um fio

Podemos considerar que a força é aplicada no fio, que por sua vez, aplica uma força no corpo, na qual chamamos força de Tração $(\vec{T})$.

Figura 52 Força de tração

3.3.4. Força Elástica $(\overrightarrow{Fel})$

Imagine uma mola presa em uma das extremidades a um suporte, e em estado de repouso (sem ação de nenhuma força).

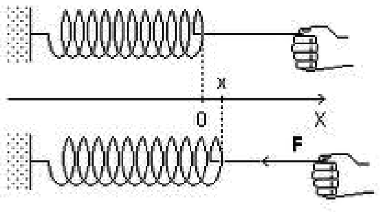


Figura 53 Força Elástica

Quando aplicamos uma força F na outra extremidade, a mola tende a deformar (esticar ou comprimir, dependendo do sentido da força aplicada). Ao estudar as deformações de molas e as forças aplicadas, Robert Hooke (1635-1703), verificou que a deformação da mola aumenta proporcionalmente à força. Daí estabeleceu-se a seguinte lei, chamada Lei de Hooke: $\overrightarrow{Fel} = k.x$.

Onde:

F: intensidade da força aplicada (N);

k: constante elástica da mola (N/m);

x: deformação da mola (m).

A constante elástica da mola depende principalmente da natureza do material de fabricação da mola e de suas dimensões. Sua unidade mais usual é o N/m (newton por metro) mas também encontramos N/cm; kgf/m, etc.

3.3.5. Força de Atrito $(\vec{f})$

Você já deve ter percebido que, em uma corrida de Fórmula 1, os pneus dos carros para dias de chuva contêm frisos, ao passo que, para os dias de tempo bom, os pneus possuem menos frisos. O motivo dessa diferença é que, com a pista molhada, o atrito tende a diminuir, sendo necessário um tipo especial de pneu para que os carros possam efetuar as voltas com um mínimo de segurança.

Da mesma maneira, um tênis de solado liso pode provocar mais quedas do que outro cuja sola é frisada. A força de atrito está relacionada com esses exemplos e é responsável por uma infinidade de outras situações cotidianas. Antes de iniciarmos um estudo quantitativo desta força, faremos uma análise qualitativa, no sentido de entendermos o motivo da existência do atrito.

Por mais polida que uma superfície possa nos parecer, ela apresenta, microscopicamente, inúmeras irregularidades. Imagine, então, que duas destas superfícies irregulares estejam em contato e exista entre elas, um movimento efetivo ou a tendência de movimento. Podemos concluir que, por causa destas irregularidades, haverá uma força contrária ao movimento (ou à sua tendência). Esta força será chamada de atrito. Note que, quanto mais rugosas forem as superfícies em contato, mais intenso será o módulo da força de atrito. Para podermos encontrar uma fórmula matemática que nos permita calcular o valor desse atrito, vamos seguir o seguinte raciocínio: Estamos querendo mover um bloco que está apoiado em uma **superfície horizontal.**

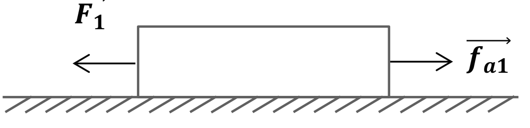


Figura 54 Força de Atrito

Inicialmente iremos aplicar uma força F_1, mas o corpo continuará em repouso. Isto pode ser explicado pela força de atrito que está atuando no bloco, no sentido contrário ao da força F_1. De acordo com a 1ª Lei de Newton:

$$\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_{a1}}$$

Agora, vamos aumentar a força aplicada para $\mathbf{F_2}$($\mathbf{F_2}$>$\mathbf{F_1}$). Considere que, mesmo assim, o corpo continua parado. A explicação a que podemos chegar é que o atrito também aumentou, tendo, agora, o mesmo valor de F_2.

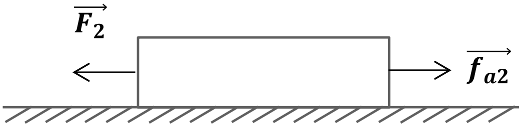


Figura 55 Força de Atrito 2

Iremos, então, aumentar ainda mais o valor da força aplicada, produzindo uma força F_3 ($F_3 > F_2$) Ainda assim, o bloco permaneceu em repouso. Mais uma vez, a força de atrito teve seu valor aumentado para $f_{a3} = F_3$. Porém, podemos notar que o corpo está quase se movimentando. Se aumentarmos um pouco mais a força aplicada, poderemos colocar o bloco em movimento.

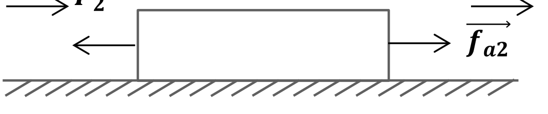


Figura 56 Força de Atrito 3

Podemos dizer que, neste caso, o atrito já atingiu o seu valor máximo. A partir desta situação, se aumentarmos um pouco mais a força, o bloco entrará em movimento. É interessante notar que, quando o corpo está em movimento, a força de atrito que sobre ele atua é constante e possui um valor menor do que o módulo do atrito máximo descrito anteriormente.

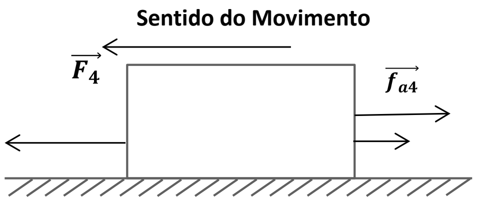


Figura 57 Sentido do Movimento

A conclusão a que chegamos é que, enquanto o corpo estiver em repouso, a força de atrito é variável, tendo sempre o mesmo valor da força que tende a gerar o movimento. Quando o corpo entra em movimento, a força de atrito passa a possuir um valor constante que é menor do que o atrito máximo que atuava no corpo em repouso.

3.3.6. Tipos de Atrito

3.3.6.1. Força de Atrito Estático

É o nome que damos à força de atrito que atua nos corpos em repouso. De acordo com o que vimos, este atrito possui as seguintes características:

1. Possui módulo variável – depende da força motriz aplicada.

2. Admite um valor máximo.

Este valor máximo é proporcional à força normal aplicada sobre o corpo e pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\boldsymbol{F_{ae} = \mu_e . N}$$

Onde: μ_e é chamado de coeficiente de atrito estático e depende da rugosidade das superfícies em contato.

3.3.6.2. Força de atrito cinético

É a força de atrito que atua nos corpos em movimento. Como já vimos, este tipo de atrito possui um módulo constante. O seu valor é dado por:

$$\boldsymbol{F_{ac} = \mu_c . N}$$

Onde: μ_c é o coeficiente de atrito cinético e também depende da rugosidade das superfícies em contato.
Já que a força de atrito cinético é menor do que a força de atrito

estático máximo, podemos admitir que é mais fácil manter um certo corpo em movimento uniforme do que iniciar o movimento deste corpo. A conclusão a que podemos chegar é que, para um mesmo par de superfícies: $\mu_e > \mu_c$. O gráfico da força de atrito em função da força motriz aplicada será, então:

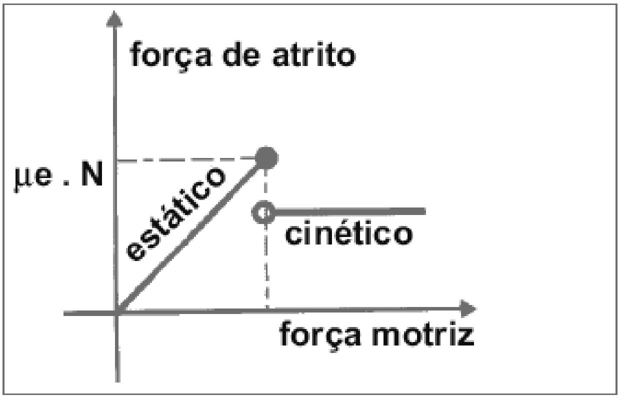


Figura 58 Força de Atrito Cinético

Observação: A força de atrito em objetos rígidos não depende da área de contato entre as superfícies.

Aplicação

(01) Em feiras-livres em comunidades pataxó é muito comum esse tipo de diálogo:

Comprador: – Moço, por favor, quanto pesa esse pedaço de queijo?

Vendedor: – Mais ou menos dois quilos.

Do ponto de vista da Física, os termos sublinhados, utilizados nesse diálogo, são:

a) corretos, massa e peso são apenas denominações diferentes para uma mesma grandeza física.

b) corretos, pois embora massa e peso tenham significados diferentes, ambos podem ser medidos através das mesmas unidades.

c) incorretos, pois o comprador pergunta sobre quantidade de massa, e o vendedor responde em peso, que é uma força da gravidade.

d) corretos, uma vez que há correspondência 1 kg = 9,81 N, igual a duas grandezas com as mesmas dimensões.

e) incorretos, pois o comprador pergunta sobre peso, que é uma força, e o vendedor responde em quantidade de massa.

Resposta: e

(02) Tendo-se em vista a primeira lei de Newton, pode-se afirmar que:

a) se um objeto está em repouso, não há forças atuando nele.

b) é uma tendência natural dos objetos buscarem permanecer em repouso.

c) ela se aplica tanto a objetos em movimento quanto a objetos em repouso.

d) uma força sempre causa o movimento de um objeto.

e) n.d.r

Resposta: c

(03) Um indígena na Aldeia Pataxó Aldeia Velha lança uma bola verticalmente para cima. O ponto A no desenho representa a posição da bola em um instante qualquer entre o seu lançamento e o ponto mais alto da trajetória. É desprezível a força de resistência do ar sobre a bola. As setas nos desenhos das alternativas a seguir indicam a(s) força(s) que atua(m) na bola. Qual dos desenhos abaixo melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na bola no ponto A, quando a bola está subindo?

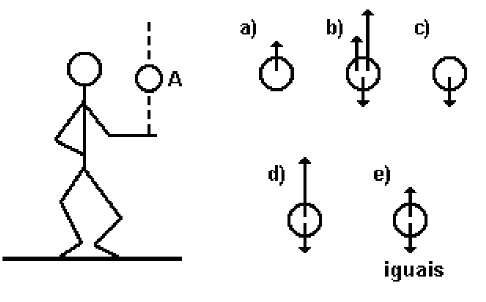


Figura 59 Exemplo de Aplicação

Resposta: c, pois independentemente da trajetória a força peso sempre estará apontada para o centro da terra.

(04) Numa aula experimental de física, o professor, após discutir com seus alunos os movimentos dos corpos sob efeito da gravidade, estabelece a seguinte atividade: Coloquem dentro de uma tampa de caixa de sapatos objetos de formas e pesos diversos: pedaço de papel amassado, pedaço de papel não amassado, pena, esfera de aço, e uma bolinha de algodão. Em seguida, posicionem a tampa horizontalmente a 2 metros de altura em relação ao solo, e a soltem deixando-a cair. Com a execução da atividade proposta pelo professor, observando o que ocorreu, os alunos chegaram a algumas hipóteses:

I. A esfera de aço chegou primeiro no chão, por ser mais pesada que todos os outros objetos.

II. Depois da esfera de aço, o que chegou logo ao chão foi o pedaço de papel amassado, porque o ar não impediu o seu movimento, contrário ao que ocorreu com os outros objetos dispostos na tampa.

III. Todos os objetos chegaram igualmente ao chão, uma vez que a tampa da caixa impediu que o ar interferisse na queda.

IV. Os objetos chegaram ao chão, conforme a seguinte ordem:

1º- tampa da caixa e esfera de aço; 2º- pedaço de papel amassado; 3º- bolinha de algodão; 4º- pena e 5º- pedaço de papel não amassado.

Após análise das hipóteses acima apontadas pelos alunos, é correto afirmar que:

a) apenas II está correta.

b) apenas I está correta.

c) apenas III está correta.

d) apenas IV está correta.

e) estão corretas I e II.

Resposta: c, como desconsideramos a resistência do ar, o tempo de queda será o mesmo para todos os corpos.

(05) Nas olimpíadas indígenas a modalidade de arco e flecha dois concorrentes discutem sobre a Física que está contida na arte do arqueiro. Surge então a seguinte dúvida: quando o arco está esticado, no momento do lançamento da flecha, a força exercida sobre a corda pela mão do arqueiro é igual à:

I. força exercida pela sua outra mão sobre a madeira do arco.

II. tensão da corda.

III. força exercida sobre a flecha pela corda no momento em que o arqueiro larga a corda.

Neste caso:

a) todas as afirmativas são verdadeiras

b) todas as afirmativas são falsas

c) somente I e III são verdadeiras

d) somente I e II são verdadeiras

e) somente II é verdadeira

Resposta: b

(06) A figura a seguir se refere ao índio (Thirry) pataxó que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola, após o lançamento; no ponto C a bola está finalmente parada. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

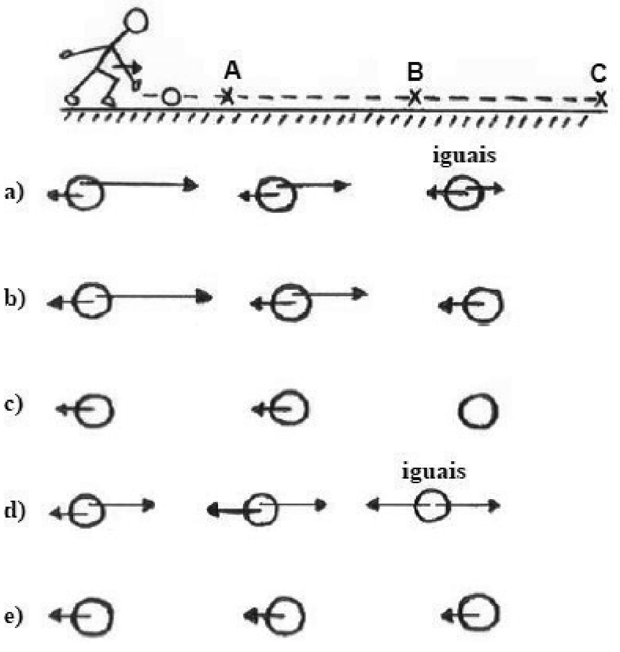


Figura 60 Exemplo de força sobre a bola

Resposta: c, pois a força de atrito está na direção e sentido oposto do movimento.

(07) Uma professora de física, com o propósito de verificar se as ideias que os seus alunos traziam sobre a queda dos corpos se aproximavam da ideia defendida por Aristóteles, ou se estavam mais de acordo com a de Galileu, criou um diálogo entre dois colegas, os quais discutiam sobre o motivo de os corpos caírem de forma diferente, um tentando convencer o outro de que sua ideia era a mais correta.

Colega A: O corpo mais pesado cai mais rápido do que um menos pesado, quando largado de uma mesma altura. Eu provo, largando uma pedra e uma rolha. A pedra chega antes. Pronto! Tá provado!

Colega B: Eu não acho! Peguei uma folha de papel esticado e deixei cair. Quando amassei, ela caiu mais rápido. Como é isso possível? Se era a mesma folha de papel, deveria cair do mesmo jeito. Tem que ter outra explicação!

A partir do diálogo criado pela professora, alguns alunos deram as seguintes explicações que ela transcreveu na lousa:

I - Concordo com o colega A, pois isto acontece porque os corpos têm densidades diferentes.

II - Concordo com o colega B, pois durante a queda os corpos sofrem a resistência do ar.

III - Concordo com o colega A, porque a diferença de tempo na queda dos corpos se deve à resistência imposta ao movimento pelo ar.

IV - Concordo com o colega B, porque o tempo de queda de cada corpo depende, também, de sua forma.

Das explicações dadas pelos alunos nas proposições supracitadas, identifique qual(is) dela(s) está(ão) corretamente de acordo com as ideias de Galileu Galilei:

a) Apenas II e IV.

b) Apenas I.

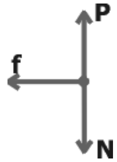
c) Apenas III e IV.

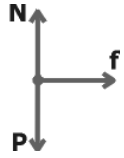
d) Apenas I e III.

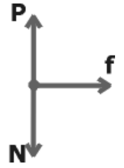
e) Apenas II.

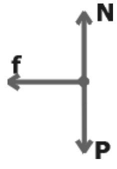
Resposta: a

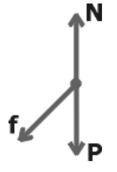
(08) Uma carroça de boi (Manaitê) transporta um caixote em uma estrada reta e horizontal com uma velocidade v, da esquerda para a direita. O carroceiro aplica os “freios” imprimindo uma desaceleração constante. Durante a fase de desaceleração, o caixote não desliza sobre a carroceria da carroça. Sabendo-se que as forças que atuam sobre o caixote são: o peso do caixote P, a reação normal da superfície N e a força de atrito f, qual dos diagramas abaixo representa as forças que agem sobre o caixote durante a desaceleração?

A) 

B) 

C) 

D) 

E) 

Resposta: d

(09) Segundo os fundamentos da mecânica newtoniana, conhecendo- se as forças que atuam em um objeto é possível determinar o estado de movimento. Em relação a este assunto, analise as proposições a seguir:

I. Dois blocos, A e B, deslizam, com a mesma velocidade, sobre uma superfície plana e sem atrito, conforme mostra a figura abaixo. Sabendo-se que o bloco A tem massa maior que o bloco B e que os coeficientes de atrito entre os blocos e a região hachurada são iguais. Assim, após atravessarem a região com atrito, o bloco A deslizará com maior velocidade que o bloco B.

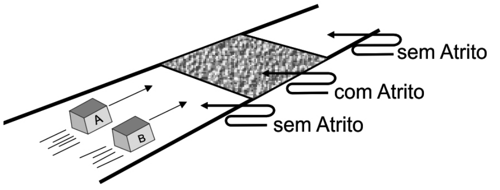


Figura 61 Blocos

II. Na situação ilustrada na figura a seguir, um garoto está brincando em um balanço que oscila entre os pontos A e B. Se ele soltar uma pedra no exato instante em que atingir o ponto A, esta cairá verticalmente para uma pessoa parada em frente ao balanço.

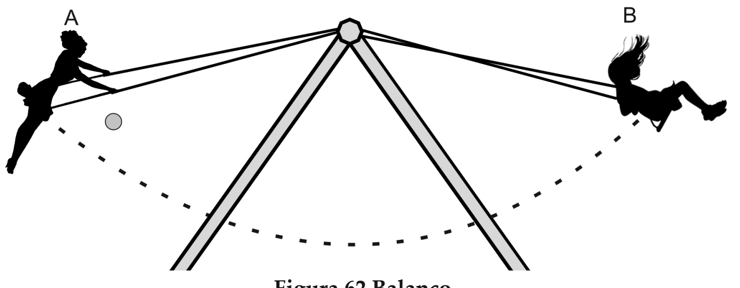


Figura 62 Balanço

III. As estatísticas indicam que o uso do cinto de segurança deve ser obrigatório para prevenir lesões mais graves em motoristas e passageiros no caso de acidentes.
Pode-se afirmar fisicamente que a função do cinto está relacionada com a Primeira Lei de Newton.
Com base na análise feita, assinale a alternativa correta:

a) Apenas as proposições I e III são verdadeiras.
b) Apenas as proposições II e III são verdadeiras.
c) Apenas a proposição I é verdadeira.
d) Apenas a proposição II é verdadeira.
e) Nenhuma das proposições são verdade

Resposta: b

(10) No último jogo do clube PATAXÓ contra o TUPINAMBÁ, um certo jogador chutou a bola e a trajetória vista por um repórter, que estava parado em uma das laterais do campo, é mostrada na figura a seguir. Admita que a trajetória não **é** uma parábola perfeita e que existe atrito da bola com o ar durante a sua trajetória. No ponto A, o segmento de reta orientado que melhor representa a força de atrito atuante na bola é:

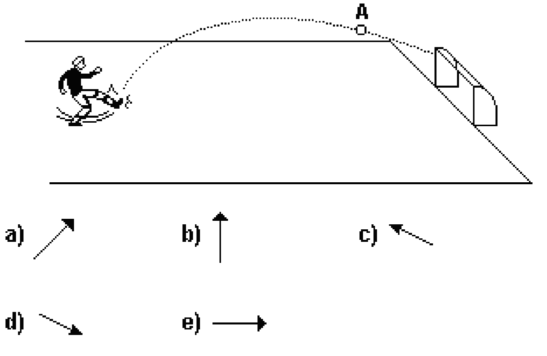


Figura 63 Campo de futebol 2

Resposta: c

Objetivo:

- Determinar o coeficiente de atrito dinâmico entre um bloco e um plano inclinado e estudar a relação entre o coeficiente de atrito e o coeficiente angular.

Lista de material

Item	Descrição	Quantidade
01	Plano inclinado	01
02	Bloco de madeira polida	01
03	Fita métrica	01

Introdução

Plano Inclinado

Primeiramente, analisamos o comportamento de um bloco de massa M apoiado sobre um plano inclinado de um ângulo α em relação a horizontal, desprezamos o atrito para realizarmos a decomposição das forças. (fig. 64 e 65)

Acrescente na figura a seguir a força peso **P** e normal **N**.

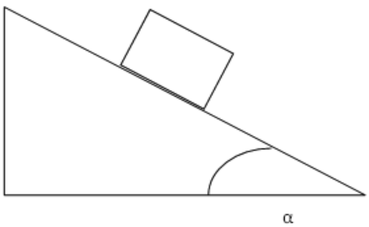


Figura 64 Plano inclinado 1

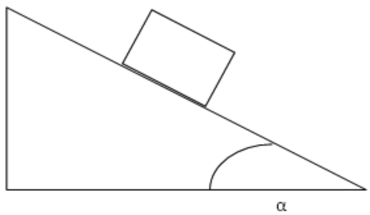


Figura 65 Plano inclinado 2

Como podemos observar na figura 1 as forças que atuam sobre o bloco são:

P: Peso do bloco

N: Reação normal do plano de apoio sobre o bloco.

Para simplificar a análise matemática desse tipo de problema, costumamos decompor a força peso que atuam sobre o bloco em duas direções:

Peso Tangente: paralela ao plano inclinado; $P_{T.}$

Peso Normal: perpendicular à direção do plano P_N.

Mostre na figura 66 abaixo, as componentes da força peso e as demais forças quando se tem também o atrito e o bloco está na iminência de movimentar.

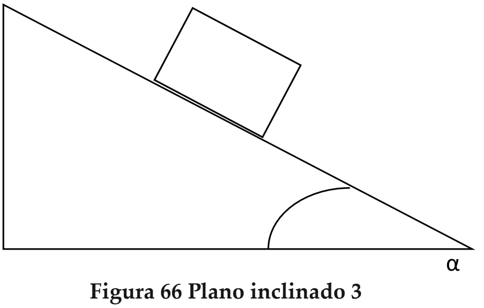


Figura 66 Plano inclinado 3

Plano Horizontal

Seja A um bloco inicialmente em repouso sobre um plano e apliquemos a esse corpo a força F, como se vê na figura 4. Verificamos que, mesmo tendo sido aplicada ao corpo uma força, esse corpo nunca se moverá.

Se isso ocorre, concluímos que sobre o mesmo estará agindo outra força, de mesmo módulo e em sentido oposto a F. A essa força denominamos força de atrito.

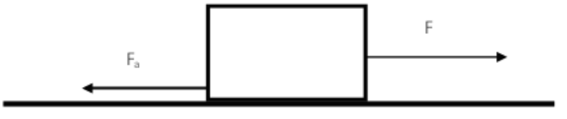


Figura 67 Plano Horizontal

Podemos, a seguir, aumentar gradativamente o valor da força F, verificaremos que o corpo continuará em repouso.

À medida que aumentamos a intensidade da força F, a intensidade da força de atrito também aumentou, de tal forma que a resultante das forças atuantes no bloco continuasse nula. Mas a prática nos mostra que, a partir de um determinado momento, o bloco passa a se deslocar no sentido da força F. A interpretação desse fenômeno é a seguinte: embora a intensidade da força de atrito possa aumentar à medida que aumentamos a intensidade da força solicitante F, a força de atrito F_a atinge um determinado valor máximo; a partir desse momento, a tendência do bloco é sair do repouso.

Faça um gráfico ilustrando o observado nesta etapa do experimento.

Figura 68 **Gráfico do experimento**

O valor máximo atingido pela força de atrito na fase estática é diretamente proporcional à intensidade da reação normal N no bloco. Esse resultado, experimental, pode ser expresso na forma:

Nessa expressão, μ é o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície. Uma vez atingido o valor máximo da força de atrito, se aumentarmos a intensidade da força F, o corpo entrará em movimento acelerado, no sentido de F.

Nessa segunda fase, denominada dinâmica, a intensidade da força de atrito permanecerá constante em módulo.

Nessa expressão, μ é o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e a superfície.

Atenção: Experimentalmente, verifica-se que μ estático> μ dinâmico, ou seja, observemos, ainda que o coeficiente de atrito μ não possui unidades, pois se trata de uma relação entre os valores de duas forças.

Para Pensar: Exercício

Mostre que para este plano inclinado o coeficiente de atrito pode ser dado pela tangente do ângulo de inclinação.

Parte Experimental

Montagem

Coloque o bloco de madeira sobre a lâmina de madeira na horizontal.

Execução

Após a montagem, iniciamos o experimento da seguinte forma: Elevamos a parte móvel do suporte até que o bloco inicie o movimento e no momento de iminência paramos de elevar o suporte, onde se encontra uma das extremidades da lâmina de madeira, mostra a figura abaixo.

Após fixarmos a parte móvel do suporte executamos as medidas da base e da altura, que são os dados necessários para encontrar o coeficiente angular.

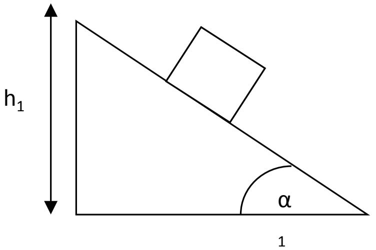


Figura 69 Gráfico do experimento

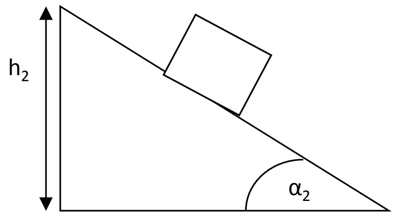


Figura 70 Gráfico do experimento

Procedimento 2

a) Após fazer as três medidas, encontre o valor para cada coeficiente angula μ ;

Valor da base = ______________________________.

Altura	H 1	H2	H3	H Médio
Valores				
Coeficiente de Atrito				

b) Repita o experimento com o lado rugoso do bloco em contato com o plano.

Altura	H 1	H2	H3	H médio
Valores				
Coeficiente de Atrito				

4. HIDROSTÁTICA

Hidrostática

Introdução

A hidrostática ou a estática dos fluidos é a parte da física que estuda os líquidos em equilíbrio. Um líquido encontra-se em equilíbrio quando sua aceleração é nula; portanto, um líquido está em equilíbrio quando estiver em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

4.1. Densidade Absoluta

Densidade absoluta ou massa específica e a razão entre a massa e o volume de um corpo. Quando falamos de densidade absoluta estamos relacionando uma porção compacta de uma substância e o volume que ocupa.

$$d = \frac{m}{V}$$

Observação: É importante se notar que a densidade absoluta é uma característica do material que compõe o corpo, ou seja, para qualquer par de valores da massa e do volume de um corpo maciço feito de um certo material, a razão **m/V**

será constante. A unidade da densidade será a razão entre uma unidade de massa e uma de volume. Trabalharemos, basicamente**, com três:** $d = \frac{kg}{m^3}$ $(S.I)$, $\frac{g}{cm^3}$ e $\frac{kg}{l}$.

Observação: Podemos trabalhar, também, com a **densidade de um corpo**. Apesar de a definição ser a mesma apresentada nesta seção, não existe a necessidade de o corpo ser maciço. Dessa forma, podemos ter um corpo de madeira (canoa), com uma certa massa, apresentando diversas densidades diferentes, desde que o volume deste corpo seja diferente.

Figura 69 Canoa de madeira de Pequi

4.2. Pressão (P)

Quando aplicamos uma força de intensidade **F** em um corpo, notamos que este fica comprimido pela força. A figura abaixo representa a força aplicada perpendicularmente a uma área **A**.

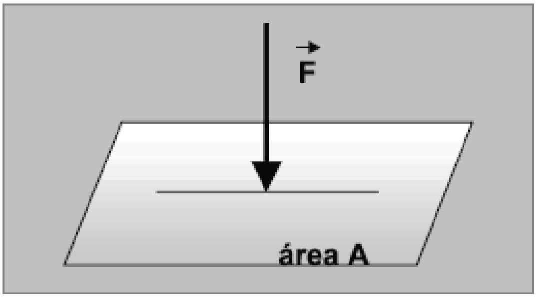


Figura 70 Pressão

$$\boldsymbol{P = \frac{F}{A}}$$

Definimos como pressão a razão entre a intensidade da força aplicada e a área de aplicação desta força. Para o cálculo da pressão, estamos levando em conta que a força aplicada é perpendicular à área de aplicação. Caso esta força seja inclinada em relação à área, devemos considerar somente a componente perpendicular. Note que, para uma mesma força, quanto menor for a área de contato, maior será a pressão aplicada. É por este motivo que os pregos, facas e outros objetos que têm como função penetrar em certas superfícies possuem uma forma pontiaguda. Na ponta, a área de contato é menor e, portanto, a pressão aplicada tende a ser maior. Existem várias unidades para a pressão. Veja as principais: $\frac{N}{m^2}(S.I)$, atm, $\text{c}m\,Hg$.

Observação: 1,0 atm = 76 cmHg = 1,0 x 10^5 Pa

4.3. Pressão Hidrostática

Após termos estudado a pressão de uma maneira genérica, vamos trabalhar com a pressão exercida por um fluido. Imaginemos um recipiente cilíndrico completamente cheio por um líquido qualquer.

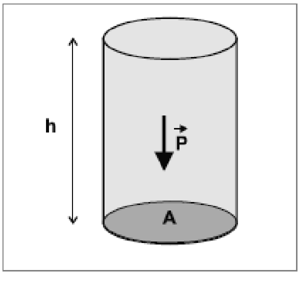


Figura 71 Pressão Hidrostática

$$\boldsymbol{P_L = d_L . g . h}$$

Observações:

1) Como podemos perceber na expressão deduzida nesta seção, a pressão exercida por um fluido não depende da área

da base do recipiente.

2) O valor da altura h deve ser medido em relação à superfície do fluido. Em uma piscina, por exemplo, quanto mais fundo mergulhamos, maior o valor de h e, portanto, maior a pressão exercida pela água.

3) Chamamos de pressão atmosférica à pressão exercida pelo ar atmosférico. É fácil de se perceber que, ao nível do mar, a coluna de ar sobre as nossas cabeças é maior do que no alto de uma montanha. Assim, a pressão atmosférica em uma cidade litorânea é maior do que em uma cidade que se localiza no alto de uma serra, por exemplo.

4.4. Teorema de Stevin

A figura abaixo está representando um recipiente contendo um líquido homogêneo e dois pontos no interior deste líquido.

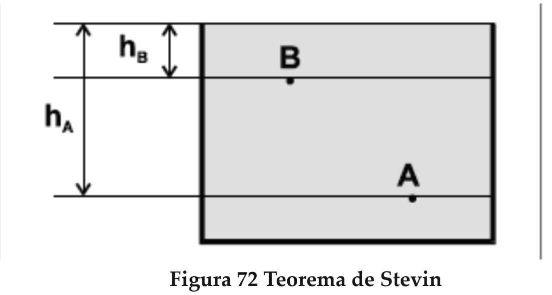


Figura 72 Teorema de Stevin

O ponto A está localizado a uma profundidade maior. Logo, a pressão neste ponto será maior do que em B. Essas pressões podem ser calculadas da seguinte forma:

$$\boldsymbol{P_A = d_L . g . h_A}$$
$$\boldsymbol{P_B = d_L . g . h_B}$$

A diferença de pressão entre os pontos A e B é, portanto:

$$\boldsymbol{P_A - P_B = d_L . g . h_A - d_L . g . h_B = d_L . g . (h_A - h_B}$$

"A diferença de pressão entre dois pontos em um fluido é proporcional à diferença de profundidade entre esses pontos."

Observação: A partir da análise deste teorema, podemos concluir que se dois ou mais pontos estiverem alinhados horizontalmente (mesma profundidade) em um mesmo fluido, as suas pressões serão iguais.

4.5. Experiência de Torricelli

O físico italiano Evangelista Torricelli, baseando-se no teorema de Stevin, preparou uma experiência muito simples com o objetivo de calcular a pressão atmosférica. A figura seguinte mostra um esquema simplifica do de seu experimento.

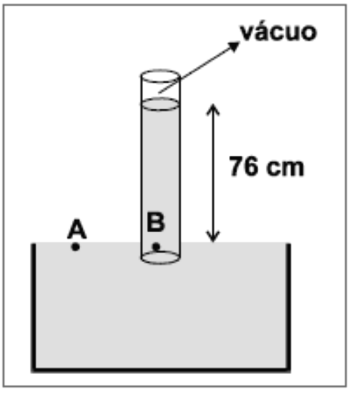


Figura 73 Experiência de Torricelli

Enchendo o tubo de mercúrio, Torricelli o introduziu, com a abertura voltada para baixo, na bacia que estava parcialmente preenchida de mercúrio. Ao ser atingida a configuração de equilíbrio, havia, dentro do tubo, uma coluna de 76 centímetros de mercúrio acima do nível do mercúrio na bacia. Torricelli concluiu que a pressão exercida pelos 76 cm de mercúrio era igual à pressão atmosférica, uma vez que os pontos A e B da figura anterior estão alinhados horizontalmente e pertencem a um mesmo fluido. Com isso, estava definida a unidade de pressão chamada de centímetro de mercúrio.

Observação: A princípio, esta experiência pode ser feita com qualquer líquido. Se repetirmos todo o processo utilizando água, iremos encontrar uma coluna de cerca de 10 metros! A vantagem de se utilizar o mercúrio é que este possui uma densidade muito elevada (13,6 g/cm^3).

4.6. Princípio de Pascal

Pascal descobriu que a variação de pressão em um ponto de um fluido qualquer é transmitida integralmente a todos os outros pontos deste fluido. Como se pode observar, esta conclusão também é uma consequência do teorema de Stevin.

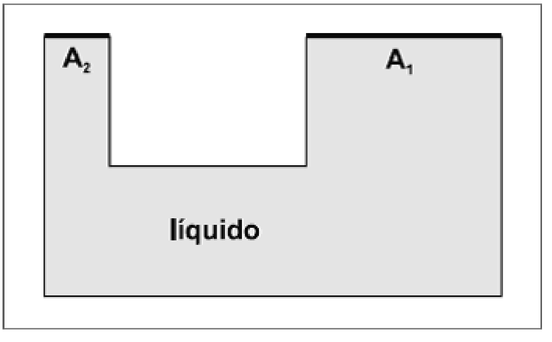


Figura 74 Princípio de Pascal

Quando você vai a um posto de gasolina e o carro tem que ser levantado, a máquina utilizada para tal fim (chamada de Prensa Hidráulica) funciona com base no princípio de Pascal. Esta máquina consiste em um tubo em forma de 'U' onde existe um líquido homogêneo e incompressível. As extremidades deste tubo possuem secções retas diferentes e estão lacradas por êmbolos móveis. Imagine um corpo de massa M_1 sobre o êmbolo maior. Devido ao seu peso, este corpo faz com que os pontos próximos ao êmbolo fiquem sujeitos a um aumento de pressão ΔP_1.

De acordo com princípio de Pascal, este acréscimo de pressão deve ser transmitido a todos os outros pontos do líquido. Dessa forma, os pontos próximos ao êmbolo menor verificarão um aumento igual na pressão . Porém, como a área deste êmbolo é menor, a força necessária para se produzir o equilíbrio também é menor.

$$\Delta \boldsymbol{P_1} = \Delta \boldsymbol{P_2} = \frac{\boldsymbol{F_1}}{\boldsymbol{A_1}} = \frac{\boldsymbol{F_2}}{\boldsymbol{A_2}}$$

Este dispositivo pode ser utilizado em qualquer ação em que seja necessária a multiplicação de uma força. Normalmente, um ser humano não consegue elevar um automóvel através da aplicação direta de uma força. Com o auxílio da prensa hidráulica, é possível que uma pessoa aplique uma força de pequena intensidade no êmbolo pequeno que, ao ser transmitida pelo líquido, é aumentada consideravelmente.

4.7. Princípio de Arquimedes

Quando mergulhamos uma bola de plástico em uma piscina, temos a sensação de que a água aplica, na bola, uma força vertical para cima no sentido de impedir a imersão. Esta força que sentimos é a mesma que nos faz boiar e que sustenta um navio no mar e um avião no ar. Chamaremos esta força de EMPUXO (**E)**. Conta a lenda que Arquimedes ao entrar em uma banheira completamente cheia de água percebeu que o volume de água que entornava (chamado de volume deslocado) era igual ao volume de seu corpo que entrava na banheira.

$$E = \boldsymbol{P_{Fluido\ deslocado}} = \boldsymbol{m_{Fluido\ deslocado} \cdot g}$$

Como:

$$\boldsymbol{d = \frac{m}{V} \rightarrow m_{Fluido\ deslocado} = d_{Fluido} \cdot V_{Fluido\ deslocado}}$$

Então:

$$\boldsymbol{E = d_{Fluido} = V_{Fluido\ deslocado} \cdot g}$$

Observação: A existência da força de Empuxo está relacionada com este volume deslocado. Segundo o princípio de Arquimedes: “Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido recebe deste uma força vertical para cima que tem intensidade igual ao peso do fluido deslocado por este corpo”. Veja:

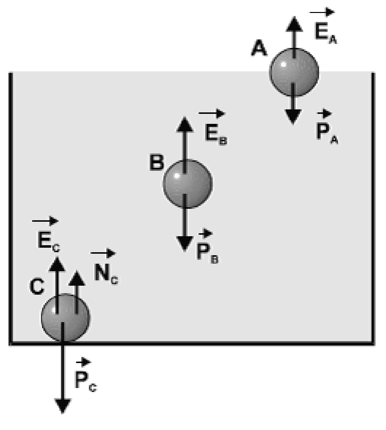


Figura 75 Princípio de Arquimedes

Observação: Um corpo sólido introduzido em um fluido, dependendo de sua densidade, pode apresentar uma das seguintes configurações: Na situação **A**, o corpo permanece parcialmente imerso no fluido. Isso acontece quando a densidade do corpo é menor do que a densidade do fluido. Neste caso, o empuxo aplicado pelo fluido é igual, em módulo, ao peso do corpo. Na situação **B**, o corpo fica em equilíbrio no interior do fluido, totalmente imerso. Dizemos que a densidade do corpo é igual à do fluido. Também neste caso, o empuxo aplicado pelo fluido tem a mesma intensidade do peso do corpo. Na situação **C**, o corpo possui uma densidade maior do que a do fluido e, por isso, se dirige para o fundo do recipiente. O empuxo aplicado pelo fluido não é suficiente para equilibrar o peso do corpo. Podemos perceber que, devido ao contato entre o corpo e o recipiente, há a aplicação de uma força normal sobre o corpo.

Aplicação

A construção de canoas na Comunidade Pataxó vem sendo realizada desde a década de 50, com o intuito da navegação para a pesca como forma de sustento das famílias. Décadas atrás a pesca era mais frequente nos rio, porem hoje é mais comum no mar. As canoas que navegavam no rio poderiam ter no máximo 4m de extensão, diferentemente das que navegam no mar, que tem extensão de 5m a 7m, com capacidade para no máximo 03 pessoas.

Figura 76 Índios Pataxós Pescando

Observação: Podemos representar através dessa figura, o princípio de Arquimedes e o conceito de densidade do corpo.

(01) O disco na coluna vertebral pode suportar uma pressão média de 11,0N/mm² antes de romper. Considerando-se que a seção transversal de um disco é, aproximadamente, igual 9,8cm², pode-se afirmar que a intensidade da força máxima suportada, imediatamente, antes que a ruptura ocorra, em kN, é igual a

a) 12,43

b) 11,2

c) 10,78

d) 9,75

e) 8,84

Resposta: c

(02) Hipócrates, o pai da medicina, descreveu o glaucoma. O físico Anders Celsius acreditava que essa doença era provocada por falha do cristalino e, por causa disso, muitas cirurgias foram realizadas. O oftalmologista William Mackenzie foi o primeiro a afirmar que o glaucoma era resultante do aumento da pressão no interior do globo ocular. Atualmente, sabe-se que nem sempre o paciente com glaucoma tem pressão ocular acima de 21,0mmHg. Além da pressão, é importante saber as condições do nervo óptico para definir o diagnóstico. Sabendo-se que a densidade do mercúrio é $13{,}6 g/cm^3$ e considerando-se o módulo da aceleração da gravidade como sendo $10 m/s^2$, a força aplicada a cada um milímetro quadrado de área no interior do globo ocular de um paciente com pressão ocular de 22,0mmHg é, no SI, aproximadamente,

a) $1{,}8 \cdot 10^{-1}$

b) $2{,}1 \cdot 10^{-2}$

c) $2{,}5 \cdot 10^{-2}$

d) 3,0. 10^{-3}

e) 3,6. 10^{-3}

Resposta: d

(03) No trabalho cotidiano do médico no município de Porto Seguro, as pressões são frequentemente medidas em unidades de mm de água porque, tipicamente, os fluidos corpóreos têm a mesma densidade que a água. Considerando-se que um tubo oco é inserido na coluna vertebral de um paciente, que o fluido subiu até uma altura de 160 mm e as densidades da água e do mercúrio são iguais, respectivamente, a 1,0g/cm^3 e 13,6g/cm^3, a altura correspondente que o mercúrio subiria, em mm, é aproximadamente igual a:

a) 11,4

b) 11,5

c) 11,6

d) 11,7

e) 11,8

Resposta: e

(04) O organismo humano pode ser submetido à pressão de, no máximo $4,0.10^5$ N/m², sem consequências prejudiciais à saúde. Considerando-se a pressão atmosférica igual a 1.10^5 N/m², conclui-se que, nessas condições, a máxima profundidade recomendada a um mergulhador no mar de Porto Seguro é igual, em m, a:

a) 20

b) 25

c) 30

d) 35

e) 40

Resposta: c

(05) A Terra está envolta por uma camada de fluido gasoso, a atmosfera, que é atraída devido à gravidade que exerce sobre a superfície terrestre e sobre todos os corpos existentes nessa superfície uma pressão atmosférica, em que 1,0atm é igual a 10^5Pa. Considerando-se que a pressão no fundo de um lago é 1,8atm, em um local em que o módulo da aceleração da gravidade é igual a 10m/s², e a densidade da água é 1,0 g/cm³, conclui-se que a profundidade do lago, em m, é igual a:

a) 5,0

b) 6,0

c) 7,0

d) 8,0

e) 9,0

Resposta: d

(06) Tratando-se dos conhecimentos sobre a hidrostática, analise as afirmativas e marque com **V** as verdadeiras e com **F**, as falsas.

( ) O princípio de Arquimedes é formulado a partir da lei de Stevin.

( ) Um manômetro de mercúrio é uma aplicação do princípio de Pascal.

( ) O funcionamento de uma prensa hidráulica é alicerçado pelo princípio de Pascal.

( ) A razão entre o volume imerso do iceberg e o seu volume total é igual à razão entre a densidade da água do mar e a densidade do gelo.

A alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo, é a:

A) V F F V

B) F V V F

C) V V V F

D) V V F V

E) F V V V

Resposta: c

(07) Com base nos conhecimentos sobre a hidrostática, é correto afirmar:

a) Um objeto completamente submerso em um líquido, com a massa específica e a temperatura constante, sofre a ação de um empuxo que independe da profundidade do objeto.

b) O princípio de funcionamento de uma prensa hidráulica é fundamentado pelo princípio de Arquimedes e de Stevin.

c) A pressão sobre uma área deve-se à resultante das forças tangenciais e das normais que atuam sobre a superfície.

d) A densidade relativa e a massa específica são grandezas escalares equivalentes.

Resposta: a

(08) Os fluídos desempenham papel fundamental em muitos aspectos da vida cotidiana. Bebe-se, respira-se e nada-se em fluidos, os aviões voam através deles e as canoas flutuam sobre eles.

Considerando-se um vaso cilíndrico cheio de um líquido homogêneo de densidade é correto afirmar:

A) Um corpo parcialmente imerso nesse líquido sofre uma força de baixo para cima igual ao peso do volume do líquido deslocado pelo corpo, denominada de empuxo.

B) A pressão que a atmosfera, exerce é denominada de pressão atmosférica e seu valor aumenta com a altitude.

C) A pressão em uma profundidade h desse líquido é diferente em cada ponto dessa superfície.

D) Quanto maior for a densidade do líquido, maior será a parte do corpo submersa.

E) A pressão e a força são grandezas escalares.

Resposta: a

(09) Um pedaço de gelo flutua em equilíbrio térmico com uma certa quantidade de água depositada em um balde. À medida que o gelo derrete, podemos afirmar que:

a) o nível da água no balde aumenta, pois haverá uma queda de temperatura da água.

b) o nível da água no balde diminui, pois haverá uma queda de temperatura da água.

c) o nível da água no balde aumenta, pois a densidade da água é maior que a densidade do gelo.

d) o nível da água no balde diminui, pois a densidade da água é maior que a densidade do gelo.

e) o nível da água no balde não se altera.

Resposta: e

(10) Duas esferas de volumes iguais e densidades d_1 e d_2 são colocadas num recipiente contendo um líquido de densidade d. A esfera 1 flutua e a esfera 2 afunda, como mostra a figura a seguir. Qual das relações entre as densidades é verdadeira?

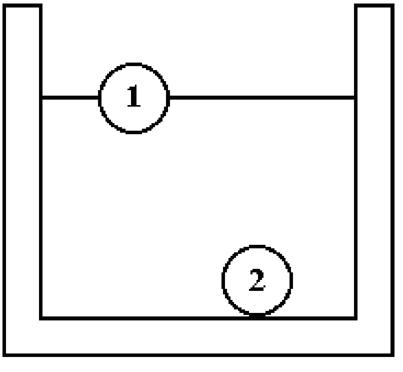


Figura 77 Flutuação de Esferas

a) $d_2 > d_1 > d$

b) $d_1 > d_2 > d$

c) $d_2 > d > d_1$

d) $d > d_2 > d_1$

e) $d_1 > d > d_2$

Resposta: c

Aprenda Brincando

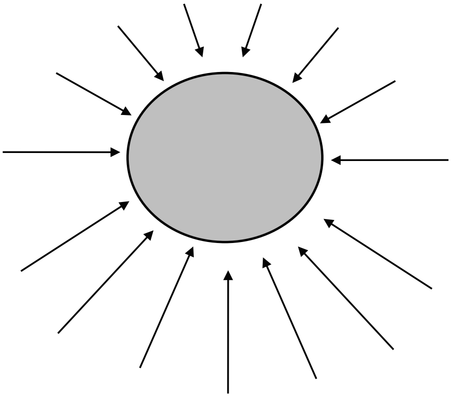
Objetivos

- Mostrar que um fluido exerce uma força sobre um sólido mergulhado nele, dirigida para cima.
- Mostrar que essa força só depende de fluido e do volume imerso

Material

Item	Descrição	Quantidade
01	Béquer	02
02	Dinamômetro	01
03	Álcool	100 ml
04	Haste suporte	01
05	Empuxômetro	01
06	Cilindros de matérias diferentes	03

Introdução



Forças exercidas pelo fluído em repouso sobre um corpo imerso Empuxo = Resultante das Forças

Figura 78 Exemplo de Empuxo

Quando um corpo está mergulhado em um fluido ele fica sujeito a forças exercidas pelo fluido sobre sua superfície. Como a pressão em cada ponto depende da profundidade, as forças normais à superfície do corpo serão diferentes, mais intensas nos pontos mais profundos. Logo, a resultante das forças exercidas pelo fluido sobre o corpo será vertical e dirigida para cima. A essa força dá-se o nome de EMPUXO.

Procedimento - 1ª Parte:

a) Meça o peso dos cilindros no ar (peso real) e anote na tabela abaixo.

b) Meça o peso dos cilindros na água, mergulhados totalmente (peso aparente). Anote na tabela.

c) Determinar a diferença entre o peso real e o peso aparente e complete a tabela.

d)

Cilindro	No ar Peso Real	Na água Peso Aparente	Diferença Peso Real – Peso/Ap.
Madeira			
Alumínio			
Latão			

a) Faça um diagrama representando as forças que atuam no cilindro quando este está dentro e fora d’água.

a) O empuxo depende do material que é feito o cilindro?

____

____.

Observe o diagrama de forças ao lado. No equilíbrio temos:

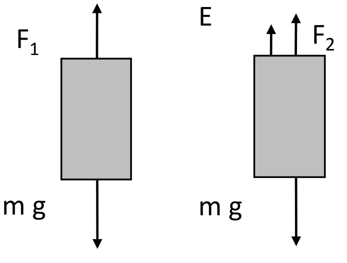
F_1 = mg = peso real

$F_2 = mg - E =$ peso aparente

Logo

$E = mg - F_2 = F_1 - F_2$

E = peso real - peso aparente.



Importante:

Observar que todos os cilindros sofreram o mesmo empuxo quando mergulhados em água, porque têm o mesmo volume.

b) Repita a operação mergulhando os cilindros em álcool.

Cilindro	No ar Peso Real	No álcool Peso Aparente	Empuxo Peso Real - Peso Ap
Madeira			
Alumínio			
Latão			

c) O empuxo ainda é igual em todos os cilindros?

____.

d) Compare o empuxo encontrado com o valor obtido quando os cilindros estavam mergulhados em água.

____

____.

e) O que também influi no empuxo além do volume do cilindro ____.

Conclusões

O empuxo não depende do material de que é feito cada cilindro e nem da massa do cilindro.

O empuxo depende do fluido em que os cilindros foram mergulhados.

Procedimento - 2ª Parte:

Objetivo

- Mostrar que o empuxo é igual ao peso do fluido deslocado.

a) Observe que o volume do cilindro é igual ao volume interno do copinho.

b) Pendure no dinamômetro o copinho e o cilindro como mostra a figura .

c) Anote o peso indicado pelo dinamômetro na tabela abaixo.

d) Mergulhe o cilindro totalmente em água e anote novamente a leitura no dinamômetro.

e) Calcule o empuxo.

f) Mantendo o cilindro mergulhado, encha o copinho de água. Anote a indicação do dinamômetro.

g) Calcule o peso da água colocada no copinho.

LEITURA DO DINAMÔMETRO	
Conjunto no ar	
c/ o cilindro imerso	Empuxo =
c/ água no copinho	Peso da água =

Quando mergulhou o cilindro dentro d'água o que aconteceu com a leitura do dinamômetro?

____.

Quando acrescentou água no copinho o que ocorreu?

____

Na figura ao lado, temos que, no equilíbrio:

$F_1 = m_c g + mg$
$F_2 = m_c g + mg - E$

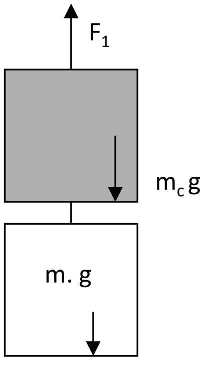
$F_3 = (m_c + m_a)g = mg - E.$

Observa-se que

$F_3 = F_1$

$m_c g + m_a g + mg - E = m_c g + mg$

$m_a g - E = 0 \therefore E = m_a g$



Importante: Observar que, ao encher o copinho com água, a leitura no dinamômetro voltou a ser a mesma leitura inicial. Lembrar que o volume de água no copinho é igual ao volume de água deslocado pelo cilindro quando imerso.

Conclusões

O empuxo é igual ao peso da água colocada no copinho.

O peso de água no copinho é igual ao peso da água deslocada pelo cilindro no interior do béquer.

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	***PORTANTO, O EMPUXO É IGUAL AO PESO DO FLUIDO DESLOCADO PELO CORPO IMERSO.***

Sendo d_a a densidade do fluido, V_a o volume de fluido deslocado e g a aceleração da gravidade temos $m_a = d_a V_a$

Podemos Escrever	$\mathbf{E = d_a V_a g}$

5. GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Gravitação Universal

Introdução

Estudaremos as leis que regem o movimento dos planetas, dos satélites e dos sistemas solares. Com este estudo, poderemos entender um pouco mais a respeito do universo que nos cerca e seremos capazes de compreender as relações básicas entre as grandezas que estão relacionadas com a Gravitação Universal. Desde os tempos mais remotos, o homem tenta compreender o universo. No início, acreditou-se que o Sol e a Lua eram deuses.

Mais tarde, houve uma teoria (chamada Geocêntrica) em que a Terra era o centro do universo e todos os corpos celestes giravam em torno dela. Já há algum tempo, acreditamos no modelo Heliocêntrico, onde é a Terra (junto com os outros oito planetas) que gira em torno do Sol. No entanto, como já vimos no início, os dois modelos são válidos, dependendo do referencial adotado.

Vamos trabalhar, a partir de agora, com as Leis de Kepler e com a Lei de Newton para a gravitação e suas consequências.

5.1. Leis de Kepler

5.1.2. Primeira Lei de Kepler: Lei das órbitas

"Os planetas giram ao redor do Sol com órbitas elípticas, sendo que o Sol ocupa um dos focos dessa elipse."

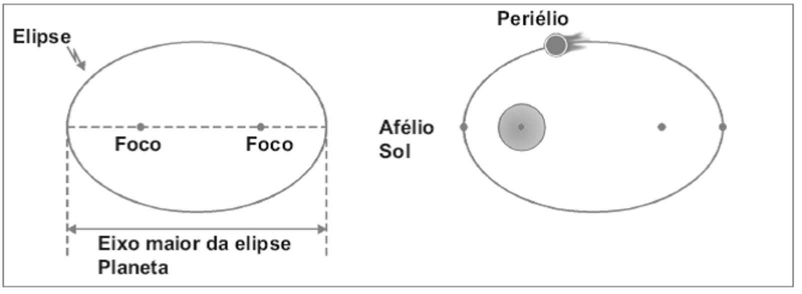


Figura 79 Leis de Kepler

Essa lei mostra apenas a forma da órbita e é válida não só para o movimento dos planetas em torno do Sol. Se estivermos estudando o movimento de translação da Lua, a sua órbita será, também, uma elipse e a Terra ocupará um dos focos dessa elipse. A principal consequência dessa lei é mostrar que a distância entre o Sol e um planeta não é constante. No caso particular da Terra, há uma época do ano em que estamos mais próximos do Sol e, em outro período, estamos mais afastados do Sol. A posição de maior aproximação do Sol chama-se PERIÉLIO e a de maior afastamento, AFÉLIO. Ao contrário do que parece para muitas pessoas, não é esta variação de distância que provoca as estações do ano.

5.1.3. Segunda Lei de Kepler: Lei das Áreas

"A linha imaginária que liga um planeta ao Sol descreve áreas iguais em tempos iguais."

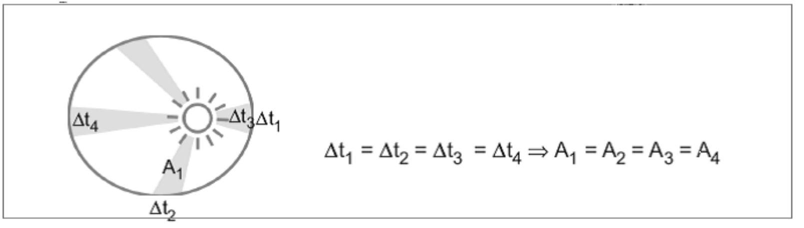


Figura 80 Lei das áreas

Note que, para que a área percorrida seja igual nas duas regiões da figura anterior, é necessário que a distância percorrida seja maior na região do periélio do que na região do afélio. Como o tempo gasto nas suas regiões é o mesmo, podemos concluir que a velocidade de um planeta é maior quando ele está mais próximo do Sol.

5.1.3. Terceira Lei de Kepler: Lei dos Períodos

"Para um mesmo sistema orbital, o quadrado do período de translação de um planeta é proporcional ao cubo de sua distância média ao Sol."

$$T^2 = k.R^3$$

Dessa lei tiramos a conclusão de que, quanto mais afastado do Sol um planeta estiver, maior será o tempo por ele gasto para completar uma volta. Assim, o planeta que possui o menor período de translação no sistema solar é Mercúrio (cerca de 88 dias terrestres).

5.2. Lei da Gravitação Universal

No mesmo ano em que descobriu as três leis do movimento que levam o seu nome, o inglês Isaac Newton também conseguiu unificar os movimentos do céu e da terra através da sua lei da gravitação universal. Vamos imaginar dois corpos (dois planetas, por exemplo) cujas massas são M_1 e M_2 e cujos centros geométricos estão separados por uma distância r, de acordo com a figura 81.

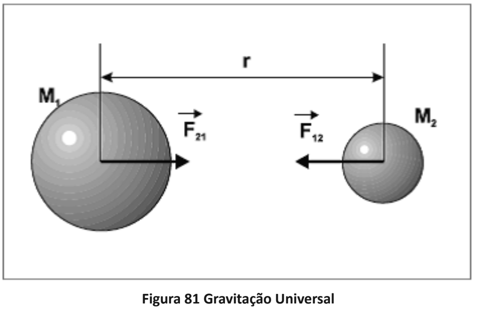


Figura 81 Gravitação Universal

Newton conseguiu demonstrar que estes corpos irão se atrair gravitacionalmente com uma força cuja intensidade é diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros. A expressão matemática desta lei é:

$$\vec{F}_G = G.\frac{M_1.M_2}{r^2}$$

Onde G é a constante universal de gravitação e vale: **G = 6,67 x 10^{-11} N.m^2/kg^2.** Quando estamos estudando a atração que a Terra exerce sobre a Lua ou a atração que o Sol exerce sobre Júpiter, podemos perceber que estas forças possuem valores elevados pelo fato de as massas serem muito grandes. Porém, mesmo para pequenas massas (duas maçãs, por exemplo) há a ação de uma força gravitacional. Neste caso, a intensidade da força é muito pequena e, por isso, não conseguimos percebê-la.

5.3. Aceleração da Gravidade

Anteriormente, estudamos os lançamentos próximos à superfície da Terra, onde consideramos que a aceleração da gravidade era constante. Veremos, nesta seção, que a intensidade da aceleração da gravidade em um ponto depende da distância entre o ponto considerado e o centro da Terra. Vamos imaginar que um corpo de massa m seja colocado em um ponto dentro do campo gravitacional terrestre. Haverá uma força de atração gravitacional entre este corpo e a Terra.

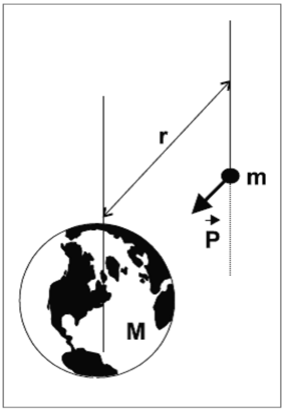


Figura 82 Aceleração da Gravidade

Essa atração é chamada de força Peso.

$$\vec{F}_G = \vec{P}$$

$$G.\frac{M_1.m}{r^2} = m.g$$

$$g = G.\frac{M_1.}{r^2}$$

Assim, desta expressão, podemos perceber que a aceleração da gravidade depende da massa do planeta que estamos estudando (no caso, a Terra) e a distância entre o ponto considerado e o centro deste planeta. Note que a aceleração da gravidade não depende da massa m do corpo.

Observação: Imagine um corpo localizado na superfície da Terra. A aceleração da gravidade que atua sobre este corpo depende da latitude em que ele está. A menor aceleração da gravidade ocorre na linha do equador e a maior, nos pólos.

5.4. Movimento Orbital

Vamos considerar um satélite de massa m que se movimenta em uma órbita quase circular em torno da Terra. Para este satélite, podemos dizer que a força gravitacional funciona como força centrípeta, pois em todos os instantes de tempo ela altera a direção do vetor velocidade. Para o satélite, podemos escrever:

$$\boldsymbol{F_C = F_G \rightarrow m.\frac{V^2}{r} = G.\frac{M.m}{r^2} \Rightarrow V = \sqrt{G\frac{M}{r}}}$$

Esta é a relação entre a velocidade que o satélite deve possuir e a sua respectiva distância ao centro do planeta. Podemos concluir que quanto mais próximo da superfície do planeta for a órbita do satélite, maior deve ser a sua velocidade para que ele continue em órbita. A conclusão a que chegamos é válida também para o caso dos planetas que orbitam em torno do Sol.

O planeta de maior velocidade orbital é Mercúrio. Isto, aliado ao fato de Mercúrio percorrer a menor distância no espaço durante uma volta, faz com que ele possua o menor período de translação.

Outra observação interessante diz respeito à idéia comumente aceita de que *"não existe gravidade em uma órbita" ou "um astronauta em órbita em torno da Terra não possui peso"* .

De acordo com a Lei da Inércia (1ª Lei de Newton), se não houvesse uma força gravitacional, o satélite (e o astronauta) não estariam descrevendo uma órbita. Qual o motivo, então, da sensação de ausência de gravidade? Neste ponto, Isaac Newton demonstrou toda a sua genialidade. Imagine uma montanha tão alta que atinja pontos fora dos limites da atmosfera terrestre. Se lançarmos um objeto do alto dessa montanha, ele irá descrever uma movimento parabólico e, após um certo tempo, chegar ao solo.

A distância (medida na superfície da Terra) entre o ponto de lançamento e o ponto onde o objeto tocou o solo chama-se alcance. Se aumentarmos a velocidade de lançamento, o alcance também irá aumentar.

Pense, agora, que vamos arremessar o objeto com uma velocidade grande o suficiente para colocá-lo em órbita. Como o objeto não toca mais o solo, diremos que o alcance é infinito. Porém, a força responsável pela queda livre é a mesma que mantém a órbita. Newton concluiu que o movimento orbital é uma queda livre, ou seja, um astronauta em órbita está "caindo" no campo gravitacional terrestre juntamente com a sua nave. Como ambos estão caindo, a nave não consegue fornecer a noção de sustentação (não aplica uma força normal ao astronauta), dando-lhe a sensação da ausência de peso.

5.5. Velocidade de Escape

Para o caso simples do escape de um único corpo, a velocidade de escape é tal que a correspondente energia cinética é igual a menos a energia potencial gravitacional. Isto por que a energia cinética positiva é necessária para aumentar o potencial gravitacional negativo para zero, que é o caso para um objeto a distância infinita.

$$\frac{1}{2}.m.V_e^2 = G.\frac{M.m}{r} \Rightarrow V_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{\frac{2\mu}{r}} = \sqrt{2gr}$$

Onde v_e é a velocidade de escape, G é a constante gravitacional, M é a massa do corpo do qual se está escapando, m é a massa do corpo que está escapando, g é a aceleração da gravidade, e r é a distância entre o centro do corpo e o ponto no qual a velocidade de escape está sendo calculada, e μ é o parâmetro gravitacional padrão.

Aplicação

(01) ***…. nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol.***

(Galileu Galilei)

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões como a citada por Galileu, que se refere ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários. **Analise:**

I. A lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol;

II. Na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade que o planeta desenvolve em sua translação em torno do Sol;

III. A lei das órbitas trata da heliocentricidade do sistema solar.

Está correto o contido em:

a) III, apenas.

b) I e II, apenas.

c) I e III, apenas.

d) II e III, apenas.

e) I, II e III.

Resposta: e

(02) O astronauta Neil Armstrong foi o primeiro homem a pisar na superfície da Lua, em 1969. Na ocasião, realizou uma experiência que consistia em largar, ao mesmo tempo e a partir do repouso, um martelo e uma pena, deixando-os cair sobre a superfície lunar, e observou que o(s):

a) martelo caiu e a pena subiu.

b) martelo caiu mais rápido do que a pena.

c) dois corpos ficaram flutuando em repouso.

d) dois corpos tocaram o solo lunar ao mesmo tempo.

e) dois corpos começaram a subir, afastando-se da superfície lunar.

Resposta: d

(03) As telecomunicações atuais dependem progressivamente do uso de satélites geo-estacionários. A respeito desses satélites, é correto dizer que:

Seus planos orbitais podem ser quaisquer;

Todos se encontram à mesma altura em relação ao nível do mar;

A altura em relação ao nível do mar depende da massa do satélite;

Os que servem os países do hemisfério norte estão verticalmente acima do pólo norte;

Se mantêm no espaço devido à energia solar.

Resposta: b

(04) É oficial: Plutão foi rebaixado. A partir de agora, o sistema

solar é composto por oito planetas (de Mercúrio a Netuno), por planetas anões (incluindo Plutão) e por corpos pequenos (asteróides, cometas). A decisão saiu da Assembléia Geral da União Astronômica Internacional (IAU), realizada em Praga, capital da República Checa. Os astrônomos seguirão trabalhando para classificar os casos duvidosos entre as categorias de «planeta anão» e «corpo pequeno do sistema solar». Dois corpos celestes do sistema solar que tinham sido cotados para promoção a planetas, o asteróide Ceres e o planetóide 2003 UB313, de codinome Xena, ganham a condição de "planeta anão".

Com base no texto, é correto afirmar:

a) A partir de agora, o sistema solar é composto exclusivamente por oito planetas;

b) O planetóide 2003 UB313 pertence ao sistema solar e foi classificado como "planeta anão";

c) A decisão de excluir Plutão do sistema solar foi tomada pela União Astronômica Internacional (IAU);

d) Corpos pequenos como asteróides e cometas serão agora classificados como "anões";

e) Os asteróides Ceres e o planetóide 2003 UB313 foram promovidos a planetas.

Resposta: b

(05) Três satélites – **I**, **II** e **III** – movem-se em órbitas circulares ao redor da Terra.

O satélite **I** tem massa m e os satélites **II** e **III** têm, cada um, massa $2m$.

Os satélites **I** e **II** estão em uma mesma órbita de raio r e o raio da órbita do satélite **III** é $r/2$.

Nesta figura (fora de escala), está representada a posição de cada um desses três satélites:

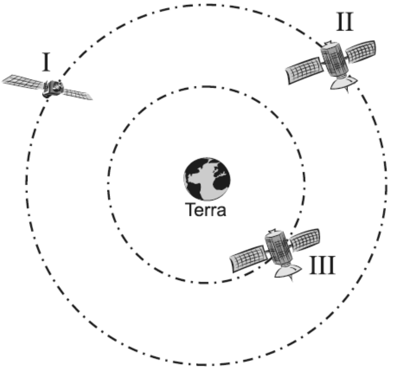


Figura 83 Satélites orbitam a Terra

Sejam F_I, F_{II} e F_{III} os módulos das forças gravitacionais da Terra sobre, respectivamente, os satélites **I**, **II** e **III**. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que

a) $F_I = F_{II} < F_{III}$.

b) $F_I = F_{II} > F_{III}$.

c) $F_I < F_{II} < F_{III}$.

d) $F_I < F_{II} = F_{III}$.

Resposta: c

(06) Neil Armstrong foi o primeiro terráqueo a pisar o solo de nosso satélite. Considere que o equipamento - traje espacial, capacete tubos de oxigênio, etc. - tenha uma massa de 60 kg.

Figura 84 Foto de Neil Armstrong

Sabe-se que a aceleração da gravidade lunar é aproximadamente 6 vezes menor que a aceleração da gravidade terrestre. Assim, o esforço feito pelo astronauta, na Lua, para sustentar esse equipamento de 60 kg foi equivalente ao que faria, aqui na Terra, para sustentar um equipamento de:

a) 0,36 kg

b) 0,60 kg

c) 10 kg

d) 50 kg

e) 60 kg

Resposta: c

(07) De acordo com as leis de Kepler, um planeta girando em torno do Sol...

a) Descreve órbitas circulares;

b) Tem velocidade linear constante;

c) É mais veloz ao passar pelo afélio;

d) É localizado por um raio vetor que varre áreas iguais em tempos iguais;

e) Possui período de revolução maior que outro planeta mais distante.

Resposta: d

(08) A melhor explicação para o fato de a Lua não cair sobre a Terra é que:

a) A gravidade terrestre não chega até a lua;

b) A lua gira em torno da terra;

c) A terra gira em torno do seu eixo;

d) A lua também é atraída pelo sol;

e) A gravidade da lua é menor que a da terra.

Resposta: b

(09) A respeito do sistema solar, é correto afirmar que:

a) A linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área proporcional ao tempo de varredura;

b) Os planetas descrevem órbitas circulares ao redor do Sol;

c) O cubo do período de um planeta é proporcional ao quadrado de uma distância ao Sol;

d) A linha imaginária que une os centros do Sol e de um planeta varre uma área inversamente proporcional ao tempo de varredura;

e) O quadrado do período de um planeta é inversamente proporcional ao cubo de sua distância ao Sol.

Resposta: a

(10) O Pequeno Príncipe, do livro de mesmo nome, de Antoine de Saint-Exupéry, vive em um asteroide pouco maior que esse personagem, que tem a altura de uma criança terrestre.

Em certo ponto desse asteróide, existe uma rosa, como ilustrado nesta figura:

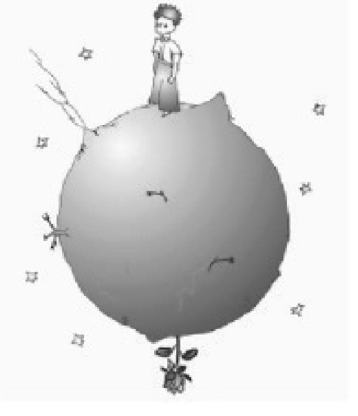


Figura 85 Ilustração o Pequeno Princípe de Antoine de Saint-Exupéry

Após observar essa figura, Júlia formula as seguintes hipóteses:

I. O Pequeno Príncipe não pode ficar de pé ao lado da rosa, porque o módulo da força gravitacional é menor que o módulo do peso do personagem.
II. Se a massa desse asteróide for igual à da Terra, uma pedra solta pelo Pequeno Príncipe chegará ao solo antes de uma que é solta na Terra, da mesma altura.
Analisando-se essas hipóteses, pode-se concluir que

a) Apenas a I está correta;

b) Apenas a II está correta;

c) As duas estão corretas;

d) Nenhuma das duas está correta.

Resposta: b

Aprenda Brincando

Objetivo

- Identificar os tipos de Eclipses que ocorrem na natureza.

Material Necessário

Item	Descrição	Quantidade
01	Bolinhas de isopor de 7 ou 8 cm de diâmetro	4
02	Bolinhas de isopor de 3cm	4
03	Globo de plástico ou bolinha de isopor com 15 cm	1
04	Folha de cartolina colorida	1
05	Pedaços de arame com cerca de 1m	4
06	Mesa ou quatro bases para fixação das hastes	1

A Terra gira ao redor do Sol num plano. Por exemplo, supondo que o Sol esteja no centro da face superior de uma mesa, a Terra se move em torno do Sol no nível desta superfície. Ao mesmo tempo a Lua gira em torno da Terra, mas o plano de órbita lunar é inclinado um pouco mais de 5º em relação à face da mesa (Figura 86).

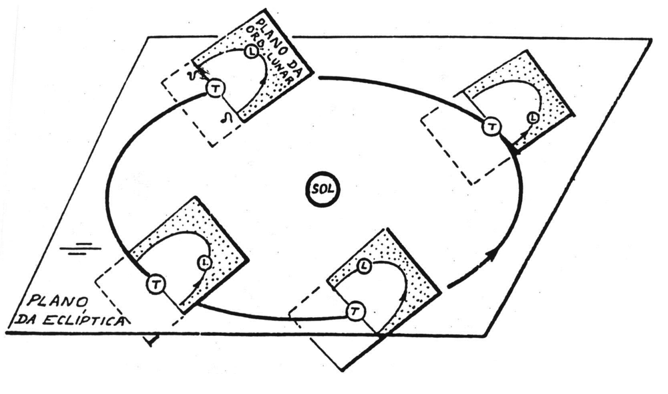


Figura 86 Movimento de Rotação Terrestre

Embora a Terra projete sempre a sua sombra no espaço não a percebemos porque geralmente a Lua passa acima ou abaixo da sombra. Assim, quando a Lua cruza o plano da órbita da Terra, ou seja, passa por um nodo, e além disso o Sol, a Lua e a Terra ficam alinhados, ocorre um eclipse lunar. Em outras palavras, os eclipses lunares ocorrem quando a Lua penetra no cone de sombra da Terra, o que só pode acontecer na fase de Lua cheia.

Quando a Lua cruza o plano da órbita da Terra, passa pelo outro nodo (υ), e, além disso, o Sol, a Lua e a Terra ficam alinhados, ocorre um eclipse solar. Os eclipses solares ocorrem quando a Lua interpõe-se entre o Sol e a Terra, isto é, quando está em fase de Lua nova. Um modelo para explicar os eclipses pode ser feito usando bolinhas de isopor para representação da Lua e do Sol e globinhos terrestres.

Como mostram as figuras abaixo, deve-se montar, cada globo terrestre em uma haste e em outra amarrar ou soldar um anel de arame que transpassa uma bolinha de isopor de 3 cm. As duas hastes devem estar fixadas em uma base. Cada uma das quatro bases devem ser colocadas em forma de cruz sobre uma mesa e fazendo com que o plano do anel fique inclinado com relação à mesa. O globo que representa o Sol deve ficar ao centro e, se necessário, apoiado sobre algo para mantê-lo à mesma altura dos globos terrestres. Os anéis que representam o plano de órbita lunar devem estar paralelos, ou seja, inclinados na mesma direção.

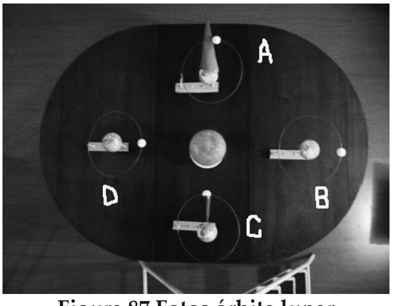


Figura 87 Fotos órbita lunar

Figura 88 Órbita da Terra em torno do Sol

Nas posições marcadas com as letras B e D não devem ocorrer eclipses. Isto se deve ao fato de que a Lua passa acima ou abaixo do alinhamento entre o Sol e a Terra como mostram as Figuras 89 e 90, referentes à posição B.

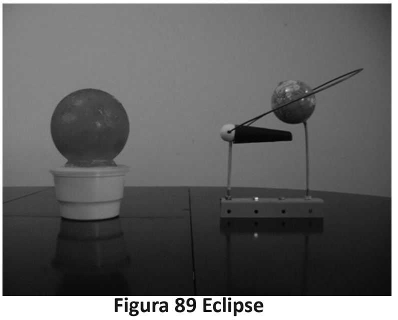


Figura 89 Eclipse

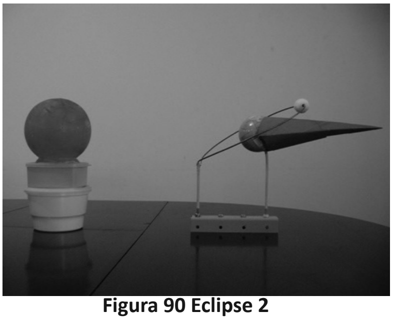


Figura 90 Eclipse 2

Contudo, nas posições A e C devem ocorrer eclipses. A Figura 91 mostra que quando o cone de sombra da Lua é projetado na Terra, temos um eclipse solar, na posição C. Certamente, ainda com a Terra na posição C, estando a Lua na posição diametralmente oposta, ocorreria um eclipse lunar. Contudo, isto é mostrado na Figura 92, referente à posição A, quando a Lua entra no cone de sombra da Terra temos um eclipse lunar.

Também estando a Terra nesta posição, estando a Lua na posição diametralmente oposta, ocorreria um eclipse solar.

Figura 91 Lua faz sombra na Terra

Figura 92 Lua faz sombra na Terra

Ainda estando a Terra na posição A, a Figura 93 mostra a Lua entrando na sombra da Terra, num eclipse lunar. A Figura 94 mostra o conjunto de perfil para evidenciar a inclinação dos arcos que representam a órbita da Lua bem como a inclinação do eixo da Terra, que também pode ser feito, entortando um pouco as hastes que seguram os globos terrestres.

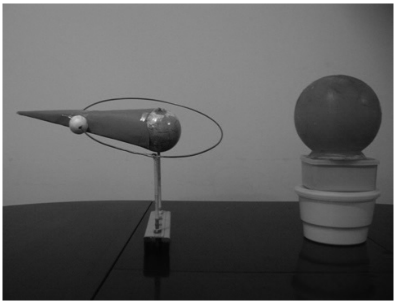


Figura 93 Órbita da Lua

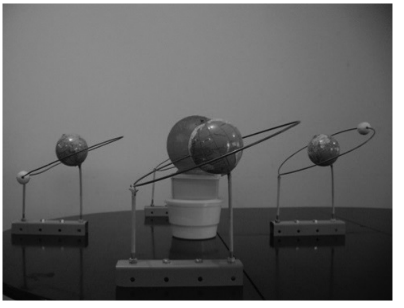


Figura 93 Órbita da Lua