



# Física I

*Adriano Willian da Silva*

*Angela Maria dos Santos*

*Ezequiel Burkarter*



**INSTITUTO FEDERAL  
PARANÁ**  
Educação a Distância

**Curitiba-PR  
2011**

**Presidência da República Federativa do Brasil**  
**Ministério da Educação**  
**Secretaria de Educação a Distância**

© INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA – PARANÁ –  
EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Este Caderno foi elaborado pelo Instituto Federal do Paraná para o Sistema Escola  
Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

Prof. Irineu Mario Colombo  
**Reitor**

Prof.ª Mara Christina Vilas Boas  
**Chefe de Gabinete**

Prof. Ezequiel Westphal  
**Pró-Reitoria de Ensino - PROENS**

Prof. Gilmar José Ferreira dos Santos  
**Pró-Reitoria de Administração - PROAD**

Prof. Paulo Tetuo Yamamoto  
**Pró-Reitoria de Extensão, Pesquisa e Inovação -  
PROEPI**

Prof.ª Neide Alves  
**Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas e Assuntos  
Estudantis - PROGEPE**

Prof. Carlos Alberto de Ávila  
**Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento  
Institucional - PROPLADI**

Prof. José Carlos Ciccarino  
**Diretor Geral de Educação a Distância**

Prof. Ricardo Herrera  
**Diretor de Planejamento e Administração EaD -  
IFPR**

Prof.ª Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado  
**Diretora de Ensino, Pesquisa e Extensão EaD -  
IFPR**

Prof.ª Cristina Maria Ayroza  
**Coordenadora Pedagógica de Educação a  
Distância**

Prof. Otávio Bezerra Sampaio  
Prof.ª Marisela García Hernández  
Prof.ª Adnira Selma Moreira da Silva Sandeski  
Prof. Helton Pacheco  
**Coordenadores do Curso**

Izabel Regina Bastos  
Patrícia Machado  
**Assistência Pedagógica**

Prof.ª Ester dos Santos Oliveira  
Prof. Jaime Machado Valente dos Santos  
**Revisão Editorial**

Prof.ª Rosangela de Oliveira  
**Análise Didática Metodológica - PROEJA**

Flávia Terezinha Vianna da Silva  
Eduardo Artigas Antoniácomi  
**Diagramação**

e-Tec/MEC  
**Projeto Gráfico**

**Catalogação na fonte pela Biblioteca do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia - Paraná**

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2010

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

## Aula 1 – Por que usamos determinadas medidas?

**O que é o tempo, a massa, o comprimento?**

**Tudo que nos rodeia depende de uma medida..... 13**

1.1 Introdução.....	13
1.2 Medidas.....	13
1.3 Comprimento.....	15
1.4 Massa .....	16
1.5 Tempo.....	16
1.6 Unidades Fundamentais e o Sistema Internacional de Unidades (S.I.).....	17

## Aula 2 – Centímetros, Quilômetros, milímetros?

**Por que são diferentes?**

**A vantagem de reconhecer os números e  
suas representações..... 21**

2.1 Prefixos e notação científica.....	21
2.2 Ordem de grandeza.....	23
2.3 Unidades derivadas.....	24

## Aula 3 – De que fatores depende a velocidade de um corpo?

..... 27

3.1 O movimento.....	27
3.2 Distância Percorrida e Deslocamento.....	27
3.3 Velocidade.....	29

## Aula 4 – Aceleração: Por que a diferença entre pisar no acelerador ou no freio é apenas uma questão de sinal?

..... 33

4.1 Variação da Velocidade.....	33
4.2 Calculando a Aceleração.....	33

## Aula 5 – O que é uma força? É possível que um objeto esteja em movimento sempre esteja sendo aplicada uma força sobre ele?

..... 37

5.1 Primeira Lei de Newton: Princípio da Inércia.....	37
5.2 Quando surgiu a Primeira Lei.....	37
5.3 Inércia.....	38

<b>Aula 6 – Um consolo: Sabia que ao acertar uma martelada em seu dedo, você está revidando com uma dedada no martelo? .....</b>	<b>41</b>
6.1 Terceira Lei de Newton.....	41
6.2 Caracterizando a terceira lei.....	42
<b>Aula 7 – Qual é o efeito da aplicação de uma força sobre um corpo? .....</b>	<b>45</b>
7.1 Segunda Lei de Newton.....	45
7.2 Equacionando a Segunda Lei.....	45
7.3 Aplicações da Segunda Lei.....	46
<b>Aula 8 – Por que quando um carro faz uma curva temos que nos segurar pra não cairmos na água? Por que nossos calçados gastam? .....</b>	<b>51</b>
8.1 Força Centrípeta.....	51
8.2 Força Tangencial.....	52
8.3 Forças de Atrito.....	52
8.4 Coeficiente de Atrito.....	53
<b>Aula 9 – Por que uma faca afiada corta melhor do que uma sem fio? .....</b>	<b>57</b>
9.1 Fluidos.....	57
9.2 Pressão .....	57
9.3 Pressão e Profundidade.....	59
9.4 Tensão Superficial.....	60
<b>Aula 10 – Por que é mais fácil boiar na água salgada do que na água doce? .....</b>	<b>63</b>
10.1 Densidade.....	63
10.2 Densidade e Flutuação.....	65
<b>Aula 11 – O ar pesa mais no pé ou no alto de uma montanha? .....</b>	<b>69</b>
11.1 Pressão Atmosférica .....	69
11.2 Primeira Medida da Pressão Atmosférica.....	69
11.3 Aplicações dos Resultados de Torricelli.....	70
11.4 Voltando à Pressão Atmosférica.....	73

<b>Aula 12 – Como a pressão pode ajudar a verificar se uma parede está nivelada?</b>	<b>75</b>
12.1 Pressão Manométrica	75
12.2 Vasos Comunicantes	77
<b>Aula 13 – Por que a nossa força é multiplicada em um macaco hidráulico?</b>	<b>81</b>
13.1 Variação de Pressão em Vasos Comunicantes	81
13.2 Princípio de Pascal e a Multiplicação de Uma Força	82
13.3 Algumas Aplicações do Princípio de Pascal	83
<b>Aula 14 – Por que os objetos parecem pesar menos na água?</b>	<b>87</b>
14.1 Diferença de Peso na Água	87
14.2 Princípio de Arquimedes	88
14.3 Relação Entre a Densidade do Fluido e o Empuxo	89
14.4 Equilíbrio de Um Navio	90
<b>Aula 15 – Por que os canos de água nas residências são mais finos que os canos do sistema de abastecimento de água da cidade?</b>	<b>93</b>
15.1 Movimento de Fluidos	93
15.2 Escoamento	93
15.3 Vazão e Equação da Continuidade	95
<b>Aula 16 – Como funciona um Spray?</b>	<b>99</b>
16.1 Equação de Bernoulli	99
16.2 Aplicações da Equação de Bernoulli	100
16.3 Escoamento Viscoso	101
<b>Aula 17 – Você trabalha...uma máquina trabalha... fisicamente, o que é trabalho?</b>	<b>105</b>
17.1 Introdução	105
17.2 Representação Matemática	107
17.3 Trabalho de Força Variável	108
<b>Aula 18 – Um motor potente faz um barco mais veloz em menos tempo. Você sabe a definição de potência?</b>	<b>111</b>
18.1 Introdução	111
18.2 Potência	111
18.3 O quilowatthora	113

<b>Aula 19 – Você sabia que tudo ao nosso redor é transformado?</b>	
<b>Energia, o que significa?.....</b>	<b>117</b>
19.1 Energia Cinética.....	117
19.2 Energia Potencial Gravitacional.....	119
19.3 Energia Potencial Elástica.....	120
<b>Aula 20 – “ Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” (Lavoaiser) .....</b>	<b>125</b>
20.1 Introdução.....	125
20.2 Energia Mecânica.....	125
<b>Referências.....</b>	<b>131</b>
<b>Atividades autoinstrutivas.....</b>	<b>137</b>
<b>Currículo dos professores-autores.....</b>	<b>155</b>

# Palavra dos professores-autores

A Física é tida por muitas pessoas como uma ciência de muito difícil compreensão. Baseiam-se no fato de que a linguagem utilizada por ela é a matemática e é fundamentada no raciocínio abstrato. No entanto, ao nos depararmos com a história do Homem percebemos que ao longo de sua existência na face da Terra, diversas questões permearam o pensamento humano que levaram ao nascimento da Física.

Algumas questões estão ligadas ao comportamento de fenômenos naturais como as fases da Lua, da origem das marés ou dos ciclos de chuva. Outras questões tratavam de temas do tipo: como é possível levarmos água para irrigar uma plantação? Como deslocar uma enorme pedra para construção de uma casa? Como diminuir o tempo de viagem de um vilarejo a outro? A resposta para estas questões nos leva a um fenômeno muito importante, o movimento!

De maneira geral o estudo dos movimentos levou ao estabelecimento de campos do conhecimento físico, que hoje chamamos de ramos da Física. Neste livro abordaremos alguns desses conhecimentos, tendo sempre como ponto de partida o conceito de movimento. Assim, estudaremos a existência do movimento e suas causas.

Neste momento você deve estar se perguntando, e a matemática? E o raciocínio abstrato? Nossa expectativa, na produção deste livro, foi discutir os conceitos físicos de maneira a que você, estudante, possa visualizar a Física no seu dia a dia, conhecendo as formulações matemáticas, mas sem, no entanto, se preocupar demasiadamente com elas. O propósito é que você reconheça que a Física está presente no seu cotidiano e é muito mais que uma ciência que traz em suas deduções formais a lógica matemática. A Física será, então, apresentada como uma ciência ligada ao conhecimento prático e que leva a mais questionamentos, visto que, como toda a ciência, a Física está em constante aperfeiçoamento.

Muitas perguntas que o homem fazia lá na antiguidade ainda estão sem respostas e algumas respostas foram revistas ao longo da história. Por isso, estudar Física é uma constante viagem no rumo de descobertas. Convidamos você a participar dessa descoberta, seja um descobridor também!



# Aula 1 – Por que usamos determinadas medidas? O que é o tempo, a massa, o comprimento? Tudo que nos rodeia depende de uma medida.

Nesta aula e na próxima serão discutidas a importância do reconhecimento de grandezas físicas com suas unidades e algumas grandezas físicas mais utilizadas no cotidiano. O principal objetivo desta aula é colocá-los em contato com diversas grandezas e suas unidades e mostrar que na maioria das situações do nosso meio, sempre estamos em contato com a ciência física e não percebemos.

## 1.1 Introdução

Alguma vez você já se perguntou, por exemplo, por que se coloca gelo sobre os tambores onde se colocam os pescados para que eles resfriem, ou então, por que um gargarejo com água morna e sal pode aliviar uma dor de garganta? Pois bem, estas questões podem ser respondidas quando conhecemos um pouco da ciência física que começaremos a discutir nesta aula.

Para que a Física seja compreendida como uma ciência, e principalmente como uma ferramenta importante para responder questões que aparecem todos os dias, em quaisquer circunstâncias, é preciso, antes de mais nada, conhecer o significado de medida e algumas grandezas importantes que aparecerão no decorrer deste curso.

## 1.2 Medidas

Quando uma pessoa vai ao médico e precisa tomar algum remédio, a receita prescreve algumas medidas, por exemplo, 5ml de xarope de 6 em 6 horas. Neste exemplo, são utilizadas duas medidas. **5ml** ou 5 mililitros que representa uma **medida de volume** e também **6 em 6 horas** que representa uma **medida de tempo**.

E por que é importante reconhecer as medidas?

Imagine que você é cultivador de camarões, um dia, após colher muitos dos camarões cultivados para vendê-los, você os coloca em sacas de 5kg. Caso você venda uma saca com 50.000g você estará tendo lucro ou preju-

ízo? É para compreender este tipo de comércio e muitas outras situações do dia a dia é que se precisa entender o que são medidas e como se deve trabalhar com elas.



**Figura 1.1: Balança de medida**

Fonte: ©Kraska/shutterstock

Com a vinda de muitas indústrias para o Brasil, passou-se, na década de 1930, por um período de criação de muitos Institutos que cuidavam de medidas. Nessa época também surgiram regulamentações e leis relacionadas a metrologia (estudo das medidas), mostrando o quanto reconhecer e trabalhar com medidas é de grande importância.

Não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, é necessário reconhecer unidades de medida para que efetivamente haja comunicação. Assim, medida representa uma quantificação de qualquer grandeza que necessita ser mensurada (medida). Isto é, existe medida de área, de volume, de tempo, de massa, de peso, de intensidade sonora, entre outras. São estas medidas, suas unidades e a importância de conhecê-las, que estudaremos nesta primeira aula.

Para que todas as pessoas envolvidas em um determinado procedimento de medida possam se entender, é importante que as unidades das grandezas medidas sejam padronizadas, isto quer dizer que quando for falado, por exemplo, de quantidade de café vendido, seja compreendido que se vende por saca, deve-se saber quanto, em massa de café, existe dentro desta saca, ou seja, é importante saber se as sacas são de 100kg, 500kg ou de 1 tonelada.

Tanto dentro do mercado industrial quanto dentro de institutos científicos, é imprescindível a padronização e o conhecimento das unidades de grandezas. Para isso, muitos Institutos de Pesquisa como o INMETRO, IPEN, entre

outros, surgiram no Brasil, para garantir que as medidas indicadas em muitos equipamentos sejam respeitadas. Que o comprador não seja enganado e que o contribuinte não pague mais por medidas não respeitadas.

Entre outras responsabilidades, os Institutos de metrologia devem certificar determinados equipamentos, como por exemplo, lombadas eletrônicas que verificam velocidade máxima de veículos em grandes cidades, brinquedos infantis para que peças pequenas não se desprendam e causem algum mal aos que os estão utilizando, enfim, devem certificar qualidade de equipamentos.

### 1.3 Comprimento

A unidade de comprimento, metro (m), surgiu no século XVII como sendo uma parte muito pequena da distância existente entre a linha do Equador da Terra e o Pólo Norte. Por praticidade, esta definição teve que ser modificada e o metro passou a ser definido como a distância existente entre dois pontos feitos em uma barra feita de um material químico denominado platina-irídio.

Com o avanço da tecnologia este padrão deixou de ser utilizado e em 1960 o metro passou a ser medido através de um padrão atômico, isso é, uma medida muito pequena, relacionada ao tamanho de um átomo. Este padrão foi baseado no comprimento de onda da luz.



**Figura 1.2: Uma forma de medida**

Fonte: ©Bill Fehr/shutterstock

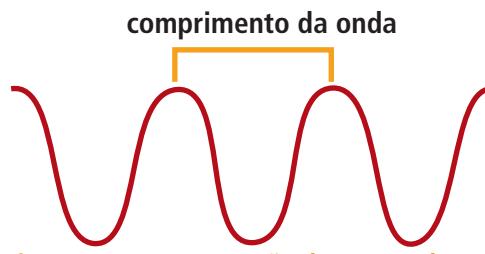
Mas o que é comprimento de onda da luz? Mais para frente, neste curso, será discutido detalhadamente este assunto, por enquanto, é importante apenas saber que a luz que vemos se comporta como uma onda, isso mesmo, uma onda, daquelas que é vista na água de um lago, por exemplo. Esta onda possui muitas características, entre elas, o comprimento de onda, que nada mais é, do que a distância entre duas cristas da onda.



Veja também...

<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/>

Este site traz curiosidades, histórico e muita informação sobre o Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO



**Figura 1.3: Representação de uma onda**  
Fonte: Acervo da autor

Novamente, em 1983, novas exigências quanto à precisão da medida foram necessárias e a partir de então, o metro padrão passou a ser a velocidade da luz. De acordo com a 17<sup>a</sup>. Conferência Geral de Pesos e Medidas: “**O metro é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de 1/299792458 segundos.**”

Assim, o que medimos hoje como um metro, é padronizado da forma definida acima e desta maneira, todas as pessoas sabem a definição de um metro, podendo através dessa definição, criar várias instrumentos de medidas, como réguas, fitas métricas, paquímetros, trenas, entre outros.

## 1.4 Massa

Da mesma forma que o comprimento, massa também é uma grandeza padronizada, afinal, como seria possível saber quanto é 500g de queijo se não conhecêssemos a quantidade massa?

O padrão 1kg de massa, é feito de um cilindro feito de uma liga (mistura de materiais) dos elementos químicos platina e irídio. Este cilindro é utilizado como padrão de medida e fica guardado no Bureau International de Pesos e Medidas, em Paris, na França.

Para que todo o mundo reconheça o padrão de 1kg, cópias desse cilindro são feitas e encaminhadas para todas as partes do mundo.

## 1.5 Tempo

A grandeza tempo também tem seu padrão que foi mudando com a necessidade e melhoria tecnológica. Primeiramente, a rotação da Terra foi utilizada como padrão de tempo. Depois, surgiu o relógio de pêndulo e hoje, o padrão de tempo é um relógio de césio (elemento químico). Ele funciona baseado na frequência característica do isótopo do elemento químico césio-133.



**Figura 1.4: Relógio, uma medida de tempo**

Fonte: ©Valeriy Lebedev/shutterstock

A definição de tempo que hoje é conhecida mundialmente é a seguinte: “Um segundo é o tempo que a luz emitida pelo átomo de césio-133 leva para completar 9192631770 vibrações.” Isso significa que ao emitir luz, o átomo de césio vibra, e vibra de forma tão rápida que, em um segundo, faz quase dez milhões de vibrações.

Através dessa definição pode-se perceber que a unidade fundamental de tempo é o segundo. Isto significa que apesar de outras unidades de tempo serem conhecidas, como hora ou minuto, no sistema internacional de unidades o tempo é caracterizado com a unidade segundo (s).

## 1.6 Unidades Fundamentais e o Sistema Internacional de Unidades (S.I.)

Apesar do que foi discutido anteriormente, massa, comprimento e tempo não são as únicas grandes existentes, além disso, segundo, quilograma e metro não são as únicas unidades conhecidas para que medidas possam ser feitas.

Quando se fala em comprimento, outras unidades como pés, jarda, centímetro, quilômetro, entre outras, são também conhecidas. No entanto, para que mundialmente seja falada a “mesma língua”, determinou-se o Sistema Internacional de Unidades (S.I.). Neste sistema, as unidades de cada grandeza são definidas. Isso não significa que outras unidades não possam ser utilizadas, mas faz com que quando as unidades estejam no S.I. as unidades derivadas sejam mais corretamente conhecidas e as medidas mais facilmente percebidas.

Portanto, o S.I. é um sistema que determina unidades específicas para cada grandeza relacionada. Por exemplo, pode-se medir o comprimento de uma rua em quilômetro (km), em centímetros (cm), em polegadas (pol), entre outros, no entanto, se se usa o S.I., necessariamente esta medida será feita em metros (m).

Estudando Física, muitas vezes se depara com algumas unidades fundamentais. Além das que vimos anteriormente, segue abaixo uma tabela que indica outras grandezas físicas e suas unidades no S.I. que serão utilizadas no decorrer do curso e também no nosso cotidiano.

**Tabela 1.1: Algumas grandezas físicas e suas respectivas unidades no sistema internacional**

Grandeza	Unidade no S.I.	Símbolo
Tempo	segundo	s
Massa	quilograma	kg
Comprimento	metro	m
Força	newton	N
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Energia	joule	J
Temperatura	kelvin	K
Corrente elétrica	ampere	A
Potência	watt	W
Diferença de potencial	volt	V

## Resumo

Nesta aula você estudou sobre algumas grandezas físicas e suas unidades. Estudou também a relação entre a importância de conhecê-las e a comunicação entre as pessoas. Ficou sabendo que toda grandeza física possui um padrão determinado e que este padrão serve de base para o comércio, a indústria e demais ramos da economia e da ciência.



## Atividades de aprendizagem

1. Pesquise em livros, sites, com amigos e responda: Quantos quilos tem uma arroba? Uma saca de arroz, em média, tem quantos quilogramas?

---

---

---

- 2.** Olhe a **tabela 1.1**, existe alguma grandeza física que você conhece mas não consta na tabela? Caso exista, procure a unidade desta grandeza no sistema internacional e também outras unidades pelas quais ela é representada.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3.** Complete:

- a) Os Institutos de \_\_\_\_\_ devem certificar determinados equipamentos de medida.
- b) O \_\_\_\_\_ é a unidade de massa no Sistema Internacional de Unidades.
- c) Uma hora é representada igualmente por \_\_\_\_\_ segundos.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 2 – Centímetros, Quilômetros, milímetros?

## Por que são diferentes?

### A vantagem de reconhecer os números e suas representações

Nesta aula, em continuação a anterior, você verá que algumas medidas podem ser analisadas apenas por sua ordem de grandeza e não necessariamente por seu valor real, reconhecerá também como representar um grande número de forma mais simplificada, além de reconhecer várias medidas e relacioná-las ao sistema internacional de unidades. O principal objetivo desta aula é que você reconheça medidas, saiba utilizá-las e perceba quando e de que forma cada prefixo pode ser utilizado.

## 2.1 Prefixos e notação científica

Na aula anterior foi discutida a padronização de algumas grandezas físicas. Aqui serão estudadas grandezas derivadas, ou seja, aquelas que surgem de duas ou mais grandezas e também os valores intermediários de cada unidade, isto é, você verificará a relação existente entre um centímetro (cm) e um metro (m), por exemplo.

Você viu, na aula passada, que no S.I. a unidade de massa é o quilograma (kg), a unidade de tempo é o segundo e a unidade de comprimento é o metro. No entanto, você já deve ter ouvido falar em distância entre duas cidades como sendo medida em quilômetros (km), assim como, muito provavelmente já ouviu falar que certa pessoa levou 2 horas para concluir uma tarefa. Portanto, muitas medidas, além de terem suas unidades em um sistema que seja mais padronizado, elas podem também ser representadas por outras unidades.

Estas unidades ou são relacionadas com as unidades do S.I. por algum valor ou são representadas por algum prefixo, isso é, antes da unidade padrão existe uma palavra que indica o valor numérico que deve ser aplicado a unidade para você conhecer seu valor real. Talvez por esta explicação você não consiga compreender de fato o que é um prefixo, portanto, abaixo serão apresentados alguns exemplos que devem tornar a compreensão mais fácil.

### **EXEMPLO 1:** Quanto mede 20 centímetros de fio no S.I?

Você verificou, anteriormente, que comprimento, no sistema internacional de unidades, é representado pela unidade metro, assim, precisa-se relacionar o centímetro com o metro.

Centi é um prefixo que vem de centésimo, significa que o centímetro é a centésima parte do metro, ou seja, **1cm = 0,01m** que pode também ser representado, da seguinte forma, chamada de notação científica: **0,01m =  $10^{-2}$  m**. Perceba que o expoente, ou número ao qual o 10 é elevado, representa exatamente a quantidade de dezenas que são multiplicadas ou divididas por uma unidade.

Para visualizar melhor e compreender a situação, segue outro exemplo:

**20cm = 0,20m = 20/100m =  $20 \cdot 10^{-2}$  m**, ou seja, como o 20 estava dividido por 100, já que 20 cm representa 20 centésimos do metro, para fazer a notação exponencial você precisa multiplicar por  $10^{-2}$  para garantir que os números sejam os mesmos. Através do mesmo raciocínio, mas de forma inversa, você pode escrever quanto vale 0,01cm em metro?

Alguns prefixos importantes e a quantidade que eles representam, seguem na tabela abaixo:

**Tabela 2.1: Prefixos e a quantidade que representam**

Prefixo	Valor	Notação Científica correspondente
Centi (c)	0,01	$10^{-2}$
Mili (m)	0,001	$10^{-3}$
Micro (m)	0,000001	$10^{-6}$
Pico (p)	0,000000001	$10^{-9}$
Deca (da)	10	$10^1$
Quilo (k)	1000	$10^3$
Mega (M)	1000000	$10^6$
Giga (G)	1000000000	$10^9$

### **EXEMPLO 2:** E a unidade de tempo? Qual a relação entre a hora e o segundo?

Você já deve ter percebido, em um relógio de ponteiros, que a cada pequeno deslocamento de um minuto do ponteiro de minutos, o ponteiro dos segundos percorre uma volta completa. Assim, fica fácil perceber que 1 minuto

corresponde a 60 segundos e da mesma forma, 1 hora corresponde a 60 minutos, portanto, em valores matemáticos tem-se:

$$1 \text{ hora} = 60 \text{ minutos} = 60 \cdot 60 \text{ segundos} = 3600 \text{ segundos}$$

**EXEMPLO 3:** E 100g de amendoim, quanto representa na unidade padrão internacional?

Da mesma forma que foi vista quando falado sobre comprimento, aqui também os prefixos serão usados. Para facilitar a compreensão, verifique a tabela a seguir.

Tabela 2.2: Mudança de prefixos

quilograma (kg)	hectograma (hg)	decagrama (dag)	grama (g)	decigrama (dg)	centigrama (cg)	miligrama (mg)
1	0	0	0	0	0	0
			1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1			

Você consegue perceber que **1 kg = 10 hg = 100 dag = 1000g = 10000dg = 100000cg = 1000000mg**, ou da mesma forma **1 kg = 10<sup>1</sup>hg = 10<sup>2</sup> dag = 10<sup>3</sup> g = 10<sup>4</sup> dg = 10<sup>5</sup> cg = 10<sup>6</sup> mg**?

Assim, respondendo a pergunta inicial, quanto vale 100g em kg? Perceba, pela última linha da tabela que **1g equivale a 0,001kg ou 10<sup>-3</sup> kg**, assim, fazendo da mesma maneira, você deve perceber que **100g = 0,1 kg = 10<sup>-1</sup>kg**.

## 2.2 Ordem de grandeza

Enquanto você trabalha com medidas como 1kg de arroz ou 1000 kg de aço, algumas pessoas fazem medidas de massa da Terra, ou massa da Lua, ou então raio de um átomo, que para o cotidiano da maioria das pessoas são medidas muito grandes ou muito pequenas.

Para estas medidas, muitas vezes, é importante apenas que você estime seu valor, não necessariamente conhecendo seu valor real, mas apenas definindo sua ordem de grandeza. E o que é a ordem de grandeza? De forma generalizada, é a potência de dez mais próxima do valor de um número, portanto, sabendo que a distância entre a Terra e a Lua é de  $3,8 \cdot 10^8$  m, a

ordem de grandeza da distância entre a Terra e a Lua é  $10^8$  ou 100.000.000. Isso mostra que saber se o valor real é 3,8; 3,9 ou 5 não faz muita diferença, frente a enorme distância entre o planeta e seu satélite.

Perceba que se o tamanho dos planetas influenciar na medida, então é importante usar valores reais. A ordem de grandeza serve, muitas vezes, apenas para fazermos algumas estimativas.

## 2.3 Unidades derivadas

Até agora você analisou grandezas como comprimento, tempo e massa. Mas, com certeza, já ouviu falar em peso, velocidade, aceleração, energia. Todas estas grandezas e muitas outras, são grandezas físicas que possuem unidades derivadas, isso significa que elas derivam de alguma grandeza fundamental que tem apenas uma unidade.

Por exemplo, a velocidade é uma grandeza física cuja unidade no S.I. é m/s, ou seja, ela é derivada de comprimento e tempo. Já a unidade newton (N) é a que representa, no S.I. a grandeza física força, no entanto, newton é um nome específico dado a multiplicação de unidades  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ . Portanto, como você pode perceber, força deriva também de grandezas como massa, comprimento e tempo.

O fato de, na maioria das vezes, se utilizar o sistema internacional de unidades (S.I) além do que já foi explicado anteriormente, serve também para que quando unidades derivadas sejam utilizadas, possa-se usar as unidades específicas, sem que uma grande confusão de valores seja feita. Isto é, se você necessita encontrar a força que deve aplicar em um automóvel para que ele saia do lugar e usa a massa em grama ao invés de quilograma e no final, indica que a força está em newton, vai fazer força e não conseguirá movimentar o carro, afinal, seus cálculos foram errados devido a mudança de unidade.

Esse fato pode ser um grande problema quando se faz cálculos para, por exemplo, construções de máquinas, imóveis, pontes, entre outras. Por isso, usar o S.I é sempre mais recomendável.

## Resumo

A partir do que foi estudado nesta aula você deve ser capaz de estimar a ordem de grandeza de várias medidas, além de saber representar um número em forma de notação científica. A partir do que hoje foi estudado você também saberá transformar unidades de grandeza em grandezas do sistema internacional de unidades (S.I).

## Atividades de aprendizagem

1. De acordo com o estudoado hoje, anote quantas horas tem 80 segundos.



---

---

---

2. Analise a **tabela 2.2** e escreva: Quanto vale 1mg em g? E 1g em mg? E 1g em kg?

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 3 – De que fatores depende a velocidade de um corpo?

Nesta aula vamos iniciar um estudo a respeito do movimento. O objetivo principal é entendermos o significado das grandezas que servem para definir se um corpo está ou não em movimento. Veremos que medidas de distâncias e de tempo podem ser úteis para verificar o quanto rapidamente um corpo se desloca.

## 3.1 O movimento

Com já vimos, a física se preocupa em estudar os fenômenos da natureza. Um dos fenômenos mais comuns é o movimento. O movimento dos corpos é perceptível todos os dias, por exemplo: vemos o Sol e a Lua nascendo e se pondo todos os dias, percebemos o movimento das nuvens no céu, o movimento do ar e o movimento das pessoas e automóveis todos os dias.

O fato de um corpo estar em movimento ou repouso depende do sistema de referências adotado. Se o sistema de referências é a Terra, o Sol é quem está em movimento, caso contrário, se o referencial é o Sol, quem se movimenta é a Terra.

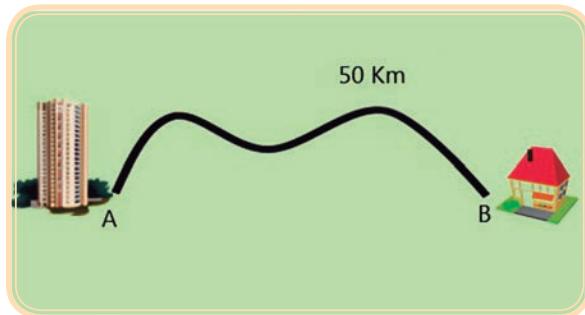
A ideia de referencial em Física é extremamente importante, sem este conceito é impossível determinar se um corpo está em repouso ou movimento.

## 3.2 Distância Percorrida e Deslocamento

Se um corpo está em movimento em relação a um sistema de referências, a sua posição muda no decorrer do tempo em relação a este sistema. Ao conjunto das sucessivas posições descritas por este corpo dá-se o nome de distância percorrida ( $D$ ). Na realidade esta linha formada pelos pontos que indicam as posições do corpo é conhecida como trajetória.

**Exemplo 1:** Considere uma motocicleta que se move desde o prédio A até à casa B, segundo a trajetória representada na figura. Se o prédio A é o ponto zero da trajetória, a casa B é o ponto 50km desta trajetória.

A distância percorrida corresponde, portanto, a medida do trajeto desenvolvido pelo corpo em relação a um determinado sistema de referências.

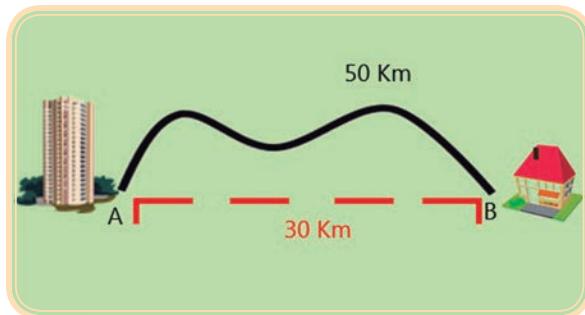


**Figura 3.1: Distância percorrida**

Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com>

Enquanto a distância percorrida só pode ter valor nulo ou positivo, o deslocamento de um corpo pode ter valor negativo. Isto ocorre porque o deslocamento é uma grandeza física relacionada a diferença em linha reta entre a posição final e a posição inicial de um corpo. Portanto, não depende da trajetória, mas apenas das posições ocupadas pelo corpo nos instantes inicial e final.

Retornemos ao exemplo anterior, o ponto de partida do motociclista é o ponto A e o ponto de chegada é o ponto B. O deslocamento ( $d$ ) efetuado pelo corpo é a medida em linha reta da diferença entre estes dois pontos.



**Figura 3.2: Deslocamento**

Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com>

Assim, e observando a figura, apesar do motociclista ter percorrido uma distância de 50Km, o seu deslocamento é apenas de 30Km.

Observe que para determinar o deslocamento de um corpo, não precisamos saber qual a trajetória do corpo, nem precisamos saber por onde o corpo passou, é importante saber apenas da onde partiu e aonde chegou. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida para deslocamento e distância percorrida é o metro (m).

Se chamarmos a posição final de  $X_f$  e a posição inicial de  $X_i$ , o deslocamento de um corpo  $\Delta X$  é dado por :

$$\Delta X = X_f - X_i$$

### 3.3 Velocidade

Voltemos ao exemplo do motociclista: Se o motociclista parte às 8 horas da manhã de uma cidade que está situada a 30km de uma rodovia. Às 10 horas da manhã ele chega ao seu destino, uma cidade situada a 150km de onde tinha partido. De posse dessas informações, podemos calcular a velocidade média do motociclista. Mas, o que significa este valor, uma vez que ao longo do movimento a velocidade do motociclista pode aumentar ou diminuir?

O valor da velocidade média nos fornece a rapidez com que o motociclista deve movimentar-se durante todo o trajeto para que chegue ao seu destino no tempo determinado. Neste caso, o valor indica a velocidade ideal, uma vez que com freadas e ultrapassagens, a velocidade do motociclista varia, ocorrendo portanto momentos de diminuição e aumento da velocidade ao longo do movimento.

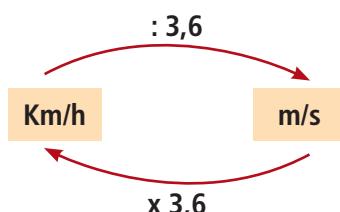
A **velocidade escalar média** é definida como a razão da variação da posição do móvel pela variação do tempo gasto para percorrer o trajeto. Matematicamente temos:

$$V_m = \Delta S / \Delta t$$

Sendo que :

- $\Delta S$  é a variação da posição do móvel:  $\Delta S = S_f - S_i$
- $\Delta t$  é a variação do tempo:  $\Delta t = t_f - t_i$

A unidade de medida da velocidade média no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o m/s (metro por segundo). Como a unidade usual para medir velocidade média é o quilômetro por hora (Km/h), podemos converter as unidades usando o fator 3,6.



**Figura 3.3: Conversão de unidade de velocidade**

Fonte: Acervo do autor

E o que é a velocidade escalar instantânea?

A velocidade escalar instantânea é a velocidade em determinado instante. Para determinar a velocidade instantânea devemos considerar um intervalo de tempo muito pequeno, tendendo a zero, dessa forma, conseguimos saber com que rapidez um corpo muda de posição num certo instante de tempo.

## Resumo

Nesta aula você estudou uma forma de determinar se um objeto está ou não em movimento, a cinemática escalar. No contexto da cinemática escalar conhecendo a distância percorrida e o tempo utilizado para este deslocamento é possível determinar a velocidade.

## Atividades de aprendizagem



1. Uma pessoa ao cair de uma escada, vê o chão se aproximando do seu rosto. É correto dizer que o chão se movimentou em direção ao rosto da pessoa? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

2. Analisando o exemplo do motociclista, determine a distância percorrida pelo motociclista considerando o movimento de ida do prédio A até a casa B e o posterior retorno ao prédio A.

- 3.** Qual o valor do deslocamento do motociclista se ele saiu do ponto B e foi para o ponto A?
- 4.** Qual é a velocidade média do motociclista citado anteriormente em m/s e em Km/h.
- 5.** Agora, considere um corredor. Se a posição inicial do corredor é a mesma posição de chegada, qual deve ser seu deslocamento ao final de uma volta? A distância percorrida por ele é igual ao seu deslocamento?



# Aula 4 – Aceleração: Por que a diferença entre pisar no acelerador ou no freio é apenas uma questão de sinal?

Nesta aula estudaremos uma grandeza associada à variação da velocidade, trata-se da aceleração. Vamos entender que os atos de frear ou de acelerar um carro, por exemplo, são diferenciados por um sinal, mas a ideia é a mesma: variar a velocidade.

## 4.1 Variação da Velocidade

Na aula anterior, estudamos o movimento retilíneo uniforme que é caracterizado pelo fato do móvel realizar uma trajetória retilínea e sua velocidade permanecer constante durante todo o movimento.

Mas, como sabemos a maioria dos movimentos não ocorrem com velocidade constante. Ou seja, durante o movimento de um carro ou de uma pessoa, a velocidade varia no decorrer do tempo. A esta variação da velocidade de um móvel no decorrer do tempo dá-se o nome de aceleração.

Portanto, quando um movimento apresenta variação da sua velocidade, ao longo do tempo, o movimento é um movimento variado, isto é, apresenta aceleração. Os movimentos que apresentam um aumento da velocidade no decorrer do tempo são chamados de movimentos acelerados. Enquanto que os movimentos que apresentam uma diminuição da velocidade no decorrer do tempo são chamados de movimentos retardados.

## 4.2 Calculando a Aceleração

A aceleração média de um ponto material ou corpo em movimento pode ser calculada pela equação:

$$a_m = \Delta V / \Delta t$$

Onde  $a_m$  é a aceleração média,  $\Delta V$  é a variação da velocidade e  $\Delta t$  é a variação do tempo.

Note que a unidade da aceleração é o  $m/s^2$  (metro por segundo ao quadrado), pois a variação é dada em metros por segundo e o intervalo de tempo é dado em segundos.

A aceleração média está relacionada a um intervalo de tempo  $\Delta t$ , enquanto que a aceleração instantânea está ligada a um instante de tempo  $t$ . Dessa forma, a aceleração instantânea fornece o valor da aceleração num instante de tempo determinado enquanto que a aceleração média não necessariamente indica a aceleração real de um móvel num determinado instante de tempo.

### **Exemplo 1:**

1. Um carro de fórmula Indy partindo do repouso atinge a velocidade de 100m/s em 10s. Qual será a aceleração média deste móvel nos 10s?

Vamos primeiro observar uma tabela que descreve a velocidade do móvel nos 10s de movimento:

**Tabela 4.1: Velocidade do móvel em função do tempo**

Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70
8	80
9	90
10	100

Observando a tabela notamos que a velocidade do carro aumenta de 10m/s em 10m/s a cada segundo. Este valor indica a aceleração do carro e pode ser encontrado utilizando a seguinte equação:

$$a_m = 100\text{m/s} / 10\text{s}$$

$$a_m = 10\text{m/s}^2$$

Agora, faça você: Um móvel tem velocidade de 72Km/h. Após 10s sua velocidade muda para 54km/h. Calcule sua aceleração escalar média em m/s<sup>2</sup>. (Dica- Lembre-se que para transformar a velocidade de km/h em m/s utilizar-se o fator 3,6).

Os movimentos em que a velocidade aumenta em módulo no decorrer do tempo são chamados de movimentos acelerados. Isto significa que a velocidade e aceleração tem o mesmo sinal. Os movimentos em que a velocidade diminui em módulo no decorrer do tempo são chamados de movimentos retardados, ou seja, a velocidade e a aceleração têm sentidos contrários.

Tanto o ato de pisar no acelerador do carro quanto o ato de pisa no freio estão ligados à manifestação de uma aceleração. Quando pisamos no acelerador o carro possui aceleração no mesmo sentido da velocidade. Por outro lado, quando pisamos no freio, o carro está sofrendo uma aceleração contrária à velocidade.

## Resumo

Nesta você foi apresentado ao conceito de aceleração, que está relacionado à variação da velocidade. Percebemos que frear ou acelerar um carro são eventos que se diferem pelo sentido da aceleração.

## Atividades de aprendizagem

- Para um movimento acelerado, a variação da velocidade é positiva ou negativa? E para um movimento retardado?



---

---

---

---

- O que significa a grandeza metro por segundo ao quadrado?

---

---

---

---



# Aula 5 – O que é uma força? É possível que um objeto esteja em movimento sempre esteja sendo aplicada uma força sobre ele?

Os conceitos que estudamos nas aulas anteriores serviram para identificarmos a manifestação de um movimento, mas não falamos sobre as causas dos movimentos. Nesta aula iniciaremos uma série de estudos sobre as causas do aparecimento de aceleração. Trata-se do estudo da força, que será encaminhado por meio das Leis de Newton.

## 5.1 Primeira Lei de Newton: Princípio da Inércia

As três leis de Newton constituem os três pilares fundamentais do estudo dos movimentos dos corpos que se movimentam com velocidades desprezíveis em relação à luz, ou seja velocidade que podemos atingir no cotidiano andando a pé, de carro ou de barco.

Leia e reflita sobre as seguintes situações do cotidiano:

- Quando estamos dentro de um carro, e este contorna uma curva, nosso corpo tende a permanecer se movimentando na mesma direção a que estava submetido antes da curva, por isso nos sentimos “jogados” para o lado contrário à curva.
- Quando estamos em um carro em movimento e este freia repentinamente, nos sentimos como se fôssemos atirados para frente, isto ocorrer porque nosso corpo tende a continuar em movimento.

A explicação para estas ocorrências é dada pela primeira lei de Newton, também conhecida como lei da Inércia. De acordo com esta lei: “Um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento.”

## 5.2 Quando surgiu a Primeira Lei

Vamos voltar um pouquinho no tempo e compreender como essa lei foi elaborada e enunciada.

Durante séculos o estudo do movimento e suas causas tornou-se o tema central da Física, até então conhecida como Filosofia Natural. Porém, foi apenas na época de Galileu Galilei (1554-1642) e Isaac Newton (1642-1727) que este estudo teve um grande progresso.

O inglês Isaac Newton, nascido no natal do ano da morte de Galileu, foi o principal responsável pela sistematização dos conhecimentos a respeito da força. Aparentemente, Newton desenvolveu seu trabalho tendo como uma de suas bases os estudos realizados por Galileu. Em 1686 ele publicou o livro *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* e enunciou a essência das três leis, que regem os movimentos dos corpos.

Antes de Galileu e de Newton, a maioria dos pensadores acreditava que um corpo em movimento encontrar-se-ia num estado forçado, enquanto que o repouso seria o seu estado natural. A experiência diária parece confirmar essa afirmativa.

Quando depositamos um livro sobre uma mesa é fácil constatar seu estado natural de repouso. Se colocarmos o livro em movimento, dando-lhe apenas um rápido empurrão, notamos que ele não irá se mover indefinidamente: o livro deslizará sobre a mesa até parar. Ou seja, é fácil observar que cessada a força de empurrão da mão, o livro retorna ao seu estado natural de repouso. Logo, para que o livro mantenha-se em movimento retilíneo uniforme (com velocidade constante) é necessária a ação contínua de uma força de empurrão.

Galileu, contudo, foi contra essa ideia de o movimento ser um estado necessariamente forçado, argumentando que o livro, por exemplo, só interrompeu seu deslizamento (vindo a parar) em razão da existência de atrito com a mesa. Isto é, se lançássemos o livro sobre uma mesa menos áspera, haveria menos resistência ao seu deslizamento. Portanto, se o seu lançamento ocorresse sobre uma mesa perfeitamente polida, livre de atritos, o livro manter-se-ia em movimento retilíneo com velocidade constante indefinidamente, sem a necessidade de estar sendo continuamente empurrado.

### 5.3 Inércia

Em virtude das observações discutidas a pouco, Galileu concluiu ser uma tendência natural dos corpos, a manutenção de seu estado de repouso ou de seu estado de movimento retilíneo uniforme, dando aos corpos uma propriedade denominada *inércia*.

De acordo com Galileu, todo corpo em repouso tende a permanecer em repouso e todo corpo em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme (em linha reta e com velocidade constante). No exemplo anteriormente citado de uma pessoa em pé no interior de um ônibus, quando o ônibus arranca, o passageiro por inércia tende a permanecer em repouso em relação ao solo terrestre (**Figura 5.1-a**) e quando o ônibus freia, a tendência da pessoa é continuar em movimento, por isso é impulsionada para frente (**Figura 5.1-b**).

**a)**



**b)**



**Figura 5.1: Exemplo de manifestação da Inércia**

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

Por isso, é muito importante usar o cinto de segurança nos automóveis, pois ele tem a função de proteger o passageiro da inércia de seu movimento, no caso de uma freada brusca ou de uma colisão.

O princípio da Inércia ou primeira Lei de Newton pode ser enunciado da seguinte forma: “*Todo corpo continua no estado de repouso ou de movimento retilíneo, a menos que seja obrigado a mudá-lo por forças a ele aplicadas*” (Tradução do Principia).

Logo, podemos esquematizar o princípio da inércia assim:

$$\mathbf{F}_R = 0 \rightarrow \text{velocidade constante} \rightarrow \text{MRU}$$

Como já estudamos, nas diversas situações que iremos analisar precisamos de um sistema de referências, em geral usamos um sistema de referências inercial. Um sistema de referência inercial é aquele relativo ao qual um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, quando nenhuma força ou resultante de forças atue sobre ele.

Normalmente, adota-se como sistema de referência inercial todo sistema de referência em repouso ou em translação retilínea e uniforme em relação às estrelas fixas, que são estrelas que aparecem manter fixas suas posições no céu após muitos séculos de observações astronômicas.

Para a grande parte dos problemas de Dinâmica, envolvendo movimentos de curta duração na superfície terrestre, podemos considerar um sistema de referência fixo na superfície da Terra como inercial. Muito embora, a Terra não seja um perfeito referencial inercial por causa da sua rotação e translação curvilínea. Em todas as situações anteriormente descritas, o sistema de referências é inercial, portanto, estão sendo analisados em relação ao solo terrestre.

## Resumo

Nesta aula você estudou a Primeira Lei de Newton e suas consequências. Esta lei indica que se um objeto está em repouso ou em movimento com velocidade constante é por que todas as forças que atuam sobre ele estão anuladas.



## Atividades de aprendizagem

1. De acordo com essa lei, é possível concluir então que um corpo só altera seu estado de inércia, se alguém, ou alguma coisa aplicar nele uma força resultante diferente de zero?

---

---

---

---

2. Um barco acelerando ou freando constitui um referencial inercial? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

# Aula 6 – Um consolo: Sabia que ao acertar uma martelada em seu dedo, você está revidando com uma *dedada* no martelo?

Nesta aula vamos analisar o efeito da atuação de forças quando dois corpos estão encostados, trata-se da Terceira Lei de Newton. A ideia é contemplar a manifestação de um princípio físico que quase virou ditado popular: *a toda ação temos uma reação*.

## 6.1 Terceira Lei de Newton

A primeira lei de Newton, como vimos, afirma que um objeto pode manter seu estado de movimento se o conjunto das forças que atua sobre ele for nulo. Acontece que a aplicação de uma força está relacionada à existência de dois corpos que podem estar ou não em contato. Afinal, força é o resultado da interação entre dois corpos, um que aplica e outro que recebe esta força.

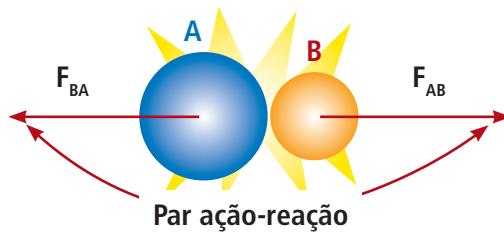
Em um seriado exibido na televisão dois garotos relembravam uma briga entre eles. Depois de tanto conversarem amistosamente começaram a discutir:

- Você *lembra daquele soco que te dei no nariz?*
- Que soco?
- *Aquele que eu te dei e fiz, até, sair sangue do seu nariz!*
- Ah... Aquele... Mas não foi você que me deu um soco no nariz, mas foi eu quem deu uma narigada na sua mão!

Se você respondeu que os dois garotos estavam certos, acertou. Se você respondeu que apenas o primeiro estava certo, o objetivo desta aula é explicar por que os dois estavam corretos.

Em seus estudos, Isaac Newton percebeu que a toda força aplicada sobre um corpo, este correspondia aplicando sobre o primeiro uma outra força, chamada por ele de reação. Essa lei, também conhecida como lei da ação e reação, é hoje chamada de terceira lei de Newton. O enunciado da terceira lei diz que: *A toda ação corresponde uma reação, de mesmo módulo, mesma direção e de sentidos opostos*.

Observe a seguinte gravura:



**Figura 6.1: Ação e reação**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Nesta figura (**Figura 6.1**) temos o choque entre duas bolinhas de tamanhos diferentes. Quando elas se colidem, ambas exercem forças uma sobre a outra, e após o choque cada uma segue seu caminho. Como as forças são grandezas vetoriais, tanto a força  $F_{BA}$  quanto a força  $F_{AB}$  possuem mesmo módulo, mesma direção, porém sentidos contrários (bolinha A dirige-se à esquerda e a bolinha B, à direita).

A uma ação sempre se opõe uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e se dirigem a partes contrárias. Sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas. Tanto A exerce força em B, como B exerce força em A.

## 6.2 Caracterizando a terceira lei

Analise as situações abaixo:



**Figura 6.2: Ação e reação no ato de empurrar uma mala**

Fonte: <http://cepa.if.usp.br>

**Primeira Situação:** Na figura, o rapaz empurra o carrinho e este se move. Como vimos, o carrinho também empurra o rapaz. Explique então, por que o rapaz não está se movimentando? As forças não têm a mesma intensidade?

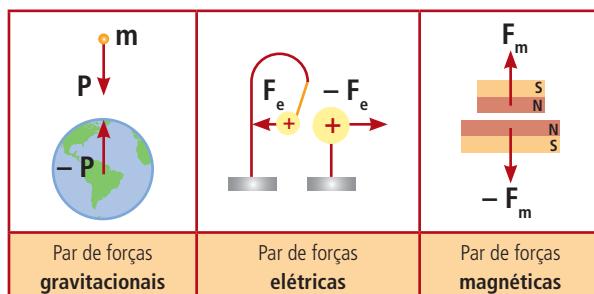
**Segunda Situação:** Um nadador para se deslocar para frente empurra a água para trás, e, esta por sua vez, o empurra para frente. Por que neste caso, diferente do anterior, ele consegue se movimentar?

Sabemos que força é fruto da interação, ou seja, uma força atuante em um corpo representa a ação que este corpo recebe de outro corpo. Newton percebeu que toda ação estava associada a uma reação, de forma que, numa interação, enquanto o primeiro corpo exerce força sobre o outro, também o segundo exerce força sobre o primeiro. Assim, em toda interação teríamos o nascimento de um par de forças: o *par ação-reação*.

Quando consideramos a terceira lei de Newton, não podemos esquecer que as forças de ação e reação:

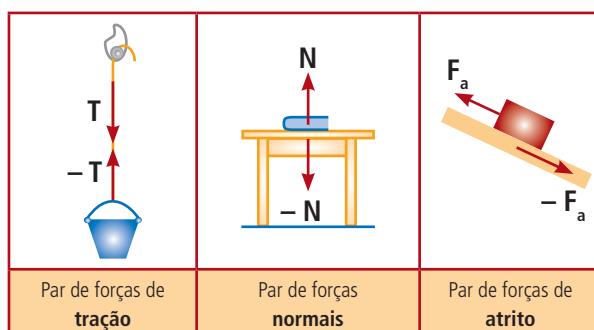
- estão associadas a uma única interação, ou seja, correspondem às forças trocadas entre apenas dois corpos;
- têm sempre a mesma natureza (ambas de contato ou ambas de campo), logo, possuem o mesmo nome (o nome da interação);
- atuam sempre em corpos diferentes, logo, não se equilibram.

Observe nas figuras abaixo os seguintes pares ação-reação de algumas interações:



**Figura 6.3: Par ação e reação**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)



**Figura 6.4: Par ação e reação**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Observando todos estes sistemas que constituem ação e reação você pode voltar à questão que abriu esta aula. De fato você acerta o martelo com a mesma força que o acerta, o problema é que o martelo não sente dor!

## Resumo

Nesta aula você aprendeu que quando dois corpos se tocam a interação entre eles pode ser explicada por meio da Terceira Lei de Newton. Por meio desta lei estudamos o comportamento das forças que dois corpos trocam quando estão em contato. Quando um martelo bate em um prego, por exemplo, a força feita pelo martelo é igual e contrária à força feita pelo prego sobre o martelo.



## Atividades de aprendizagem

1. Qual dos dois garotos mencionados no início estava certo?

---

---

---

---

---

2. O que acontece com um bloco que está em repouso sobre a superfície de uma mesa no planeta Terra. O bloco atrai a Terra e a Terra atrai o bloco? Por que ambos não se movem?

---

---

---

---

---

# Aula 7 – Qual é o efeito da aplicação de uma força sobre um corpo?

Nessa aula vamos estudar o efeito mais simples da aplicação de uma força sobre um corpo: a aceleração. Veremos que um movimento com velocidade variável é causado pela manifestação de uma força. Nossos estudos serão encaminhados pela Segunda Lei de Newton.

## 7.1 Segunda Lei de Newton

O princípio da inércia afirma que um corpo só pode sair de seu estado de repouso ou de movimento retilíneo com velocidade constante se sobre ele atuar uma força resultante que não seja nula. Portanto, se alguma força resultante diferente de zero atuar em um corpo, este entra em movimento com velocidade variável.

Como já vimos, se a velocidade de um corpo varia no decorrer do tempo, isto significa que ele tem aceleração. Por exemplo, se quisermos acelerar um corpo desde o repouso até 36Km/h em um intervalo de tempo de 30s, devemos aplicar uma força sobre ele que permita esta aceleração. A intensidade desta depende também da massa do corpo.

Intuitivamente sabemos que se este corpo for um carro, é evidente que a força necessária será muito menor do que se fosse um caminhão. Logo, quanto maior a massa do corpo, maior deverá ser o valor da força necessária para que ele alcance uma determinada aceleração. A relação matemática entre a força aplicada a um corpo e a aceleração a que ele fica sujeito foi obtida por Isaac Newton e constitui a segunda lei de Newton ou princípio fundamental da dinâmica.

## 7.2 Equacionando a Segunda Lei

Se diante a questão proposta a pouco você respondeu diretamente proporcionais é porque já chegou à conclusão que para uma dada força resultante externa  $F$ , quanto maior a massa  $m$  do corpo tanto menor será a aceleração a adquirida. Em termos matemáticos:

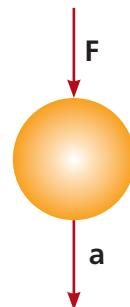
$$F = m a$$

Esta equação introduz a noção de grandeza vetorial. Uma grandeza vetorial é definida pela intensidade, direção e sentido. Portanto, a aceleração adquirida pelo corpo está na mesma direção e sentido da aplicação da força.

No Sistema Internacional de Unidades (S.I.) a unidade de força é o newton (N):

$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot \text{m/s}^2.$$

Por definição, o newton é a força que produz uma aceleração  $1 \text{ m/s}^2$  de quando aplicada em uma massa de 1 Kg.



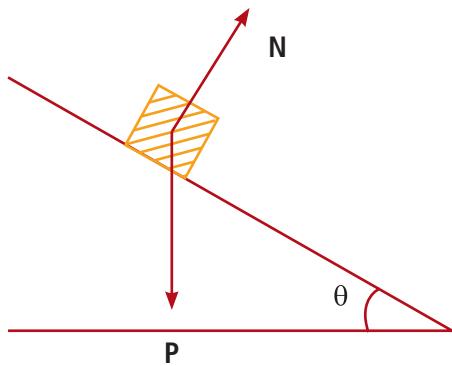
**Figura 7.1: Segunda Lei de Newton**

Fonte: Acervo do autor

### 7.3 Aplicações da Segunda Lei

A segunda lei de Newton explica o porquê dos objetos ficarem presos à superfície da Terra. Todos os corpos próximos a superfície da Terra estão sujeitos a uma aceleração que é a aceleração gravitacional sempre dirigida para o centro da Terra, logo temos que sobre todos os corpos atua uma força dirigida para o centro da Terra denominada peso. A aceleração gravitacional próximo a superfície da Terra é de aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

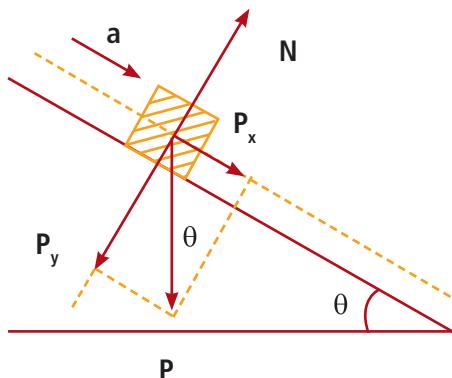
Podemos encontrar os objetos sobre rampas inclinadas em relação ao solo, neste caso devemos tomar alguns cuidados ao analisar esta situação. Primeiramente devemos considerar que os objetos quando apoiados em uma superfície estão sujeitos a uma força de contato chamada de força normal de contato (N). Esta força recebe este nome pois faz um ângulo de  $90^\circ$  entre a superfície o corpo e é responsável por impedir o movimento do corpo em direção ao centro da Terra, pois em geral equilibra a força peso, com exceção quando há inclinação entre a superfície e o solo, como vemos na figura abaixo:



**Figura 7.2: Plano Inclinado**

Fonte: Adaptado em [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Se considerarmos que existe um ângulo  $\alpha$  entre a superfície da rampa e o solo, então a força peso pode ser decomposta em componentes nas direções paralela (x) e perpendicular (y) a rampa. Observe a figura abaixo.



**Figura 7.3: Componentes da força peso**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Portanto, a aceleração adquirida pelo corpo sobre a rampa no movimento decorre apenas da componente do peso na direção paralela a rampa ( $P_x$ ). Ou seja,

$$P_x = m a$$

A componente do peso na direção perpendicular a rampa ( $P_y$ ) equilibra a força normal de contato ( $N$ ) e garante o equilíbrio nesta direção.

A análise da situação exemplificada no estudo do movimento do corpo na rampa, nos leva a seguinte conclusão:

$$a = g \operatorname{sen} \theta,$$

isto é “*a aceleração com que o bloco desce o plano inclinado independe da sua massa m*”.

Por sua vez, a força normal de contato pode ser calculada por :

$$N = mg \cos \theta.$$

## Resumo

Nesta aula você estudou a Segunda Lei de Newton. A força aplicada sobre um corpo é diretamente proporcional à sua massa e à aceleração que se manifesta no movimento deste corpo. A força, assim como a aceleração é uma grandeza vetorial, resultado que permite o uso de medidas de um triângulo retângulo para o estudo de forças que atuam em movimentos inclinados.



## Atividades de aprendizagem

1. Se a aceleração adquirida por um corpo após a aplicação de uma força é tanto maior quanto maior for a força aplicada. Essas grandezas são direta ou inversamente proporcionais?

---

---

---

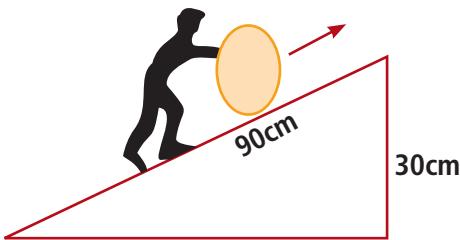
---

---

2. Na figura abaixo (7.4), determine a direção e o sentido da força e da aceleração da bolinha.

- 3.** Na medida em que o ângulo  $\alpha$  para um plano inclinado for aumentando, o que acontece com o valor da aceleração adquirida pelo corpo: aumenta ou diminui ? Para qual valor a aceleração é máxima?

- 4.** Calcule a força necessária para fazer o cilindro da figura a seguir se movimentar rampa acima com uma velocidade constante. Considere que o peso do cilindro é de 6 N.



**Figura 7.4: Cilindro elevado ao longo de uma rampa.**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)



# Aula 8 – Por que quando um barco faz uma curva temos que nos segurar pra não cairmos na água? Por que nossos calçados gastam?

Nesta aula vamos estudar algumas aplicações da Segunda Lei de Newton. Iniciaremos estudando a força centrípeta, que é responsável pelos movimentos com trajetória circular. Também estudaremos a força de atrito, que tipicamente se opõe ao movimento e produz aquecimento e desgaste nos materiais.

## 8.1 Força Centrípeta

Toda vez que um objeto realiza um movimento circular, ele sofre uma aceleração que é a responsável pela mudança da direção do movimento, e recebe o nome de aceleração centrípeta.

Lembre-se que a primeira Lei de Newton afirma que se sobre um corpo a resultante das forças que atuam sobre ele for nula, ele estará em repouso ou Movimento Retilíneo Uniforme. O movimento circular ocorre mediante a aplicação de uma força, a força centrípeta ( $F_c$ ). Sem a atuação dessa força, um corpo não poderia executar um movimento circular.

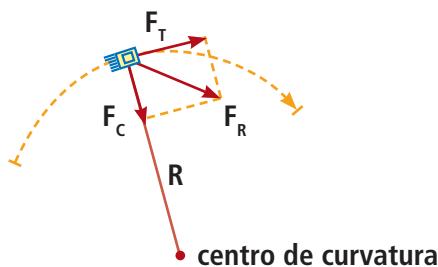
A força centrípeta é calculada por:

$$F_c = m \cdot (v^2/R)$$

sendo:

<b>m</b>	massa do objeto
<b>v</b>	velocidade do objeto
<b>R</b>	raio da trajetória descrita pelo objeto

A força centrípeta é a resultante das forças que agem sobre o corpo, com direção perpendicular à trajetória.



**Figura 8.1: Força centrípeta e suas componentes.  
F<sub>t</sub> é a força tangencial**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

## 8.2 Força Tangencial

A força tangencial está relacionada à variação do valor da velocidade no decorrer do tempo.

Enquanto a força centrípeta é a responsável pela manutenção de um movimento circular, a força tangencial está relacionada à mudança no valor da velocidade de um corpo ao descrever uma trajetória qualquer.

A força centrípeta é a responsável, dentre outras coisas, pelo movimento de uma pedra amarrada a um barbante, que fazemos girar sobre a cabeça; por um carro fazer uma curva em uma estrada; pelos planetas girarem em torno do Sol; e pelos elétrons se movimentarem ao redor do núcleo de um átomo.

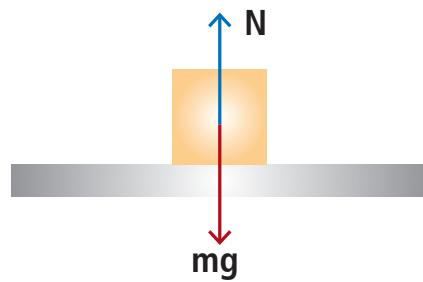
Em geral, a força centrípeta resulta da existência de outra força. Por exemplo, no caso do movimento dos planetas em torno do Sol, ela resulta da ação da força gravitacional entre o Sol e os planetas.

Quando estamos em algum meio de transporte, como um barco, por exemplo, e este faz uma curva, a inércia de nosso corpo faz com mantenhamos o movimento na direção tangente à curva. Isto se deve ao fato de que a força centrípeta está atuando no veículo e não nos passageiros, que precisam se segurar firme.

## 8.3 Forças de Atrito

Todas as superfícies existentes no planeta Terra, até mesmo as mais polidas são extremamente rugosas na escala microscópica. Esta rugosidade muitas vezes impede o movimento de uma superfície sobre a outra. De maneira geral os efeitos da força de atrito são o aquecimento e o desgaste dos materiais que são atritados.

A força de atrito depende de dois fatores: o coeficiente de atrito entre as superfícies ( $\mu$ ) e a força normal de contato ( $N$ ) entre elas. A força normal de contato é a reação da força que o corpo exerce sobre o plano e depende basicamente do peso do corpo e da inclinação do plano. As **Figuras 8.2** e **8.3** ilustram a força normal em duas situações.



**Figura 8.2: Plano horizontal:** Se o corpo está em equilíbrio na direção vertical, temos que  $N = mg$ .

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)



**Figura 8.3: Plano Inclinado.** Neste caso,  $N = mg \cdot \cos\theta$

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

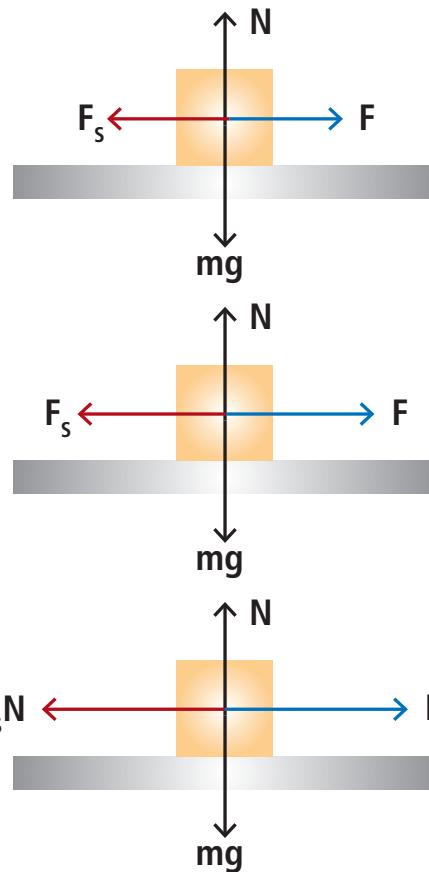
## 8.4 Coeficiente de Atrito

A força de atrito ( $F_a$ ) que atua em um corpo é escrita como:

$$F_a = \mu \cdot N$$

A constante de proporcionalidade  $\mu$  é um número adimensional chamado de coeficiente de atrito. O valor do coeficiente de atrito depende da interação entre as superfícies e têm valores diferentes para quando o corpo está em repouso (coeficiente estático  $\mu_s$ ) ou movimento (coeficiente cinético  $\mu_k$ ). Os coeficientes estático e cinético são independentes da área da superfície de contato.

Quando o corpo está em repouso ele recebe o nome de coeficiente de atrito estático e quando há movimento, coeficiente de atrito cinético. O coeficiente de atrito estático sempre tem valor maior que o coeficiente de atrito cinético.



**Figura 8.4: Força de atrito**

Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Como ilustra a **Figura 8.5**, a força **F** aplicada sobre o bloco aumenta gradualmente, porém o bloco permanece em repouso. Como a aceleração é zero a força aplicada é igual e oposta à força de atrito **F<sub>s</sub>**:

$$F = F_s$$

A máxima força de atrito corresponde ao instante em que o bloco está a ponto de deslizar:

$$F_{s\ Max} = \mu_s N$$

A constante de proporcionalidade  $\mu_s$  é denominada coeficiente de atrito estático. Os coeficientes estático e cinético dependem das condições de preparação e da natureza das duas superfícies e são quase independentes da área da superfície de contato. A **Tabela 8.1** mostra alguns exemplos de coeficientes de atrito estático e cinético entre algumas superfícies.

**Tabela 8.1: Coeficientes de atrito estático  $\mu_s$  e cinético  $\mu_k$  entre duas superfícies**

Superfícies em contato	$\mu_s$	$\mu_k$
Cobre sobre aço	0.53	0.36
Aço sobre aço	0.74	0.57
Alumínio sobre aço	0.61	0.47
Borracha sobre concreto	1.0	0.8
Madeira sobre madeira	0.25-0.5	0.2
Madeira encerada sobre neve úmida	0.14	0.1
Teflon sobre teflon	0.04	0.04
Articulações sinoviais em humanos	0.01	0.003

Fonte: Serway R. A.. *Física*. Editorial McGraw-Hill. (1992).

## Resumo

Nesta aula estudamos duas aplicações da segunda lei de Newton: a força centrípeta e a força de atrito. Aprendemos que a força centrípeta atua sempre na direção do centro da curva que o objeto percorre. Como a força centrípeta atua no veículo, os passageiros precisam se segurar, pois seu corpo tende a manter uma trajetória retilínea, devido à sua inércia. Também estudamos a força de atrito, que atua no contato entre superfícies. Esta força depende da rugosidade e do material de uma superfície. É devido à força de atrito que ocorre o aquecimento e o desgaste de superfícies que são atritadas.

## Atividades de aprendizagem

- Pesquise e responda: Qual força, a centrípeta ou tangencial, é responsável pelo início do giro das pás de um ventilador?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 9 – Por que uma faca afiada corta melhor do que uma sem fio?

Esta aula iniciará uma série de estudos a respeito de situações que envolvem fluidos (líquidos ou gases) em repouso, trata-se da *Hidrodinâmica*. Hoje você aprenderá sobre alguns conceitos úteis no estudo do equilíbrio de corpos quando colocados sobre a água. O tema central será o conceito de pressão que, veremos, representa uma distribuição de forças sobre superfícies.

## 9.1 Fluidos

Os conceitos que estudaremos nesta aula e nas próximas são aplicados em estudos do movimento ou equilíbrio de líquidos ou gases. Estes dois tipos de materiais pertencem a uma classe de materiais chamada de *fluidos*. Todo material que escoa (ou escorre), como a água numa cachoeira, pode ser considerado um fluido. Outro exemplo de fluido é a brisa que sopra do mar, pois é composta pelo ar que escoa na direção do continente.

Uma das áreas da Física que estuda as propriedades dos fluidos é a Hidrostática, onde são estudadas situações ligadas ao chamado *equilíbrio estático* de fluidos (condição em que está em repouso). A *Hidrostática* estuda, por exemplo, em que condições um barco pode flutuar sobre a água. Outra área de estudos dos fluidos em Física é a *Hidrodinâmica*, que estuda o movimento de fluidos. A *Hidrodinâmica* trata, por exemplo, do estudo do movimento de água no interior de canos em um sistema de irrigação de uma plantação.

Um dos fatores utilizados para estudar o equilíbrio ou ainda o escoamento de um fluido é a pressão. Por isso vamos estudar este conceito e algumas de suas manifestações.

## 9.2 Pressão

Você já andou de bicicleta na areia da praia? Se sua resposta é sim, deve ter percebido que os pneus afundam na areia. Qual seria a solução? Um possibilidade seria o uso de pneus mais largos. Mas por quê? Vamos pensar em outra situação e ver se encontramos a resposta. Se você tiver que cortar um pedaço de carne, vai usar uma faca afiada ou uma faca sem afiar? Qual é a diferença da faca afiada para aquela não foi afiada? Mas qual é a relação entre o fio da faca e largura dos pneus da bicicleta?



**Figura 9.1: Qual é a diferença entre o pneu largo e o fino quando se trafega pela areia? Por que a faca afiada corta melhor?**

Fonte: Adaptado de [www.osmotoqueiros.com.br/?cat=187](http://www.osmotoqueiros.com.br/?cat=187) e acervo do autor

Note, em ambos os casos há uma diferença entre as áreas de contato. No caso da bicicleta, quanto mais largo for o pneu, menos ele afunda na areia. No caso da carne, o fio da faca afiada é bem mais fino que fio da faca sem afiar.

O ponto comum entre os dois eventos é então a área de contato ( $A$ ), pois as forças envolvidas nestes eventos não mudam: o peso do ciclista é sempre o mesmo e a força que você usaria pra cortar a carne também. O fato é que quanto menor a área de contato mais fácil afundar ou cortar.

Esta influência da área de contato está ligada a uma grandeza chamada **Pressão**, que é definida como a razão entre a força aplicada e a área onde esta força é aplicada. Esta definição é matematicamente escrita na equação a seguir:

$$P = F/A$$

Como você viu anteriormente, a unidade de medida de força é o Newton (N) e a unidade de medida de área é o metro quadrado ( $m^2$ ), por isso, a unidade de medida de pressão deve ser Newton por metro quadrado ( $N/m^2$ ). Para facilitar a leitura das medidas de pressão esta unidade recebeu um nome, o **pascal**. Por isso, no Sistema Internacional (SI) a unidade de pressão é o pascal (Pa), sendo:

$$1\text{N}/\text{m}^2 = 1\text{Pa}$$

### Exemplo 1:

Considere um bloco de concreto de massa 100Kg, cujas faces possuem áreas de  $2\text{m}^2$  e  $4\text{m}^2$ . Qual das faces exerce maior pressão sobre o chão?

Como a massa do bloco é de 1000Kg podemos calcular o seu peso usando  $g = 10\text{m/s}^2$  e fazendo:

$$\text{Peso} = 100 \times 10 = 1000\text{N}.$$

Vamos chamar a face de  $2\text{m}^2$  de face 1 e calcularemos a pressão  $P_1$ , exercida por esta face:

$$P_1 = 1000 \text{ N} / 2\text{m}^2 = 500\text{Pa}.$$

Adotando o mesmo procedimento calculamos a pressão  $P_2$  da outra face:

$$P_2 = 1000 \text{ N} / 4\text{m}^2 = 250 \text{ Pa}.$$

Pelos nossos cálculos percebemos que a face de maior área ( $4\text{m}^2$ ) exerce menor pressão.

### 9.3 Pressão e Profundidade

Como ilustrou o exemplo, a pressão de um bloco sobre o chão depende da área da face que está em contato com o chão. Note, por outro lado, que se massa do bloco aumentar, seu peso aumenta, e, portanto, a pressão também aumenta. Agora observe a **Figura 9.2** onde uma garrafa com café é perfurada em dois pontos de alturas distintas. Você pode repetir este experimento em casa (o uso do café na fotografia da **Figura 9.2** se deu apenas para uma melhora no contraste, o leitor pode verificar o mesmo resultando usando água).



**Figura 9.2: O alcance diferente para água que sai de furos de alturas diferentes**

Fonte: Acervo do autor

Por que a água que sai do furo de baixo tem um alcance maior?

Note na **Figura 9.2**, que o furo de baixo está debaixo de uma coluna de água mais alta. Uma coluna de água mais alta terá também um peso maior. Portanto, a pressão na parte de baixo do recipiente é maior do que na parte de cima, por isso a água é lançada a uma distância maior.



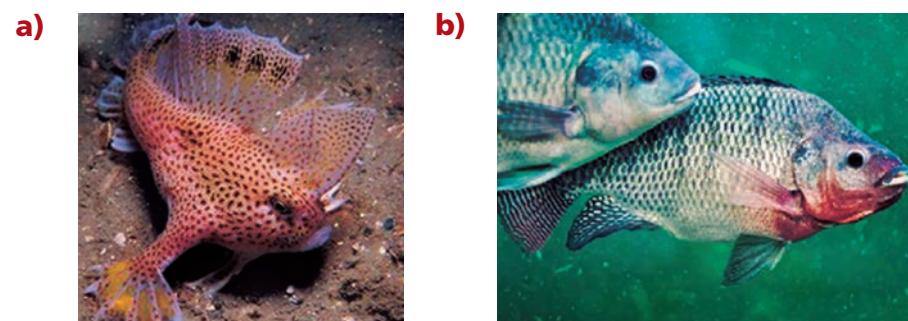
**Figura 9.3:** Foto da capa do DVD do filme “Homens de Honra”

Fonte: [http://novasmente.blogspot.com/2009\\_07\\_01\\_archive.html](http://novasmente.blogspot.com/2009_07_01_archive.html).

Assista ao filme “Homens de Honra” (foto da capa do DVD na **Figura 9.3**) retrata a história de Carl Brashear, o primeiro negro a se tornar chefe de mergulho da marinha dos Estados Unidos da América. Preste atenção nos trajes de mergulho, feitos para suportar as elevadas pressões no fundo do mar.

Apesar de simples, esta experiência retrata o que ocorre no fundo dos oceanos, onde a pressão é maior do que na superfície. Quanto maior a profundidade do oceano maior será a pressão. Por isso há regiões no fundo do mar onde o homem só pode chegar usando trajes ou veículos especiais, do contrário seria esmagado devido ao aumento da pressão.

Também existem peixes que se adaptaram à sobrevivência em águas mais profundas (alguns quilômetros de profundidade) e suportam pressões maiores, é caso, por exemplo, do Peixe-Caixão (**Figura 9.4a**). Estes mesmos peixes podem morrer se criados em águas de baixa profundidade. Da mesma forma, peixes de águas rasas (alguns metros de profundidade), como a Tilapia (**Figura 9.4b**) não sobreviverão em águas mais profundas, por que seu sistema respiratório é adaptado para as pressões menores das regiões superficiais.



**Figura 9.4:** a) Peixe-Caixão – águas profundas.

Fonte: <http://blog.clickgratis.com.br>

b) Tilapia – águas rasas.

Fonte: <http://www.comopescar.org>

## 9.4 Tensão Superficial

Os líquidos em geral possuem em sua superfície uma concentração de moléculas que acabam formam algo como uma película, como se os líquidos fossem envolvidos por uma embalagem plástica. Esta espécie de película constitui na verdade uma rede de forças que atuam na superfície dos líquidos, chamada *tensão superficial*.

Observe na **Figura 9.5** o inseto que caminha sobre a água. Normalmente o inseto afundaria, mas devido à tensão superficial, o peso do inseto apenas deforma a superfície da água e pode caminhar sobre ela. Tal é a importância da tensão superficial que muitos dos insetos que caminham sobre a água, acabam se tornando alimento para os peixes.



**Figura 9.5: O inseto não afunda devido à tensão superficial**

Fonte: <http://biocienciasnaescola.blogspot.com>

Quando alguém mergulha na água recomenda-se que não pule de barriga (ou de peito), pois o efeito pode ser bem dolorido. Para mergulhar você deve romper a tensão superficial (lembre-se ela é como uma camada de plástico sobre a água), e isso se faz aumentando a pressão exercida por seu corpo.



**Figura 9.6: Salto com a ponta dos dedos na direção da água.**

Fonte: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

O ato de pular na água com os braços esticados e juntos na direção da água (como ilustra a **Figura 9.6**) faz com que seu peso esteja concentrado na ponta dos dedos. Como a área da ponta dos dedos é pequena a pressão exercida é grande e o mergulho não é dolorido. É como se suas mãos abrissem a água para você entrar. O formato dos barcos, **Figura 9.7**, também favorece o rompimento da tensão superficial, pois a parte da frente é mais fina, o que facilita a locomoção.



**Figura 9.7: A parte da frente do barco possui menor área para facilitar a navegação.**

Fonte: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

## Resumo

Nesta aula iniciamos o estudo da hidrostática e da hidrodinâmica, áreas da Física dedicadas ao estudo de fluidos, que são materiais que podem escoar como o ar e a água. A primeira grandeza foi apresentada foi a pressão, que é dada pelo quociente entre a força aplicada e a área onde esta força é aplicada. A unidade de medida de pressão no SI é o pascal. Também aprendemos que os líquidos possuem em sua superfície uma rede de forças chamada de tensão superficial. A tensão superficial é percebida como uma película que envolve os líquidos.



## Atividades de aprendizagem

- Observe a **Figura 9.8**, a seguir, e responda: qual deve ser a melhor posição para que uma pessoa consiga boiar na água? Se uma pessoa ficar de braços e pernas fechadas consegue boiar facilmente?



**Figura 9.8:** É mais fácil boiar com braços e pernas esticados

Fonte: ©Sergey Chirkov/Shutterstock

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Aula 10 – Por que é mais fácil boiar na água salgada do que na água doce?

Na aula anterior você foi apresentado ao conceito de pressão, muito importante no estudo de fenômenos ligados ao comportamento de fluidos. Como vimos, a pressão está ligada à distribuição de uma força ao longo de uma área. Sendo menor quando a área é maior. Nesta aula vamos estudar outro conceito muito útil no estudo dos fluidos, a *densidade* de um material. Veremos que a densidade está associada à possibilidade de um material afundar ou não na água.

## 10.1 Densidade

Você já deve ter observado que materiais diferentes, mesmo tendo os mesmos tamanhos, possuem massas diferentes. Por exemplo, uma caixa de isopor comparada com uma caixa de vidro (**Figura 10.1**). Embora tenham os mesmos tamanhos, a de vidro tem massa maior. Há, portanto, uma relação entre a massa o objeto e o material do qual ele é feito. Qual será essa relação?



**Figura 10.1: Por que a caixa de vidro é mais pesada?**

Fonte: [www.aquaricamp.com.br](http://www.aquaricamp.com.br) e [www.grzero.com.br](http://www.grzero.com.br)

Podemos ainda pensar em outra situação, para discutir este assunto: por que a rolha utilizada em uma vara de pescaria não pode ser feita de Chumbo? Você deve dizer: “ah, simples, é por que o chumbo afundaria”. Mas, por que o Chumbo afundaria? Pela mesma razão que a caixa de vidro é mais massiva que a de plástico, a *densidade* dos materiais.

A densidade ( $d$ ) de um material é definida como a razão entre sua massa ( $m$ ) e seu volume ( $V$ ), como é mostrado na equação a seguir:

$$d = m / V.$$

A unidade no Sistema Internacional para a densidade é o quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). Voltemos ao caso das caixas! Embora ambas tenham o mesmo volume, o vidro tem uma densidade maior do que o isopor, por isso sua massa será maior.

A densidade é uma propriedade associada a cada material, é como se fosse sua identificação. A **Tabela 10.1** mostrada a seguir apresenta a densidade de alguns materiais.

**Tabela 10.1: Densidade de alguns materiais**

Materiais	Densidade ( $\text{kg/m}^3$ )
Alumínio	$2,7 \times 10^3$
Cimento	$2,9 \times 10^3$
Chumbo	$11,3 \times 10^3$
Cobre	$8,93 \times 10^3$
Isopor	$0,1 \times 10^{-3}$
Madeira	$0,7 \times 10^3$
Vidro	$2,6 \times 10^3$
Água Doce	$1 \times 10^3$
Água Salgada	$1,025 \times 10^3$
Gasolina	$0,68 \times 10^3$

Fonte: WHITE, F. M.: *Mecânica dos Fluidos*. Rio de Janeiro, McGraw-Hill, 10, 2005.

**Exemplo 1:** Se o volume de uma placa utilizada para fazer uma caixa for de  $10^{-3} \text{ m}^3$ , qual será a massa desta placa se: a) for feita de vidro? b) for feita de isopor? c) for feita de madeira?

Para resolver este exemplo precisamos isolar a massa (m) na equação que define a densidade, o que nos dará:

$$m = d \times V.$$

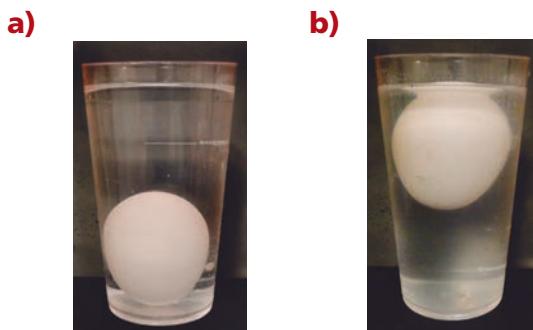
Usando esta expressão podemos calcular a massa em cada caso utilizando os valores apresentados na tabela para os materiais indicados no enunciado:

- a) Vidro ( $d = 2,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ):  $m = 2,6 \times 10^3 \times 10^{-3} = 2,6 \text{ Kg} = 2600\text{g}$ .
- b) Isopor ( $d = 0,1 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ):  $m = 0,1 \times 10^3 \times 10^{-3} = 0,1 \text{ Kg} = 100\text{g}$ .
- c) Madeira ( $d = 20,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ):  $m = 20,7 \times 10^3 \times 10^{-3} = 20,7 \text{ Kg} = 20.700\text{g}$ .

Note que como o isopor é o material de menor densidade, a massa da placa de isopor será a menor.

## 10.2 Densidade e Flutuação

Como vimos na introdução esta aula, a densidade está relacionada com o fato de um material afundar ou não na água. Para estudarmos esse fato observe na **Figura 10.2a** o ovo que é colocado em um copo com água doce. Note o ovo vai ao fundo do copo. Por quê?



**Figura 10.2:** a) Ovo colocado na água doce; b) ovo colocado na água com sal

Fonte: Acervo do autor

Vamos agora analisar a situação em que adicionamos sal à água. Ao colocarmos o mesmo ovo na água percebemos que este flutua, **Figura 10.2b**. O houve? Note que o ovo continua o mesmo, mas a água não. Se medirmos a massa da água antes e depois de se adicionar sal perceberemos que esta aumentou, enquanto que o volume permaneceu o mesmo. Que propriedade da água foi alterada?

De fato a propriedade que se modificou foi a densidade, pois o volume permaneceu o mesmo, mas a massa do fluido aumentou (confira a definição de densidade). Assim, um aumento na densidade da água é a causa de o ovo flutuar.

O resultado deste experimento pode ser considerado de maneira mais geral, um material vai flutuar sobre a água sempre que sua densidade for menor que a densidade da água. É o caso da rolha utilizada em uma vara de pescar, como é feita de materiais menos densos que a água, como o isopor, ela vai flutuar.

Outro exemplo de manifestação da densidade se dá com os peixes, pois podem ajustar seus volumes mediante a variação da quantidade de oxigênio e de nitrogênio armazenados em suas bexigas natatórias. Variando este volume podem variar a sua densidade, o que lhes permite subir mais próximos à superfície da água ou descer mais ao fundo poupando sua energia durante estes deslocamentos.

## Resumo

Nesta aula estudamos o conceito de densidade que é a razão entre a massa e o volume de um material. A densidade serve como parâmetro de identificação de um material. Sabendo-se o volume e a densidade um objeto é possível obter a sua massa. O comportamento da densidade ajuda a compreender que um objeto flutua em um líquido quando sua densidade for menor que a do fluido.



## Atividades de aprendizagem

1. O uso de tabelas que apresentam a densidade de materiais permite o estabelecimento de uma forma alternativa de medida da massa de um material. Como podemos medir a massa de água contida em uma jarra utilizando o conceito de densidade?

---

---

---

2. Por que é mais fácil boiar na água do mar do que na água de um rio?

---

---

---

---

3. Uma amostra de óleo com massa de 2000Kg tem volume de  $0,25\text{m}^3$ . Esta amostra de óleo afundaria na água ou não? Explique.

---

---

---

---

- 4.** Conta-se que Chico Rei guardava ouro em pó retirado de uma mina em potes de 5 litros. Dois ladrões tentaram roubar um pote cada um, mas não previram o peso de cada pote. Não conseguindo correr com o pote, foram apanhados pelos vigias. Acredita-se que foi este episódio que deu origem ao dito popular: “vergonha é roubar e não poder carregar”. Se a densidade do ouro é  $19.300\text{Kg/m}^3$  e se 1 litro vale  $0,001\text{ m}^3$ , qual é a massa de ouro (em Kg) contida em cada pote?

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



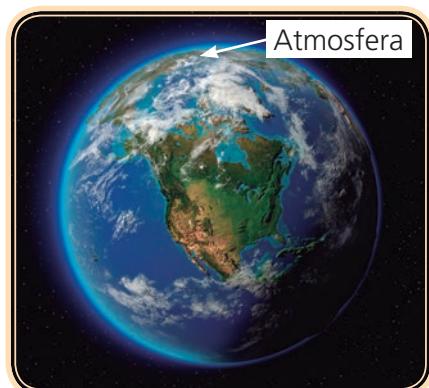
# Aula 11 – O ar pesa mais no pé ou no alto de uma montanha?

Nesta aula vamos estudar o comportamento da pressão devido à camada de ar que nos cerca, a pressão atmosférica. Como se trata de mais uma aula sobre pressão abordaremos o uso de algumas unidades de medida de pressão e algumas aplicações do conceito de pressão em alguns equipamentos como compressores e bombas de vácuo.

## 11.1 Pressão Atmosférica

O ambiente onde vivemos aqui na Terra é totalmente envolvido por uma massa de ar composta por oxigênio, nitrogênio, vapor d'água, além de outros compostos. Esta combinação de gases permite a nossa existência. Este ambiente, ilustrado na **Figura 11.1**, é chamado de *atmosfera*. Acima da atmosfera existem outras camadas com outras composições, mas estas outras camadas não serão discutidas nesta aula.

Como o ar tem massa podemos supor que seu peso (que é uma força) exerce pressão sobre tudo que habita a atmosfera, trata-se da *pressão atmosférica*. Mas será que esta pressão é a mesma em todos os lugares?



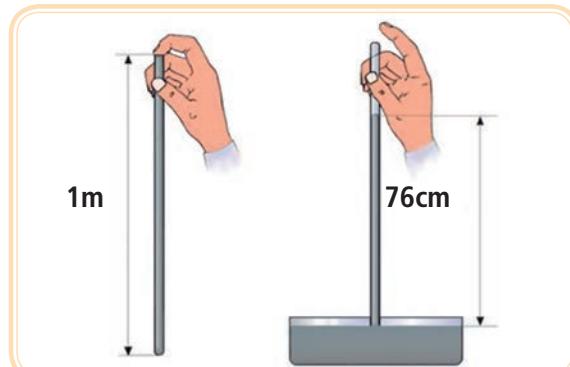
**Figura 11.1: Ilustração da atmosfera**

Fonte: <http://aprendendocomovoinho.blogspot.com>

## 11.2 Primeira Medida da Pressão Atmosférica

Por volta de 1646, o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) realizou um experimento com o objetivo de medir a pressão atmosférica. Torricelli encheu de mercúrio (Hg) um fino tubo de vidro com um metro de comprimento, como ilustra a **Figura 11.2**, e realizou o experimento que consistiu na primeira medida da pressão atmosférica.

Torricelli inverteu o tubo e o mergulhou em um recipiente que também continha mercúrio (Hg). Após este processo verificou-se que a coluna de mercúrio (Hg) descia até permanecer com a altura de 76 cm, como ilustra a mesma Figura 11.2. O sistema construído por Torricelli é, muitas vezes, chamado de *Barômetro de Torricelli*, e os instrumentos de medida de pressão atmosférica são, devido a este fato, chamados de *Barômetros*.



**Figura 11.2: Ilustração do barômetro de Torricelli**

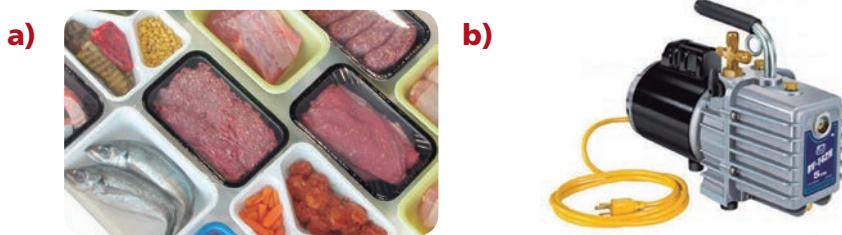
Fonte: <http://izpicancha.blogspot.com>

De acordo com a Primeira Lei de Newton, quando o sistema entra em equilíbrio a pressão atmosférica ( $P_{atm}$ ) sobre o mercúrio do recipiente é igual à pressão exercida pelo peso da coluna de mercúrio do tubo.

### 11.3 Aplicações dos Resultados de Torricelli

A experiência, realizada por Torricelli, levou a dois resultados muito importantes. O primeiro resultado foi a existência do vácuo no topo da coluna de mercúrio (no interior do tubo). Na época de Torricelli a existência do vácuo era negada por muitos estudiosos.

A ideia de vácuo está associada a um ambiente ou recipiente no qual não há matéria. Contudo, para efeitos práticos o vácuo é definido como um ambiente onde a pressão é menor do que a pressão atmosférica. Hoje o vácuo é produzido por equipamentos chamados de *Bombas de Vácuo* (Figura 11.3b), que extraem ar do interior de um recipiente.



**Figura 11.3: a) Alimentos embalados a vácuo. b) Bomba de Vácuo**

Fonte: [www.tecnopack.pt](http://www.tecnopack.pt) e <http://images.quebarato.com.br>

Muitas de alimentos como carnes frescas, são embalados em recipientes de vácuo. Este procedimento é adotado, para facilitar a compactação durante o armazenamento e para evitar contaminação devido a bactérias presentes no ar. A tecnologia das embalagens a vácuo melhora o padrão de conservação de alimentos por meio da diminuição do contato com oxigênio, que favorece o desenvolvimento de micróbios. As peças de carne a vácuo podem então ficar mais tempo nas gôndolas dos supermercados (**Figura 11.3a**).

Existem objetos que são construídos para que a pressão em seu interior seja maior que a pressão atmosférica. É o caso dos botijões de gás de cozinha,

**Figura 11.4.** Como a pressão no interior destes recipientes é maior que a pressão atmosférica, quando ligado a um fogão o gás escoa até o local onde a chama é produzida. O escoamento é controlado por uma válvula, e qualquer abertura descontrolada pode causar vazamentos, o que é percebido pelo cheiro característico.



**Figura 11.4: Botijões de gás.**

Fonte: <http://blogdoanax.blogspot.com>

Outro resultado da experiência de Torricelli foi a possibilidade de medida da pressão por meio da altura da coluna de um fluido. Como a coluna de mercúrio foi de 76cm, definiu-se por meio dela o valor da pressão atmosférica ao nível do mar. Muitas vezes a pressão atmosférica é medida em centímetros de mercúrio ou em atmosferas (atm). A pressão atmosférica vale 1 atm ao nível do mar, o que equivale à pressão de uma coluna de 76cm de mercúrio. Podemos relacionar estas duas unidades ao pascal, que é a unidade do SI, por meio das seguintes igualdades:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**Exemplo 1:** Se a pressão no interior de um botijão de gás de cozinha é de 248 cmHg qual será o valor desta pressão em pascal e em atmosfera.

A conversão de unidades neste caso pode ser feito por meio de uma regra de três. Primeiro faremos a conversão para o valor em atmosferas.

$$1 \text{ atm} \rightarrow 76 \text{ cmHg}$$

$$P \text{ atm} \rightarrow 248 \text{ cmHg}$$

Multiplicando em diagonal temos:

$$1 \times 248 = P \times 76$$

$$P = 248 / 76$$

$$P = 3,26 \text{ atm}$$

Adotando o mesmo procedimento na conversão para o pascal fazemos:

$$1 \text{ atm} \rightarrow 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$3,26 \text{ atm} \rightarrow P \text{ Pa}$$

$$1,01 \times 10^5 \times 3,26 = P$$

$$P = 3,29 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Por meio destas conversões percebemos que a pressão no interior de um botijão de gás é cerca de 3 vezes maior que a pressão atmosférica ao nível do mar. Este resultado mostra a necessidade de bastante cuidado na prevenção de vazamentos de gás, pois devido à esta diferença de pressão qualquer abertura na mangueira, falha na válvula ou mesmo uma boca do fogão defeituosa pode levar a um vazamento, que pode causar um acidente.

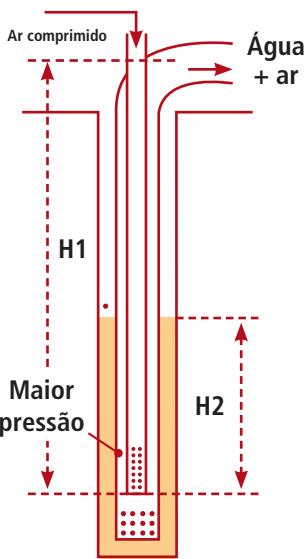


**Figura 11.5: Compressor de ar**

Fonte: [www.distrelero.com.br](http://www.distrelero.com.br)

Em algumas atividades como oficinas de pintura automotiva e borracharias são utilizados equipamentos que aumentam a pressão do ar, para produzir posteriormente um jato de ar comprimido. Estes equipamentos são os *compressores de ar*, **Figura 11.5**, que, ao contrário da bomba de vácuo, sugam o ar da atmosfera e o comprimem em um recipiente. O ar comprimido proveniente de compressores pode ser utilizado em pistolas de pintura ou em bombas para encher uma boia.

Algumas bombas d'água também se utilizam do aumento da pressão, como ilustra a **Figura 11.6**. Neste caso, o motor da bomba aumenta a pressão no fundo de um poço artesiano, fazendo com que a água suba pela tubulação a uma região de maior altitude.



**Figura 11.6: Esquema de uma bomba d'água**

Fonte: Adaptado de [www.mspc.eng.br](http://www.mspc.eng.br)

## 11.4 Voltando à Pressão Atmosférica

Outro físico, o francês Blaise Pascal (1623-1662), realizou em 1648 experiências que mostraram que o peso do ar atmosférico é maior na base de uma montanha do que no topo desta. Na verdade, Pascal repetiu a experiência de Torricelli no alto de uma montanha e verificou que a pressão é menor a medida que a altitude aumenta. Os resultados de Pascal estão em acordo com a ideia de que a espessura da atmosfera é menor em altitudes maiores, como ilustra a **Figura 11.7**.



**Figura 11.7: Diferença da altura da coluna de ar entre o nível do mar e uma montanha**

Fonte: Adaptada de [www.prof2000.pt](http://www.prof2000.pt)

Estudos realizados tomando como base os conceitos de pressão e de densidade mostraram que o ar atmosférico vai ficando cada vez menos denso a medida a altitude aumenta, ou seja, em maiores altitudes há menos ar para respirar. Costuma-se dizer que em maiores altitudes o ar é *mais rarefeito*, o que significa que a pressão atmosférica e a menor densidade do ar são menores.

## Resumo

Nesta você foi estudou que o efeito do peso da camada de ar que nos cerca também exerce pressão, a pressão atmosférica. Também estudou que a pressão atmosférica diminui a medida que a altitude aumenta. Também aprendemos que a experiência de Torricelli teve consequências importantes como a confirmação da existência do vácuo e o estabelecimento de uma forma de medida da pressão atmosférica.



## Atividades de aprendizagem

1. Por que ao abrir uma lata de óleo de cozinha costuma-se fazer dois furos?

---

---

---

---

---

---

---

2. Por que ao descer uma serra temos a sensação de que os ouvidos estão trancando?

---

---

---

---

---

---

---

# Aula 12 – Como a pressão pode ajudar a verificar se uma parede está nivelada?

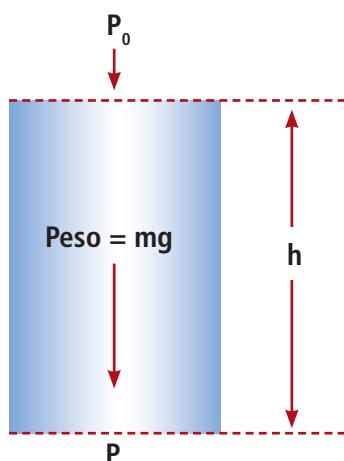
Nesta aula continuaremos a analisar os resultados obtidos por meio do experimento Torricelli. Nosso objetivo será associar os conceitos de pressão e densidade para entender um pouco melhor o comportamento da pressão a medida que a profundidade aumenta. Abordaremos ainda mais algumas manifestações desse conceito, particularmente a respeito dos vasos comunicantes.

## 12.1 Pressão Manométrica

A experiência de Torricelli, vista aula anterior, confirma que a pressão aumenta a medida que a profundidade no interior de um líquido aumenta. De fato quanto mais profundo for um oceano, por exemplo, maior será a coluna de água, e maior será a pressão. Contudo outra pergunta pode ser feita ainda: o que aconteceria se ao invés de mercúrio, Torricelli tivesse usado água? A resposta desta questão está ligada ao conceito de densidade.

O que se observa é que a diminuição da densidade é acompanhada por uma diminuição na pressão, por isso, há uma relação entre densidade e pressão.

Para encontrar esta relação, vamos analisar a coluna de fluido ilustrada na **Figura 12.1**, esta porção pode ser um volume de água em uma jarra.



**Figura 12.1:** Coluna de fluido usada para equacionar a pressão em função da densidade

Fonte: Acervo do autor

A diferença entre a pressão na base ( $P$ ) e a pressão no topo ( $P_0$ ) dessa porção de líquido, é dada por:

$$P - P_0 = dgh$$

Sendo  $g$  a aceleração da gravidade,  $d$  a densidade do líquido e  $h$  a altura da coluna de líquido. Este é conhecida como *Lei de Stevin*, em homenagem ao engenheiro holandês Simon Stevin (1548-1620) que foi um dos pioneiros no estudo da relação entre pressão e profundidade de um líquido.

A Lei de Stevin é utilizada em algumas aplicações como forma de medir pressões desconhecidas. Em alguns instrumentos, os *manômetros*, a diferença  $P - P_0$  é chamada de pressão manométrica ( $P_{\text{man}}$ ). A pressão medida nos pneus de um carro, por exemplo, é a pressão manométrica, que representa a diferença entre a pressão no interior do pneu e a pressão atmosférica.

Na da coluna de líquido da **Figura 12.1** a pressão absoluta ( $P$ ) será:

$$P = P_0 + dgh$$

O termo  $P_0$  representa a pressão atmosférica que atua sobre a coluna de líquido, enquanto que o termo  $dgh$  representa a pressão exercida pelo próprio fluido sobre sua base. Dois resultados são consequência desta expressão:

- Quanto mais denso for o fluido maior será a pressão exercida por ele.
- Quanto maior a coluna desse fluido, maior será a pressão exercida por ele total.

**Exemplo 1:** Qual será a pressão exercida pela água de uma jarra, cuja coluna tem 10cm (0,1m) de altura? Considere que a jarra está em uma casa localizada ao nível do mar.

Para resolver este problema consideraremos  $g = 10\text{m/s}^2$  e utilizaremos os valores da densidade da água e da pressão ao nível do mar ( $P_0 = 1\text{atm}$ ) apresentados na aula anterior, ou seja:

$$1 \text{ atm} \rightarrow 101000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$d_{\text{Água Doce}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Utilizando a equação:

$$P = P_0 + dgh$$

temos:

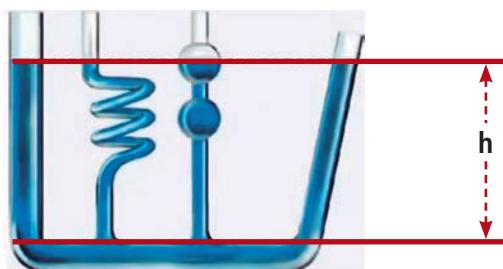
$$P = P_0 + (1000) \cdot (10) \cdot (0,1) = P_0 + 1 \times 10^3$$

$$P = 101000 + 1000 = 102000 \text{ Pa} = 1,02 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Note que a pressão absoluta foi obtida somando-se a pressão atmosférica no local, com a pressão da coluna de líquido. É importante lembrar que se a água na jarra fosse a água do mar, o valor desta pressão aumentaria, pois a densidade da água do mar é maior:  $d_{\text{Água do mar}} = 1,025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . O valor da pressão absoluta devida à água do mar neste exemplo seria:  $P = 102025 \text{ Pa}$ . Para exercitar o uso da equação para o cálculo da pressa, obtenha este valor.

## 12.2 Vasos Comunicantes

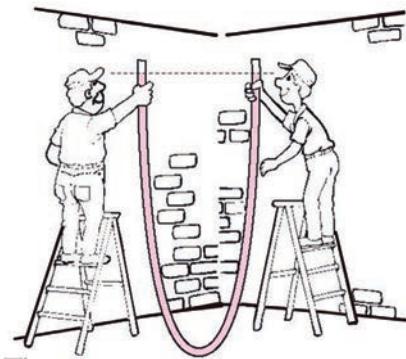
Se compararmos diferentes recipientes que contenham o mesmo líquido, as diferenças de pressão serão devidas às diferenças de altura nas colunas de líquido. Este fato pode ser ilustrado pelo comportamento dos chamados *vasos comunicantes*, como o ilustrado na **Figura 12.2**. As áreas e as formas dos recipientes não precisam ser iguais, como mostra a figura, mas suas bases são interligadas por um canal. Para uma mesma altura a pressão será a mesma.



**Figura 12.2: Vasos comunicantes**

Fonte: <http://radikfisic.blogspot.com>

Muitas situações envolvem esse comportamento dos vasos comunicantes. O nivelamento do líquido em uma mangueira transparente é utilizado por pedreiros para nivelar uma parede, como ilustra a **Figura 12.3**. Os níveis de água na mangueira se equivalem quando estão à mesma altura, ou à mesma pressão, por isso se tornam uma referência para ver se dois pontos de uma mesma parede estão à mesma altura (nivelada).

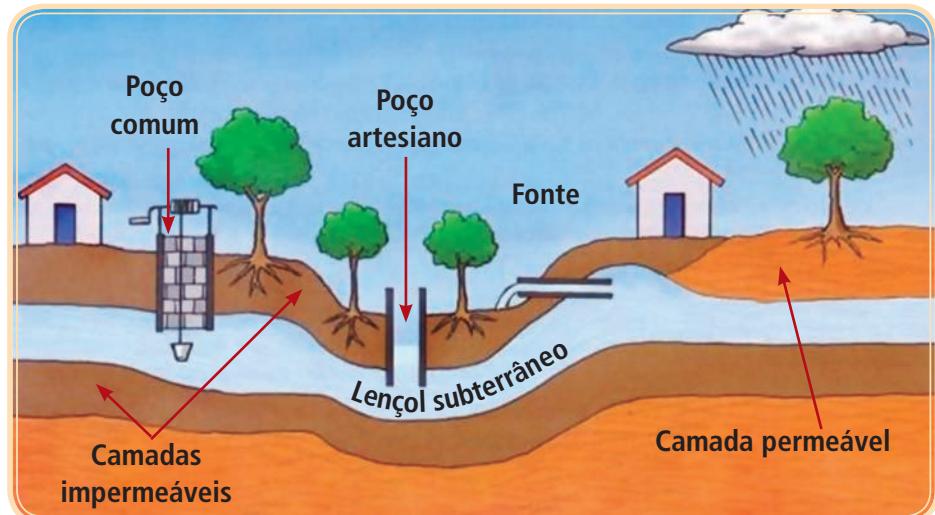


**Figura 12.3: Nivelamento de uma parede com vasos comunicantes, a mangueira.**

Fonte: [www.automacaoindustrial.com](http://www.automacaoindustrial.com)

As caixas d'água ficam em posições mais elevadas justamente para garantir a saída da água pela torneira. Se a caixa d'água ficasse na mesma altura da torneira não haveria diferença de pressão suficiente para que a água escasse. A água sai da torneira por que age como se fosse equilibrar a pressão neste ponto com a pressão na caixa d'água.

Quando se fura um poço (comum ou artesiano) é estabelecida uma configuração parecida com um vaso comunicante, **Figura 12.4**. O lençol de água subterrâneo (que muitas vezes é chamado de *aquífero* ou *lençol freático*) comporta-se como o canal entre os vasos. Assim como a água em um vaso comunicante, a água do poço sobe até certo nível para equilibrar a pressão.



**Figura 12.4: Os poços comuns e os poços artesianos têm um comportamento semelhante ao de vasos comunicantes.**

Fonte: <http://cidaderiodejaneiro.olx.com.br>

Na próxima aula falaremos sobre outras aplicações do conceito de pressão, particularmente respeito de como podemos obter vantagens mecânicas de situações que envolvem equilíbrio de pressão em fluidos.

## Resumo

Nesta aula você estudou que a densidade de um fluido também interfere no comportamento da pressão. A altura da coluna de fluido pode ser utilizada para a realização de medidas de pressão. O comportamento da pressão de fluidos em vasos comunicantes oferece algumas vantagens em nosso cotidiano.

## Atividades de aprendizagem

- Se você dirige, é bastante possível que seu carro já tenha ficado sem combustível longe de um posto. Para colocar combustível em seu carro você deve ter usado uma mangueira para levar o combustível de um galão até o tanque. A lei de Stevin pode ser aplicado nesta situação? Explique.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---



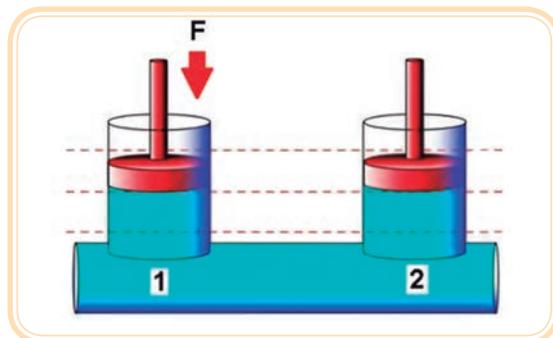
# Aula 13 – Por que a nossa força é multiplicada em um macaco hidráulico?

Nesta aula vamos estudar mais um efeito associado a condições de equilíbrio de fluidos. Veremos que o equilíbrio de pressões pode levar à construção de equipamentos que oferecem comodidade em várias situações. Estudaremos especificamente a importância da pressão em equipamentos hidráulicos, mediante a aplicação da Primeira Lei de Newton e do Princípio de Pascal.

## 13.1 Variação de Pressão em Vasos Comunicantes

Na aula anterior estudamos os vasos comunicantes, uma configuração de recipientes onde independentemente da forma ou da área dos recipientes, a pressão de um fluido será a mesma em uma dada altura. Agora vamos analisar o que ocorre quando há uma variação de pressão em um dos vasos.

Na **Figura 13.1**, mostrada a seguir, temos um sistema de vasos comunicantes no qual foram adicionados pistões aos vasos. O que deve ocorrer com o pistão da direita (2) se uma força  $F$  para baixo for aplicada no pistão da esquerda (1)? Você deve ter respondido que o pistão da direita sobe. Mas por que isso ocorre?



**Figura 13.1: Vasos comunicantes com pistões**

Fonte: <http://blog.gmveurolift.es>

Este tipo de comportamento também foi estudado por Blaise Pascal (1623-1662). A conclusão dos estudos de Pascal foi que uma variação de pressão DP produzida em qualquer ponto de um líquido se transmitirá a todos os pontos desse mesmo líquido, por isso o pistão da direita sobe. Esta conclusão é conhecida como o *Princípio de Pascal*. Vamos então analisar os efeitos desta variação de pressão.

## 13.2 Princípio de Pascal e a Multiplicação de Uma Força

Os vasos mostrados na **Figura 13.1** possuem a mesma área ( $A$ ) e a aplicação da força  $F$  no pistão da esquerda causará um aumento na pressão ( $\Delta P$ ). Este fato pode ser equacionado a partir da definição de pressão vista na primeira aula desta série:

$$\Delta P = F/A$$

As áreas  $A_1$  e  $A_2$  dos vasos são iguais, a aplicação da força  $F$  no vaso 1, o da esquerda, produzirá um aumento de pressão  $\Delta P$  igual a:

$$\Delta P = F/A_1$$

De acordo com o princípio de Pascal este aumento de pressão será transmitido a todo o líquido, por isso o vaso 2, o da direita sofrerá o mesmo aumento de pressão. Como resultado do aumento de pressão, o pistão será empurrado para cima pelo líquido com a mesma força  $F$ , que será dada por:

$$F = \Delta P \times A_2,$$

pois as áreas são iguais.

Você deve estar se perguntando: *foi aplicada uma força de um lado e o outro lado subiu fazendo a mesma força para cima, e daí?* De fato, como as áreas são iguais o efeito não chama tanto a atenção, mas e se as áreas forem diferentes? A figura mostrada a seguir retrata esta situação.

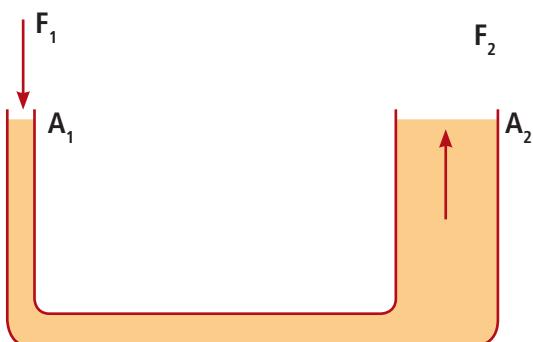


Figura 13.2: Vasos comunicantes com áreas diferentes.

Fonte: [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)

A variação de pressão em cada vaso será mesma e pode ser escrita como:

$$\Delta P_1 = F_1/A_1$$
$$\Delta P_2 = F_2/A_2$$

De acordo com o Princípio de Pascal a variação de pressão será a mesma nos dois vasos, assim temos:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

A equação precedente indica que havendo uma diferença entre as áreas  $A_1$  e  $A_2$ , haverá uma diferença igual entre as forças.

**Exemplo 1:** Se uma força  $F_1$  de 10N for aplicada no pistão 1 da Figura 13.2, cuja área é de  $1\text{m}^2$ , com que força o pistão 2, de área  $3\text{m}^2$ , será empurrado para cima?

Para resolver esta questão vamos utilizar relação entre forças e áreas obtidas a partir do Princípio de Pascal:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

Como conhecemos  $F_1$ ,  $A_1$  e  $A_2$  podemos substituir estes valores na equação:

$$10 \text{ N} / 1 \text{ m}^2 = F_2 / 3 \text{ m}^2$$

Isolando  $F_2$  teremos:

$$F_2 = 30 \text{ N}$$

O exemplo resolvido mostra que um aumento de 3 vezes na área causou um aumento de três vezes na força, isso mostra que o Princípio de Pascal pode ser utilizado em equipamentos destinados à multiplicação de forças. De fato, o uso deste tipo de equipamento é bastante comum.

### 13.3 Algumas Aplicações do Princípio de Pascal

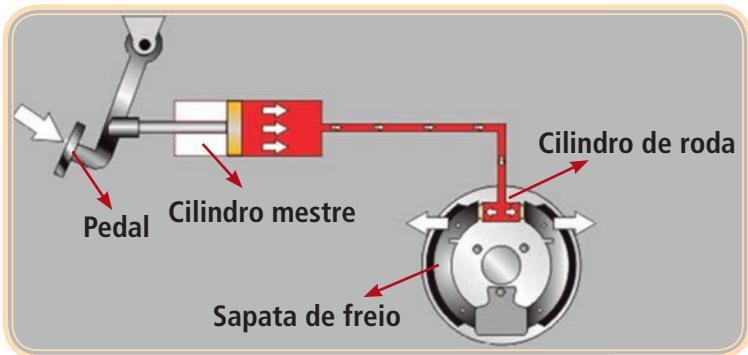
Os chamados macacos ou elevadores hidráulicos, utilizados para erguer carros, barcos ou outras estruturas, são vasos comunicantes cheios de óleo. Como um dos vasos é mais fino, uma força aplicada neste vaso será multiplicada pelo segundo vaso, de área maior. O Princípio de Pascal também está presente nas prensas hidráulicas, **Figura 13.3**, onde a força de um homem pode ser multiplicada a ponto de esmagar um pedaço de metal.



**Figura 13.3: Prensa hidráulica**

Fonte: [www.solostocks.com.br](http://www.solostocks.com.br)

O sistema de freios de um automóvel também manifesta o Princípio de Pascal. Quando o motorista pisa no pedal de freio ocorre um aumento na pressão do fluido de freio. Esta variação de pressão é transmitida aos cilindros de freio pelo fluido. A força resultante atrita as pastilhas contra o disco (no caso dos freios a disco), ou as sapatas contra o tambor (no caso do freio a tambor, **Figura 13.4**).



**Figura 13.4: Sistema de freios de um automóvel.**

Fonte: [www.webmecauto.com.br](http://www.webmecauto.com.br)

## Resumo

Nesta aula estudamos o efeito da variação da pressão no interior de um sistema de vasos comunicantes. De acordo com o Princípio de Pascal, uma variação de pressão ocorrida em uma parte de um fluido é transmitida a todo o volume deste fluido. Com base neste princípio, é possível construir equipamentos multiplicadores de força.

## Atividades de aprendizagem



1. Toda vez que um mecânico faz manutenção nos freios de um automóvel, após colocar o fluido de freio ele realiza um procedimento costumeiramente chamado de *sangria dos freios*. Por que o mecânico realiza este procedimento?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 14 – Por que os objetos parecem pesar menos na água?

Nesta aula você vai estudar mais um efeito da variação da pressão com profundidade de um fluido, o empuxo. Este conceito, que será apresentado com base no princípio de Arquimedes, está ligado à condição de equilíbrio de um objeto que flutua sobre a água.

## 14.1 Diferença de Peso na Água

Você já teve a sensação de que um objeto, ou mesmo você, pesa menos na água? Esta sensação não é uma ilusão, mas tem fundamento no comportamento da pressão no interior de um fluido.



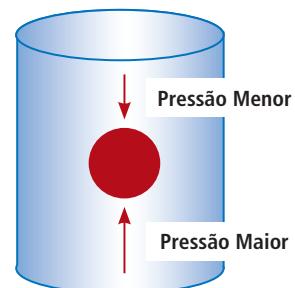
**Figura 14.1: Os objetos parecem ficar mais leves de-baixo da água**

Fonte: Adaptado de <http://educar.sc.usp.br>

O fato de você perceber que um objeto pesa menos na água se deve ao fato de que a água exerce uma força dirigida para cima chamada de *Empuxo*. Como foi discutido nas aulas anteriores, a pressão aumenta com a profundidade e quando um objeto está mergulhado em um fluido sofre a ação desta variação de pressão. A **Figura 14.2** ilustra a situação em que um objeto esférico é mergulhado em um líquido. A parte de baixo do objeto está sujeita a uma pressão maior.

Devido a esta diferença de pressão manifesta-se uma força resultante para cima. Esta força resultante é o empuxo e seu valor representa o quanto o peso do objeto diminui no líquido.

O empuxo é a força que faz um objeto flutuar sobre um líquido.



**Figura 14.2: A pressão no fundo do recipiente é maior**

Fonte: Acervo do autor

## 14.2 Princípio de Arquimedes

Conta-se que o filósofo grego Arquimedes (282-212 AC) descobriu tomando banho em uma banheira um princípio associado ao estudo do equilíbrio de corpos em fluidos. De acordo com este princípio o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo colocado neste.

Quando um objeto é colocado em um recipiente que contém um líquido, observa-se que certa porção do líquido é deslocada. O valor do empuxo corresponde ao valor do peso desta porção líquido deslocado. Quanto maior o volume de líquido deslocado, maior será o empuxo.

Quando uma boia de uma vara de pesca (**Figura 14.3**) flutua, por que uma parte desta boia (geralmente a parte branca) fica imersa na água?



**Figura 14.3: Boia para vara de pesca.**

Fonte: ©sellingpix/shutterstock

Para discutir esta questão vamos determinar com base no conceito de empuxo, algumas condições para que um corpo possa flutuar em um líquido:

- **Primeira:** Se o valor do empuxo for menor que o peso do objeto, este afunda. Um exemplo desta condição é o caso do chumbinho colocado em uma vara de pesca. Justamente por seu peso ser maior que o empuxo produzido pela água, o chumbinho é amarrado perto do anzol, assim ambos afundam.
- **Segunda:** Se o valor do empuxo é maior que o peso do objeto, este flutua. Se um pequeno pedaço de madeira cai na água vai flutuar, por que o peso do líquido deslocado é maior que o peso deste pedaço de madeira. É por isso que os barcos e os navios, **Figura 14.4**, possuem uma grande

área de contato com a água. Estas embarcações deslocam uma grande quantidade de água, de tal forma que seu peso é equilibrado pelo peso do líquido deslocado.

- **Terceira:** Se o valor do empuxo for igual ao peso do objeto, este permanece em repouso na posição em que for deixado seja esta posição ao fundo ou na superfície do líquido. Muitos peixes permanecem em repouso justamente por que variam seu peso enchendo ou esvaziando suas bexigas natatórias.



**Figura 14.4: Os navios deslocam uma grande quantidade de água, por isso não afundam.**

Fonte: [www.lockheedmartin.com](http://www.lockheedmartin.com)

### 14.3 Relação Entre a Densidade do Fluido e o Empuxo

Como foi dito anteriormente, o valor do empuxo corresponde ao valor do peso do líquido deslocado, vamos então equacionar o empuxo. O peso de qualquer corpo, inclusive um líquido, é dado por:

$$\text{Peso} = m \cdot g,$$

onde  $g$  é a aceleração da gravidade e  $m$  é a massa do objeto.

Como estudamos na Aula 10 o valor da massa de um líquido pode ser escrito como função da densidade ( $d$ ), por meio da seguinte equação:

$$m = d \cdot V,$$

onde  $V$  é o volume do líquido.

Com base nas definições de peso e de densidade podemos escrever o empuxo E como sendo:

$$E = d \cdot g \cdot V.$$

Com esta expressão podemos calcular o quanto o peso de um objeto diminui quando colocado na água por exemplo. Esta expressão permite que possamos explicar o porquê de uma parte do objeto ficar imersa e outra parte ficar fora da água, como é o caso da boia de uma vara de pesca.

**Exemplo 1:** Uma boia de vara de pesca tem densidade  $500\text{Kg/m}^3$ . Que fração do volume desta boia fica imersa, quando esta flutua na água doce (densidade =  $1000\text{Kg/m}^3$ )?

Como a boia flutua temos uma condição de equilíbrio, portanto o empuxo é igual ao peso da boia. Temos então:

$$\text{Peso da Boia} = E = d_{\text{água}} \times g \times V_{\text{liq deslocado}}$$

Para calcularmos a fração do volume da boia que fica imersa basta dividir a densidade da boia pela densidade da água:

$$d_{\text{boia}} / d_{\text{água}} = 500 / 1000 = 1/2.$$

Portanto  $1/2$  (ou metade) da boia fica imersa.

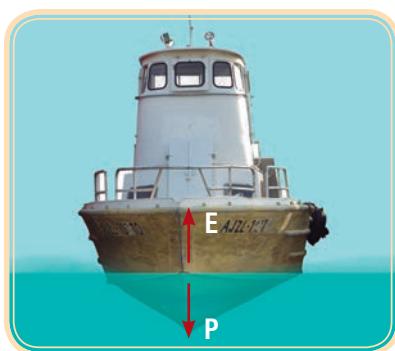
## 14.4 Equilíbrio de Um Navio

Você já deve ter percebido que quando adiciona-se uma carga em um barco (em uma pescaria por exemplo) ele oscila lateralmente, as vezes até como uma gangorra. A melhor forma de reestabelecer o equilíbrio é redistribuir peso da carga, evitando que o barco tombe. O motivo deste procedimento é que o equilíbrio de uma embarcação não resulta apenas da igualdade entre o peso e o empuxo, mas também do alinhamento entre estas forças.

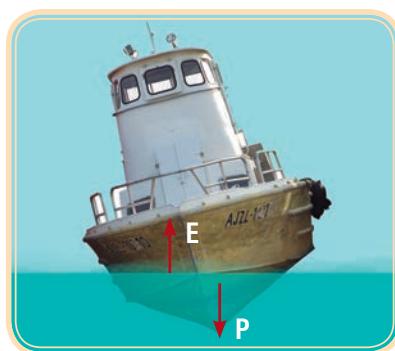
O equilíbrio do barco é estabelecido quando as linhas de ação do peso do barco (incluindo a carga) e do empuxo são iguais. A **Figura 14.5** ilustra as linhas de ação do peso do navio e do empuxo da água. Repare nas setas pretas. Na **Figura 14.5a** o peso do navio e o empuxo estão alinhados, por isso o navio está em equilíbrio e não oscila. Na **Figura 14.5b** o peso e o empuxo

não estão alinhados, e o navio tenta a oscilar e até a virar. A situação ilustrada na **Figura 14.5b** pode ocorrer quando, por exemplo, um pequeno barco pesqueiro ergue uma rede com uma grande quantidade de peixes.

a)



b)



**Figura 14.5: Análise do equilíbrio de um barco**

Fonte: Adaptado de: [www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br) e [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

Em geral, para melhorar as condições de equilíbrio de uma embarcação, costuma-se concentrar o máximo possível do peso da carga na parte mais baixa do casco. Outra medida é o uso de *lastros*, os quais, especialmente quando um barco está vazio, ajuda alinhar o peso com o empuxo.

## Resumo

Nesta aula você estudou sobre o empuxo, uma força causada pelo aumento da pressão de um líquido com a profundidade. O empuxo faz com que o peso dos objetos seja menor num líquido. De acordo com o Princípio de Arquimedes, o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado por um objeto que é colocado neste líquido. Quando mais líquido é deslocado maior é o empuxo, e, portanto, mais facilmente o objeto flutua neste fluido.

## Atividades de aprendizagem

- Se a boia do exercício resolvido for colocada na água do mar ( $d = 1025 \text{ Kg/m}^3$ ), a fração imersa aumenta ou diminui?





# Aula 15 – Por que os canos de água nas residências são mais finos que os canos do sistema de abastecimento de água da cidade?

Nas últimas aulas estudamos propriedades associadas ao comportamento de fluidos em repouso, foi o que chamamos de hidrostática. Nesta aula vamos discutir alguns temas ligados ao comportamento de fluidos quanto se movimentam, uma área da Física chamada de *Hidrodinâmica*. Vamos estudar algumas propriedades e características que interferem no movimento de fluidos e na interação destes com superfícies.

## 15.1 Movimento de Fluidos

No início desta aula é importante lembrarmos que o termo fluido se aplica a materiais que podem escoar. Assim, os temas a serem estudados aqui se aplicam a gases e a líquidos.

O estudo do movimento de fluidos é realizado por uma área da Física chamada *Hidrodinâmica*. Esta área se dedica ao estudo da pressão e da velocidade de fluidos em escoamento. A hidrodinâmica tem aplicações que vão desde projetos de construção de aviões, hélices para motores de barcos, cascos de barcos, desenho de carros e até o formato de boias para varas de pescaaria.

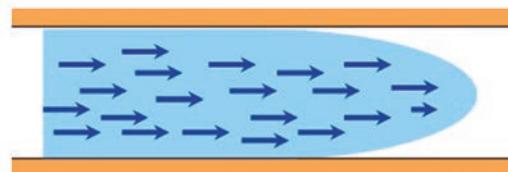
## 15.2 Escoamento

A palavra escoar pode ser definida como sinônimo de escorrer e é aplicada ao movimento de fluidos em superfícies, como uma gota que escorre em uma folha ou como o movimento da água no interior de um cano. A hidrodinâmica tenta entender como e por que ocorrem escoamentos.

Ao se movimentarem, os fluidos podem desenvolver movimentos suaves como as águas de um rio calmo, ou movimentos agitados como na correnteza de um rio que desce uma serra. Neste sentido, a hidrodinâmica estuda estes diferentes tipos de escoamento e os classifica da seguinte forma:

**Escoamento Estacionário:** Este tipo de escoamento pode ser entendido como aquele que se manifesta no leito de rio bastante calmo. Se uma folha cai na água de um rio de correnteza suave, é possível verificar que esta folha desenvolve um movimento retilíneo uniforme em relação às margens, pois

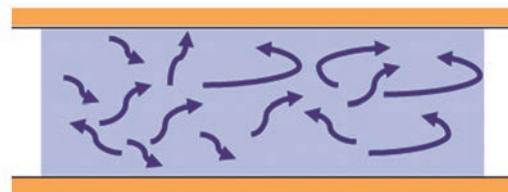
sua velocidade é constante e sua trajetória é retilínea. O escoamento estacionário é ilustrado na **Figura 15.1**, onde temos uma vista lateral de uma cano, pelo qual a água escoa.



**Figura 15.1: Escoamento estacionário.**

Fonte: Acervo do autor.

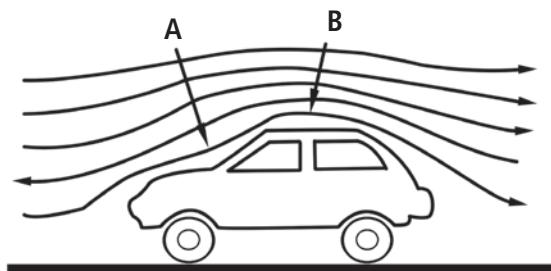
**Escoamento Turbulento:** O escoamento turbulento se dá quando o fluido passa por algum obstáculo, como uma pedra, ou tem mudanças na direção de seu movimento, como o que ocorre quando a água desce um cachoeira. Nestas circunstâncias temos a formação de bolhas, espumas ou redemoinhos. Outro exemplo de movimento turbulento é o vapor que sobe de uma chaleira que está a ferver. No caso do escoamento turbulento a velocidade de deslocamento do fluido tem diferentes direções e valores em cada instante, como ilustram as flechas na Figura 15.2.



**Figura 15.2: Escoamento turbulento**

Fonte: Acervo do autor.

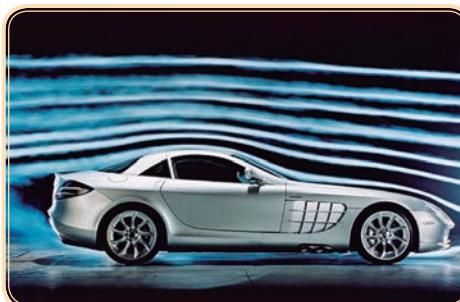
Para analisar o comportamento desses tipos de escoamento em algumas aplicações, os físicos e engenheiros utilizam-se de figuras como as *linhas de corrente*, que servem para ilustrar o movimento de fluidos em torno dos objetos. A **Figura 15.3** ilustra as linhas de corrente utilizadas para estudar o atrito do ar no movimento de um carro. Quando uma linha permanece reta, significa que o escoamento é estacionário (ponto B na figura), quanto não é reta, tem-se um escoamento turbulento (ponto A).



**Figura 15.3: Linhas de corrente em um automóvel**

Fonte: Adaptado de [www.scielo.br](http://www.scielo.br).

Durante a fase de projeto, aviões, carros, barcos e até motocicletas, são testados nos chamados *túneis de vento*. Os túneis de vento, como o ilustrado na **Figura 15.4**, são salas dotadas de potentes ventiladores produzem um intenso movimento do ar em torno dos veículos, permitindo que as linhas de corrente possam ser observadas. Este tipo de experimento serve para estudar a resistência do ar no movimento destes veículos. Tal é a importância destes estudos que receberem um nome especial: a *aerodinâmica*.



**15.4: Automóvel em um túnel de vento**

Fonte: <http://imagensdafsica.blogspot.com>

### 15.3 Vazão e Equação da Continuidade

Em muitas situações de cunho prático é necessário saber o quanto de líquido vai passar por uma tubulação. Um exemplo disso é o sistema de encanamento de sua casa. Os canos não são tão grossos porque a quantidade de água que passa por eles é só pra atender a sua casa. Por outro lado, quando é instalada uma tubulação para o abastecimento de uma cidade, o tamanho e o material dos canos são diferentes.

Dentre os fatores que ajudam a determinar as características dos canos a serem utilizados dois dos mais importantes são o volume e a velocidade de escoamento do líquido. Estes dois fatores são definidos pela *vazão*, que está relacionada à quantidade de fluido que passa por um cano a cada segundo. A vazão ( $I$ ) é medida em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ). Podemos equacionar a vazão ( $I$ ) de duas formas diferentes. A primeira delas é a seguinte:

$$I = A \cdot v$$

onde  $A$  é a área da tubulação e  $v$  é a velocidade do fluido. Por isso, quanto maior a área de um cano, maior é a vazão que ele suporta. Outra forma de equacionar a vazão é a seguinte:

$$I = V/\Delta t$$

onde  $V$  é o volume de fluido que escoa e  $\Delta t$  é o tempo necessário a este escoamento. Vamos entender o uso desta equação por meio do exemplo a seguir.

**Exemplo:** Para encher uma caixa d'água de 100 litros usando uma mangueira, demora-se 4 minutos. Qual é a vazão da mangueira neste caso?

Para encontrar a vazão neste caso podemos utilizar a segunda equação para o cálculo da vazão, pois temos o volume e o tempo:

$$I = 100 / 4 = 25 \text{ litros/min}$$

A mangueira tem uma vazão de 25 litros por minuto. Podemos escrever este resultado em  $\text{m}^3/\text{s}$  utilizando uma regra de três:

$$1 \text{ litro/min} \rightarrow 0,000017 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$25 \text{ litros/min} \rightarrow I$$

Multiplicando em diagonal temos:

$$I = 25 \times 0,000017$$

$$I = 0,00042 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por este exemplo percebemos que o conhecimento da vazão de uma mangueira ou de uma bomba d'água pode ajudar na previsão do tempo de esgotamento de um tanque por exemplo. Outra informação dada pelo exercício é que em algumas situações práticas o uso da unidade  $\text{m}^3/\text{s}$  pode levar a valores ruins de serem lidos ou escritos, razão pela qual muitos equipamentos trazem a vazão escrita em litros/min. ou litros/hora.

A escrita da vazão como o produto entre a velocidade de escoamento e a área de um cano, serve também para entendermos o porquê da água de um rio parecer ficar mais rápida quando passa por baixo de uma ponte. O motivo é que quando a vazão é constante o produto  $A \times v$  possui sempre o mesmo valor.

Se a área de um cano aumenta, a velocidade de escoamento diminui. Ou seja, a área do cano é inversamente proporcional à velocidade de escoamento.

As mangueiras possuem em sua saída um mecanismo que serve para regular a área de saída de água. Quando a área é maior a água sai com velocidade menor parecendo estar mais fraca. Quando regulamos a mangueira para

que a área fique menor, a água sai com maior velocidade, caso em muitas pessoas a utilizam para lavar alguns cantinhos de uma parede. Este comportamento da vazão é resumido em uma equação chamada *Equação da Continuidade*. A Figura 15.5 ilustra este resultado em um cano onde a área aumenta. Como o a vazão é constante a velocidade do fluido diminuirá, temos:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



Figura 15.5: Ilustração de um fluido que obedece à equação da continuidade

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Fluide08.htm>

## Resumo

Nesta aula estudamos alguns temas ligados à hidrodinâmica, área da Física que estuda o movimento de fluidos. Foram definidos dois tipos de escoamento de fluidos. No escoamento estacionário o movimento do fluido tem sempre a mesma direção e sua velocidade é constante. O escoamento turbulento, por outro lado, é aquele em que a direção e a velocidade do escoamento sofrem variações, formando bolhas e redemoinhos. Uma das formas de se estudar o escoamento de um fluido é por meio da vazão. O conceito de vazão está ligado à quantidade de fluido que passa por uma tubulação num determinado tempo. Por exemplo, quando maior a vazão em um cano que alimenta uma caixa d'água, mais rapidamente ela será cheia.

## Atividades de aprendizagem

1. Por que a água do rio fica mais veloz ao passar por baixo de uma ponte?



---

---

---

---

---

---

---

---

- 2.** Por que ao nadarmos em um rio, nos cansamos menos quando nadamos a favor da correnteza.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

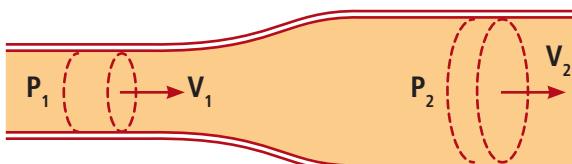
# Aula 16 – Como funciona um Spray?

Nesta aula vamos estudar uma relação entre a vazão e a pressão de um fluido que escoa por um cano. Também vamos analisar alguns fenômenos que são consequência desta relação. Veremos que objetos de nosso uso cotidiano, como o spray, são manifestação de alguns fenômenos ligados à hidrodinâmica.

## 16.1 Equação de Bernoulli

Quando alguém faz uso de uma mangueira é comum colocar um dos dedos na saída da água. Geralmente, que faz isso se justifica dizendo: “*coloço o dedo pra aumentar a pressão da água*”. Será que está justificativa está correta?

Para discutir esta questão, vamos aplicar a equação da continuidade, estudada na aula passada, ao líquido que escoa no tubo **Figura 16.1**. Note que as áreas de entrada e saída do líquido são diferentes.



**Figura 16.1:** Líquido escoando por um tudo com área de entrada diferente da área de saída

Fonte: Adaptado de [www.ufsm.br](http://www.ufsm.br)

Estudando a dinâmica de escoamento em dutos como este, em 1738 o físico suíço Daniel Bernoulli (1700-1782) estabeleceu uma relação mais geral para a equação da continuidade, mostrada na seguinte equação:

$$P_1 + \rho v_1^2/2 = P_2 + \rho v_2^2/2.$$

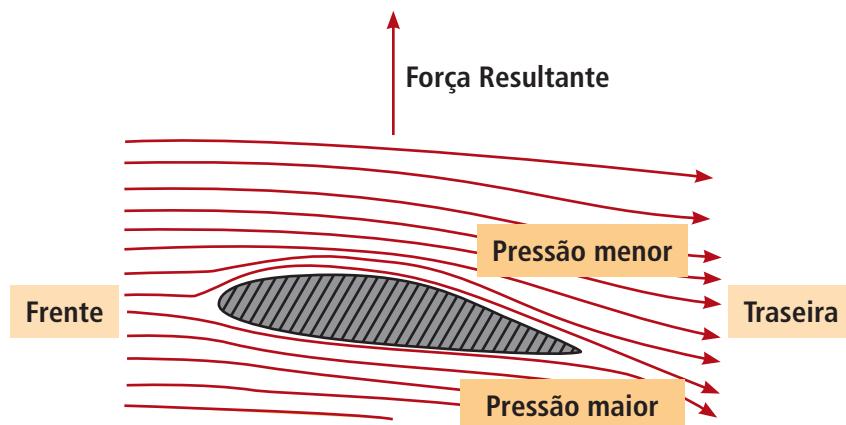
Esta equação indica que o escoamento de um fluido está ligado a uma combinação de fatores como a pressão, velocidade e a densidade deste fluido. A equação precedente é chamada de *equação de Bernoulli*. A equação de Bernoulli indica que um aumento na pressão implica numa diminuição da velocidade, um aumento na velocidade de escoamento implica numa diminuição da pressão. Este resultado parece ser um tanto estranho, contudo, não confunda o um aumento da velocidade de escoamento com aumento na pressão, pois esta confusão é muito comum.

Esta relação entre velocidade de escoamento e pressão tem sido estudada desde o século XXIII, de lá para cá muitas aplicações que comprovam seu funcionamento têm sido encontradas.

## 16.2 Aplicações da Equação de Bernoulli

Dentre vários pesquisadores da área da hidrostática destacaremos os resultados obtidos por dois. O italiano Giovanni Venturi (1746-1822) e o alemão Heinrich Magnus (1802-1870) desenvolveram, de maneira independente, vários estudos com base na equação de Bernoulli. Os resultados encontrados por eles tiveram consequências que vão desde o desenvolvimento dos sprays, dos carburadores de motores automotivos até o desenho de asas de avião e de velames para barcos.

As asas de um avião são construídas em um formato que faz com a velocidade do ar na sua parte superior é maior que parte inferior. Por conta disso, a pressão do ar é maior na parte inferior do que na parte superior. Esta diferença de pressão, ilustrada na **Figura 16.2**, faz com que se manifeste uma força resultante, responsável pela sustentação do avião em vôo. Note que a parte da frente das asas é um pouco mais elevada que a parte traseira.



**Figura 16.2: Linhas de corrente em uma asa de avião**

Fonte: Adaptado de [www.if.ufrj.br](http://www.if.ufrj.br)

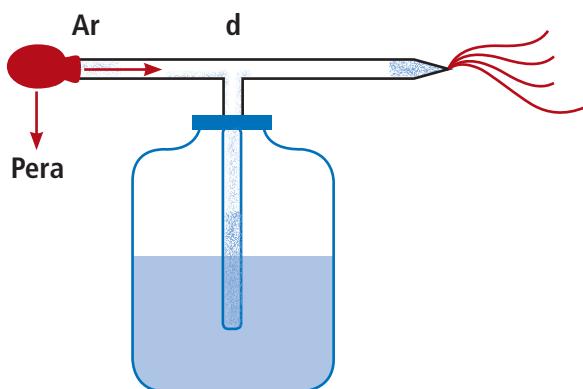
A vela em um barco, ilustrado na **Figura 16.3**, tem um comportamento parecido com o da asa de um avião. O posicionamento da vela do barco é feito de tal maneira que a diferença de pressão entre seus lados resulte em forças que o empurram para frente, mesmo viajando na direção contrária ao vento.



**Figura 16.3: As velas de um barco também têm seu funcionamento ligado à equação de Bernoulli**

Fonte: ©Netfalls/shutterstock

Podemos também aplicar a equação de Bernoulli no estudo do funcionamento dos sprays. Na **Figura 16.4** temos a esquematização de um spray, semelhante ao de um desodorante ou ainda de uma pistola de pintura. A corrente de ar criada ao se apertar a pera passa pela abertura do tubo d. Este efeito aumenta a velocidade do ar e reduz a pressão. Gotículas do líquido do recipiente deslocam-se para esta região de menor pressão e misturam-se com o ar, sendo lançadas no ambiente.



**Figura 16.4: Esquema de funcionamento do spray**

Fonte: Adaptado de [www.tutorvista.com](http://www.tutorvista.com)

No caso de uma pistola de pintura o aumento na velocidade do ar ocorre por que a pistola é ligada a um compressor. O jato de ar comprimido provoca uma diminuição de pressão tão grande que a tinta sobe e é lançada sobre a superfície a ser pintada.

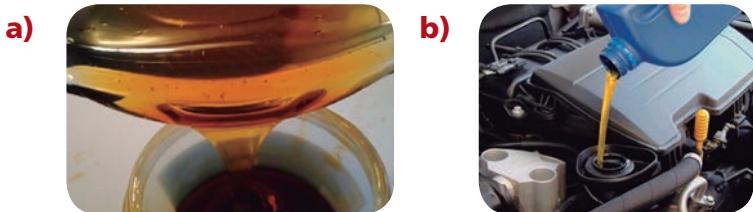
A equação de Bernoulli também pode ser utilizada para interpretar a ocorrência de queda de pressão em pessoas que possuem veias entupidas. Quando há um acúmulo de gordura em uma artéria, a velocidade de escoamento do sangue aumenta, o que faz com que a pressão caia. Por isso, um dos sintomas associados a problema de entupimento de veias é a queda de pressão.

### 16.3 Escoamento Viscoso

Muitos fluidos, óleos de motor, sangue, shampoo, mel e até a água, não obedecem perfeitamente a equação de Bernoulli. Um dos motivos é uma propriedade dos fluidos chamada *viscosidade*. Ao observar o escoamento do mel (Figura 16.5a) e da água, por exemplo, você deve ter percebido que o mel escoa mais lentamente e gruda mais que a água. Isto deve ao fato de que a água possui uma viscosidade bem menor que a do mel.

Quando um fluido escoa em uma tubulação a viscosidade produz uma força de resistência ao movimento, tal qual uma força de atrito. Por causa da

viscosidade, a porção do fluido mais próxima à parede da tubulação possui velocidade menor do que a porção mais central. Costuma-se dizer que uma material mais viscoso é mais *grosso*, enquanto que um material menos viscoso é mais *fino*.



**Figura 16.5: Dois fluidos mais viscosos que a água: a) mel b) óleo lubrificante para motor.**

Fonte: Acervo do autor e [http://neomgba.blogspot.com/2011\\_01\\_01\\_archive.html](http://neomgba.blogspot.com/2011_01_01_archive.html).

No caso do óleo lubrificante, **Figura 16.5b**, a viscosidade faz com que este mantenha-se por mais tempo entre as peças. Como o óleo fica por mais tempo entre as peças, atua como uma camada que diminui o atrito estas peças. As trocas de óleo periódicas ocorrem porque a viscosidade deste diminui devido às variações de temperatura que ocorrem no motor.

## Resumo

Nesta aula você estudou a relação entre o comportamento da pressão e da velocidade de escoamento de um fluido. A equação de Bernoulli indica que quanto a pressão do fluido aumenta, sua velocidade de escoamento diminui. Quando a velocidade de escoamento diminui, a pressão diminui. Estes resultados levaram ao desenvolvimento de importante um conjunto de aplicações, que vão desde a construção de asas de aviões, velas para barcos, sprays, até a análise da pressão arterial. Os óleos lubrificantes utilizados em um motor possuem uma viscosidade elevada, o que faz com que escorram muito mais lentamente, permanecendo mais tempo entre as engrenagens do motor.



## Atividades de aprendizagem

1. Para diminuir a pressão em um encanamento, um técnico optou por substituir o cano em um trecho. O técnico deve substituir o antigo cano por um mais grosso ou mais fino?

---

---

---

- 2.** Observando os carros desenvolvidos atualmente vemos que seu desenho é diferente do desenho da asa de um avião. Os carros modernos possuem traseira alta e frente baixa. Qual é a razão disto?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 17 – Você trabalha...uma máquina trabalha...fisicamente, o que é trabalho?

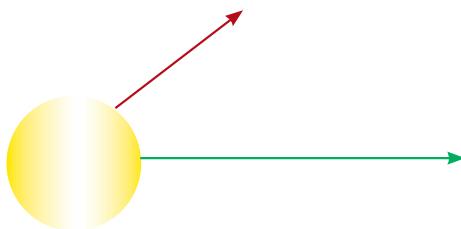
Na aula de hoje, você estudará sobre os conceitos de trabalho. Muito provavelmente você já ouviu alguém falar sobre trabalho, no entanto, o conceito físico de trabalho tem uma característica bem própria. Hoje veremos trabalho do ponto de vista físico. O objetivo principal desta aula é que você reconheça e compreenda este conceito, sabendo usá-lo e analisá-lo no seu dia a dia.

"As máquinas podem ser definidas, classificadas e estudadas em sua evolução de acordo com qualquer critério que se deseje: força motriz, complexidade, utilização de princípios físicos, etc. Mas se é obrigado, ao início, a escolher entre dois modos de pensar diferentes. O primeiro é o ponto de vista do engenheiro, que enxerga a tecnologia, sobretudo em suas relações internas e tende a definir a máquina em relação a si mesma, como um fato técnico. O outro é o enfoque social, que vê a tecnologia em suas conexões com a humanidade e define a máquina em relação com o trabalho humano, e como um artefato social ".

(Harry Braverman – Trabalho e Capital Monopolista - Rio, Zahar Editores, 1977).

## 17.1 Introdução

Imagine que a bolinha amarela da figura abaixo esteja sendo puxada por duas forças em diferentes momentos, uma força representada pela seta vermelha e a outra força representada pela seta verde.



**Figura 17.1: Representação esquemática de forças**

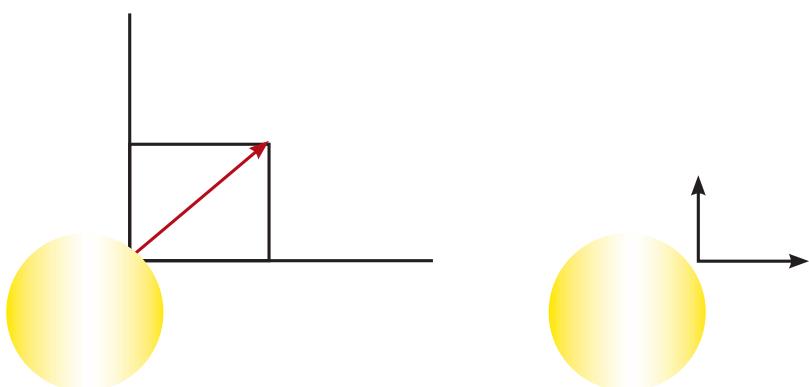
Fonte: Acervo do autor

Analise primeiro a força que está sendo aplicada na bolinha pela seta verde. Se você perceber que a seta verde é um vetor, perceberá que o tamanho dela representa o valor numérico dessa força, portanto, comparando os dois vetores você poderá perceber que a força representada pela seta vermelha é menor que a força representada pela seta verde.

Quando esta bolinha se movimentar por uma determinada distância, diz-se que a bolinha realizou trabalho, isso é, uma força sendo aplicada nesta bolinha a fará se movimentar, saindo do ponto onde ela está e indo para outro ponto, causando um deslocamento na bolinha. Perceba que a força que você está analisando, puxa a bolinha apenas da esquerda para a direita, assim, essa bolinha se movimentará na mesma direção da força representada pelo vetor verde.

Agora analise o vetor vermelho. Em que direção esta força desloca a bolinha amarela? Lembre-se que quando um vetor está oblíquo é importante que você o decomponha na direção vertical e na direção horizontal, como mostra a figura abaixo. Isso deve ser feito porque quando se está analisando grandezas vetoriais, elas devem ser estudadas e tratadas de forma que sempre estejam em uma única direção, facilitando assim os cálculos que necessitarão ser feitos durante o estudo.

As duas bolinhas amarelas são representações do mesmo objeto, ou seja, é um único corpo que está sendo puxado por duas forças distintas, uma na vertical (para cima) e outra na horizontal (para o lado). No entanto, antes dessa representação, parece que apenas uma força puxa esta bolinha e esta força é representada pelo vetor em vermelho.



**Figura 17.2: Decomposição de forças**

Fonte: Acervo da autor

Perceba que o vetor vermelho, após ser decomposto, tem duas direções distintas, uma vertical, para cima e outra horizontal, para a direita. Representações estas, feitas na segunda bolinha da figura acima. São estas duas forças, agora, que puxam a bolinha amarela. Se a bolinha se deslocar na horizontal, então a força da vertical não realizará trabalho, no entanto, se a bolinha tiver seu deslocamento na vertical, então a força da horizontal é que não realizará trabalho.

Dessa forma você deve perceber que: **Só haverá trabalho realizado se o deslocamento acontecer na mesma direção da força, ou em ângulos que não tenham valores nulos quando considerados os cosenos des-tes ângulos.** Este deslocamento poderá ser no mesmo sentido da força, aí o trabalho será positivo ou poderá ser um deslocamento em sentido contrário, neste caso o trabalho será negativo.

## 17.2 Representação Matemática

Matematicamente o trabalho realizado por uma força constante é representado pela seguinte equação:

$$T = Fd$$

onde **T** representa o trabalho, **F** representa a força que está sendo aplicada ao objeto e **d** é o deslocamento que o objeto sofre. Ou de outra forma, já colocando a componente paralela ao deslocamento, sem a necessidade de decompor o vetor anteriormente,

$$T = Fd \cos \theta$$

Quando o objeto fizer um deslocamento horizontal, seu peso e a normal não realizarão trabalho já que são forças perpendiculares ao deslocamento do objeto.

O trabalho é uma grandeza escalar, isso significa que não é necessário indicar qual sua direção e seu sentido, mas apenas indicar seu valor numérico que a grandeza estará devidamente representada. Como toda grandeza física, o trabalho tem uma unidade, e como é possível perceber, uma unidade que é a multiplicação da unidade de força pela unidade de deslocamento, ou seja, no S.I.,

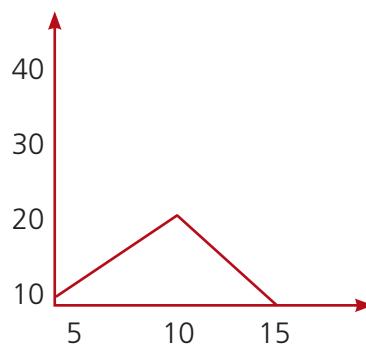
$$\text{N.m} = \text{J (joule)}$$

Escrever a unidade de trabalho como **N.m** não está errado, mas a multiplicação dessas duas unidades é chamada de **joule (J)** no S.I. Talvez você já tenha ouvido falar de outras unidades para esta grandeza física, mas a representada no S.I. é a mais comumente utilizada. Essa unidade foi batizada com este nome em homenagem a um grande físico britânico cujo nome era James Prescott Joule, que viveu entre 1818 e 1889 e estudou muito a respeito do calor.

### 17.3 Trabalho de Força Variável

Nem sempre se pode representar a grandeza trabalho como visto acima, isto acontece porque nem sempre a força que é aplicada em um objeto é constante durante todo o intervalo de tempo em que age sobre o objeto ou pode acontecer também de o deslocamento do objeto ser uma trajetória curva.

Quando isso acontece, a física se utiliza de alguns conceitos da matemática geométrica para auxiliar em alguns cálculos. Esse auxílio vem do conceito de área de figuras geométricas. Imagine, por exemplo, uma força que aumenta até um determinado valor e depois passe a diminuir até o valor inicial, essa força pode ser igual à representada no gráfico abaixo:



**Figura 17.3: Gráfico de força variável**

Fonte: Acervo da autor

É importante notar que a força varia de um valor 10N até o valor de 20N e volta para um valor nulo. Para este tipo de força o trabalho é calculado de outra forma. Quando a força é variável ou em trajetória curva, usa-se a área do gráfico para determinar o trabalho realizado pela força.

Pela figura acima, lembrando da área de um triângulo, temos:

$(\text{Área da base} \times \text{altura})/2$  ou, de outra forma,  $(A.h)/2$ . Para estes casos, dizemos que o trabalho realizado pela força variável é numericamente igual a área da figura, portanto, pelo gráfico, tem-se:

$$A = 15m; h = 20N \text{ e o trabalho será, então, } 150J.$$

Assim, toda vez que a força que atuar sobre um objeto for variável, o trabalho é encontrado pela área da figura que a força variável forma.

**Exemplo:** Imagine que você esteja carregando uma mala como na figura. Provavelmente você falaria que está fazendo força e realmente está e esta força está realizando um trabalho. Você consegue definir o valor deste trabalho supondo que a força seja de **5N**, que o ângulo entre o deslocamento e a força seja de **60º**, e que você desloque esta mala por 10m?



**Figura 17.4: Exemplo do dia-a-dia sobre forças**

Fonte: <http://necessarias.com>

Como visto acima  $T = F \cdot d \cdot \cos$ , portanto,  $T = 5 \cdot 10 \cdot \cos 60^\circ$

$$T = 50 \cdot 0,5$$

$$T = 25 \text{ J}$$

Ou seja, a força de 5N que você está aplicando à mala para carregá-la faz um trabalho de 25J. E o que isso significa? Significa que uma quantidade de 25J de energia é transferida da força que você faz carregando a mala para a mala poder se deslocar.

## Resumo

Na aula de hoje você foi apresentado a um conceito importante, o conceito de trabalho. É fundamental que você compreenda que trabalho está relacionado sempre a uma força e nunca a um objeto. Além disso, lembre-se que a unidade de trabalho no sistema internacional de unidades é o joule e que só existe trabalho realizado por uma força, caso ela não seja perpendicular ao deslocamento do objeto.



## Atividades de aprendizagem

1. Um homem de 70kg sobe uma escada de 2m de altura. Qual o trabalho realizado pela força peso?

---

---

---

---

---

2. Se o mesmo homem da questão anterior puxasse uma caixa por 100m com uma força paralela ao deslocamento da caixa no valor de 20N, qual seria o trabalho realizado pela força com que o homem puxa a caixa?

---

---

---

---

---

3. Complete os espaços.

- a) Quando uma força \_\_\_\_\_ atua sobre um corpo, para encontrar o trabalho que esta força exerce é necessário calcular a área da figura que o gráfico representa.
- b) No S.I. a unidade de trabalho é \_\_\_\_\_.
- c) Fisicamente o conceito de \_\_\_\_\_ é a força aplicada em um determinado corpo vezes a distância que este mesmo corpo percorre.
- d) O trabalho será \_\_\_\_\_ quando a força e o deslocamento estiverem na mesma direção.

# Aula 18 – Um motor potente faz um barco mais veloz em menos tempo. Você sabe a definição de potência?

Na aula de hoje você estudará sobre potência. Muito provavelmente você já ouviu alguém falar sobre a potência de determinado motor ou sobre a potência de uma máquina qualquer. O objetivo principal desta aula é que você reconheça e compreenda este conceito, sabendo avaliar quais são os motores mais potentes e sabendo também, dentro do seu dia a dia, compreender as relações existentes no mundo da ciência, da tecnologia e da sociedade.

## 18.1 Introdução

Certamente você já ouviu muitas vezes a palavra potência em seu cotidiano. Já viu uma lâmpada com esta indicação, pode também ter visto algum equipamento com a indicação de potência. Potência nada mais é do que quanto rápido um objeto realiza um trabalho. Por exemplo, qual a potência de um motor de um automóvel? Depende do automóvel que você está pensando. No entanto, você provavelmente sabe responder esta questão, comparando dois carros. O carro que atinge uma mesma velocidade em menor tempo é o carro que possui motor mais potente, ou ainda, o carro que atinge maior velocidade em menor tempo, é o carro de maior potência.

## 18.2 Potência

Do que foi dito anteriormente é fácil perceber que matematicamente pode-se representar a grandeza física potência pela seguinte equação:

$$P_{ot} = T/\Delta t$$

onde  $P_{ot}$  representa a potência do objeto considerado,  $T$  o trabalho e  $\Delta t$  o intervalo de tempo gasto pelo objeto para realizar o trabalho considerado.

No S.I a potência também tem uma unidade de nome particular, perceba que a unidade de potência é dada pela razão entre a unidade de trabalho e a unidade de tempo, isto é,

$$J/s = W (\text{watt})$$



Olhe seus aparelhos elétricos em casa, verifique qual a potência de um rádio, por exemplo, depois compare com a potência de um chuveiro. Discuta com seus colegas os valores encontrados.

Com certeza você já ouviu falar em **cv (cavalo-vapor)** ou então em **hp (horse power)**. Estas duas unidades também são muito utilizadas para a grandeza potência. Elas tem um valor determinado quando comparadas a grandeza watt no S.I, isto é, **1 cv = 735,5 W** e **1hp = 745,7 W**. É muito comum utilizar múltiplos do watt, ou seja, kW, MW, GW, entre outros. Para relembrar este assunto releia a aula de número 2.

Lembre que potência é a rapidez de realização de trabalho! Os conceitos de trabalho e potência são muito importantes no seu cotidiano. Talvez você nunca tenha se perguntado quanto de potência dissipa quando levanta, quando caminha, quando carrega suas compras, no entanto, isso está acontecendo. Da mesma forma, os equipamentos elétricos e eletrônicos que você tem em casa, todos têm uma potência. A potência de um equipamento está diretamente relacionada com a energia que você gasta na sua casa, ou melhor, com o quanto você gasta em energia elétrica. Lembre-se disso e aprenda a economizar energia.

Todos os equipamentos elétricos quando ligados na tomada, mesmo que não estejam efetivamente funcionando, consomem energia elétrica porque seus componentes eletrônicos estão deixando passar corrente elétrica e este movimento de cargas gera um trabalho e este trabalho, num intervalo de tempo, gera potência e essa potência consome energia elétrica, portanto, para economizar energia é importante desligar os equipamentos elétricos, sem deixá-los em "stand by".

Quando um ser humano pratica um esporte, por exemplo, gasta, em média, 800W de potência. A potência além de ser um termo físico, é também utilizada em biologia, porque as células nervosas do organismo humano também são células elétricas e realizam trabalho.

Quando os músculos são mais requisitados do que o normal, eles são forçados a um trabalho extra para superar uma resistência ou carga. Este trabalho conduz a um aumento de força, pois o músculo se contraí e a síntese de proteínas musculares é estimulada.

(Noara Beltrami Brinck - O TREINAMENTO DE POTÊNCIA MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES E A POSSIBILIDADE DO AUMENTO DE SALTOS EM BAILARINOS CONTEMPORÂNEOS.)

### 18.3 O quilowatthora

A conta de luz que chega na sua casa traz como unidade de medida o quilowatt.hora, esta unidade, apesar de trazer o watt no seu nome, é uma unidade de energia e não de potência. Energia é um assunto que trataremos nas próximas aulas, no entanto, aqui é importante mostrar como as distribuidoras de energia fazem para calcular os gastos que cada lar ou empresa como energia elétrica.

Lembrando os prefixos estudados nas primeiras aulas, você deve recordar que quilo representa  $10^3$  ou 1000, portanto, quilowatt representa mil watt. Quando dizemos quilowatt.hora, estamos falando de uma grandeza **potência vezes tempo** e esta grandeza é a energia, ou matematicamente:

$$P_{\text{ot}} \cdot t = E$$

No entanto, esta unidade não está no Sistema Internacional de Unidades (S.I), para que você transforme quilowatt.hora em joule, que é a unidade do S.I. de trabalho e energia precisa fazer a seguinte relação:

$$1 \text{ quilowatt} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ s}$$

Assim,

$$1 \text{ kWh} = 1.1000.3600 \text{ W.s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ W.s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Perceba, portanto, que a energia que você paga na sua conta de energia elétrica é calculada através da quantidade de potência que os equipamentos elétricos da sua casa consomem vezes o tempo que eles permanecem ligados, isto é, o tempo em que são utilizados.

Suponha, por exemplo, que os equipamentos elétricos da sua casa consomem, em um mês, 50kWh e que a taxa cobrada pela companhia de energia elétrica do seu município é de R\$0,48 cada kWh consumido, assim, ao fim do mês, você gastará o equivalente a R\$24,00 com a energia elétrica consumida pelos equipamentos que possui em sua casa.

Hoje em dia é muito comum, nos eletrodomésticos, encontrar uma descrição de quanto, em média, ele gasta de energia elétrica ao mês, assim, é fácil cuidar para economizar energia, tanto verificando nos eletrodomésticos como também, desligando eles quando não estão sendo utilizados.

## Resumo

Na aula de hoje você foi apresentado a um conceito muito importante, o de potência. Lembre-se que a unidade de potência é o watt. É importante você saber que potência está relacionada com a velocidade em realizar trabalho, quanto mais veloz, mais potente. Leve este conhecimento para o seu dia-a-dia e perceba melhor a tecnologia que o cerca.



## Atividades de aprendizagem

1. Qual a potência dissipada por um homem de 70kg ao subir uma escada de 2m de altura, em 35s?
  

---

---

---

---

2. Qual o carro mais potente, um volkswagen 1969 ou uma Ferrari Enzo 2003? Por quê?

3. Determine qual a potência despendida pelo trabalho da força que carrega uma mala quando o trajeto de 10m é feito em 5s.
  

---

---

---

---

- 4.** Na sua casa existe uma torneira elétrica de potência 2500W que funciona por 15min por dia, durante sete dias na semana. Você quer saber se vale a pena manter esta torneira ou se é melhor colocar uma torneira simples. Para isso faz cálculos para determinar quanto gasta com esta torneira. Lembrando que a conta da energia elétrica é feita com base na potência do equipamento e no tempo que ele é utilizado, determine quanto esta torneira gasta de energia no fim de um mês.
- 5.** (UFSCAR 2003) De acordo com publicação médica especializada, uma pessoa caminhando à velocidade constante de 3,2km/h numa pista plana horizontal consome, em média, 240kcal em uma hora. Adotando  $1,0\text{kcal} = 4200\text{J}$ , pode-se afirmar que a potência desenvolvida pelo organismo e a força motriz exercida pelo solo, por meio do atrito, sobre os pés dessa pessoa valem quanto, em média?

## Anotações

---

---

---



# Aula 19 – Você sabia que tudo ao nosso redor é transformado? Energia, o que significa?

Nesta aula será discutido o conceito de energia. O que é, como se transforma, que tipos diferentes existem. Será mostrado que energia não se cria e também nunca é perdida. Serão estudados alguns tipos de energia e alguns outros serão apenas mostrados, mas deixados para serem estudados em um outro momento, quando a eletricidade estiver em discussão.

Hoje você deverá ser capaz de compreender o que é energia, quais são as principais formas de energia, como elas se relacionam com a sua vida e com os objetos que estão ao seu redor. Conhecer a unidade de energia e saber relacioná-la com os conceitos de mecânica já vistos nas aulas anteriores.

## 19.1 Energia Cinética

A energia cinética é um tipo de energia envolvida em objetos que estão em movimento, ou seja, objetos que tem velocidade. Mas, antes de estudar energia cinética, é importante saber o que é **ENERGIA**.

Energia é um conceito difícil de definir, no entanto, tudo o que está ao seu redor é energia. De forma simples e resumida, energia é a capacidade que um objeto tem de realizar trabalho. O sol nos aquece através da energia solar, a comida ingerida por uma pessoa fornece energia para que ela possa se movimentar, estudar, pensar, isto é, realizar trabalho. A luz que ilumina sua casa, fornece energia, a água correndo em um rio, também tem energia, além de muitos outros exemplos.

A foto ao lado representa a água de um rio em sua foz, esta água quando represada pode fazer parte de uma usina hidrelétrica, neste tipo de usina a energia da água em movimento e em queda, faz com que turbinas se movimentem e gerem energia elétrica.

A partir desse exemplo, perceba que a energia da água é transformada em energia elétrica, portanto, é importante você notar que na natureza a energia apenas se transforma, nunca é perdida, nem pode ser criada do nada, ela simplesmente existe e se transforma.



**Figura 19.1: Exemplo de transformação de energia**  
Fonte: Acervo do autor

Como falado anteriormente a energia é encontrada de várias formas. Neste momento será discutida a energia cinética. O termo cinético ou dinâmico está diretamente relacionado ao movimento de um objeto. Assim, qualquer objeto que possua massa e velocidade terá, necessariamente, uma energia cinética associada a este movimento.

Matematicamente falando, a energia cinética pode ser representada pela seguinte equação:

$$E_c = (m \cdot v^2)/2$$

onde **m** representa a massa do objeto considerado e **v** representa sua velocidade. Perceba que a energia cinética está relacionada com a velocidade ao quadrado, portanto, quanto maior a velocidade de um objeto, maior será sua energia cinética, mas não apenas de forma linear e sim crescerá com o quadrado da velocidade. Isso significa que se a velocidade for de 2m/s a energia cinética será de 4 vezes a massa.

A energia é uma grandeza física escalar, portanto, assim como no trabalho e na potência, ela estará bem caracterizada apenas com um valor numérico e sua unidade.

E qual a unidade de energia? Como comentado anteriormente, de forma simples, energia é a capacidade de realizar trabalho, portanto, a unidade de energia é a mesma unidade de trabalho, isto é, **joule (J)** quando se está utilizando o sistema internacional de unidades.

Um automóvel com velocidade de 80km/h possui mais energia cinética que um outro automóvel de mesmo modelo com velocidade de 60km/h e de onde vem esta energia? A energia que o automóvel possui quando em movimento, vem da energia da combustão do combustível que é utilizado em seu motor, essa energia química e também térmica é transformada em energia de movimento, ou energia mecânica.

A energia mecânica é um conjunto de duas principais formas de energia, a energia cinética que foi mostrada acima e a energia potencial que começará a ser discutida em seguida.

## 19.2 Energia Potencial Gravitacional

Quando um objeto qualquer está em movimento, como visto anteriormente, ele possui energia cinética. E dependendo da posição que ele ocupa, ele terá energia potencial gravitacional. A energia potencial é adquirida por um objeto qualquer quando este objeto é levantado a partir de um ponto considerado como referencial com relação à superfície da Terra.

Quando você ergue um objeto até uma certa altura, quanto mais alto ele estiver, maior será a energia potencial por ele armazenada. Por exemplo, se uma pedra é levantada por um guindaste até uma altura de 2m, ela terá uma determinada energia potencial, no entanto, se esta mesma pedra for levantada por uma altura de 20m a energia potencial por ela adquirida será dez vezes maior.

Observe a roda gigante ao lado. Uma pessoa que se encontra na parte inferior desta roda vai possuir uma energia potencial muito pequena, visto que a relação entre a altura do banco e o chão é pequena, portanto, caso aconteça algum acidente neste momento, a pessoa sofrerá pequenas ou nenhuma sequela. No entanto, a pessoa que se encontra no banco exatamente no ponto mais alto, possui maior energia potencial gravitacional, visto que a altura em que ele se encontra, em relação ao chão, é bem maior. Neste caso, portanto, caso ocorra um acidente, a transferência de energia da pessoa do alto será maior, ocasionando assim maiores consequências na queda.



**Figura 19.2: Roda gigante**

Fonte: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

Para facilitar a compreensão do que foi analisado acima, pode-se verificar que, matematicamente, a energia potencial gravitacional de um objeto é dada por:

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

onde **m** representa a massa do objeto, **g** a aceleração gravitacional local e **h** a altura em que o objeto se encontra em relação ao referencial. Lembre-se sempre que para que a unidade da energia esteja no S.I., é importante também que todas as outras unidades estejam no mesmo sistema, portanto, massa deve estar em quilograma, aceleração gravitacional em metros por segundo ao quadrado e altura em metros, dessa forma, a energia será dado em joules.

**Exemplo:** Uma pessoa de 70kg sobe no alto de um prédio de 80m de altura. Quando está no topo do prédio, qual sua energia potencial gravitacional? Esta mesma pessoa leva consigo uma pedra de 1kg e a joga do alto do prédio. Supondo que não haja perda de energia, qual a velocidade com que a pedra atinge o solo?

A energia potencial gravitacional é relacionada com a aceleração gravitacional local que é 10m/s<sup>2</sup>, assim, o valor da energia potencial da pessoa de 70kg é

$$E_{\text{pot}} = 70 \cdot 10 \cdot 80 = 56000 \text{ J} = 5,6 \cdot 10^4 \text{ J}$$

A energia potencial da pedra é  $E_{\text{pot}} = 1 \cdot 10 \cdot 80 = 800 \text{ J} = 8 \cdot 10^2 \text{ J}$ , como não há perda de energia toda a energia potencial gravitacional é convertida em energia cinética e, portanto,

$$\begin{aligned} E_{\text{pot}} &= E_{\text{c}}, \text{ assim,} \\ 800 &= (1 \cdot v^2)/2 \end{aligned}$$

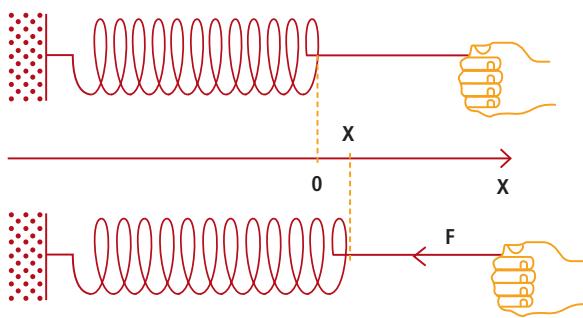
e assim, a velocidade com que a pedra atinge o solo é  $v = 40 \text{ m/s}$ .

## 19.3 Energia Potencial Elástica

Uma outra forma de energia potencial é a potencial elástica, essa energia está relacionada a objetos que possuem o poder de se deformar quando uma força é aplicada sobre eles. Como exemplos de objetos que se deformam com a presença de uma força é possível citar a mola, uma bola de tênis, elásticos, entre outros.

A energia potencial elástica difere um pouco da energia potencial gravitacional porque ela está relacionada com a deformação do objeto e não com a altura em que ele se encontra, no entanto, a deformação do objeto também é caracterizada, como definido anteriormente, como a posição onde o objeto se encontra.

Observe a seguir. A mola superior encontra-se no seu estado de equilíbrio, ou seja, ela tem um determinado tamanho e ainda não existe uma força atuando sobre ela. Na mola inferior há uma deformação, visto que a mão está aplicando uma força sobre a mola e esta mesma mola está sendo esticada. Quando a mola está esticada, deixa de estar em seu estado de equilíbrio e portanto, existe a realização de trabalho e um armazenamento de energia, chamada de energia potencial elástica.



**Figura 19.3: Exemplo de força elástica**

Fonte: Acervo do autor

A força que a mola exerce para manter seu estado de equilíbrio, que é sempre contrária a força que é exercida sobre a mola é dada pela equação de Hooke, isto é:

$$F_{elas} = -Kx^2$$

onde o sinal negativo representa que a força elástica é sempre em sentido oposto à força que se aplica na mola, **k** é a constante elástica da mola que caracteriza o quanto uma mola é mole ou dura, ou seja, quanto é mais fácil ou difícil deformá-la (quanto maior o valor de k mais difícil deformar a mola) e **x** é a deformação que a mola sofre de acordo com a força que é aplicada nela. Para que a unidade de força seja o N (newton) é importante que a deformação esteja em metros e a constante da mola em N/m<sup>2</sup> (newton por metro quadrado).

Conhecendo a força elástica é possível, então, definir energia potencial elástica, através de uma equação matemática:

$$E_{elas} = (Kx^2)/2$$

onde os elementos que formam a equação são os mesmos da equação de Hooke. Perceba que a energia que existe num objeto que sofre deformação depende tanto da característica do objeto, ou seja, da sua constante elástica, quanto da sua deformação.

**Aula 19 – Você sabia que tudo ao nosso redor é transformado?**

## Resumo

Nesta aula você foi apresentado aos conceitos de energia. Deve perceber que energia é um grandeza física que está relacionada ao seu cotidiano e que muito vem sendo discutida nos meios de comunicação, enquanto preocupação com a falta de energia num futuro não muito distante. A partir dessa aula você deve relacionar formas distintas de energia com suas características e, principalmente, saber utilizar as energias de forma o mais reutilizável possível, sabendo organizar seus gastos elétricos, o uso de água, a produção de menos lixo, a reciclagem, entre outras atividades.



## Atividades de aprendizagem

1. É mais fácil passar de uma velocidade de 30km/h para uma velocidade de 60km/h ou é mais fácil passar de uma velocidade de 90km/h para outra de 120km/h? Qual a relação da energia cinética com estes intervalos de aceleração?
  2. Quando uma pedra atinge o solo ela para e portanto não tem mais energia cinética. Em que tipo de energia se converteu a energia cinética adquirida pela pedra durante sua queda?

**3.** A partir das informações dadas, complete os espaços.

- a) A energia relacionada com o movimento de um objeto é a \_\_\_\_\_.
- b) A energia potencial gravitacional é a energia associada a \_\_\_\_\_.
- c) Uma mola tem, associada a ela, um valor que chama-se \_\_\_\_\_ e este valor está relacionado com a \_\_\_\_\_ da mola.
- d) A unidade de energia no sistema internacional de unidades é o \_\_\_\_\_.
- e) Se uma pessoa encontra-se em cima de um prédio e está em repouso ela tem energia \_\_\_\_\_.
- f) Tanto a energia cinética quanto a energia potencial gravitacional estão associadas a \_\_\_\_\_ de um objeto.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 20 – “ Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” (Lavoaiser)

Nesta aula você vai descobrir o real significado da frase de abertura da aula. Nada é criado, tudo é transformado de um certo modo, em outra forma. A reciclagem de lixo é um grande exemplo disso. Transformamos matéria e também energia. Na aula passada você percebeu o que é energia e quais as principais características da energia relacionada à mecânica. Hoje você vai descobrir que um conjunto de energia gera outra forma de energia e que esta, por sua vez, é sempre transformada.

## 20.1 Introdução

Quando em um sistema em estudo, por exemplo, um carrinho sobre um trilho de uma montanha russa, não existe atrito ou qualquer outra forma de dissipação, dizemos que o sistema é conservativo. Ele é chamado de sistema conservativo porque as forças que atuam no sistema e realizam trabalho, são forças conservativas, isto é, não dependem da trajetória em que realizam o trabalho para que o trabalho realizado seja o mesmo.

Quando apenas forças conservativas atuam em um sistema, então temos o Princípio da Conservação da Energia, que nada mais é do que dizer que na natureza é energia é transformada e nunca perdida. No entanto, caso o sistema em estudo tenha alguma forma de dissipação, como atrito, por exemplo, não podemos falar em conservação da energia mecânica, mas de certa forma, também há uma transformação e não uma perda de energia.

## 20.2 Energia Mecânica

Como discutido na aula anterior, a energia mecânica de um corpo é a soma de todas as energias cinéticas e potenciais que este corpo possui.

Imagine que você esteja em uma montanha russa como a da foto ao lado. Suponha que não haja atrito entre o carrinho onde você está e os trilhos da montanha. Claro que, caso não existisse atrito entre as rodas e o trilho, os carrinhos teriam movimento infinito, mas como exemplo, devemos considerar situações ideais. Supondo então, a ausência de atrito, não há dissipação de energia, isto é, toda energia mecânica do sistema é conservada.



Figura 20.1: Montanha russa

Fonte: [www.sxc.hu](http://www.sxc.hu)

Conservar energia mecânica significa que a soma de toda energia cinética e toda energia potencial se mantém constante, no entanto, não significa dizer que a energia cinética mantém o mesmo valor, o mesmo acontecendo com a energia potencial.

Quando não existem forças dissipativas envolvidas em um sistema, como a força de atrito, por exemplo, sempre haverá conservação da energia mecânica do sistema. As forças dissipativas fazem com que a energia seja transformada em calor e não exista forma de esta energia realizar trabalho. As forças que transformam energia em outra forma onde é possível a realização de trabalho são chamadas de forças conservativas.

Assim, sempre haverá conservação de energia mecânica se apenas forças conservativas estiverem envolvidas no sistema, isto é, a energia mecânica final será igual a energia mecânica inicial, lembrando que energia mecânica é a soma de todas as energias potenciais e cinéticas envolvidas no sistema.

Analise a **figura 20.1**. No ponto mais alto da montanha russa, que formas de energia existem? Se não houver atrito o que acontece com a velocidade do carrinho quando atinge o ponto mais baixo da trajetória?

Perceba que no ponto mais alto existe tanto energia potencial gravitacional quanto energia cinética, pois o carrinho está em movimento e possui uma altura em relação ao solo. Conforme o carrinho desce pelos trilhos, supondo não haver atrito entre carrinho e trilhos, a altura diminui, portanto a energia potencial gravitacional também diminui, se transformando em energia cinética. Como a massa do carrinho é constante, conforme a altura diminui, a velocidade do carrinho aumenta, visto que a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética.

Do que foi analisado acima, perceba que os valores da energia cinética e da energia potencial variam de ponto para ponto, no entanto, a energia mecânica permanece conservada. Para deixar mais claro o que foi discutido, veja o seguinte exemplo:

**Exemplo 1:** Seu sobrinho de três anos de idade quer brincar em um escorregador. Você o coloca na parte mais alta do brinquedo que tem, até o chão, uma altura de 4m. Antes de começar a descer pelo brinquedo, seu sobrinho está parado. Existe atrito entre as roupas de seu sobrinho e o brinquedo. Este atrito realiza trabalho de 80J. Determine qual a velocidade com que seu sobrinho chega ao ponto mais baixo do brinquedo, no solo, sabendo que ele tem 6kg.

Primeiro vamos analisar a questão em cada ponto, depois montamos o problema matematicamente. Primeiro você deve perceber que no ponto mais alto do brinquedo, quando a criança está parada, existe apenas energia potencial gravitacional. A partir do momento que a criança começa a descer, aumenta sua velocidade, portanto existe energia cinética e a altura da criança em relação ao solo, diminui, portanto, existe também diminuição da energia potencial gravitacional.

O exercício diz que existe atrito e este atrito, normalmente, é transformado em energia térmica e sonora, não podendo, desta forma, realizar trabalho, o que caracteriza um sistema dissipativo. No entanto, toda energia existente no início do movimento da criança deve ser transformada e não é possível a criação de energia durante o movimento, portanto, toda energia mecânica mais a energia dissipada na forma de atrito deve ser igual a energia existente no sistema, inicialmente.

Para passar o que foi analisado acima, em forma matemática, tem-se: no ponto mais alto da trajetória:  $E_{pot} = mgh = 6 \cdot 10 \cdot 4 = 240 \text{ J}$  e  $E_{cin} = 0$  porque a criança está parada. No ponto mais baixo da trajetória:  $E_{pot} = 0$  porque a criança está no solo e  $E_{cin} = (m \cdot v^2)/2$

A energia mecânica inicial, portanto, será:  $240 + 0 = 240 \text{ J}$ .

A energia mecânica final será:  $240 - 80$  (energia dissipada pelo atrito) =  $160 \text{ J}$ .

Para então, definir a velocidade final da chegada do seu sobrinho ao solo, é necessário comparar a energia final do sistema, isto é,

$$\begin{aligned}mv^2/2 &= 160 \\6 \cdot v^2/2 &= 160 \\6 \cdot v^2 &= 160 \cdot 2 \\v^2 &= 320/6 \\v^2 &= 53,3\end{aligned}$$

ou seja, a velocidade com que seu sobrinho chega ao solo é  $7,3 \text{ m/s}$ , que é o valor da raiz quadrada de  $53,3$ .

Perceba que mesmo o sistema sendo dissipativo, a energia mecânica total do sistema é conservada, sendo dissipada somente uma parte da energia em forma de atrito. Caso o sistema fosse conservativo a energia mecânica inicial e final seria a mesma e portanto, a energia cinética final deveria ser comparada com a energia potencial gravitacional inicial.

O exemplo da página anterior foi uma forma bem simples de verificar a utilização do assunto estudado, no entanto, a conservação de energia é um assunto de fundamental importância para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Para um satélite entrar em órbita, para um foguete poder sair da órbita da terra, para que navios naveguem em alto mar, entre outra situações, são necessários muitos estudos relacionados à conservação de energia. Além disso, para podermos descobrir o mundo ao nosso redor, é importante que saibamos investigá-lo e portanto, conhecer a física e saber interpretar seus fenômenos nos faz mais participantes das mudanças que ocorrem no mundo.

## Resumo

Nesta aula você estudou um dos principais fundamentos da Física, o Princípio da Conservação da Energia. De acordo com este princípio, a natureza tem um comportamento tal que, nos mais variados processos que ocorrem, uma forma de energia sempre é transformada em outra.

## Atividades de aprendizagem



1. Como você faria para determinar a velocidade de um carrinho no ponto mais baixo de uma montanha russa, sabendo que no ponto mais alto a energia cinética vale 800 J, a energia potencial 1000 J e a massa do carrinho vale 100kg?
2. Uma bola faz a trajetória indicada na figura abaixo. Em cada colisão no chão ela perde 20% da sua energia inicial. Discuta qual será a energia no ponto A, após duas colisões no chão. Explique o resultado.

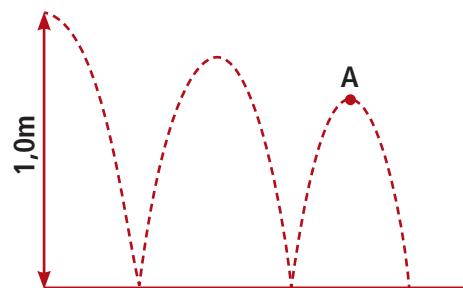


Figura 20.2: Trajetória de uma bola que cai

Fonte: Acervo do autor

**3.** Complete os espaços com conceitos corretos.

- a)** A energia \_\_\_\_\_ é a soma das energias potencial e cinética de um objeto.
- b)** Quando apenas forças conservativas atuam em um sistema, dizemos que a energia mecânica é \_\_\_\_\_.
- c)** Quando parte da energia de um sistema se dissipa dizemos que o sistema é \_\_\_\_\_.
- d)** O atrito é uma força dissipativa que pode ser transformada em várias formas de energia como: \_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Referências

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A.: **Física**. Primeira Edição, São Paulo, Editora Scipionde, 2008.

BUCHWEITZ, B.; AXT, R: **Questões de Física**. Primeira Edição, Porto Alegre, Sagra-Dc Lizzatto, 1996.

CARVALHO, R. P.: **Física do dia-a-dia**. Primeira Edição, Belo Horizonte, Editora Gutenberg, 2003.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.: **Física**. São Paulo, Cortez Editora, 1990.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., Sands, M: Lições da Física de Feynman – Edição Definitiva – Volumes I, II e III. Rio de Janeiro, Ed. Bookman, 2008.

Gaspar, A.: **Física**. São Paulo, Ed. Atica, 2005.

GRIBBIN, J.: **História da Ciência, de 1543 ao Presente**. Primeira Edição, Lisboa, Publicações Europa América, 2005.

HALIDAY, D.; RESNICK, R.: **Fundamentos de Física**. Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1994.

TIPLER, P.: **Física – Volumes 1, 2 e 3**. Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1995.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.: **Física**. Segunda Edição, São Paulo, Editora Atual, 2005.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO, CURITIBA: **Lições Curitibanas**. Prefeitura Municipal de Curitiba, 1994.

WHITE, F. M.: **Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, McGrawHill, 2005.

## Sítios consultados

[www.inmetro.gov.br/inmetro/](http://www.inmetro.gov.br/inmetro/)

[www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)

[www.ipem.sp.gov.br](http://www.ipem.sp.gov.br)

[www.klickeducacao.com.br](http://www.klickeducacao.com.br)

[www.coladaweb.com](http://www.coladaweb.com)

[www.fisicaevestibular.hpg.ig.com.br](http://www.fisicaevestibular.hpg.ig.com.br)

[www.mundoeducacao.com.br](http://www.mundoeducacao.com.br)

<http://efisica.if.usp.br/mecanica/ensinomedio/>

[www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/)

## Referências das imagens

Figura 1.1: Balança de medida  
Fonte: ©Kraska/shutterstock

Figura 1.2: Uma forma de medida  
Fonte: ©Bill Fehr/shutterstock

Figura 1.3: Representação de uma onda  
Fonte: Acervo do autor

Figura 1.4: Relógio, uma medida de tempo  
Fonte: ©Valeriy Lebedev/shutterstock

Figura 3.1: Distância percorrida  
Fonte: [http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F\\_distancia\\_deslocamento.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F_distancia_deslocamento.html)

Figura 3.2: Deslocamento  
Fonte: [http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F\\_distancia\\_deslocamento.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/9F_distancia_deslocamento.html)

Figura 3.3: Conversão de unidade de velocidade  
Fonte: Acervo do autor

Figura 5.1: Exemplo de manifestação da Inércia  
Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.1: Ação e reação  
Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.2: Ação e reação no ato de empurrar uma mala  
Fonte: <http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/mecanica/universitario/cap10/terceiralei10.gif>

Figura 6.3: Par ação e reação  
Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 6.4: Par ação e reação  
Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 7.1: Segunda Lei de Newton  
Fonte: Acervo do autor

Figura 7.2: Plano Inclinado  
Fonte: Adaptado em [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Figura 7.3: Componentes da força peso  
Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br)

Figura 7.4: Cilindro elevado ao longo de uma rampa.  
Fonte: Adaptado de [www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php](http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php).

Figura 8.1: Força centripeta e suas componentes.  $F_t$  é a força tangencial.  
Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 8.2: Plano horizontal: Se o corpo está em equilíbrio na direção vertical, temos que  $N = mg$ .  
Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>.

Figura 8.3: Plano Inclinado. Neste caso,  $N = mg \cdot \cos\theta$   
Fonte: Adaptado de <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 8.4: Força de atrito  
Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/leis-de-newton/leis-de-newton.php>

Figura 9.1: Qual é a diferença entre o pneu largo e o fino quando se trafega pela areia? Por que a faca afiada corta melhor?  
Fonte: Adaptação de <http://www.osmotoqueiros.com.br/?cat=187> e acervo do autor.

Figura 9.2: O alcance diferente para água que sai de furos de alturas diferentes  
Fonte: Acervo do autor

Figura 9.3: Foto da capa do DVD do filme “Homens de Honra”  
Fonte: [http://novasmente.blogspot.com/2009\\_07\\_01\\_archive.html](http://novasmente.blogspot.com/2009_07_01_archive.html)

Figura 9.4: a) Peixe-Caixão – águas profundas. Fonte: <http://blog.clickgratis.com.br/dadol2/>; b) Tilapia – águas rasas. Fonte: <http://www.comopescar.org/como-pescar/como-pescar-tilapia>.

Figura 9.5: O inseto não afunda devido à tensão superficial  
Fonte: <http://negrijp.fotoblog.uol.com.br/images/photo20090911061236.jpg>

Figura 9.6: Salto com a ponta dos dedos na direção da água  
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=664214>

Figura 9.7: A parte da frente do barco possui menor área para facilitar a navegação.  
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1340109>

Figura 9.8: É mais fácil boiar com braços e pernas esticados  
Fonte: ©Sergey Chirkov/Shutterstock

Figura 10.1: Por que a caixa de vidro é mais pesada?  
Fonte:<http://www.aquaricamp.com.br/produtos/1556/aquario-vidro.jpg>  
<http://www.grzero.com.br/wp-content/uploads/2011/06/296744.jpg>

Figura 10.2: a) Ovo colocado na água doce; b) ovo colocado na água com sal  
Fonte: Acervo do autor

Figura 11.1: Ilustração da atmosfera  
Fonte: <http://aprendendocomovinho.blogspot.com>

Figura 11.2: Ilustração do barômetro de Torricelli  
Fonte: <http://izpicancha.blogspot.com/2009/11/experiencia-de-torricelli.html>

Figura 11.3: a) Alimentos embalados a vácuo. b) Bomba de Vácuo  
Fonte: [www.tecnopack.pt](http://www.tecnopack.pt) e <http://images.quebarato.com.br>

Figura 11.4: Botijões de gás  
Fonte: [http://blogdoanax.blogspot.com/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://blogdoanax.blogspot.com/2010_05_01_archive.html)

Figura 11.5: Compressor de ar  
Fonte: [http://www.distrelero.com.br/uploads/img\\_produtos/108.jpg](http://www.distrelero.com.br/uploads/img_produtos/108.jpg)

Figura 11.6: Esquema de uma bomba d’água.  
Fonte: adaptado de [http://www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv\\_agua\\_10.shtml](http://www.mspc.eng.br/fldetc/topdiv_agua_10.shtml).

Figura 11.7: Diferença da altura da coluna de ar entre o nível do mar e uma montanha  
Fonte: Adaptada de <http://www.prof2000.pt/users/elisabethm/geo7/clima/elementosp.htm>

Figura 12.1: Coluna de fluido usada para equacionar a pressão em função da densidade  
Fonte: Acervo do autor

Figura 12.2: Vasos comunicantes  
Fonte: [http://radikfisic.blogspot.com/2009\\_04\\_17\\_archive.html](http://radikfisic.blogspot.com/2009_04_17_archive.html)

Figura 12.3: Nivelamento de uma parede com vasos comunicantes, a mangueira.  
Fonte: <http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/pressao/introducao.php>.

Figura 12.4: Os poços comuns e os poços artesianos têm um comportamento semelhante ao de vasos comunicantes.  
Fonte: <http://cidaderodejaneiro.olx.com.br/perfuracao-manutencao-e-legalizacao-de-poco-artesiano-iid-69774412>.

Figura 13.1: Vasos comunicantes com pistões.  
Fonte: <http://blog.gmveurolift.es/?p=325>.

Figura 13.2: Vasos comunicantes com áreas diferentes.  
Fonte: Adaptado <http://www.infoescola.com/fisica/pressao-hidraulica-princípio-de-pascal>

Figura 13.3: Prensa hidráulica.

Fonte: <http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/ferramentas/ferramentas-hidraulicas/prensa-hidraulica-30-ton-s-marcon-277610>.

Figura 13.4: Sistema de freios de um automóvel

Fonte: [http://www.webmecauto.com.br/comofunciona/cf003\\_freio.asp](http://www.webmecauto.com.br/comofunciona/cf003_freio.asp)

Figura 14.1: Os objetos parecem ficar mais leves debaixo da água.

Fonte: <http://educar.sc.usp.br/licenciatura/1999/empuxo/Empuxo-pg-02.htm>.

Figura 14.2: A pressão no fundo do recipiente é maior

Fonte: Acervo do autor

Figura 14.3: Boia para vara de pesca.

Fonte: ©sellingpix/shutterstock

Figura 14.4: Os navios deslocam uma grande quantidade de água, por isso não afundam.

Fonte: [www.lockheedmartin.com](http://www.lockheedmartin.com)

Figura 14.5: Análise do equilíbrio de um navio.

Fonte: Adaptado de : <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/porqueonavioflutua.html>. e <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=803632>.

Figura 15.1: Escoamento estacionário.

Fonte: Acervo do autor

Figura 15.2: Escoamento turbulento

Fonte: Acervo do autor

Figura 15.3: Linhas de corrente em um automóvel

Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172001000400009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172001000400009)

Figura 15.4: Automóvel em um túnel de vento.

Fonte: <http://imagensdafisica.blogspot.com/2010/07/forca-de-resistencia-do-ar-alguns.html>

Figura 15.5: Ilustração de um fluido que obedece à equação da continuidade

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Flulde08.htm>

Figura 16.1: Líquido escoando por um tudo com área de entrada diferente da área de saída

Fonte: Adaptado de <http://www.ufsm.br/gef/Flulde08.htm>

Figura 16.2: Linhas de corrente em uma asa de avião

Fonte: Adaptado de [www.if.ufrj.br](http://www.if.ufrj.br)

Figura 16.3: As velas de um barco também têm seu funcionamento ligado à equação de Bernoulli

Fonte: ©Netfalls/shutterstock

Figura 16.4: Esquema de funcionamento do spray

Fonte: Adaptado de <http://www.tutorvista.com/content/physics/physics-iii/solids-and-fluids/bernoullis-theorem-application.php>.

Figura 16.5: Dois fluidos mais viscosos que a água: a) mel. b) óleo lubrificante para motor.

Fonte: Acervo do autor e [http://neomgba.blogspot.com/2011\\_01\\_01\\_archive.html](http://neomgba.blogspot.com/2011_01_01_archive.html).

Figura 17.1: Representação esquemática de forças

Fonte: Acervo do autor

Figura 17.2: Decomposição de forças

Fonte: Acervo da autor

Figura 17.3: Gráfico de força variável

Fonte: Acervo da autor

Figura 17.4: Exemplo do dia-a-dia sobre forças.

Fonte: <http://necessarias.com/2010/03/vamos-fazer-as-malas>.

Figura 19.1: Exemplo de transformação de energia

Fonte: Acervo do autor

Figura 19.2: Roda gigante

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=56692>

Figura 19.3: Exemplo de força elástica

Fonte: Acervo do autor

Figura 20.1: Montanha russa

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1010609>

Figura 20.2: Trajetória de uma bola que cai

Fonte: Acervo do autor

## Referências das tabelas

Tabela 1.1: Algumas grandezas físicas e suas respectivas unidades no sistema internacional.

Tabela 2.1: Prefixos e a quantidade que representam.

Tabela 2.2: Mudança de prefixos.

Tabela 4.1: Velocidade do móvel em função do tempo.

Tabela 8.1: Coeficientes de atrito estático  $m_S$  e cinético  $m_K$  entre duas superfícies. Fonte: Serway R. A.. Física. Editorial McGraw-Hill. (1992).

Tabela 10.1: Densidade de alguns materiais. Fonte: WHITE, F. M.: Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro, McGrawHill, 10, 2005.



# Atividades autoinstrutivas

**1. A massa é uma grandeza física cuja unidade no sistema internacional de unidades (S.I.) é o:**

- a)** centímetro (cm).
- b)** litro (l).
- c)** quilograma (kg).
- d)** grau.
- e)** comprimento.

**2. Em que época, no Brasil, surgiram as primeiras regulamentações relacionadas à metrologia?**

- a)** Nos anos 1980.
- b)** Na década de 1990.
- c)** Na década de 1930.
- d)** No século XVIII.
- e)** Nos anos 1970.

**3. De acordo com a 17<sup>a</sup>. Conferência Geral de Pesos e Medidas: “ O metro é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de:**

- a)** massa.
- b)** comprimento.
- c)** tempo.
- d)** velocidade.
- e)** aceleração.

**4. Você foi ao mercado e comprou frutas e verduras e precisou pesá-las. Em um pacote de maçãs você viu indicado 0,467kg. Essa medida, em gramas, equivale a qual valor?**

- a)** 4,67g.
- b)** 46,7g.
- c)** 467g.
- d)** 0,0467g.
- e)** 0,00467g.

**5. A distância entre o Sol e a Lua é de 384400000m. Em notação científica, como esta distância é representada?**

- a)  $3,8 \cdot 10^{-5}$  m.
- b)  $3,8 \cdot 10^{-6}$  m.
- c)  $3,8 \cdot 10^5$  m.
- d)  $3,8 \cdot 10^6$  m.
- e)  $3,8 \cdot 10^8$  m.

**6. Assinalar verdadeiro ou falso e indique qual das alternativas a seguir relaciona a sequência CORRETA.**

- I. Uma pessoa dormindo está em repouso absoluto.
- II. A Lua está em movimento em relação à Terra.
- III. A Terra está em movimento em relação ao Sol.
- IV. O Sol está em movimento em relação à Terra.
- V. Num universo com um único corpo, não teria sentido o conceito de repouso ou movimento
- VI. A trajetória de um jato, em relação ao ar que o cerca, fica demarcada pela fumaça.

- a) I (V), II (V), III (V), IV (V), V (V), VI (V).
- b) I (F), II (V), III (V), IV (V), V (V), VI (V).
- c) I (V), II (F), III (V), IV (F), V (V), VI (V).
- d) I (V), II (V), III (V), IV (F), V (F), VI (V).
- e) I (V), II (V), III (V), IV (V), V (F), VI (F).

**7. Considere a seguinte situação. Um ônibus movendo-se numa estrada e duas pessoas, A sentada no ônibus e B parada na estrada. Ambas observam uma lâmpada fixa no teto do ônibus. A diz: "A lâmpada não se move em relação a mim, uma vez que a vejo sempre na mesma posição". B diz: "A lâmpada está se movimentando, uma vez que ela está se afastando de mim". Assinale a alternativa CORRETA.**

- a) A está errada e B está certa.
- b) A está certa e B está errada.
- c) Ambas estão erradas.
- d) Cada uma, dentro do seu ponto de vista, está certa.
- e) Não é possível determinar qual delas está certa.

**8.** Uma pessoa sai de carro de uma cidade A, às 10h, e dirige-se para uma cidade B, distante 400km de A, lá chegando às 15h do mesmo dia. Durante a viagem, ela parou durante uma hora para almoço e abastecimento. Com base nessas informações, assinale certo ou errado.

- I. O tempo da viagem foi 4h.
- II. A distância percorrida pelo carro foi 400km.
- III. Em nenhum momento, o carro ultrapassou o limite de 100km/h.
- IV. A velocidade média da viagem foi 80km/h.
- V. É muito provável que em determinados trechos o carro tenha desenvolvido uma velocidade superior a 100km/h.

- a)** I (C), II (C), III (C), IV (C), V (C).
- b)** I (E), II (C), III (E), IV (C), V (C).
- c)** I (E), II (C), III (C), IV (E), V (C).
- d)** I (C), II (E), III (C), IV (E), V (E).
- e)** I (E), II (E), III (E), IV (C), V (C).

**9.** Um móvel sai do repouso e atinge a velocidade de 30 m/s em 10 s. A aceleração média do móvel é:

- a)** 3 m/s<sup>2</sup>.
- b)** 2 m/s<sup>2</sup>.
- c)** 1 m/s<sup>2</sup>.
- d)** 0 m/s<sup>2</sup>.
- e)** 6 m/s<sup>2</sup>.

**10.** Uma motocicleta acelera a 4 m/s<sup>2</sup> durante 5 s. Se a motocicleta tinha velocidade de 1 m/s no instante inicial, a sua velocidade no instante 5 s é:

- a)** 20 m/s.
- b)** 18 m/s.
- c)** 21 m/s.
- d)** 10 m/s.
- e)** 1 m/s.

**11. A respeito do conceito de inércia, assinale a afirmativa CORRETA:**

- a) Não pode existir movimento perpétuo, sem a presença de uma força.
- b) Uma partícula pode ter movimento circular e uniforme por inércia.
- c) Um ponto material tende a manter sua aceleração por inércia.
- d) O único estado cinemático que pode ser mantido por inércia é o repouso.
- e) Uma força é usada para alterar o estado de movimento de um corpo e não para mantê-la.

**12. O Princípio da Inércia afirma:**

- a) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material isolado tem velocidade vetorial constante.
- b) Todo ponto material isolado ou está em repouso ou em movimento retílineo em relação a qualquer referencial inercial.
- c) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material tem velocidade nula.
- d) Todo ponto material isolado ou está em repouso ou em movimento retílineo e uniforme em relação a qualquer referencial.
- e) Existem referenciais privilegiados em relação aos quais todo ponto material tem velocidade vetorial nula.

**13. A primeira Lei de Newton afirma que, se a soma de todas as forças atuando sobre o corpo é zero, o mesmo ...**

- a) terá um movimento variado.
- b) apresentará velocidade constante.
- c) apresentará velocidade constante em intensidade, mas sua direção pode ser alterada.
- d) será desacelerado.
- e) apresentará um movimento circular.

**14. Qual das alternativas a seguir se relaciona ou é explicada pela 1<sup>a</sup> lei da Dinâmica, também chamada lei da Inércia?**

- a)** Uma bola de tênis que, ao receber uma raquetada do Guga, atinge 214km/h.
- b)** Num jogo de basquete, a bola ao ser empurrada pelo Oscar, bate no chão e retorna à sua mão.
- c)** A Ferrari do Rubinho que, ao entrar numa curva em alta velocidade, derapa e sai da pista pela tangente.
- d)** Uma bola que, ao ser cabeceada pelo Rivaldo, muda de direção e sentido entra no gol.
- e)** Um soco desferido pelo Popó atinge o seu adversário e o manda para o chão.

**15. Todas as alternativas contêm um par de forças de ação e reação, exceto:**

- a)** a força com que a Terra atrai um tijolo e a força com que o tijolo atrai a Terra.
- b)** a força que uma pessoa, andando, empurra o chão para trás e a força com que o chão empurra a pessoa para frente.
- c)** a força com que um avião, empurra o ar para trás e a força com que o ar empurra o avião para frente.
- d)** a força com que um cavalo, puxa uma carroça e a força com que a carroça puxa o cavalo.
- e)** o peso de um corpo colocado sobre uma mesa horizontal e a força normal da mesa sobre ele.

**16. Uma pedra de peso P gira em um plano vertical presa à extremidade de um barbante de tal maneira que este é mantido sempre esticado. Sendo  $F_c$  a resultante centrípeta na pedra e T, a tração exercida sobre ela pelo barbante e considerando desprezível o atrito com o ar, seria adequado afirmar que, no ponto mais alto da trajetória, atua(m) na pedra:**

- a)** as três forças P, T e  $F_c$ .
- b)** apenas a força P.
- c)** apenas as duas forças  $F_c$  e P.
- d)** apenas as duas forças  $F_c$  e T.
- e)** apenas as duas forças P e T.

**17.** Um carro de massa  $1,0 \times 10^3$  kg com velocidade de 20m/s descreve no plano horizontal uma curva de raio 200m. A força centrípeta tem módulo, em newtons, de:

- a)  $2,0 \times 10^3$ .
- b)  $1,0 \times 10^3$ .
- c)  $5,0 \times 10^2$ .
- d)  $2,0 \times 10^2$ .
- e)  $1,0 \times 10^2$ .

**18.** Um caminhão transporta um bloco de massa m. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e o caminhão é  $\mu_s$  e a aceleração da gravidade local é g. Em pista reta e horizontal, a maior aceleração que o caminhão pode ter, para que o bloco não deslize, é:

- a)  $\mu_s \cdot g$
- b)  $g / \mu_s$ .
- c)  $\mu_s / g$ .
- d)  $\mu_s \cdot \mu \cdot g$ .
- e)  $g / \mu_s^2$

**19.** Assinale a alternativa que aponta uma característica que só pode ser associada a um fluido:

- a) Não possui massa.
- b) Possui velocidade nula.
- c) Não ocupa um volume.
- d) Pode escorrer ou escoar.
- e) Possui formato definido.

**20.** A pressão de um gás no interior de um recipiente cúbico é de 6000Pa. Se cada face (parede) possui uma área de  $0,04\text{m}^2$ . Qual é o valor da força média exercida pelo gás sobre cada face do recipiente?

- a) 40N.
- b) 240N.
- c) 1200N.
- d) 2400N.
- e) 30000N.

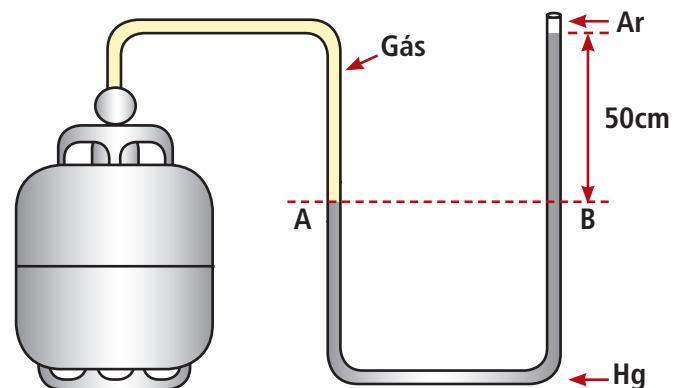
**21. A boia de vara de pesca é feita de um material constituído essencialmente de isopor. O motivo do uso deste material é que:**

- a) O isopor não exerce densidade sobre a água.
- b) O isopor não exerce pressão absoluta sobre a água.
- c) O isopor não exerce força gravitacional sobre a água.
- d) O isopor possui uma densidade maior que a da água
- e) O isopor possui uma densidade menor que a da água.

**22. Qual dos fatores mostrados a seguir influencia de maneira mais direta na pressão atmosférica?**

- a) A densidade da água doce.
- b) As fases da Lua e as marés.
- c) A densidade da água do mar.
- d) A velocidade do vento ao nível do mar.
- e) A altitude em relação ao nível do mar.

**23. Como você estudou, um dos aparelhos usado para medir a pressão de um gás é denominado manômetro. Um tipo de manômetro muito utilizado consiste de um tubo em forma de U, contendo mercúrio, como ilustra a figura a seguir. Para a realização da medida da pressão de um gás no interior em um recipiente, adapta-se a extremidade do ramo menor do tubo ao reservatório e observa-se o desnível do mercúrio nos dois ramos do manômetro. Se a pressão atmosférica no local da medida for de 76cmHg, a pressão do gás no recipiente será:**



**Medida de pressão no recipiente mencionado no exercício 23.**

Fonte: <http://soensino.com.br/forums/viewtopic.php?f=13&t=13307>.

- a) 26 cmHg.
- b) 50 cmHg.
- c) 76 cmHg.
- d) 126 cmHg.
- e) Nenhuma das alternativas.

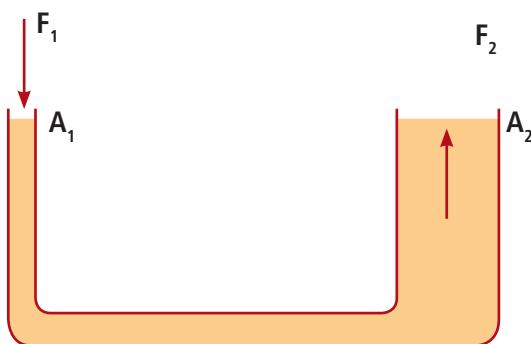
**24. Com relação à aplicação da Lei de Stevin a uma coluna de líquido, é correto afirmar que:**

- a) Quanto maior a profundidade da coluna de líquido, maior será a pressão.
- b) Quanto menos denso o fluido, maior será a pressão da coluna de líquido.
- c) Quanto maior a profundidade da coluna de líquido, menor será a pressão.
- d) Quanto mais pesado o líquido, menor será a pressão da coluna de líquido.
- e) Quanto maior a pressão atmosférica, menor a pressão da coluna de líquido.

**25. O comportamento dos vasos comunicantes está ligado ao fato de que:**

- a) a densidade do líquido sofre variações.
- b) em uma mesma altura a pressão é constante.
- c) a pressão não depende da altura da coluna líquida.
- d) a pressão atmosférica deve mudar de um vaso par outro.
- e) a aceleração da gravidade muda ao longo da coluna líquida.

**26. O macaco hidráulico representado na figura a seguir possui áreas  $A_1 = 20 \text{ cm}^2$  e  $A_2 = 0,04 \text{ m}^2$ . Qual é o peso máximo que o macaco pode levantar se a força  $F_1$ , aplicada no vaso 1 for de 50 N?**



Macaco Hidráulico

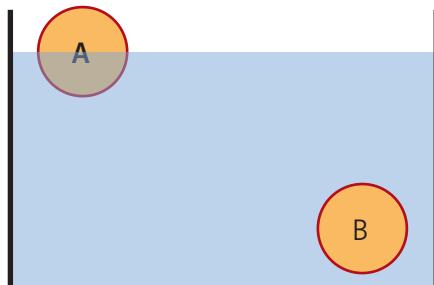
Fonte: [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)

- a) 10 N
- b) 100 N
- c) 100 Pa
- d) 1000 N
- e) 1000 Pa

**27.** O Princípio de Pascal está relacionado à variação de qual das seguintes grandezas:

- a) Massa
- b) Pressão
- c) Volume
- d) Densidade
- e) Temperatura

**28.** Duas esferas de volumes iguais e densidades  $d_A$  e  $d_B$  são colocadas em um recipiente que contém um líquido de densidade  $d$ . A esfera A flutua e a esfera B afunda, como ilustra a figura a seguir. Qual das relações entre as densidades é verdadeira?



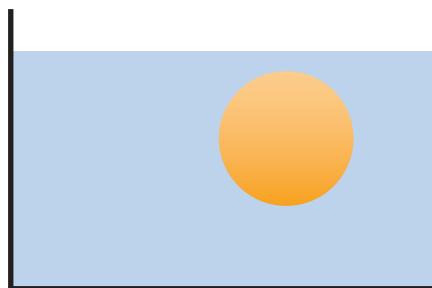
Dois objetos de densidades diferentes colocados no interior de um líquido.

Fonte: Acervo do autor

- a)  $d_B > d_A > d$ .
- b)  $d_A > d_B > d$ .
- c)  $d_B > d > d_A$ .
- d)  $d > d_B > d_A$ .
- e)  $d_A > d > d_B$ .

**29.** Na figura a seguir um objeto esférico está mergulhado em um líquido. O empuxo atua fazendo com que o peso do objeto pareça ser menor no líquido. A origem do empuxo está no fato de que:

- a) o objeto tem massa e volume fixos.
- b) a pressão é a mesma em todo o objeto.
- c) a pressão é maior na parte de cima do objeto.
- d) a densidade do objeto varia com profundidade.
- e) a pressão é maior na parte de baixo do objeto.



Objeto mergulhado em um líquido.

Fonte: Acervo do autor

**30.** Considere o navio da figura a seguir que flutua em equilíbrio. Marque V para verdadeiro e F para falso, depois indique qual alternativa retrata a sequência CORRETA de verdadeiras e falsas.



Navio que flutua em equilíbrio

Fonte: ©ilFede/Shutterstock

- ( ) Mesmo sendo construído com chapas de aço, a densidade média do navio é menor que a densidade da água.
- ( ) O empuxo exercido sobre o navio é igual ao seu peso.
- ( ) Um volume de água igual ao volume submerso do navio tem o mesmo peso que o navio.
- ( ) O empuxo exercido sobre o navio é maior do que seu peso. Caso contrário, um pequeno acréscimo de carga provocaria o seu afundamento.

- ( ) Um aumento na quantidade de carga do navio aumentará também o volume de água deslocado.
- ( ) Se um dano no navio permitir que a água penetre no seu interior, enchendo-o, ele afundará totalmente, porque, cheio de água, sua densidade média será maior que a densidade da água.
- ( ) Sendo o empuxo exercido sobre o navio igual ao seu peso, a densidade média do navio é igual à densidade da água.
- a)** V, V, V, F, V, F, V.  
**b)** V, V, V, F, V, V, V.  
**c)** V, V, V, V, V, V, V.  
**d)** V, V, F, V, F, V, F.  
**e)** V, V, V, F, V, V, F.

**31. Puxar a âncora de um barco é relativamente fácil enquanto ela está dentro da água, mas isso se torna mais difícil quando ela sai da água. Em relação a este fato, a afirmativa CORRETA é:**

- a)** A força necessária para içar a âncora dentro da água é igual à diferença entre seu peso e o empuxo que atua sobre ela.
- b)** O empuxo da água sobre a âncora anula o seu peso.
- c)** O empuxo da água sobre a âncora é maior do que seu peso.
- d)** O material da âncora torna-se menos denso ao ser colocado na água.
- e)** O peso da âncora é menor quando ela se encontra dentro da água.

**32. Uma caixa d'água com volume de 150 litros recebe 10 litros de água por hora. Mantendo-se esta vazão o tempo necessário para encher completamente esta caixa é?**

- a)** 10 horas.  
**b)** 15 horas.  
**c)** 20 horas.  
**d)** 25 horas.  
**e)** 30 horas.

**33. Ao bloquearmos parcialmente a saída de água de uma mangueira, se a vazão permanece constante é correto afirmar que:**

- a)** a área de escoamento e a velocidade de vazão diminuem.
- b)** a área de escoamento diminui e o tempo de escoamento aumenta.
- c)** a área de escoamento diminui e não se sabe nada sobre a velocidade.
- d)** a área de escoamento diminui e a velocidade de escoamento aumenta.
- e)** a área de escoamento diminui e a velocidade de escoamento não muda.

**34. Com relação ao escoamento estacionário e o escoamento turbulento, marque V para verdadeiro ou F para falso. Depois indique qual alternativa retrata a sequência CORRETA de verdadeiras e falsas.**

- ( ) No escoamento estacionário a velocidade tem sempre a mesma direção mas varia em valor.
  - ( ) No escoamento estacionário a velocidade é constante enquanto que no escoamento turbulento ela varia.
  - ( ) Um rio calmo, de correnteza suave, serve de modelo para ilustrar o escoamento estacionário.
  - ( ) O escoamento turbulento pode se manifestar em rios cheios de pedras e em cachoeiras.
  - ( ) Num escoamento turbulento a direção e o sentido da velocidade sofrem variações, o que pode ser observado pela manifestação de redemoinhos e bolhas.
  - ( ) O escoamento turbulento só se manifesta na saída de uma bomba d'água.
- a)** F, V, F, V, V, F.
  - b)** V, V, V, F, V, F.
  - c)** V, V, V, V, F, F.
  - d)** F, V, V, V, V, F.
  - e)** F, F, V, V, V, F.

**35. Quando uma pessoa toma refrigerante utilizando um canudo, o ato de ela sugar a bebida pelo canudo provoca:**

- a)** Uma queda na velocidade de propagação do ar no interior do canudo.
- b)** Um aumento na velocidade de propagação do ar no interior do líquido.
- c)** Um aumento na pressão do líquido na garrafa, fazendo com que este suba.
- d)** Um aumento na velocidade de propagação do fluido, no caso, o refrigerante.
- e)** Uma queda de pressão no interior do canudo, permitindo que o refrigerante suba.

**36. A velocidade, a direção e o sentido do movimento de um barco a velas são, de acordo com a Equação de Bernoulli, determinadas pela:**

- a)** igualdade entre as pressões em lados diferentes da vela, controlada pela inclinação da vela.
- b)** variação da pressão ao nível do mar, que é menor do que em regiões de maior altitude.
- c)** elevação da pressão ao nível do mar, que é maior do que em regiões de maior altitude.
- d)** força do vento, que menor nas velas do que no casco do barco, uma vez que este permanece submerso.
- e)** diferença entre as pressões em lados diferentes da vela, controlada pela inclinação da vela em relação ao vento.

**37. O que ocorreria se usássemos água como lubrificante em um motor?**

- a)** A água escorreria das regiões entre as peças, pois sua viscosidade é baixa.
- b)** Não haveria nenhuma diferença, pois a água também é um fluido.
- c)** A água faria o motor parar, pois sua viscosidade é muito alta.
- d)** A água resfriaria o motor mantendo-o com uma temperatura constante.
- e)** Não haveria nenhuma diferença, pois a viscosidade da água é alta.

**38.** Frequentemente ouvimos nos noticiários a informação de que a potência da usina hidrelétrica de Itaipu é de 12 milhões de quilowatts. Durante quanto tempo esta usina deve operar para realizar um trabalho de 240 bilhões de joules?

- a) 20 h.
- b) 20 min.
- c) 20 s.
- d) 200 s.
- e) 200 min.

**39.** Das grandezas abaixo, qual é uma grandeza escalar?

- a) Força.
- b) Peso.
- c) Velocidade.
- d) Trabalho.
- e) Aceleração.

**40.** A energia que está associada ao movimento de um objeto é a energia:

- a) elétrica.
- b) potencial.
- c) elástica.
- d) cinética.
- e) térmica.

**41.** Qual a velocidade de uma bola, ao atingir o solo, supondo que tenha caído do alto de um prédio de 80m de altura, num local onde a aceleração da gravidade é de  $10\text{m/s}^2$ ? Suponha que não exista resistência do ar.

- a) 20km/h.
- b) 40km/h.
- c) 20m/s.
- d) 40m/s.
- e) 10m/s.

**42.** Um trator aplica a uma carga de milho dentro de um caixote uma força de 1000N, sem, no entanto, conseguir movimentar o bloco. A roda do trator fica “patinando”. Qual é o trabalho realizado pela força que o trator aplica?

- a)** 1000J.
- b)** 100J.
- c)** zero.
- d)** -100J.
- e)** -1000J.

**43.** Qual o trabalho realizado por uma pedra de 500g que cai de uma altura de 10m?

- a)** 50J.
- b)** 500J.
- c)** 0,5J.
- d)** 5J.
- e)** Zero.

**44.** O trabalho de uma força ser nulo, significa que:

- a)** o deslocamento do corpo é nulo.
- b)** a força paralela ao deslocamento é nula.
- c)** a força é perpendicular ao deslocamento.
- d)** o produto do deslocamento pela força paralela ao deslocamento é nulo.
- e)** todas as alternativas anteriores estão corretas.

**45.** Quando uma pessoa levanta uma criança de 6kg a uma altura de 140cm, exercerá uma força que estará realizando um trabalho de:

- a)** 840J.
- b)** 84J.
- c)** 8400J.
- d)** Zero.
- e)** -840J.

**46. A energia cinética de um corpo depende:**

- a) da altura de onde o corpo saiu.
- b) da aceleração que o corpo tem.
- c) do peso do corpo.
- d) da aceleração da gravidade.
- e) da velocidade do corpo.

**47. A energia que se conserva quando se trata de um sistema conservativo é a energia:**

- a) Cinética.
- b) Potencial.
- c) Elástica.
- d) Térmica.
- e) Mecânica.

**48. Um corpo de 10kg de massa é deslocado de uma distância de 20m por uma força de 50N aplicada na direção do deslocamento. Sendo a força de atrito entre o corpo e a superfície igual a 30N, o trabalho realizado pela força resultante é:**

- a) 800J.
- b) 300J.
- c) 200J.
- d) 400J.
- e) 500J.

**49. Um ciclista desce uma ladeira. No instante em que está descendo, um forte vento contrário começa a soprar. Mesmo com o vento, ele consegue manter a velocidade, assim, é possível afirmar que:**

- a) sua energia cinética está aumentando.
- b) sua energia cinética está diminuindo.
- c) sua energia potencial gravitacional está aumentando.
- d) sua energia elástica é constante.
- e) sua energia potencial gravitacional está diminuindo.

**50. A energia mecânica de um sistema que tem energia cinética igual a 200J, está numa altura de 8m, tem massa de 2kg e não tem forças dissipativas, é:**

- a)** 380J.
- b)** 160J.
- c)** 200J.
- d)** 360J.
- e)** 216J.



# **Curriculum dos professores-autores**

---





## Física II

*Adriano Willian da Silva*

*Angela Maria dos Santos*

*Ezequiel Burkarter*



**INSTITUTO FEDERAL  
PARANÁ**  
Educação a Distância

**Curitiba-PR  
2011**

**Presidência da República Federativa do Brasil**

**Ministério da Educação**

**Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica**

**INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

Este Caderno foi elaborado pelo Instituto Federal do Paraná para a rede e-Tec Brasil.

Prof. Irineu Mario Colombo  
**Reitor**

Profª. Mara Christina Vilas Boas  
**Chefe de Gabinete**

Prof. Ezequiel Westphal  
**Pró-Reitoria de Ensino - PROENS**

Prof. Gilmar José Ferreira dos Santos  
**Pró-Reitoria de Administração - PROAD**

Prof. Silvestre Labiak  
**Pró-Reitoria de Extensão, Pesquisa e Inovação - PROEPI**

Neide Alves  
**Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas e Assuntos Estudantis - PROGEPE**

Bruno Pereira Faraco  
**Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento Institucional - PROPLAN**

Prof. José Carlos Ciccarino  
**Diretor Geral do Câmpus EaD**

Prof. Ricardo Herrera  
**Diretor de Planejamento e Administração do Câmpus EaD**

Profª. Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado  
**Diretora de Ensino, Pesquisa e Extensão do Câmpus EaD**

Profª. Cristina Maria Ayroza  
**Assessora de Ensino, Pesquisa e Extensão – DEPE/EaD**

Profª. Márcia Denise Gomes Machado Carlini  
**Coordenadora de Ensino Médio e Técnico do Câmpus EaD**

Profª. Adnilra Selma Moreira da Silva Sandeski  
Prof. Otávio Bezerra Sampaio  
**Coordenadores dos Cursos**

Prof. Helton Pacheco  
Profª. Joseli Araujo  
**Vice-coordenadores dos Cursos**

Izabel Regina Bastos  
Isabel Pereira  
**Assistência Pedagógica**

Profª. Ester dos Santos Oliveira  
Profª. Sheila Cristina Mocellin  
Prof. Jaime Machado Valente dos Santos  
Profª. Cibele H. Bueno  
**Revisão Editorial**

Paula Bonardi  
**Diagramação**

e-Tec/MEC  
**Projeto Gráfico**



Atribuição - Não Comercial - Compartilha Igual

Catalogação na fonte pela Biblioteca do Instituto Federal do Paraná

S586f Silva, Adriano Willian da.  
Física II [recurso eletrônico] / Adriano Willian da Silva, Angela Maria dos Santos, Ezequiel Burkarter – Dados eletrônicos (1 arquivo: 11 megabytes).– Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011.

ISBN 978-85-8299-215-9

1. Física - Estudo e ensino. 2. Física. I. Santos, Angela Maria dos. II. Burkarter, Ezequiel. III. Título.

CDD: Ed. 23 - 530

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2010

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra dos professores-autores.....</b>	<b>11</b>
<b>Aula 1 – Escalas de temperatura, conhecer para compreender.....</b>	<b>13</b>
1.1 Temperatura.....	13
<b>Aula 2 – Relações entre temperatura e variação no tamanho dos corpos.....</b>	<b>17</b>
2.1 Dilatação Térmica de Sólidos.....	17
2.2 Dilatação de Líquidos.....	19
2.3 Dilatação anômala da água.....	20
<b>Aula 3 – Calor e temperatura – qual a relação entre estes dois termos?.....</b>	<b>23</b>
3.1 Calor.....	23
3.2 Formas de transmissão de calor.....	23
3.3 Capacidade térmica e calor específico.....	25
<b>Aula 4 – Transferindo calor pode haver aumento de temperatura. Como perceber?.....</b>	<b>29</b>
4.1 Calor Sensível.....	29
4.2 Sistema termicamente isolado e calorímetro.....	30
<b>Aula 5 – Por que o gelo derrete? Como manter a temperatura de um objeto mesmo que ele receba ou perca calor?.....</b>	<b>33</b>
5.1 Mudanças de estado físico.....	33
5.2 Pontos de fusão e vaporização.....	35
<b>Aula 6 – Mudando o estado líquido para o estado sólido – existe mudança de temperatura?.....</b>	<b>37</b>
6.1 Vaporização.....	37
6.2 Calor latente.....	38
6.3 Ponto Tríplice.....	39
<b>Aula 7 – Você sabe qual a relação do calor com o movimento? Por que os motores de carro, por exemplo, esquentam?.....</b>	<b>43</b>
7.1 Algumas transformações.....	43
7.2 Transformação Isotérmica.....	44
7.3 Transformação Isobárica.....	45

7.4 Transformação Isométrica ou Isovolumétrica.....	46
7.5 Equação Geral dos Gases.....	46
<b>Aula 8 – Você sabe que um gás pode realizar trabalho?</b>	
<b>Qual a relação entre trabalho, calor e movimentação das partículas?.....</b>	<b>49</b>
8.1 Introdução.....	49
8.2 Trabalho mecânico feito pelo ou sobre o sistema.....	49
8.3 Primeira Lei da Termodinâmica.....	50
<b>Aula 9 – Calor e trabalho.....</b>	<b>53</b>
9.1 Introdução.....	53
9.2 Segunda Lei de Fato.....	55
<b>Aula 10 – Como funciona um motor de carro?</b>	
<b>O motor a diesel é mais econômico do que um motor a gasolina? Por quê?.....</b>	<b>57</b>
10.1 Ciclo de Carnot.....	57
10.2 Motores de combustão interna.....	58
10.3 O motor a diesel.....	60
<b>Aula 11 – Você já parou para pensar sobre a origem da eletricidade que faz com que a luz de sua casa acenda? Qual foi sua resposta? .....</b>	<b>61</b>
11.1 Cargas Elétricas, os pacotinhos de eletricidade.....	61
11.2 Descargas Atmosféricas: Nuvens se livrando de cargas .....	63
<b>Aula 12 – Por que a eletricidade precisa de fios? .....</b>	<b>67</b>
12.1 Corrente Elétrica.....	67
12.2 Corrente Alternada e Corrente Contínua.....	68
12.3 Medindo Corrente Elétrica.....	69
<b>Aula 13 – Se a eletricidade passa por fios, que agente empurra as cargas pelos fios? .....</b>	<b>71</b>
13.1 Diferença de Potencial.....	71
13.2 Fase, neutro, positivo e negativo.....	72
13.3 Potência elétrica.....	73
13.4 Potência, tensão e corrente .....	75
13.5 O peixe elétrico.....	76
<b>Aula 14 – Como é possível transformar eletricidade em calor? .....</b>	<b>79</b>
14.1 Resistência Elétrica.....	79

14.2 Lei de Ohm.....	80
14.3 Resistência Elétrica e Circuitos.....	81
<b>Aula 15 – Como a bússola de seu barco se orienta? .....</b>	<b>85</b>
15.1 Campo Magnético.....	85
15.2 Os Polos e a Bússola.....	86
15.3 Campo Magnético e Corrente Elétrica.....	87
15.4 Linhas Campo Magnético.....	87
<b>Aula 16 – Como pode um imã gerar eletricidade? .....</b>	<b>91</b>
16.1 O Fluxo Magnético.....	91
16.2 Lei da Indução Magnética.....	92
16.3 Geradores de Eletricidade.....	92
16.4 O Transformador.....	94
<b>Aula 17 – Por que conseguimos ver os objetos?     Como ocorre um eclipse? .....</b>	<b>97</b>
17.1 A luz.....	97
17.2 Alguns princípios da óptica.....	99
<b>Aula 18 – Como é possível ver uma imagem menor que o     próprio objeto observado? E o olho, como são     formadas as imagens que vemos? .....</b>	<b>103</b>
18.1 Espelhos .....	103
18.2 Elementos de espelhos esféricos.....	104
18.3 Lentes.....	106
18.4 O olho e a visão.....	107
<b>Aula 19 – O som, as notas musicais, o falar das pessoas ou o     cantar dos pássaros, o que diferencia cada     tipo de som? .....</b>	<b>111</b>
19.1 O som.....	111
19.2 Intensidade.....	112
19.3 Altura.....	113
19.4 Timbre.....	113
<b>Aula 20 – Fenômenos sonoros – música para nossos ouvidos .....</b>	<b>115</b>
20.1 Propriedades do som.....	115
<b>Referências.....</b>	<b>119</b>
<b>Atividades autoinstrutivas.....</b>	<b>125</b>
<b>Curículos dos professores-autores.....</b>	<b>143</b>



# Palavra dos professores-autores

Neste segundo livro de Física, continuamos nossa busca por conceitos e palavras que consigam descrever fenômenos naturais, principalmente, aqueles ligados aos movimentos. Veremos neste livro, que a ideia de movimento pode ser estendida ao movimento de ondas, aos efeitos luminosos, aos fenômenos técnicos e até à eletricidade. Mais uma vez, poderemos perceber que muitas questões e problemas vividos por nós, levaram ao conhecimento da Física como é conhecida hoje.

Como você já viu no livro 1, o estudo dos movimentos levou ao estabelecimento de campos do conhecimento físico, que hoje chamamos de ramos da Física. Neste livro, abordaremos mais alguns desses conhecimentos. Em todas as aulas, se manifestará o Princípio da Conservação da Energia, um dos mais fundamentais de toda a ciência. Estudando ondas e acústica seremos conduzidos a uma área importante da mecânica, aquela destinada ao estudo de Oscilações Mecânicas, como é o caso das ondas do mar.

Por meio dos textos que abordam a Termodinâmica, estudaremos um conjunto de conceitos relacionados ao funcionamento de máquinas térmicas (motores), que acabaram unificando os conhecimentos sobre gases, pressão, temperatura e calor. Claramente, o conceito de movimento estará presente nessas aulas.

Finalmente, trataremos de uma discussão, ainda que introdutória, da eletricidade e magnetismo. Nessas aulas, você será apresentado a uma das unificações mais importantes da história da Física, o estabelecimento de relação entre eletricidade e magnetismo. O conceito de movimento aparecerá na análise do movimento de cargas elétricas e de ímãs.

Nossa expectativa, na produção deste livro, foi discutir os conceitos físicos de maneira que você, estudante, possa visualizar a Física no seu dia a dia, conhecendo as formulações matemáticas sem se preocupar demasiadamente com elas. O propósito é que você reconheça que a Física está presente no seu cotidiano e é muito mais que uma ciência que traz em suas deduções

formais, a lógica matemática; que você estudante, reconheça a Física como uma ciência ligada ao conhecimento prático, mas, também, histórico, político e, que, constantemente, leva a mais questionamentos, e como toda a ciência, necessita estar em constante aperfeiçoamento.

Reafirmamos: muitas perguntas que o homem fazia lá na antiguidade, ainda estão sem respostas e algumas respostas foram revistas ao longo da história. Por isso, estudar Física é uma constante viagem rumo às descobertas. Convidamos você a participar!

Boa viagem!

# Aula 1 – Escalas de temperatura, conhecer para compreender

A partir desta aula, começaremos a estudar os fenômenos térmicos. Você será apresentado a algumas escalas termométricas onde é possível verificar a temperatura dos corpos e observar o que acontece com os objetos quando aquecidos. Após esta aula, você deverá ser capaz de reconhecer diferentes escalas termométricas e saber utilizá-las.

## 1.1 Temperatura

Às vezes, somos levados a verificar temperaturas em valores muito altos ou baixos. Precisamos, então, saber relacionar diferentes escalas para compreender os valores lidos.

Com certeza, você sabe o que é temperatura. Sabe quando um corpo está mais quente que outro. Sabe interpretar, quando lê, que em determinada cidade a temperatura era de  $-3^{\circ}\text{C}$ . A primeira observação a ser feita é que não existem graus centígrados, existem várias escalas para se medir temperatura de um corpo e centígrado não é uma delas. A unidade de temperatura mais utilizada é grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), mas não é a unidade no Sistema Internacional. No S.I. a unidade para temperatura é o Kelvin ( $\text{K}$ ) e se diz apenas Kelvin, não, grau Kelvin.

Existem muitos tipos de termômetros, aqueles que você vê nas grandes cidades, marcando a temperatura local, ou termômetros para medir febre (termômetro clínico), ou termômetros para verificar a temperatura de determinada câmera frigorífica, entre outros.



**Figura 1.1: Diferentes tipos de termômetros.**

Fonte: Imagem adaptada de ansnafisica.blogspot.com, img.terra.com.br e pixmac.com.br

Os termômetros mais conhecidos pela população são os que marcam a temperatura em graus Celsius, mas países como a Inglaterra e os Estados Unidos utilizam outra escala de temperatura e, portanto, é necessário que pessoas que comercializam congelados com estes países, por exemplo, saibam fazer a conversão. Por isso, agora, você vai aprender a relacionar algumas escalas termométricas e fazer as conversões.

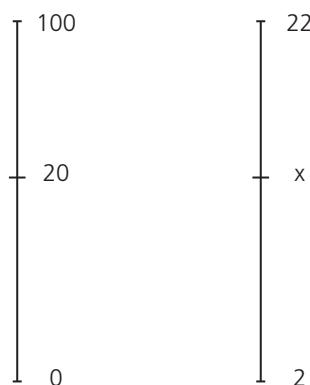
Para fazer a conversão de algumas escalas conhecidas é importante que você reconheça os pontos de fusão e ebulição da água em cada uma delas. Mas, o que é ponto de fusão e de ebulição? O ponto de fusão é a temperatura na qual a água, na pressão de uma atmosfera, passa do estado sólido para o estado líquido. E ponto de ebulição é a temperatura na qual, a água, também na pressão de uma atmosfera, passa do estado líquido para o estado de vapor.

Na escala Celsius, estas temperaturas são, respectivamente,  $0^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$ . Na escala Fahrenheit, estas temperaturas correspondem a  $32^{\circ}\text{F}$  e  $212^{\circ}\text{F}$  e na escala Kelvin, estas temperaturas são  $273\text{K}$  e  $373\text{K}$ .

Então, como fazer a conversão de escalas? Suponha que você tem dois termômetros, um graduado na escala Celsius e outro graduado em centímetros de mercúrio (cmHg), termômetro muito comum em paredes de casas. Você precisa relacionar as temperaturas de fusão e ebulição da água com os centímetros que o mercúrio marca dentro do bulbo do termômetro.

Por exemplo, quando a temperatura está zero grau (Celsius) o termômetro de mercúrio marca 2cm e quando a temperatura está em cem graus o termômetro de mercúrio marca 22cm. O que se quer saber é: que valor o termômetro de mercúrio marcará quando a temperatura for de  $20^{\circ}\text{C}$ ?

Observe a figura abaixo, ela indica a relação entre os dois termômetros mencionados no exemplo acima.



**Figura 1.2: Diferentes tipos de escala.**

Fonte: acervo do autor

Para encontrar o valor de **X**, você deve fazer uma relação de proporção entre a diferença de valores em cada escala, isto é:

$$(100-20)/(100-0) = (22-x)/(22-2),$$

lê-se: 100 menos 20 está para 100 menos 0, assim como 22 menos X está para 22 menos 2. Feita esta relação de proporcionalidade entre as escalas é só lembrar da matemática: o produto dos meios é igual ao produto dos extremos e acha-se o valor de X, ou seja,

$$\begin{aligned} 80 \cdot 20 &= 100(22 - x), \text{ assim,} \\ 1600 &= 2200 - 100x, \\ 100x &= 600, \\ x &= 6\text{cm}. \end{aligned}$$

Isso significa que quando a temperatura é de  $20^{\circ}\text{C}$ , o termômetro de mercúrio marcará 6cm.

O mesmo vale para qualquer outra escala que você precise comparar, por exemplo, sabendo a relação entre os valores de fusão e ebulação na escala Celsius e na escala Fahrenheit, você poderá saber quantos graus Celsius correspondem a  $40^{\circ}\text{F}$ . Faça este cálculo e discuta o valor com seus colegas.

Determinada pessoa, passeando por uma cidade do hemisfério norte, visualiza um termômetro onde está marcada a temperatura de  $77^{\circ}$ . Naquele momento, ela acredita que o termômetro está errado. Essa temperatura é provável? Você poderia indicar qual a provável temperatura em uma escala mais convencional?

## Resumo

Nesta aula, você aprendeu a trabalhar e a reconhecer diferentes escalas termométricas. Elas são importantes para você perceber que, apesar de intuitivamente, ser fácil verificar uma temperatura, algumas vezes, valores que são lidos em catálogos ou mesmo diferentes termômetros, podem nos deixar confusos, caso não conheçamos outras escalas.

## Atividades de aprendizagem

1. Complete as lacunas:

a)  $26^{\circ}\text{C}$  correspondem a \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{F}$ .

b) A temperatura de ebulação da água em graus Celsius é de \_\_\_\_\_.



Pesquise na internet e em materiais diversos, temperaturas de fusão e ebulação para alguns materiais, como: ferro, álcool etílico, platina. Verifique que as tabelas geralmente são dadas em graus Celsius e faça a conversão para a escala Fahrenheit.

Na pesca ou na aquicultura, é muito comum se falar em temperatura. Normalmente, a escala, mundialmente, utilizada é a escala Celsius, mas, quando existe algum tipo de comércio com os Estados Unidos da América ou com a Inglaterra é muito frequente a utilização da escala Fahrenheit, portanto, saber perceber a diferença entre as escalas é necessário, visto que a temperatura de animais aquáticos é de grande importância para sua conservação.



c) A temperatura de fusão da água em Kelvin é de \_\_\_\_\_.

d) No Sistema Internacional de Unidades a escala termométrica é \_\_\_\_\_.

2. Responda:

a) Que temperatura na escala Kelvin, representa  $34^{\circ}\text{C}$ ?

---

---

b) Qual a relação entre a escala Celsius e a escala Fahrenheit?

---

---

---

---

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Aula 2 – Relações entre temperatura e variação no tamanho dos corpos

O que acontece com um objeto quando ele é aquecido? Por que pontes e linhas férreas, por exemplo, possuem vãos? O que acontece com os materiais quando suas temperaturas aumentam?

Nesta aula, além de perceber que os corpos sólidos e, também, os líquidos se dilatam quando ocorrem variações de temperatura, você deve reconhecer diversos casos onde este estudo é de enorme importância para a sobrevivência da humanidade.

## 2.1 Dilatação Térmica de Sólidos

Para começar, é importante você saber que calor e temperatura são grandezas distintas. Não existe um corpo que possua calor, pois calor é energia em movimento (assunto visto no livro anterior). No entanto, para que a temperatura de um corpo aumente, na maioria dos casos, é necessária a transferência de calor. Calor será um assunto abordado mais detalhadamente, nas próximas aulas. Neste momento, o importante é que você não confunda os dois conceitos.

Quando um objeto tem sua temperatura aumentada é muito comum que ele apresente uma pequena dilatação, acontecendo, também, o inverso, o objeto se contrai quando sua temperatura é diminuída.

A dilatação pode ser:

- **linear**, quando apenas uma dimensão do objeto sofre dilatação, isto é, ocorre apenas um aumento do tamanho do objeto, por exemplo, no seu comprimento;
- **superficial** quando duas dimensões sofrem dilatação, isso significa que tanto o comprimento quanto a largura aumentam de tamanho;
- **volumétrica** quando as três dimensões sofrem dilatação (comprimento, largura e altura).

A dilatação de um objeto depende da variação de temperatura que ele sofreu, depende, também, do seu tamanho inicial e do seu coeficiente de dilatação. Este coeficiente é característico de cada material, tem seu valor tabelado e representa qual a variação no comprimento (área ou volume) do objeto quando sua temperatura aumenta ou diminui de um grau.

Abaixo, segue tabela com alguns coeficientes de dilatação de diferentes materiais.

**Tabela 2.1: Coeficientes de dilatação**

Material	Coeficiente de dilatação ( $\alpha$ )
Vidro	$9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Concreto	$12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Alumínio	$23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Aço	$12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Cobre	$17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Chumbo	$29 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Fonte: acervo do autor.

O estudo da dilatação dos sólidos é de extrema importância na construção civil, por exemplo, para que não aconteçam acidentes em pontes, viadutos, linhas férreas, entre outros. É necessário o conhecimento das variações médias de temperaturas locais, e da dilatação dos materiais utilizados, e é necessária, também, a utilização de juntas para que a dilatação não os deforme. Todo material quando aquecido dilata, uns mais, outros menos. Os metais são os materiais que mais se dilatam quando a temperatura varia.

Outro exemplo, muito comum, de dilatação térmica acontece na abertura de um vidro de geléia ou compota de frutas. As tampas ficam difíceis de abrir, para facilitar esta abertura pode-se colocar o vidro num local com água quente. Como as tampas, normalmente, são feitas de metal, elas dilatam mais facilmente que o vidro, facilitando a abertura.



Por que o aumento de temperatura causa a dilatação?

O aumento de temperatura de um corpo causa agitação das moléculas que formam este corpo. Com a agitação, as moléculas tendem a se afastar,

**Figura 2.1:** Esta figura mostra uma estrada férrea que sofreu uma dilatação maior do que a que seria possível. Você consegue pensar em alguma situação que tenha causado esta dilatação irregular?

Fonte: [www.coladaweb.com](http://www.coladaweb.com)

o que resulta na dilatação do corpo. A dilatação é, geralmente, muito pequena, então estas variações de tamanho não são visíveis a olho nu.

Algumas vezes, quando corpos têm certa espessura, eles podem ter uma dilatação maior na parte interna do que na externa, por exemplo, quando se coloca algum líquido ou comida muito quente dentro de um prato ou um copo, eles racham. Podendo, também, acontecer o inverso, quando o copo ou o prato é colocado dentro da geladeira.

Matematicamente, a dilatação de um sólido é dada pela seguinte equação:

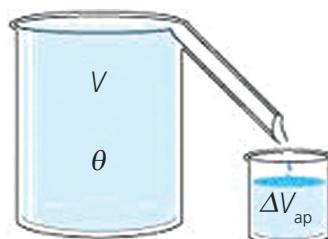
$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T.$$

$L_0$  é o comprimento inicial do objeto,  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação e  $\Delta T$  a variação da temperatura. Esta expressão serve para a determinação da dilatação linear de um sólido, mas, como visto anteriormente, um sólido pode dilatar superficialmente e volumetricamente. Para a variação superficial, usa-se no lugar de  $\alpha$ ,  $\beta$ , sendo que,  $\beta = 2\alpha$ . E para a dilatação volumétrica usa-se no lugar de  $\alpha$ ,  $\gamma$ , sendo,  $\gamma = 3\alpha$ .

É importante lembrar que, para que as unidades, sempre, estejam corretas, deve-se utilizar unidades no **S.I.** (Sistema Internacional de Unidades, estudadas no livro anterior) para o comprimento e para a temperatura que pode ser utilizada em °C ou Kelvin, já que se trata de variação de temperatura, e a variação em Kelvin e em grau Celsius é a mesma.

## 2.2 Dilatação de Líquidos

Os líquidos, como os sólidos, também se dilatam, porém possuem uma dilatação maior, devido a um maior coeficiente. Porém nos líquidos, temos, apenas, dilatação volumétrica. Isso significa que quando se coloca algum líquido dentro de algum recipiente, o líquido se dilatará mais que o recipiente quando submetidos à mesma variação de temperatura.



**Figura 2.2: Dilatação aparente de líquidos**

Fonte: [www.interna.coceducacao.com.br](http://www.interna.coceducacao.com.br)

Essa dilatação dos líquidos é chamada de **dilatação aparente**. Isso porque, quando um líquido dilata dentro de um recipiente é possível verificar a quantidade de dilatação, no entanto, o recipiente também se dilata, de uma forma que não é visível a olho nu. Com a dilatação do sólido, o líquido ocupa o lugar dilatado, parecendo que só o líquido dilatou-se.

A dilatação dos líquidos respeita a mesma equação da dilatação volumétrica dos sólidos; o que deve, sempre, ser levado em consideração é a dilatação do recipiente no qual o líquido está contido.

## 2.3 Dilatação anômala da água

Quase todo material dilata quando sua temperatura aumenta. A água, no intervalo entre 0°C e 4°C de temperatura, se contrai ao invés de dilatar, o bismuto, o antimônio e alguns outros poucos materiais, também. Esse é um comportamento anômalo e garante, por exemplo, que os lagos, em regiões muito frias, congelem apenas na superfície, e não na profundidade, fazendo com que a vida seja preservada.

À medida que a temperatura ambiente vai baixando até 4°C a água fria desce e a água quente sobe, devido à variação de densidade. No entanto, quando a temperatura chega a 4°C, esse comportamento muda, pois a água atinge sua maior densidade e a troca pela mudança de densidade para. Desse forma, apenas a água que está na superfície vai congelando.

Esse comportamento diferenciado se deve ao tipo de ligação existente entre as moléculas da água e as dos outros materiais, ligações essas, denominadas ponte de hidrogênio, que se rompem e fazem as moléculas se aproximarem.

## Resumo

Nesta aula, iniciou-se o estudo da temperatura e sua variação. Você deverá saber discutir e reconhecer diferentes escalas termométricas, compreender a dilatação de vários materiais e, principalmente, levar este conhecimento para sua área de trabalho tentando perceber, sempre que possível, o que está acontecendo aos corpos quando existe variação nas suas temperaturas. Pense a respeito de comidas congeladas, por exemplo, analisando o peso e o preço.

## Atividades de aprendizagem

1. Como se dilatam as partes ocas de um metal?



---

---

---

2. Como separar dois copos de vidro idênticos, quando um está dentro do outro?

---

---

---

3. Calor e temperatura são conceitos iguais?

---

---

---

4. Complete os espaços:

a) A dilatação anômala da água ocorre entre as temperaturas de \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

b) Quando um objeto é aquecido ele sofre \_\_\_\_\_ devido ao aumento de temperatura. Esse aumento de tamanho pode ser \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ ou \_\_\_\_\_, dependendo da forma do objeto.

c) Quando um líquido é aquecido ele sofre dilatação, essa dilatação é conhecida como \_\_\_\_\_, geralmente, não é possível verificar a dilatação do recipiente que contém o líquido.



# Aula 3 – Calor e temperatura – qual a relação entre estes dois termos?

Quando um corpo recebe calor, ele pode aumentar sua temperatura ou apenas mudar seu estado físico? Como saber quais as diferenças? Por que o gelo derrete? Derretendo, permanecerá na mesma temperatura?

Nesta aula, discutiremos sobre o tema calor. O que é? De que forma é transferido? Qual sua relação com o aumento da temperatura de um objeto? Serão apresentados termos como capacidade térmica de um corpo e calor específico de um corpo. Os objetivos dessa aula são compreender formas de transmissão de calor, perceber calor e temperatura como grandezas distintas, perceber a importância do tema no seu cotidiano e desenvolver um conceito coerente de energia térmica.

## 3.1 Calor

Em aulas passadas, você viu que calor é uma forma de energia em trânsito. O que isso significa? Você estudou, anteriormente, o tema energia, viu distintas formas de energia como: energia mecânica, cinética, entre outras. O calor é, também, uma forma de energia que pode ser transformada em trabalho, energia mecânica, energia sonora. Diz-se que calor é energia em trânsito, porque um corpo não possui calor, o calor é apenas transferido de um corpo para outro, sendo transformado em outro tipo de energia.

## 3.2 Formas de transmissão de calor

Como o calor é sempre transferido de um objeto para outro, é importante conhecer de que formas estas transferências acontecem.

### Condução

A condução é a transferência de calor por meio de suas moléculas. Quando uma barra de metal é aquecida em uma das suas extremidades, as moléculas começam a se agitar e o calor é transformado em energia cinética, as moléculas mais quentes transferem energia para as moléculas mais frias, que também ficam mais agitadas e se aquecem. Esse processo vai acontecendo de molécula para molécula até a extremidade contrária ficar aquecida.

## Convecção

A convecção é a transferência de calor que acontece com a variação da densidade da substância que está sendo aquecida. É mais comum ocorrer em líquidos e gases e a transferência de calor se dá pela movimentação do líquido ou gás. Como na figura 3.2, por exemplo, a água que está no fundo aquece mais rapidamente por condução, ficando mais quente, ela fica menos densa, substâncias menos densas tendem a subir. A água que está em cima é mais fria, tem sua densidade maior e, portanto, desce. Esse fluxo de água é que faz a transferência de calor e é chamado processo de convecção.

A convecção explica, por exemplo, as brisas marinhas. Você sabe como elas acontecem?

Durante o dia, o sol aquece a areia e a água do mar, a areia esquenta muito mais rápido, então sua temperatura será maior do que da água do mar. Esta diferença de temperatura faz com que sobre a areia (no continente) a pressão seja menor e, portanto, o vento sopre do mar para a terra, gerando as brisas marítimas ou marinhas. À noite, quando a água do mar fica mais quente que a areia, ocorre o inverso. A esta capacidade que a água e a areia tem de esquentar e esfriar mais rápido ou mais devagar dá-se o nome de capacidade térmica, conceito que você verá logo em seguida.



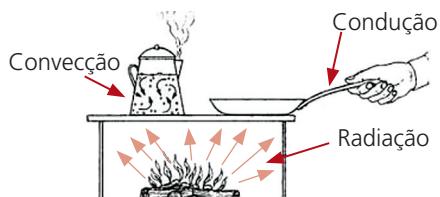
**Figura 3.1: Brisas marinhas**

Fonte: [www.geocities.ws](http://www.geocities.ws)

## Irradiação

A irradiação térmica é uma forma de propagação de calor que não precisa de um meio material de condução. O calor transferido por este tipo de propagação provém de ondas eletromagnéticas. Essas ondas, também, são responsáveis pelas ondas de TV que chegam até sua casa, pelas ondas de rádio, pelo aquecimento dos alimentos em um microondas, entre outras. Na figura 3.2, você perceberá que tanto a panela quanto o bule de água estão sendo aquecidos, no entanto, o fogo não está diretamente em contato com eles. Dessa forma, a onda eletromagnética propaga o calor a partir do fogo, até aquecer os utensílios que estão sobre a chapa quente.

Quando o calor atinge a chapa, a propagação se dá por condução. No caso do aquecimento da água a propagação acontece por convecção e no caso do cabo da panela, a propagação ou transferência do calor, acontece por condução.



**Figura 3.2: Formas de condução do calor**

Fonte: fisica.ufpr.br

### 3.3 Capacidade térmica e calor específico

Em geral, a transferência de calor faz com que os objetos sejam aquecidos, ocorrendo a variação da temperatura desses objetos. Para saber quanto de calor um objeto precisa receber para aumentar sua temperatura é necessário que se conheça sua capacidade térmica ou, então, seu calor específico.

Objetos que têm baixa capacidade térmica são objetos que levam mais tempo para serem aquecidos. Dessa forma, a capacidade térmica é definida como a aquela que um objeto tem de absorver ou perder calor. O fato dos corpos levarem mais tempo para serem aquecidos, também, caracteriza a capacidade de perderem calor com menos rapidez. Um exemplo de substância com baixa capacidade térmica é água, que demora para aquecer e da mesma forma, demora para resfriar. Isto explica a água do mar ser fria durante o dia e mais quente durante a noite.

Matematicamente, a capacidade térmica de um objeto pode ser definida pela razão entre a quantidade de calor recebida (ou perdida) e a variação da temperatura desse objeto, isto é,

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

**C** é a capacidade térmica do objeto, **Q**, a quantidade de calor e **T**, a temperatura. Como toda grandeza física, a capacidade térmica, também, tem uma unidade. A unidade mais comumente utilizada é **cal/°C** (caloria por grau Celsius), no entanto, no **S.I.**, a unidade é **J/K** (joule por Kelvin).

O calor específico de um objeto caracteriza de que material este objeto é feito. O calor específico é característico de cada material, sendo seu valor tabelado. O calor específico da água é **1cal/g.°C**.

O calor específico é determinado pela relação entre a capacidade térmica do objeto e da massa que ele possui. Para tentar compreender melhor os dois conceitos, pense em uma cadeira e em um lápis feitos do mesmo material. Os dois não possuirão a mesma capacidade térmica devido as suas massas, o lápis, provavelmente, aquecerá mais rápido quando submetido a mesma quantidade de calor que a cadeira. No entanto, se considerarmos cada grama destes mesmos objetos, aí sim, estaremos falando de uma característica do material e saberemos quanto de calor cada grama precisa receber para aumentar um grau a sua temperatura.



Procure na internet, em livros ou em outros meios, uma tabela com calores específicos de vários materiais. Discuta os valores e compreenda o que eles significam, percebendo os diferentes materiais.

Assim, calor específico significa a quantidade de calor necessária que um grama de um objeto precisa receber (ou ceder) para que sua temperatura aumente (ou diminua) de um grau. E sua unidade mais usada é **cal/g°C**, e a unidade no S.I. é **J/Kg.K**.

## Resumo

Nesta aula, você aprendeu como o calor se propaga de uma parte de um objeto para outra ou como ele é transmitido em qualquer outro tipo de situação. Aprendeu que calor é energia e difere da grandeza, temperatura. Aprendeu, também, que a capacidade que um corpo tem de manter sua temperatura está, diretamente, relacionada com sua composição e isso está ligado à capacidade térmica de cada material.



## Atividades de aprendizagem

1. Se o calor específico da água é **1cal/g°C**, determine em quantos graus vai aumentar a temperatura de uma quantidade de 200g quando receber de um forno 100 cal.

- 2.** Explique como ocorrem as brisas marítimas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 3.** Qual a unidade, no Sistema Internacional de Unidades, da grandeza calor específico?

---

- 4.** Como a capacidade térmica da água influencia a criação de peixes ou quaisquer organismos aquáticos?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 4 – Transferindo calor pode haver aumento de temperatura. Como perceber?

Nesta aula, você vai aprender como um corpo aumenta ou diminui sua temperatura. Perceberá que transferência de energia acarreta em trabalho realizado e que este trabalho sempre é convertido em alguma outra forma de energia.

## 4.1 Calor Sensível

Conhecidos os termos, capacidade térmica e calor específico, estudados na aula anterior, é importante conhecer o termo calor sensível. Calor é uma forma de energia e sua transferência pode ser transformada em outras diversas formas de energia, inclusive em variação de temperatura ou em quebra de ligações das moléculas, provocando uma variação de estado físico da substância que recebeu ou cedeu calor.

Calor sensível diz respeito, apenas, ao calor que provoca aumento ou diminuição de temperatura de um objeto. Isso significa que se um corpo recebe uma determinada quantidade de calor, ele absorverá essa energia e a transformará, em parte, no aumento da sua temperatura.

Você consegue perceber por que usa roupas quentes no inverno e leves no verão? Nossa corpo tem uma determinada temperatura, proveniente do nosso metabolismo. No inverno, o ar está muito mais frio que nosso organismo e de acordo com uma lei da termodinâmica, que você estudará nas próximas aulas, o calor passa de um corpo com maior temperatura para outro de menor temperatura, portanto, no inverno, perdemos calor para o meio ambiente. Usamos roupas quentes, mais pesadas para que o calor não saia do nosso organismo, nos mantendo aquecidos. Já no verão, ocorre o inverso, o ambiente está muito mais quente, assim, para conseguirmos manter o equilíbrio térmico, necessitamos de roupas leves para que não tenhamos muita perda de líquidos.



**Figura 4.1: Suor no verão, um exemplo de variação de temperatura**

Fonte: [www.respeiteoidoso.blogspot.com](http://www.respeiteoidoso.blogspot.com)

Matematicamente, o calor sensível pode ser expresso pela seguinte equação:

$$Q = mc\Delta T,$$

**Q** representa a quantidade de calor (se positiva, calor absorvido, se negativa, calor cedido), **m**, a massa do objeto, **c**, o calor específico e  **$\Delta T$** , a variação da temperatura.

Questão: uma barra de ferro de 100g, cujo calor específico é 0,11 cal/g°C, recebe 1000 cal do forno onde se encontra. Determine qual a variação da temperatura da barra de ferro, sabendo que sua temperatura inicial era de 30°C.

É importante compreender que para este caso o recebimento de calor causa apenas aumento de temperatura. Assim, se o ferro recebe 1000 cal, e cada grama dele aumenta de 1°C, quando recebe 0,11 calorias, tem-se:

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta T, \text{ sendo} \\ 1000 &= 100.(0,11).(T-30), \text{ assim,} \\ 1000 &= 11T - 330 \\ 1000+330 &= 11T \\ 1330 &= 11T \\ 1330/11 &= T \\ T &= 120,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

A temperatura final que o ferro terá é 120,9 °C. No entanto, o exercício pede a variação da temperatura do ferro. A temperatura inicial da barra era de 30°C, então faça a subtração para encontrar a variação:

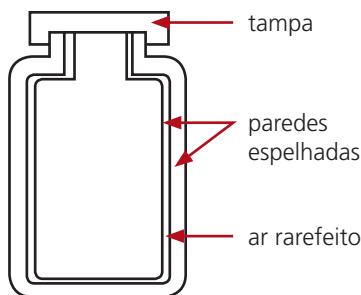
$$120,9 - 30 = \Delta T$$

A variação de temperatura é de 90,9 °C.

## 4.2 Sistema termicamente isolado e calorímetro

Qualquer objeto, antes de entrar em equilíbrio térmico, isto é, possuir a mesma temperatura dos corpos ao redor, está sempre trocando calor. Um sistema é dito **termicamente isolado** quando ele não troca calor com o ambiente ao redor.

Um exemplo de sistema termicamente isolado é um calorímetro, este equipamento é muito semelhante a uma garrafa térmica.



**Figura 4.2: Exemplo de calorímetro**

Fonte: [www.penta3.ufrgs.br](http://www.penta3.ufrgs.br)

Calorímetro, geralmente, é feito de alumínio ou cobre, e revestido por algum material que isola termicamente o conteúdo interno do ambiente externo, do qual se mede a temperatura.

Calorímetros são usados, normalmente, em laboratórios. O calorímetro troca calor com o conteúdo que está no seu interior, mas não troca calor com o ambiente externo. Dessa forma, só existe troca de calor dentro do sistema, que chamamos de sistema isolado.

Quando se trabalha em um sistema isolado, o calor cedido é igual ao calor recebido. Por exemplo, suponha que você coloque dentro de uma garrafa térmica, café a uma temperatura de 80°C, a garrafa pode estar à temperatura ambiente de 20°C. Como o calor passa do corpo mais quente para o corpo mais frio, as paredes da garrafa térmica começam a receber calor do café e por esse motivo aumentam sua temperatura, esta troca de calor vai acontecendo até que a garrafa e o café atinjam um equilíbrio térmico e fiquem à mesma temperatura.

## Resumo

Na aula de hoje, você aprendeu que o calor sensível diz respeito ao fato do calor se propagar e aumentar ou diminuir a temperatura. Você deve perceber que nem sempre, quando um corpo recebe calor, sua temperatura aumenta. Também, que o calor pode ser retirado de um corpo e que isso pode causar diminuição da temperatura desse mesmo corpo. Mais ainda, deve compreender a importância do calor no seu dia a dia, explicando, por exemplo, porque a água dentro de uma panela leva mais tempo para aquecer do que uma colher que está sobre esta mesma panela.



## Atividades de aprendizagem

1. O que é um calorímetro?

---

---

---

---

---

---

---

2. Qual a função de um cobertor?

---

---

---

---

---

---

---

3. Dê a resposta correta, completando os espaços em branco.

- a) Um objeto sobre um fogão recebe calor. Este objeto muda sua temperatura através da \_\_\_\_\_.
- b) O \_\_\_\_\_ é determinado pela relação entre a capacidade térmica de um objeto e a massa que ele possui.
- c) \_\_\_\_\_ diz respeito, apenas, ao calor que provoca aumento ou diminuição de temperatura de um objeto.
- d) Quando dois corpos em contato possuem a mesma temperatura dizemos que estes corpos estão em \_\_\_\_\_ térmico.

# Aula 5 – Por que o gelo derrete? Como manter a temperatura de um objeto mesmo que ele receba ou perca calor?

Nas aulas anteriores, você viu que receber calor ou ceder calor pode provocar aumento ou diminuição da temperatura de um objeto. Além disto, viu que todos os materiais possuem um determinado calor específico que garante a quantidade necessária de calor que devem receber ou perder para aumentar um grau a sua temperatura. Hoje, você verá que o calor pode quebrar ligações entre moléculas, causando uma mudança de estado físico nas substâncias, isso é, as substâncias podem passar de sólidas para líquidas, por exemplo. Esse calor que transforma o estado físico dos objetos é denominado calor latente.

## 5.1 Mudanças de estado físico

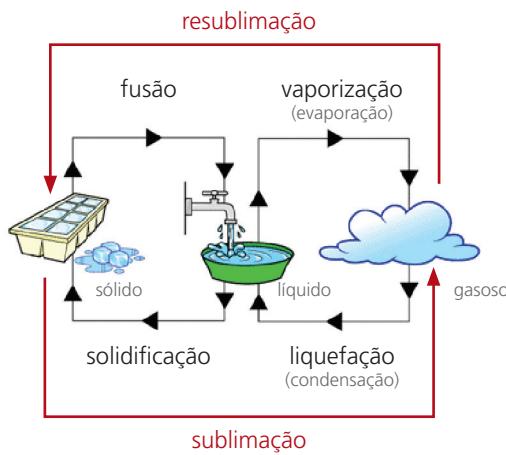
Todas as substâncias na natureza, quando sob pressão de 1 atm e temperatura ambiente, por volta de 20°C, são encontradas em estado: ou sólido, ou líquido, ou gasoso. Quando estas mesmas substâncias são submetidas à variações de temperatura ou pressão, podem mudar de estado físico.

Uma substância sólida é caracterizada por ter forma e volume constantes, ou seja, seu volume se mantém o mesmo e sua forma também. Já no caso de uma substância líquida, o volume se mantém o mesmo, mas sua forma muda. Por exemplo, se você coloca 200ml de água em um copo, essa quantidade de água não mudará e terá a forma do copo, no entanto, se você despejar esta quantidade de água em uma caixa, a água passará a ter a forma da caixa, portanto, no caso de um líquido, o volume é constante , a forma, variável. Já, uma substância gasosa tem volume e forma variáveis.

Passar uma substância de um estado sólido (gelo, por exemplo) para o estado líquido (água), significa fazer uma mudança de estado físico. As mudanças de estado acontecem com a perda ou recebimento de calor, sem que haja mudança da temperatura das substâncias.

A figura a seguir, mostra as mudanças de estado de uma determinada substância. Quando ela passa do estado sólido para o estado líquido, a mudança chama-se **fusão**. Do estado líquido para o gasoso, **vaporização**. Do estado gasoso para o líquido, **liquefação** e do estado líquido para o sólido, **solidificação**.

Existe, também, uma mudança de estado caracterizada pela passagem direta do estado sólido para o estado gasoso e vice-versa, denominada **sublimação**.



**Figura 5.1: Mudanças de estado físico**

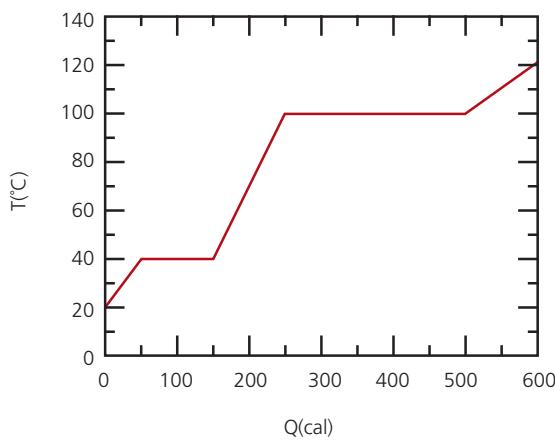
Fonte: [www.refrigeracao.net](http://www.refrigeracao.net)

Tanto a variação de pressão quanto de temperatura podem causar estas mudanças de estado físico da matéria. Estudaremos, principalmente, a variação de temperatura e suas consequências.

Quando uma substância muda de estado por receber ou por perder calor, a sua temperatura não é alterada, permanecendo constante. As mudanças de estado acontecem em determinadas temperaturas, isto é, cada substância tem um valor de temperatura e de pressão que caracterizam sua mudança de estado. Por exemplo, a água, quando ao nível do mar, vaporiza em  $100^{\circ}\text{C}$  e funde em  $0^{\circ}\text{C}$ . Cada substância tem sua temperatura característica de fusão, vaporização, sublimação, liquefação ou solidificação.

As mudanças de fase denominadas fusão e solidificação acontecem em valores iguais, isso significa que para uma substância sólida virar líquida e vive-versa precisa chegar a uma mesma temperatura. Os valores de temperatura e pressão em que as substâncias fundem ou solidificam são denominados ponto de fusão e ponto de solidificação. O que varia no comportamento de cada mudança de estado é: na fusão a substância precisa receber calor para passar do estado sólido para o líquido; na solidificação, a substância precisa perder calor para passar do estado líquido para o sólido. Então, um processo é o inverso do outro, mas seus pontos de mudança de fase acontecem nas mesmas temperatura e pressão.

Verifique o gráfico abaixo. Ele apresenta a quantidade de calor recebido por uma substância e seu comportamento em relação à temperatura.



**Figura 5.2: Exemplo de mudança de fase**

Fonte: Acervo do autor.

Analisando a figura 5.2, quando a substância está recebendo entre 0 e 50 calorias, sua temperatura aumenta de 20°C para 40°C, portanto, ocorre variação de temperatura e a substância continua no mesmo estado físico. Supondo que esta substância esteja no estado sólido, quando chegar à temperatura de 40°C, caracterizada no gráfico como ponto de fusão, recebendo 100 calorias, passa do estado sólido para o estado líquido. Perceba que, neste ponto, a temperatura não é modificada, ou seja, a substância permanece em 40°C até que toda ela se transforme em líquido.

Após, toda a substância mudar de estado físico, o novo estado começa a receber calor e, novamente, aumentar sua temperatura, permanecendo no mesmo estado até atingir o ponto de vaporização que, neste gráfico, corresponde à temperatura de 100°C, a partir deste ponto a temperatura fica constante até que toda substância atinja o estado de vapor e só, então, quando toda ela estiver vaporizada, o recebimento de calor fará, novamente, a temperatura aumentar.

## 5.2 Pontos de fusão e vaporização

Cada substância tem seu ponto de fusão e evaporação específico, ou seja, assim como a água vaporiza a 100°C, ao nível do mar, outras substâncias têm seus pontos em valores distintos, como mostra a tabela 5.1.

**Tabela 5.1: Substâncias e seus pontos de fusão e vaporização**

Substância	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de ebulação (°C)
Ouro	1063	2660
Ferro	1535	2800
Álcool etílico	-114,4	78,3
Cobre	1038	2582
Mercúrio	-39	356,5

Fonte: acervo do autor.



## Resumo

Em diferentes meios, pesquise pontos de fusão e vaporização de, ao menos, três substâncias diferentes das indicadas na tabela 5.1. Analise os valores e verifique se você, realmente, comprehende o que eles significam.

Nesta aula, você ficou sabendo sobre as formas de mudança de estado físico. Descobriu que uma substância pode ceder ou receber calor, sem aumentar ou diminuir sua temperatura. Conheceu, também, pontos de fusão e vaporização de diferentes substâncias.



## Atividades de aprendizagem

- Explique, através do que você aprendeu nesta aula, porque a panela de pressão cozinha mais facilmente os alimentos do que uma panela normal.

---

---

---

- Observe a tabela 5.1. Com os valores tabelados, explique qual substância precisa receber mais calor e qual precisa receber menos calor para passar do estado sólido para o estado líquido.

---

---

---

- Complete os espaços em branco, com a resposta correta.

- A passagem do estado sólido, diretamente, para o estado de vapor sem que a substância passe pelo estado líquido chama-se \_\_\_\_\_.
- O ponto de vaporização é o ponto onde uma substância passa do estado \_\_\_\_\_ para o estado \_\_\_\_\_.
- O ouro funde à temperatura de \_\_\_\_\_.
- O álcool etílico vaporiza-se à temperatura de \_\_\_\_\_.
- A passagem de uma substância do estado de vapor para o estado líquido é denominada \_\_\_\_\_.
- Uma substância em mudança de estado físico mantém sua constante, mesmo recebendo ou cedendo calor.

# Aula 6 – Mudando o estado líquido para o estado sólido – existe mudança de temperatura?

Como descobrir a quantidade de calor necessário para que haja mudança de estado físico de uma substância? Quanto calor é necessário retirar da água para que ela se transforme em gelo?

Na aula de hoje, você estudará as diferentes formas de uma substância vaporizar, além de reconhecer de que maneira a transferência de calor causa uma mudança de estado físico. Aprenderá que existem valores de temperatura e pressão em que é possível encontrar uma substância nos três estados físicos ao mesmo tempo.

## 6.1 Vaporização

Como você estudou na aula passada, vaporização é a passagem de uma substância do estado líquido para o estado de vapor. A vaporização pode se dar de três maneiras diferentes, como você verá a seguir.

### Ebulição

É uma forma da água passar do estado líquido para o estado de vapor de forma quase imediata. Um exemplo de ebulição é o processo realizado quando se coloca água para ferver em uma chaleira.

### Evaporação

Esta é uma forma mais lenta de passar do estado físico líquido para o estado físico de vapor (vaporização). Aqui, apenas as moléculas mais energéticas mudam de estado físico. Um exemplo desta forma de vaporização é: as roupas secam estendidas em um varal.

### Calefação

Neste tipo de vaporização, o líquido vira vapor quase automaticamente. Um exemplo é a água entrando em contato com um ferro de passar roupas, ligado.

Normalmente, quando não especificada, considera-se a ebulição como sendo a forma mais comum de mudança de estado físico de um líquido para vapor.

## 6.2 Calor latente

Denominamos calor latente à quantidade de calor (energia) que uma substância perde ou recebe não modificando sua temperatura. Este calor está relacionado à quantidade de massa dessa substância, ou seja, cada grama de uma substância deve receber ou perder uma determinada quantidade de calor, para que possa, efetivamente, mudar seu estado físico.

Matematicamente, o calor latente é dado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{Q}{m}$$

**L** é o calor latente que pode ser de fusão ou de vaporização, **Q** é a quantidade de calor recebido ou cedido e **m** é a massa da substância. A unidade de calor latente, no Sistema *Internacional de Unidades* é **J/kg** (*joule por quilograma*), mas é muito comum encontrarmos a unidade **cal/g** (caloria por grama).

A tabela 6.1 traz o calor latente de fusão e vaporização de algumas substâncias. Perceba que para a substância solidificar ou liquefazer, ela precisa perder a mesma quantidade de calor, ou seja, sendo o calor latente de fusão para a água de 80 cal/g, o calor latente de solidificação da água é -80cal/g.

**Tabela 6.1: Calor de fusão e vaporização para algumas substâncias**

Substância	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de vaporização (cal/g)
Água	80	540
Ouro	15,8	377
Ferro	64,4	1515
Álcool etílico	24,9	204
Cobre	51	1290
Mercúrio	2,82	68

Fonte: acervo do autor.

Imagine que você retira um cubo de gelo de massa 50g do congelador a uma temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Quanta energia esse gelo precisa receber para se tornar água à temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ ? Como é possível descobrir isso?

Primeiramente, é importante você perceber que o gelo deve ganhar calor até atingir o ponto de fusão, ou seja,  $0^{\circ}\text{C}$ . Quando atinge esta temperatura passa do estado sólido para o estado líquido. Na primeira parte, enquanto ganha calor e passa de  $-10^{\circ}\text{C}$  para  $0^{\circ}\text{C}$ , ele continua sendo gelo, ou seja, água no estado sólido.

Para saber, exatamente, a quantidade de calor que o gelo precisa receber para se transformar em água a 0°C, é necessário fazermos alguns cálculos.

Enquanto o gelo recebe calor e aumenta sua temperatura de -10°C para 0°C, estamos falando de calor sensível, assim,

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T,$$

lembrando que a massa do gelo é de 50g e que o calor específico da água é 1cal/g.°C, fazemos:

$$Q_1 = 50 \cdot 1 \cdot [0 - (-10)]$$

$$Q_1 = 50 \cdot (10)$$

$$Q_1 = 500 \text{ cal.}$$

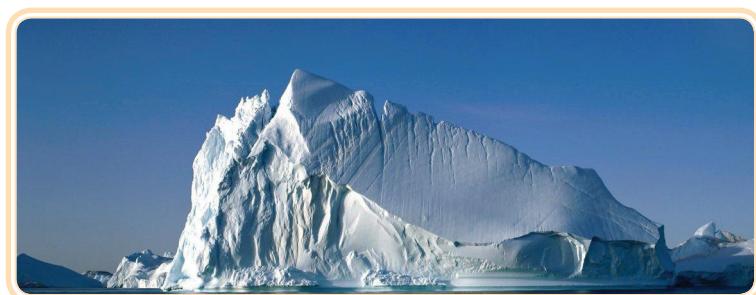
Esta é a quantidade de energia (calor) necessária para transformar 50g de gelo de -10°C para 0°C, no entanto, ainda falta o gelo ser transformado em água no estado líquido, portanto, precisamos do calor latente, assim,

$$Q_2 = m \cdot L$$

$$Q_2 = 50 \cdot 80$$

$$Q_2 = 4000 \text{ cal.}$$

Percebe-se que a quantidade de calor necessária, para transformar gelo a -10°C para água a 0°C, é de 4500 cal., porque precisamos somar Q1 e Q2.



**Figura 6.1: Icebergs – blocos de gelo que boiam sobre águas geladas**

Fonte: <http://www.maestronews.com>

### 6.3 Ponto Tríplice

Toda substância possui valores de temperatura e pressão onde é possível encontrar esta substância nos três estados físicos diferentes, por exemplo, água em forma de gelo, água líquida e vapor. A este ponto denominamos **ponto tríplice**.

O ponto tríplice da água acontece quando a temperatura é de 0,01 °C e a pressão é de 4,58 mmHg. Quaisquer outras substâncias têm, também, estes valores tabelados.

### Ponto Tríplice



Temperatura: 0,001°C

Pressão: 611.73 pascal

**Figura 6.2: Ponto tríplice da água**

Fonte: [www.brasilescola.com](http://www.brasilescola.com)

Perceba que só é possível esta situação quando a pressão e a temperatura estão, ambos, nestes valores, isto significa que se a temperatura for de 0,01 °C, mas a pressão for de 1atm, ou seja, 760 mmHg, não encontraremos o ponto tríplice.

## Resumo

Hoje, você aprendeu que as substâncias podem receber ou perder calor sem mudarem suas temperaturas. Aprendeu, também, que existe um ponto denominado ponto tríplice, onde é possível achar uma substância em três estados físicos conjuntamente, e que este ponto de pressão e temperatura é definido para cada substância. Além disso, descobriu diferentes formas de uma substância passar do estado líquido para o estado de vapor. Perceba o conteúdo dessa aula no seu cotidiano, pergunte mais porquês e busque as respostas. Aprender é sempre muito interessante, e pode, e deve, também, ser divertido.

## Atividades de aprendizagem



1. A partir do que você aprendeu nesta aula, explique porque nos dias frios, quando uma pessoa respira e expele ar pela boca, é possível ver fumaça saindo.

---

---

---

---

- 2.** É possível atingir o ponto tríplice de uma substância, apenas atingindo sua temperatura tabelada? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

- 3.** Qual o tipo de transferência de calor que acontece dentro de uma geladeira?

---

---

---

---

---

---

---

- 4.** Complete as lacunas de forma correta.

- a)** Denominamos \_\_\_\_\_ à quantidade de calor (energia) que uma substância perde ou recebe não modificando sua temperatura.
- b)** A água, quando ao nível do mar, vaporiza em \_\_\_\_\_ e funde em \_\_\_\_\_.
- c)** Ponto tríplice é o ponto onde é possível encontrar uma substância no estado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ ao mesmo tempo.



# Aula 7 – Você sabe qual a relação do calor com o movimento? Por que os motores de carro, por exemplo, esquentam?

Nesta aula, você aprenderá um pouco sobre a termodinâmica que é o ramo da física que estuda o vínculo entre o trabalho mecânico e o calor. No século XIX, James P. Joule realizou diversas experiências, concluindo que há possibilidade de transformação do calor em trabalho. Hoje, você vai conhecer um pouco mais da teoria utilizada no estudo dessas transformações.

## 7.1 Algumas transformações

Já aprendemos que os sistemas físicos na natureza consistem em um aglomerado de átomos muito grande, encontrados em três estados físicos: sólido, líquido ou gás.

Nos sólidos, as posições relativas (distância e orientação) dos átomos ou moléculas são fixas. Nos líquidos, as distâncias entre as moléculas são fixas, porém sua orientação relativa varia continuamente. Nos gases, as distâncias entre moléculas são, em geral, muito maiores que as dimensões das mesmas, por isso os gases são mais fáceis de descrever que os sólidos e que os líquidos.

O gás contido em um recipiente é formado por um número muito grande de moléculas, da ordem de  $6.02 \cdot 10^{23}$ . Para medir as características desse conjunto de matéria, utilizamos as seguintes grandezas físicas: volume ocupado por uma massa de gás, pressão que o gás exerce sobre as paredes do recipiente e sua temperatura. Tais grandezas físicas são quantidades macroscópicas, pois não se referem a cada partícula, mas, ao sistema em seu conjunto.

Quando uma dessas grandezas físicas é modificada, dizemos que o gás sofreu uma transformação, isto indica que houve uma mudança de estado do gás. Alguns tipos particulares de transformação recebem nomes específicos:

- Transformação Isotérmica: é a que se processa sob temperatura constante;
- Transformação Isobárica: é aquela, durante a qual não há variação de pressão do sistema.
- Transformação Isométrica: caracteriza-se pela constância do volume do sistema;
- Transformação Adiabática: caracteriza-se pela ausência de trocas de calor com o exterior.

Nos sistemas termodinâmicos que iremos estudar, consideraremos a existência de gases ideais. Os gases ideais constituem um modelo teórico utilizado para estudar os gases reais. Gases a baixas densidades são considerados gases ideais, nestes casos:

- a pressão do gás é exercida igualmente em todos os pontos do recipiente;
- os choques entre as moléculas são elásticos;
- as moléculas de um gás são pontos materiais, ou seja, possuem massa, mas apresentam um volume praticamente nulo.

Para gases ideais, pode-se obter uma equação de estado (equação que relaciona a temperatura, pressão e volume bastante simples:

$$pV=nRT$$

**p** é a pressão do gás, **V** é o volume do gás, **n** representa o número de moles, **R**, a constante dos gases, **R=0.082 atm·L/(K mol)** e **T** é a temperatura termodinâmica do gás. A equação acima é conhecida como equação de Clapeyron, em homenagem ao Físico Francês Benoit Paul Émile Clapeyron que viveu entre os anos de 1799 e 1864.

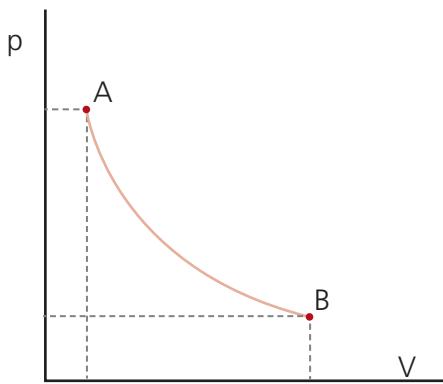
Analisemos, agora, cada transformação gasosa separadamente.

## 7.2 Transformação Isotérmica

À temperatura constante, a massa fixa de um gás tem seu volume inversamente proporcional à pressão nele exercido. Portanto, aumentando-se a pressão haverá um decréscimo do volume que ele ocupa, assim, o produto entre a pressão e o volume de um gás é constante:

$$PV = K$$

Essa relação é também conhecida como **Lei de Boyle**.



**Figura 7.1: Diagrama PV**

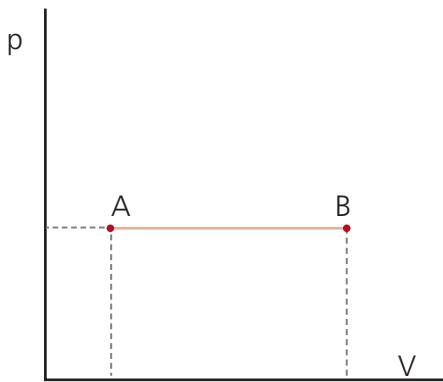
Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

### 7.3 Transformação Isobárica

Numa quantidade fixa de um gás à pressão constante, o volume ocupado por essa massa é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Portanto, se a temperatura for aumentada acarreta, também, um aumento no volume ocupado. Assim, a relação entre o volume e a temperatura do gás é constante:

$$\frac{V}{T} = K$$

Essa relação é conhecida como a **Lei de Charles**.



**Figura 7.2: Transformação Isobárica**

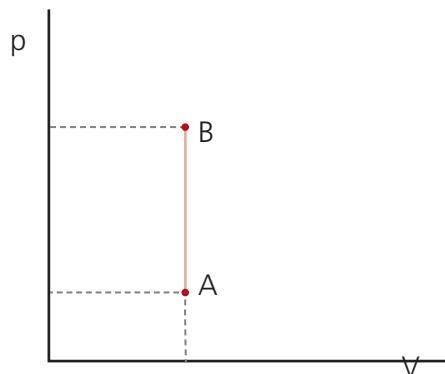
Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

## 7.4 Transformação Isométrica ou Isovolumétrica

Uma massa de um gás a volume constante tem sua pressão aumentada com o aumento da temperatura, ou seja, a pressão exercida pelo gás é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Dessa forma, a razão entre a pressão e a temperatura de um gás é constante:

$$P = \frac{T}{K}$$

Essa relação é conhecida como a **Lei de Gay-Lussac**.



**Figura 7.3: Transformação Isométrica**

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

## 7.5 Equação Geral dos Gases

A partir das transformações estudadas obtemos a *equação geral dos gases*:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

### Resumo

Na aula de hoje, você conheceu uma parte importante da físico-química, a ciência que estuda os fenômenos do comportamento dos gases. Compreender a termodinâmica ajuda você a perceber melhor os acontecimentos do dia a dia, relacionando o porquê de alguns motores aquecerem um ambiente, enquanto outros podem fazer o ambiente ficar mais frio.

## Atividades de aprendizagem

1. Explique por que um gás real a baixas densidades pode ser considerado um gás ideal.



---

---

---

2. Ao apertar uma bexiga cheia de ar, você está aumentando ou diminuindo a pressão dentro dela? O que acontece com seu volume? (Considere que a transformação ocorre à temperatura constante).

---

---

---

3. Um mergulhador, ao descer ao fundo do mar, fica submetido a uma pressão maior do que na superfície terrestre. O que acontece com o volume dos seus pulmões? Se ele voltar, rapidamente, à superfície terrestre pode ser acometido de embolia pulmonar, explique quais são as consequências desse problema.

---

---

---

---

---



# Aula 8 – Você sabe que um gás pode realizar trabalho? Qual a relação entre trabalho, calor e movimentação das partículas?

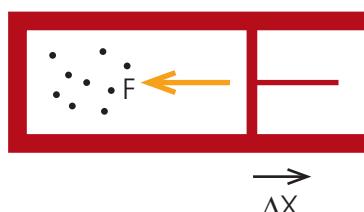
Na aula anterior, vimos que as transformações que os gases podem sofrer estão relacionadas às trocas de calor entre o gás e o meio externo ou às variações de grandezas físicas como temperatura, pressão e volume. Nesta aula, você perceberá que quando um gás se expande ou se contrai há realização de trabalho, pois acontece um deslocamento da massa gasosa devido a uma força aplicada no recipiente.

## 8.1 Introdução

Como um gás não tem forma própria e as moléculas estão, constantemente, se chocando contra a área do recipiente que o contém, a realização de trabalho por um gás ocorre, somente, quando há variação do volume do gás.

## 8.2 Trabalho mecânico feito pelo ou sobre o sistema

Considere um gás dentro de um cilindro. As **moléculas do gás chocam-se contra as paredes** variando a direção de sua velocidade. O efeito do grande número de colisões por unidade de tempo, pode ser representada por uma força  **$F$**  que atua sobre toda a superfície da parede.



**Figura 8.1: Definição de trabalho**

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

Se uma das paredes é um êmbolo móvel de área  **$A$** , e este se desloca  **$ΔX$** , a transferência de energia do sistema com o meio externo pode ser expressa pelo trabalho realizado pela força  **$F$**  ao longo do deslocamento  **$ΔX$** .

$$W = F(\Delta X) = P.A. \Delta X = P(\Delta V)$$

**$ΔV$**  é a mudança do volume do gás.

A expressão acima indica que quando o sistema realiza trabalho (aumenta seu volume), o trabalho é positivo, porém se é realizado trabalho sobre o sistema (diminui seu volume), o trabalho realizado pelo gás é negativo.

### 8.3 Primeira Lei da Termodinâmica

A primeira Lei da Termodinâmica pode ser considerada uma extensão do princípio da conservação da energia. De acordo com essa lei, nenhum sistema pode criar ou acabar com energia.

Se realizarmos trabalho sobre o gás, comprimindo-o, ou se cedemos calor ao gás, ele recebe energia que armazena como energia interna. A variação da energia interna do gás ( $\Delta U$ ), devido ao calor fornecido ao sistema ( $Q$ ) e ao trabalho realizado ( $W$ ) pelo mesmo será:

$$\Delta U = Q - W$$

Antes de aplicar a primeira lei da termodinâmica, temos que analisar o sistema, ou seja, temos que observar se ele realiza, recebe, ou não troca trabalho. Numa transformação isométrica (a volume constante), o sistema não realiza trabalho. Para analisar a energia interna, ou seja, se ela aumenta, diminui ou não varia, podemos utilizar a Lei de Joule: "a energia interna de um dado número de mol de um gás ideal depende só da **temperatura** e é diretamente proporcional à temperatura absoluta do gás".

Portanto, é a temperatura que traz a informação sobre a energia interna. Se a temperatura aumentar, consequentemente, a energia interna, também, aumenta, se a temperatura diminuir, consequentemente, a energia interna, também, diminui e se a temperatura for constante, consequentemente, a energia interna, também, será , ou seja, não varia. Quanto à troca de calor, devemos analisar se o gás recebe ou cede calor. Caso receba calor,  $Q$  será positivo, quando cede calor,  $Q$  é negativo.

Considerando as possibilidades de transformações gasosas, vistas na aula anterior, temos: se a transformação é adiabática ( $Q=0$ ),

$$\Delta U = -W$$

Essa expressão indica que no caso do gás realizar trabalho, a temperatura do gás diminui. Porém, se sobre o gás é realizado trabalho, a temperatura do gás aumenta.

Na condição de uma transformação isométrica ( $W=0$ ) e:

$$\Delta U = Q$$

Ou seja, a variação da energia interna está totalmente relacionada com a troca de calor. Se o calor é cedido ao meio externo, a energia interna do gás diminui e a temperatura decresce. Caso contrário, a temperatura do gás aumenta. Caso  $\Delta U = 0$  (temperatura constante), o trabalho está relacionado à troca de calor entre o gás e o meio externo, isto é:

$$W = Q$$

Se  $Q$  é negativo, o trabalho é realizado sobre o gás. Se  $Q$  for positivo, o trabalho é realizado pelo gás.

## Resumo

Nesta aula, você aprendeu que para um gás:

- se não há realização de trabalho,  $\Delta U = Q$ ;
- se o sistema não troca calor com o meio externo,  $\Delta U = -W$ ;
- se o sistema tem temperatura constante,  $Q = -W$ .

Estas informações são importantes para que você compreenda, principalmente, que calor e temperatura são grandezas distintas. Além disso, as leis da termodinâmica fazem você compreender o funcionamento de motores térmicos como geladeiras, caldeiras, entre outros.



## Atividades de aprendizagem

1. Responda:

a) O que significa energia interna?

---

---

---

---

---

b) O que você entende por primeira Lei da Termodinâmica?

---

---

---

---

---

2. Preencha os espaços em branco de forma que as frases fiquem corretas.

- a) A primeira Lei da Termodinâmica pode ser considerada uma extensão do princípio da \_\_\_\_\_.
- b) Quando a temperatura é constante, segundo a primeira Lei da Termodinâmica, o trabalho é igual ao \_\_\_\_\_.
- c) A primeira Lei da Termodinâmica diz que \_\_\_\_\_.

# Aula 9 – Calor e trabalho

Você já se perguntou o que é uma máquina térmica? Como podia uma locomotiva movida a carvão, funcionar? O calor é uma energia e pode realizar trabalho?

Nesta aula, você compreenderá o que é uma máquina térmica e como ela pode funcionar. Descobrirá que a relação do calor com a agitação das partículas que compõe um corpo pode gerar trabalho e este trabalho pode ser útil para o nosso cotidiano.

## 9.1 Introdução

Como vimos na aula anterior, a energia térmica pode ser convertida em trabalho mecânico. Porém, ainda há uma pergunta que não foi respondida. Toda a energia térmica disponibilizada a um sistema gasoso pode ser transformada em trabalho mecânico? Ou seja, é possível construir uma máquina térmica que transforme integralmente todo calor trocado com o meio externo em trabalho?

Um dos primeiros cientistas que estudou esta questão foi o engenheiro francês Sadi Carnot (1796 -1832). Carnot supôs a existência de uma máquina térmica ideal que não teria atrito, essa máquina seria uma *máquina reversível*, o calor sempre passaria, espontaneamente, de um objeto mais quente para um objeto mais frio. No entanto, sabemos que uma máquina térmica real sempre envolve, ao menos, certa quantidade de irreversibilidade, pois o atrito não pode ser eliminado.

Carnot mostrou, matematicamente, que se um motor reversível ideal absorve uma quantidade de calor,  $Q_1$ , de um reservatório temperatura,  $T_1$ , e elimina uma quantidade de calor,  $Q_2$ , para um reservatório temperatura  $T_2$ , então:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

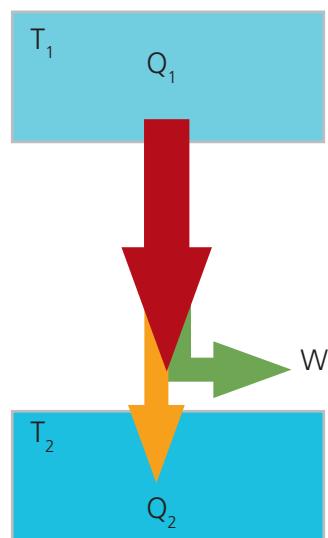
Na relação acima,  $\mathbf{T}$  é a temperatura absoluta, medida em Kelvin, e um reservatório de calor é um sistema tão grande que sua temperatura não muda quando o calor envolvido no processo considerado flui para dentro ou para fora do reservatório. Este resultado é válido para um motor reversível, sendo que qualquer motor real transfere mais energia,  $\mathbf{Q}_2$ , para um reservatório temperatura,  $\mathbf{T}_2$ , do que um motor reversível.

Portanto, uma máquina térmica não pode realizar trabalho, simplesmente removendo calor de um reservatório a uma temperatura fixa, é necessário que haja dois meios com temperaturas diferentes.

A quantidade de trabalho que se pode retirar de uma máquina térmica é:

$$\mathbf{W} = \mathbf{Q}_1 - \mathbf{Q}_2$$

sendo que,  $\mathbf{W}$  é positivo se  $\mathbf{T}_1$  for maior do que  $\mathbf{T}_2$ .



**Figura 9.1: Esquema da definição da eficiência.**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

O rendimento de uma máquina térmica é dado pela divisão entre o trabalho realizado por ela e a energia absorvida à temperatura mais alta:

$$r = \frac{W}{Q_1}$$

Para uma máquina térmica ideal, o rendimento pode ser calculado pela razão entre as temperaturas das regiões quente ( $T_1$ ) e fria ( $T_2$ ) pela temperatura da região quente.

$$R = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Por exemplo, uma máquina térmica a vapor tomando calor a  $100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K}$  e eliminando calor à temperatura ambiente  $20^{\circ}\text{C} = 293\text{ K}$  tem rendimento  $(373 - 293) / 373 = 0.21 = 21\%$ .

## 9.2 Segunda Lei de Fato

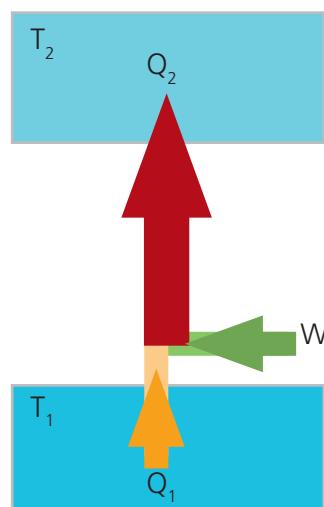
Dante do exposto, podemos dizer que a Segunda Lei da Termodinâmica afirma: *não existe máquina térmica que tenha um rendimento de 100%*. É impossível transferir calor, espontaneamente, de uma região fria para uma região quente.

Considerando o segundo enunciado desta Lei da Termodinâmica, suponha que retiremos calor de um lugar com temperatura  $T_1$  e eliminemos em um lugar à temperatura maior  $T_2$ , este é o princípio de funcionamento de um refrigerador ou um ar condicionado. Neste caso, é necessário que trabalho externo seja realizado sobre o sistema. Para isso definimos um coeficiente de qualidade,  $E$ , dado pela razão da quantidade de calor removido à temperatura mais baixa pelo calor colocado no sistema pela máquina,

$$E = \frac{Q_1}{-W} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$$

Para um refrigerador ideal, o coeficiente pode ser dado por:

$$E = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$



**Figura 9.2: Rendimento de um refrigerador**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

Considere, por exemplo, um refrigerador, que mantenha uma temperatura interna de  $4^{\circ}\text{C} = 277\text{ K}$ , operando em uma cozinha a  $22^{\circ}\text{C} = 299\text{ K}$ , o melhor coeficiente de qualidade (se o refrigerador for ideal) é dado por  $E = 277 / (299 - 277) = 12,6$ . Ou seja, quanto menor for a diferença entre as temperaturas das regiões fria e quente, melhor é o coeficiente de qualidade do refrigerador.



**De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é possível construir uma máquina que opere sem dissipação (gasto) de energia?**

## Resumo

Na aula de hoje, você descobriu o funcionamento das máquinas térmicas. Percebeu que um refrigerador é uma máquina térmica e aprendeu, também, que é necessária a presença de calor para que, mesmo uma geladeira, que resfria, funcione.



## Atividades de aprendizagem

1. Uma máquina térmica que absorve 900 cal da fonte quente e libera 300 cal para a fonte fria, apresenta rendimento de \_\_\_\_\_ %.
2. O coeficiente de qualidade de um \_\_\_\_\_ que opera retirando 300 cal da fonte fria e liberando 500 cal para a fonte quente é de \_\_\_\_\_.
3. Não existe \_\_\_\_\_ que tenha um rendimento de 100%.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

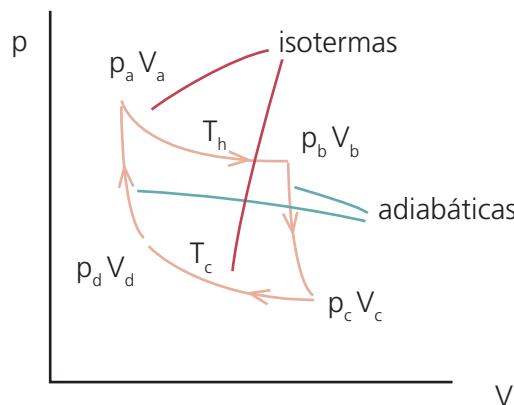
# Aula 10 – Como funciona um motor de carro?

## O motor a diesel é mais econômico do que um motor a gasolina? Por quê?

Nesta aula, iremos estudar o ciclo de maior rendimento de uma máquina térmica. Trata-se do Ciclo de Carnot, que possui quatro transformações. Em seguida, vamos estudar os motores de combustão interna a diesel e a gasolina.

### 10.1 Ciclo de Carnot

O ciclo de Carnot consiste em uma expansão isotérmica, seguida de uma expansão adiabática de esfriamento/expansão, uma compressão isotérmica, e um aquecimento/compressão adiabático de volta ao início do ciclo.



**Figura 10.1: Ciclo de Carnot**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

Neste ciclo, o rendimento da máquina térmica pode ser calculado por:

$$R = 1 - \frac{T_c}{T_b}$$

$T_B$  e  $T_C$  são as temperaturas absolutas relativas às isotermas **B** e **C**, respectivamente.

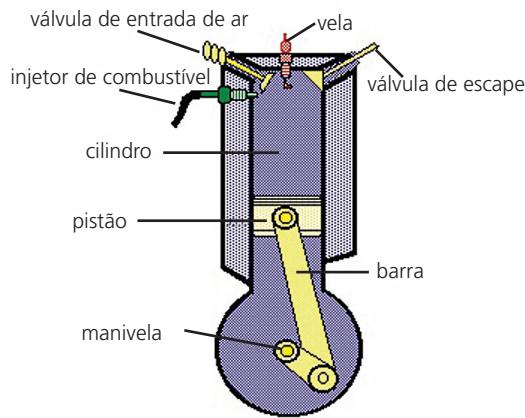
As máquinas térmicas que operam obedecendo o ciclo de Carnot, tem o maior rendimento possível, operando entre as temperaturas  $T_c$  e  $T_b$ . Nenhum motor pode ser mais eficiente do que o motor de Carnot.

Há, ainda, outros ciclos possíveis utilizados em motores:

- O **ciclo de Stirling** que está relacionado a uma expansão isotérmica, seguida de resfriamento a volume constante, uma compressão isotérmica, e um aquecimento a volume constante de volta aos valores termodinâmicos originais.
- O **ciclo de Otto**, por sua vez, consiste em uma expansão/resfriamento adiabática, seguida de um resfriamento a volume constante, um aquecimento/compressão adiabático, e um aquecimento a volume constante.
- O **ciclo Diesel** inicia-se com uma expansão à pressão constante, continua com uma expansão adiabática/resfriamento, um resfriamento a volume constante, e uma compressão/aquecimento adiabático para finalizar o ciclo. Tal ciclo é usado em motores a Diesel, patenteados em 1892. Os motores a gasolina, no entanto, usam um ciclo mais próximo ao ciclo de Otto.

## 10.2 Motores de combustão interna

O Ciclo de Otto foi desenvolvido em 1867 por Nikolaus August Otto, engenheiro alemão, e é muito utilizado em transportes até os dias de hoje. A seguir, descrevemos as etapas de funcionamento de um motor que obedece ao Ciclo de Otto.

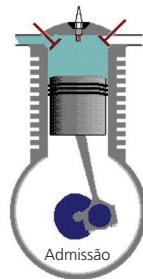


**Figura 10.2: Funcionamento de um motor no Ciclo de Otto**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

#### I) Admissão:

Na admissão, a válvula de entrada de ar/combustível é aberta. O pistão desce.



**Figura 10.3: Etapa de admissão em um motor**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

#### II) Compressão:

Depois do pistão chegar ao nível mínimo, ele começa a se mover para cima. Nesse momento, a válvula de entrada de ar/combustível fecha. A válvula de escape/exaustão, também, está fechada. O pistão comprime a mistura, a pressão aumenta e a temperatura também.



**Figura 10.4: Etapa de compressão em um motor**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

#### III) Combustão:

Quando o pistão chega ao nível máximo, a vela solta uma faísca. A faísca leva à combustão da mistura e a pressão aumenta até cerca de 600 psi (psi = libras por polegada), em um motor de automóvel. Devido a esta pressão, o pistão é forçado a descer ao longo do cilindro, e esse impulso é transferido à transmissão.

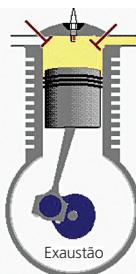


**Figura 10.5: Etapa de combustão em um motor**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

#### IV) Exaustão

Quando o pistão chega ao fundo, a válvula de exaustão abre e o pistão move-se para cima novamente, eliminando os gases queimados. Depois disso, o ciclo se repete.



**Figura 10.6: Etapa de exaustão em um motor**

Fonte: <http://www.if.ufrj.br>

## 10.3 O motor a diesel

O motor a diesel foi criado em 1892 por outro engenheiro alemão chamado Rudolph Diesel. O motor a diesel é fabricado para ser mais pesado e mais potente do que os motores a gasolina e utiliza óleo como combustível. O princípio de funcionamento de um motor a diesel não difere muito do motor que obedece ao ciclo de Otto.

No ciclo a diesel, o combustível não é misturado ao ar durante a admissão, apenas o ar é comprimido na fase de compressão, e o óleo diesel é injetado no cilindro no final da fase de compressão. No processo de compressão, a temperatura fica em torno de 500 graus Celsius, esta temperatura é alta o suficiente para, espontaneamente, iniciar a combustão do óleo injetado. A alta pressão na explosão força o pistão para baixo como no motor a gasolina.

### Resumo

Na aula de hoje, você foi apresentado aos ciclos de motores à combustão e a alguns outros ciclos. É importante que você perceba como um motor de carro, por exemplo, funciona. O que causa as faíscas, que o motor que funciona através do ciclo de Carnot tem maior rendimento e que nenhuma máquina térmica tem 100% de rendimento.

### Atividades de aprendizagem



1. Complete os espaços de forma que as frases fiquem corretas.
  - a) As máquinas térmicas que operam obedecendo ao ciclo de \_\_\_\_\_ tem o maior rendimento possível.
  - b) O motor a \_\_\_\_\_ foi criado em \_\_\_\_\_ por outro engenheiro alemão chamado Rudolph Diesel.
  - c) No ciclo a \_\_\_\_\_, o combustível não é misturado ao ar durante a admissão, apenas o ar é \_\_\_\_\_ na fase de compressão, e o óleo \_\_\_\_\_ é injetado no cilindro no final da fase de compressão.

# Aula 11 – Você já parou para pensar sobre a origem da eletricidade que faz com que a luz de sua casa acenda? Qual foi sua resposta?

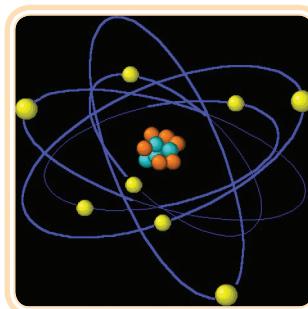
Esta aula iniciará uma série de estudos a respeito da eletricidade e algumas de suas aplicações. Discutiremos a origem de alguns fenômenos que envolvem a eletricidade. Além disso, você será desafiado a encontrar esses fenômenos no seu dia a dia. O tema central será a carga elétrica, que é a quantidade de eletricidade de um corpo.

## 11.1 Cargas Elétricas, os pacotinhos de eletricidade

Ao ligar a lâmpada de sua casa inicia-se um verdadeiro transporte de energia pelos fios que a conectam à rede da concessionária distribuidora de energia. Mas de onde vem a eletricidade que é transportada?

Para responder a esta pergunta temos que nos lembrar de outra resposta: a matéria é feita de átomos. Você deve ter estudado que estes são feitos de outras partículas: os prótons, os nêutrons e os elétrons. A Figura 11.1 ilustra um dos mais conhecidos modelos atômicos, no qual os prótons e nêutrons localizam-se no núcleo do átomo, enquanto os elétrons localizam-se mais afastados do núcleo, em uma região chamada eletrosfera.

Os prótons e os elétrons são partículas que possuem entre suas propriedades certa quantidade de eletricidade, a esta quantidade de eletricidade chamamos de carga elétrica. Podemos dizer que os prótons e os elétrons são pacotinhos de eletricidade. Por definições de estudiosos desta área da Física, a carga elétrica dos prótons é tida como positiva e a carga elétrica dos elétrons é tida como negativa, tal qual são os polos de uma pilha ou bateria, como as mostradas na Figura 11.2.



**Figura 11.1: Modelo Atômico:** em amarelo são representados os elétrons, ao centro em azul estão os nêutrons e em laranja, os prótons

Fonte: imagem adaptada de <http://colegiocientias.webnode.es>

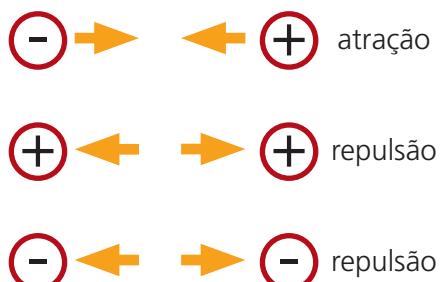


**Figura 11.2: Pilhas e baterias utilizadas em nosso cotidiano**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.mecatronicaatual.com.br> e <http://www.dinamicarpneus.com.br>

No Sistema Internacional a unidade de medida de carga elétrica (**Q**) é o coulomb (**C**), em homenagem a Charles Augustin Coulomb (1736-1806), que estudou as forças elétricas de repulsão e atração entre cargas elétricas.

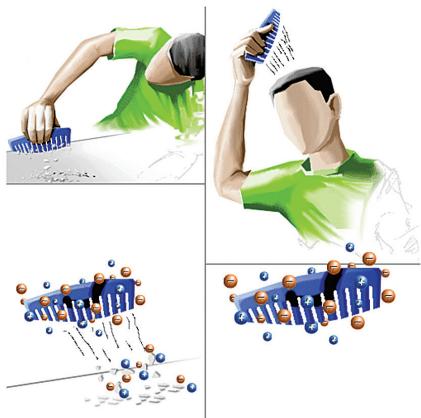
Como os átomos (e, portanto os prótons e os elétrons) estão em toda a matéria, podemos supor que toda a matéria possui eletricidade. Claro, você deve estar se perguntando: *mas por que eu não tomo um choque quando toco em uma cadeira, por exemplo?* Para nossa sorte, a maioria dos objetos que tocamos possuem a mesma quantidade de cargas positivas e negativas, razão pela qual são chamados de **neutros**. Os objetos que possuem mais cargas positivas estão carregados positivamente, enquanto que os objetos que possuem mais cargas negativas estão carregados negativamente. A Figura 11.3, ilustra estas definições.



**Figura 11.3: Cargas de sinais iguais se repelem, enquanto que cargas de sinais contrários se atraem**

Fonte: acervo do autor.

Estudos feitos com objetos carregados eletricamente indicam que cargas de sinais contrários se atraem, e cargas de sinais iguais se repelem. Os fenômenos de atração ou repulsão de objetos carregados eletricamente são chamados, respectivamente, de *atração eletrostática* e *repulsão eletrostática*. O fenômeno da atração eletrostática pode ser observado em um simples experimento no qual um pente é atritado contra o cabelo e aproximado de pequenos pedaços de papel, como ilustra a Figura 11.4. Ao realizar este experimento, você vai perceber que os pedacinhos de papel são atraídos pelo pente. Esta atração se deve ao fato do pente estar carregado eletricamente e mesmo que os pedacinhos de papel estejam neutros, devido a sua pequena massa, são atraídos pelas cargas elétricas contidas no pente.



**Figura 11.4: O pente eletrizado pode atrair pequenos pedaços de papel**

Fonte: imagem adaptada de <http://cepa.if.usp.br>

Questão: O atrito entre dois objetos é uma das formas de eletrizar estes objetos. Sobre este processo responda:

- a)** Quais as partículas transferidas em um processo de eletrização por atrito, os prótons ou os elétrons?
  - b)** Ao se atritar um pedaço de papel toalha com um canudo, os dois objetos terão cargas de mesmo sinal ou de sinais contrários?
- Ra)** Devido ao fato dos prótons localizarem-se no núcleo atômico, durante um processo de eletrização por atrito ocorre uma transferência de elétrons.
- Rb)** Como ocorre transferência de elétrons, o canudo e o papel terão cargas de sinal contrário. Estudos com base em conceitos químicos indicam que o canudo deve ficar carregado negativamente, ou seja, durante o atrito ocorre uma transferência de elétrons do papel toalha para o canudo.

## 11.2 Descargas Atmosféricas: Nuvens se livrando de cargas

Para analisarmos a presença da eletricidade em nosso cotidiano, vamos considerar um belo e perigoso fenômeno, muito comum em tempestades, os raios. O atrito entre nuvens, tal qual no caso do pente e dos pedaços de papel,

faz com que estas se carreguem eletricamente, e muitas vezes durante uma tempestade estas nuvens descarregam estas cargas, temos, então, os raios. Figura 11.5.

Costumeiramente, meteorologistas chamam os raios de descargas atmosféricas, porque se originam a partir do acúmulo de cargas elétricas em nuvens, descarregadas na atmosfera, daí a expressão descargas atmosféricas. A Figura 11.5 ilustra uma descarga atmosférica, nela podemos verificar que devido a grande quantidade de cargas que são transferidas no processo, um intenso clarão pode ser visto.

Mesmo sendo um fenômeno tão belo, os muitos acidentes já ocorridos indicam que pode ser, também, muito perigoso, pois as descargas podem causar queimaduras mortais. A verificação da existência de eletricidade em nuvens é atribuída ao americano Benjamin Franklin (1706-1790), Figura 11.5. Aparentemente, Franklin realizou experiências empinando pipas próximas de nuvens em tempestades, tentando descarregar estas nuvens. Por meio desse experimento, Franklin conseguiu armazenar cargas elétricas em um dispositivo parecido com uma bateria.

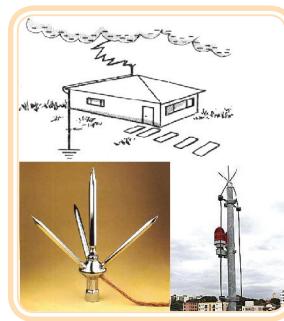
Na época de Franklin, século XVIII, outro fenômeno, conhecido como o poder das pontas, também foi descoberto. O poder das pontas é característico de materiais metálicos pontiagudos, que uma vez ligados a Terra são capazes de descarregar objetos eletrizados. Franklin propôs que o poder das pontas fosse utilizado para descarregar nuvens, dando origem ao que, hoje, chamamos de *para-raios*. Os para-raios, ilustrados na Figura 11.6, são dispositivos de proteção presentes em construções, estações de distribuição de energia elétrica e até em postes. A presença de para-raios em cidades ou vilas impede que pessoas sejam atingidas, pois estes atraem os raios para localizações predeterminadas.



**Figura 11.5: Imagem de uma descarga atmosférica no mar e Benjamin Franklin (1706-1790)**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.elcivics.com/bio> e de <http://ragazzon1987.no.comunidades.net>

Devido às pontas, o para-raios atrai descargas atmosféricas e conduz essas descargas para uma haste de aterramento, como indicado na Figura 11.6. No caso de barcos, o para-raios pode estar fixado no topo do mastro, com conexão direta para a água. Em geral, a conexão com a água é feita a partir do pé do mastro até uma chapa de cobre submersa. Se o mastro for de madeira é importante que seja ligado a ele um fio condutor de electricidade até a chapa. Além disso, os corpos metálicos como o motor, os tanques de água e combustível, mecanismos metálicos do leme, etc., devem ser conectados à placa de contato com a água. Claramente, se seu barco não for aterrado é importante que esse serviço seja feito por um profissional.

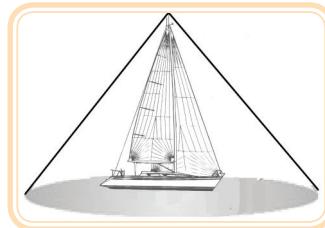


**Figura 11.6: Ilustração de uma casa protegida por um para-raios e o detalhe de pontas encontradas em para-raios.**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.fisica.net>

A Figura 11.7, mostra que um para-raios cria verdadeiro cone de segurança contra descargas atmosféricas em barcos. Todos esses procedimentos podem evitar explosões ou choques elétricos fatais. Para que você fique um pouco mais tranquilo, a probabilidade de acontecer uma descarga atmosférica em seu barco é bem pequena, contudo, não custa prevenir.

Outra sugestão ligada à segurança, é que em dias de tempestade deve-se evitar o uso de varas de pesca metálicas ou de fibra de carbono, pois podem se constituir em um para-raios que, neste caso, descarrega no próprio pescador e, geralmente, é fatal.



**Figura 11.7: Para-raios em um barco a vela**

Fonte: <http://arutana.sites.uol.com.br> e <http://www.popa.com.br>

E então, lembra-se da pergunta feita no título dessa aula? Já podemos responder, mas não completamente, então fique atento às próximas aulas!

## Resumo

Nesta aula, estudamos um novo conceito associado à quantidade de eletricidade que um material possui, a carga elétrica. As cargas elétricas estão presentes em toda a matéria, são propriedades características dos componentes do átomo. Percebemos que a eletricidade pode ser utilizada em um conjunto de aplicações de nosso dia a dia, mas que, também, pode produzir um belo e perigoso fenômeno, as descargas atmosféricas.



## Atividades de aprendizagem

1. Por que durante uma tempestade com grande intensidade de descargas atmosféricas não se recomenda abrigar-se debaixo de uma árvore ou correr em um campo?

---

---

---

2. Por que, em algumas circunstâncias, os pelos do braço arrepiam quando são aproximados do tubo de imagem da televisão?

---

---

---

3. Por que os fabricantes de chuveiros elétricos, refrigeradores e fogões recomendam que estes aparelhos sejam *aterreados*?

---

---

---

4. Complete: O pente mostrado na Figura 11.4 atrai os pequenos pedaços de papel porque suas \_\_\_\_\_ possuem sinais \_\_\_\_\_.

---

---

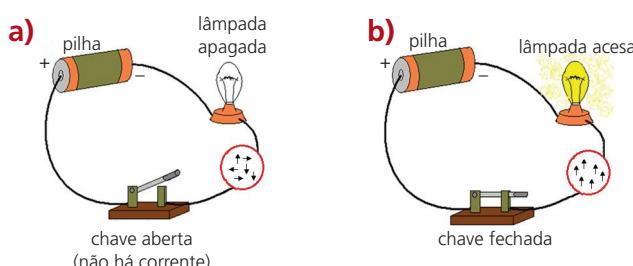
---

# Aula 12 – Por que a eletricidade precisa de fios?

Assim como a água passa por um cano até chegar a uma torneira, as cargas elétricas passam por um fio até chegar a um motor elétrico, por exemplo. Nesta aula, vamos estudar o movimento ordenado de cargas elétricas que constitui a chamada *corrente elétrica*. Vamos, ainda, entender o que significa o valor indicado no disjuntor que aparece no poste de entrada de eletricidade de sua casa.

## 12.1 Corrente Elétrica

Como dissemos na aula anterior em processos de eletrização como o atrito, são os elétrons que são retirados ou adicionados em um material. Além disso, em certos materiais, como o cobre e o grafite, os elétrons estão fracamente ligados ao núcleo atômico e podem movimentar-se, levando eletricidade de um ponto até outro. Tais materiais são chamados de *condutores*. No interior de um condutor os elétrons estão sempre em movimento, entretanto é um movimento sem um sentido preferencial, em qualquer direção ou sentido, é um movimento caótico, como ilustra a Figura 12.1a. Quando um fio é conectado a uma pilha, por exemplo, esta fornece energia e os elétrons passam a movimentar-se em uma direção e sentido preferencial, como ilustra a Figura 12.1b.



**Figura 12.1: Pilha ligada por um fio a uma lâmpada e a uma chave.** Enquanto a chave está desligada não há corrente elétrica (a), depois da chave ser ligada a corrente elétrica é estabelecida e a lâmpada acende (b)

Fonte: imagem adaptada de <http://www.brasilescola.com>

O movimento ordenado dos elétrons, ilustrado na Figura 12.1b, é o que chamamos de corrente elétrica. Os materiais por onde a corrente elétrica se estabelece, mais facilmente, são os condutores. O condutor mais utilizado em nossas instalações elétricas é o cobre.

Os materiais que impedem a passagem da corrente elétrica são os isolantes: borracha, plásticos e seda. Os fios da instalação elétrica de nossa casa são cobertos com uma camada de plástico, que faz o isolamento, como ilustra a Figura 12.2, para que não ocorram acidentes. Os isolantes são proteção importante em uma instalação elétrica, pois o corpo humano conduz corrente elétrica, e dependendo do nível ou do tempo do choque, podem ocorrer graves queimaduras, paralisia e até a morte. É importante tomar muito cuidado com fios desencapados.



**Figura 12.2:** Fios de eletricidade de vários modelos, repare que todos são cobertos com um material isolante.

Fonte: <http://www.retimcron.com.br>

## 12.2 Corrente Alternada e Corrente Contínua

A corrente elétrica pode ter diferentes comportamentos, dependendo da fonte de eletricidade que utilizamos. Em dispositivos como pilhas e baterias, a corrente elétrica tem, sempre, o mesmo sentido, por isso é chamada de *Corrente Contínua*.

Nas tomadas de nossa casa a corrente elétrica possui mudança de sentido aproximadamente 60 vezes a cada segundo. Devido a este *vai e vem*, nesta situação, a corrente é chamada de *Corrente Alternada*. A vantagem da distribuição de eletricidade em corrente alternada é que esta permite o funcionamento dos chamados transformadores, que serão estudados mais adiante. Se você observar com cuidado a plaqueta de algum eletrodoméstico, vai perceber uma inscrição do tipo: **CA 60 Hz**. Este valor de 60 Hz (hertz) indica, justamente, o vai e vem da corrente alternada. Na Figura 12.3, é mostrada a plaqueta de especificações de uma cafeteira (você pode verificar o mesmo tipo de plaqueta em qualquer eletrodoméstico), repare nos valores que aparecem, veja que já podemos identificar alguns deles.



**Figura 12.3:** Plaqueta de dados nominais de uma cafeteira.

Fonte: acervo do autor.

## 12.3 Medindo Corrente Elétrica

Como contamos na aula anterior, praticamente não utilizamos, no cotidiano, a medida de carga elétrica. Entretanto, medir corrente elétrica é muito importante e existem aparelhos destinados a esta medição. Para que você perceba a importância de medir a corrente vai aí um exemplo: a bitola de um fio utilizado em uma instalação é feita com base no valor da corrente elétrica; o disjuntor que fica no poste de entrada da rede elétrica em sua casa também é dimensionado com base na corrente elétrica.

A medida da corrente elétrica pode ser comparada à medida da vazão de água em uma mangueira. A vazão da água, medimos em litros por hora, ou litros por minuto, ou ainda, em litros por segundo. A ideia da medida da corrente elétrica adota o mesmo sistema, define-se a *Intensidade de Corrente Elétrica (I)* como a quantidade de carga elétrica que passa por uma seção de um fio a cada segundo.

Equação 12.1:

$$I = \frac{Q}{\Delta T} \quad (12.1)$$

A unidade de medida de corrente elétrica poderia ser o coulomb por segundo (C/s), mas em homenagem ao físico francês, um dos pioneiros em estudos envolvendo corrente elétrica, André Marie Ampère (1775-1836), a unidade de medida de intensidade de corrente elétrica é o ampère (A), e o aparelho utilizado para medir corrente elétrica é o Amperímetro.

Como exemplo do uso do ampère, verifique o número escrito no botão do disjuntor colocado no poste de entrada da rede elétrica em sua casa. Qual é o valor indicado? Tipicamente, este número indica a corrente elétrica que este dispositivo suporta antes de desarmar. O disjuntor, Figura 12.4, é projetado para funcionar dentro de um valor de corrente para evitar acidentes, principalmente, devido a curto-circuito, quando a corrente aumenta muito. Às vezes, durante o banho, o disjuntor desarma e você fica sem água quente. Isto ocorre porque a corrente indicada no disjuntor é menor do que aquela que está sendo solicitada pela instalação de sua casa. Chame um eletricista para que ele faça os devidos ajustes.



**Figura 12.4: Disjuntor utilizado em instalações elétricas residenciais.**

Fonte: <http://1.bp.blogspot.com>

Questão: Se a intensidade de corrente indicada em um disjuntor é de 30 A, quantos coulombs de carga elétrica passam por este dispositivo a cada segundo?

Para sabermos a carga que passa por este disjuntor basta multiplicar o valor da corrente pelo tempo, no caso um segundo. O resultado será 30 C, a cada segundo.

## Resumo

A aula de hoje serviu para estudarmos um conceito ligado ao movimento de cargas elétricas, a corrente elétrica. A corrente elétrica medida em amperes representa a quantidade de cargas elétricas que passam por um fio a cada segundo. O conhecimento do comportamento da corrente elétrica em uma instalação é fundamental para o dimensionamento dos fios e disjuntores que serão utilizados.

## Atividades de aprendizagem

1. Complete:

a) Em uma instalação residencial o disjuntor é dimensionado com base no valor da \_\_\_\_\_. Quando a \_\_\_\_\_ é maior que o valor nominal do disjuntor, este \_\_\_\_\_, impedindo a passagem da corrente elétrica.

2. Por que os fios de eletricidade devem ser isolados com materiais feitos de plástico?

---

---

---

3. Observe a instalação elétrica de sua casa. Por que o fio que liga o chuveiro à rede elétrica é mais grosso que o fio que é utilizado para ligar uma lâmpada?

---

---

---

# Aula 13 – Se a eletricidade passa por fios, que agente empurra as cargas pelos fios?

Nesta aula, vamos estudar dois conceitos muito interessantes e que nos ajudarão a compreender o comportamento de alguns aparelhos que usamos. Trata-se da Diferença de Potencial e da Potência. De certa forma, o tema central desta aula é a energia, que aparecerá nestes dois conceitos. No final, você poderá entender o significado de mais dois valores inscritos na placa dos aparelhos elétricos.

## 13.1 Diferença de Potencial

Você deve lembrar, quando estudou mecânica foi definida uma grandeza chamada energia potencial gravitacional que representava a energia associada à posição ocupada por um objeto a certa altura do chão. Quando um objeto está a certa altura do chão acumula energia potencial gravitacional: um objeto cai de certa altura porque sua energia potencial é maior que a energia do ponto para onde ele cai. Dito de outra forma, um copo cai de uma mesa porque a mesa está mais alta que o chão. Adotaremos o mesmo raciocínio para falar em tensão elétrica.

A corrente elétrica é estabelecida em um fio se uma das extremidades deste fio possui maior energia potencial do que a outra. Contudo, neste caso, a energia potencial é a *energia potencial elétrica*. Assim como o copo caia por causa da diferença de altura entre a mesa e o chão, as cargas elétricas movimentam-se por um fio porque há uma diferença de potencial entre suas extremidades. Esta diferença de potencial, muitas vezes, também, é chamada de *tensão elétrica* ou *voltagem*.

A tensão representa a energia recebida por cada carga para se movimentar em um fio. No Sistema Internacional, a tensão elétrica (ou diferença de potencial) é medida em volts (**V**), nome utilizado em memória de Alessandro Volta (1745-1827), pioneiro na construção de uma pilha. O nome voltagem é utilizado por causa desta unidade. O instrumento utilizado para medir a voltagem é o *voltímetro*. Na Equação 13.1, temos a definição do volt em função da energia, note que 1 V de tensão elétrica representa que cada Coulomb de carga recebe 1 Joule de energia:

$$1V = \frac{1J}{C} \quad (13.1)$$

A definição da ddp, em termos de energia, ilustra o importante fato de que se você ligar uma lâmpada de 110 V em uma rede de 220 V, irá queimá-la. Isto ocorre porque a lâmpada está recebendo muito mais energia do que pode consumir. Antes de ligar qualquer aparelho na tomada, verifique na placa de identificação a tensão para qual ele é projetado, muitos aparelhos domésticos possuem uma chave para selecionar a tensão (110 V ou 220 V) em que irá funcionar.

Como exemplo de fonte de ddp encontrado comercialmente, observe a Figura 13.1. As pilhas e baterias mostradas, são fontes de ddp que podem ser adquiridas em supermercados e lojas de autopeças. Estas fontes fornecem 1V, 5V, 3V, 9V ou 12V.



**Figura 13.1: Diferentes modelos de pilhas e baterias**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.mecatronicaatual.com.br> e <http://www.dinamicarpneus.com.br>

## 13.2 Fase, neutro, positivo e negativo

Dependendo do tipo de instalação com que você está lidando, os fios ou terminais onde é encontrada uma diferença de potencial podem receber diferentes nomes, vamos a eles.

A rede que é disponibilizada para nossas casas é de corrente alternada e em geral possui três fios, sendo que dois deles estão em um potencial nulo, estes são chamados de *Terra* e *Neutro*. O terceiro fio possui uma diferença de potencial (ddp) de 127 volts (popularmente chamada de 110 V) em relação aos outros dois, é chamado de *Fase*. Este tipo de instalação é dita *monofásica* e aparece com mais frequência em residências. Em certas regiões do país a rede monofásica fornece uma ddp de 220 V. A Figura 13.2, mostra um voltímetro ligado para medida da ddp entre os terminais de uma tomada em uma rede monofásica de 127 V.



**Figura 13.2: Voltímetro medindo a ddp de uma tomada. Repare que quando só um terminal é medido o instrumento indica zero**

Fonte: acervo do autor.

Há, ainda, as redes *bifásicas* e *trifásicas*. Uma rede bifásica, onde são disponibilizados dois fios fase, é indicada quando a corrente solicitada na instalação é maior, caso, por exemplo, de ligação do chuveiro. A **ddp** entre dois fios fase é de 220 V. A rede trifásica é mais utilizada em empresas ou indústrias, onde há maior quantidade de equipamentos elétricos instalados.

Em pilhas e baterias, onde é fornecida a **ddp** em corrente contínua, os terminais são identificados como sendo positivo e negativo. O positivo é o que está no maior potencial, dependendo do valor nominal da pilha ou da bateria.



Se você precisa instalar uma lâmpada de 127 V, quais fios da rede devem ser ligados ao bocal? converse com um eletricista e discuta a resposta desta questão!

### 13.3 Potência elétrica

Estudamos duas grandezas muito presentes em nosso dia a dia, a corrente elétrica e tensão (ou diferença de potencial), sendo que a primeira está associada ao movimento ordenado de cargas elétricas e a segunda à quantidade de energia que cada carga recebe para este movimento. Agora, vamos definir uma grandeza associada a quanto de energia essas cargas deixam em um aparelho.

A potência elétrica (**P**) representa a quantidade de energia que é disponibilizada a um aparelho, a cada segundo. Podemos entender a potência de uma lâmpada, por exemplo, como sendo a quantidade de energia que ela consome a cada segundo. No Sistema Internacional a unidade de medida de potência é o watt (**W**), que é definido da seguinte forma:

$$1\text{W} = \frac{1\text{J}}{\text{s}}$$

Questão 1: Se um chuveiro consome 8000 J de energia em 2 segundos, qual é a potência deste chuveiro?

Se a potência representa a quantidade de energia consumida a cada segundo, podemos obter a potência do chuveiro dividindo a energia consumida (**E**) pelo tempo ( **$\Delta t$** ) em que isto ocorreu:

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{8000 \text{ J}}{2 \text{ s}} = 4000 \text{ W}$$

Com este cálculo verificamos que a potência do chuveiro é de 4000 W.

A partir da definição da potência, você já pode perceber o quanto determinado aparelho vai consumir de energia, quanto maior a potência, mais energia ele consome. Em geral, a quantidade de energia é tanta que as concessionárias de distribuição de energia elétrica não usam o Joule para indicar a energia consumida. Para diminuir a quantidade de números presentes na sua *conta de luz*, a energia vem escrita em quilowatt-hora (**kWh**). Repare que esta unidade também representa energia, pois é a potência multiplicada pelo tempo.

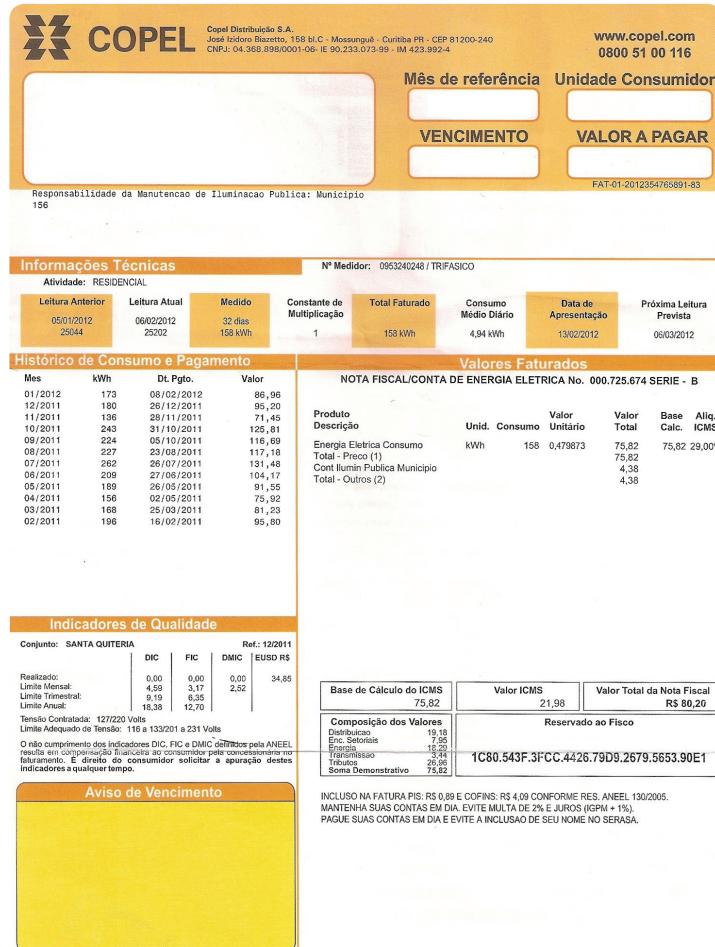


Figura 13.3: Conta de energia elétrica de uma residência (*conta de luz*)

Fonte: acervo do autor.

Questão 2: Repare a quantidade de energia consumida na conta de luz, ilustrada na Figura 13.3. Quanto este valor equivale em Joules?

Note que o valor faturado neste circuito elétrico residencial, é de 158 kWh, vamos verificar quanto isso dá em Joules. Primeiro lembre que o **K** é um prefixo que significa 1000, o **h** significa hora que temos que transformar em segundos, ou seja: 1 h = 3600 segundos. Agora é só substituir o **K** e o **h** no valor indicado na conta:

$$158 \text{ kWh} = 158 \times 1000\text{W} \times 3600 = 5688000000 \text{ Joules.}$$

Veja que o resultado é um número grande, difícil até para ler. É por isso que as concessionárias utilizam o kWh. Até a tabela de preços da energia é dada em kWh. Repita agora, este mesmo exercício, utilizando a conta de luz de sua casa.

## 13.4 Potência, tensão e corrente

Para finalizar este capítulo, vamos escrever uma relação entre potência, tensão e corrente elétrica. Esta relação é muito útil, pois permite a realização do dimensionamento de fios e disjuntores utilizados na instalação de nossas casas. Esta relação é dada por:

$$\mathbf{P = V \times I} \quad (13.2)$$

Para verificar a importância desta equação observe com atenção a questão a seguir:

Questão 3: Se ao observar a placa de identificação de um chuveiro você lê que a potência nominal é de 6600 W. Qual será o mínimo valor da corrente nominal do disjuntor no circuito do chuveiro se a instalação de sua casa for monofásica de 110 V?

Para dimensionar o disjuntor devemos obter a corrente elétrica ( $I$ ) que o chuveiro vai demandar. Temos:

$$\mathbf{P = V \times I}$$

e isolando o  $I$  obtemos:

$$\mathbf{I = \frac{P}{V}}$$

agora é só fazer os cálculos:

$$I = \frac{6600}{110} = 60A$$

Então, o disjuntor mais indicado para o circuito do chuveiro deve ser maior que 60 A. Utilizando o mesmo valor da corrente, é possível, também, verificar o catálogo do fabricante de fios e encontrar a bitola mais indicada para a instalação. Note que, se o mesmo chuveiro for instalado em uma rede de 220 V, o valor da corrente cai pela metade, o que pode significar o uso de fios mais finos e um disjuntor mais barato. Mas, fique muito atento, este é, apenas, um exemplo de aplicação da relação mostrada na Equação 13.2, para fazer a instalação consulte um técnico ou um eletricista especializado!

A Questão 3 mostra o quanto a análise da corrente, da tensão e da potência é importante na hora de uma instalação. Um fio ou um disjuntor mal dimensionado pode causar desde uma incômoda interrupção de um banho até um grave acidente.

## 13.5 O peixe elétrico

Uma das formas de defesa de algumas espécies de peixe é a eletricidade. Entre esses, destacam-se: as enguias (Figura 13.4a), os torpedos, as arraias (Figura 13.4b) e até o bagre elétrico (Figura 13.4c). Devido à constituição física, um peixe elétrico pode produzir uma descarga em um predador que equivale a um choque em uma diferença de potencial de até 600 volts.

A estrutura muscular de um peixe elétrico possui modificações tais, que ao invés de usar a eletricidade para contraírem-se, como músculos comuns, descarregam esta eletricidade no ambiente. Estas espécies são quase como baterias vivas que nadam. A presença da eletricidade nestas espécies gera ao seu redor um campo de eletricidade que faz com que percebam até a presença de um predador. Um choque de um peixe elétrico pode paralisar uma pessoa.

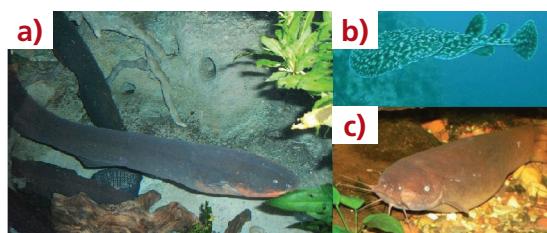


Figura 13.4: a) Enguia elétrica; b) arraia elétrica e c) bagre elétrico

Fonte: imagem adaptada de <http://pt.wikipedia.org> e <http://www.portalsaofrancisco.com.br>

## Resumo

Nesta aula, estudamos mais dois conceitos que nos ajudam a entender a presença da eletricidade em nosso cotidiano. A tensão, ou diferença de potencial, representa a quantidade de energia que cada carga leva a um determinado aparelho. Verificamos que os dois terminais de uma tomada servem para que o aparelho, ali conectado, seja submetido a uma diferença de potencial. A potência elétrica está associada à taxa de consumo de energia de um aparelho.

## Atividades de aprendizagem

1. Complete:



- a) A tensão está ligada à quantidade de \_\_\_\_\_ que cada coulomb de carga leva a um aparelho. A potência está ligada à quantidade de \_\_\_\_\_ que um aparelho consome a cada \_\_\_\_\_.
2. A placa de características de uma cafeteira é mostrada na Figura 13.5. Note que a tensão de alimentação é de 127 V e a potência é de 950 W. Qual é a corrente solicitada por esta cafeteira nas condições indicadas na placa?

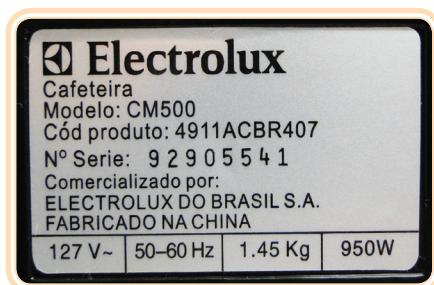


Figura 13.5: Placa de dados nominais de uma cafeteira.

Fonte: acervo do autor.



# Aula 14 – Como é possível transformar eletricidade em calor?

Nesta aula, estudaremos um novo conceito ligado ao efeito de transformação de energia elétrica em calor, a *Resistência Elétrica*. Veremos que alguns objetos de nosso uso têm seu funcionamento baseado nesta propriedade. Veremos ainda, que é possível entender o funcionamento de algumas instalações simples por meio de um estudo sobre circuitos envolvendo resistores.

## 14.1 Resistência Elétrica

Ao observar um encanamento de água, você deve ter percebido que se um cano for muito fino, uma grande quantidade de água terá dificuldade de escoar por ele. Este mesmo raciocínio pode ser adotado quando estudamos o movimento de cargas por fios. Os átomos e íons de um material estão sempre vibrando. Quando uma carga elétrica se movimenta em condutor se choca com esses átomos e íons e parte da energia que recebe de uma pilha, por exemplo, é transformada em calor. Assim, muitos materiais possuem uma capacidade de transformar energia elétrica em calor, essa capacidade é chamada de *resistência elétrica*.

Em fios de eletricidade a resistência elétrica (**R**) depende de um conjunto de fatores:

1. Do material, o cobre, por exemplo, possui menor resistência que o alumínio.
2. Do comprimento do fio, quanto maior o comprimento de um fio, maior será a resistência. Quanto mais comprido o fio, maior será a transformação de energia elétrica em calor.
3. Da área de seção transversal (bitola) de um fio. Quanto maior a área de seção do fio, menor será a resistência. Se um fio muito fino for utilizado em uma instalação elétrica, pode aquecer demasia e queimar.

Estas características da resistência podem ser utilizadas para algumas utilidades domésticas. Na Figura 14.1, você pode ver um ferro de passar, a resistência de um chuveiro, uma lâmpada incandescente,etc.



**Figura 14.1: Algumas resistências elétricas presentes em nosso cotidiano**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.distribuidora1000.com.br>, <http://gessner.com.br/chuveiros>, <http://www.wiki2buy.com.br>, <http://shopping.tray.com.br> e <http://www.fischer.com.br>

O ferro de passar possui uma resistência elétrica que aquece a chapa. A resistência do chuveiro é feita de um fio fino e comprido. Este fio é aquecido e transfere calor para a água que, também, é aquecida. Esta resistência queima devido ao intenso aquecimento se não houver água no chuveiro. A lâmpada incandescente possui um filamento feito de um fio muito fino, quando a corrente elétrica passa por este fio ele aquece a ponto de brilhar.

O efeito da resistência elétrica de transformar energia elétrica em calor é chamado de *Efeito Joule*, em homenagem a James Joule (1818-1889), pionero no estudo do calor como forma de energia. Muitas vezes, o Efeito Joule é indesejado, pois leva ao aquecimento aparelhos de som ou televisores, e nestas circunstâncias, a energia elétrica é perdida na forma de calor.

## 14.2 Lei de Ohm

No Sistema Internacional, a unidade de medida de resistência elétrica é o ohms ( $\Omega$ ), em homenagem a Georg Simon Ohm (1789-1854), considerado um dos descobridores de resistências elétricas. Ohm realizou um conjunto de experimentos e observou que em alguns tipos de resistores, a resistência elétrica ( $R$ ) está relacionada à tensão ( $V$ ) e à corrente elétrica ( $I$ ) por meio da Equação 14.1. A Equação 14.1 tornou-se tão útil em circuitos da eletrônica que ficou conhecida como a *Lei de Ohm*.

$$R = \frac{V}{I} \quad (14.1)$$

Questão: Qual é o valor da resistência elétrica do resistor do circuito mostrado a seguir, na Figura 14.2, alimentado por uma fonte que fornece 12 V e é percorrido por uma corrente de 2 A?

Para encontrar o valor da resistência podemos utilizar diretamente a Lei de Ohm, com **V = 12 V e I = 2 A**:

$$R = \frac{12}{2}$$

$$R = 6\Omega.$$

Por meio da Lei de Ohm podemos encontrar as expressões para a potência dissipada em um resistor:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (14.2)$$

$$P = RI^2 \quad (14.3)$$

Nem todos os resistores obedecem a estas relações. O valor da resistência de um chuveiro ou do filamento de uma lâmpada varia à medida que aquecem, por isso as equações 14.1 a 14.3 não são adequadas para estes tipos de resistores. Os resistores que têm o valor de sua resistência alterado pelo aquecimento são chamados de *Resistores Não-Ohmicos*, pois não obedecem à Lei de Ohm.

### 14.3 Resistência Elétrica e Circuitos

Os diversos aparelhos e dispositivos de proteção de sua casa estão instalados em combinações chamadas de circuitos. Os circuitos associam componente em série ou em paralelo.

Na associação em série, representada na Figura 14.2, todo do circuito é percorrido pela mesma corrente elétrica. Se uma das lâmpadas indicadas na figura queimar todo o circuito para de funcionar.

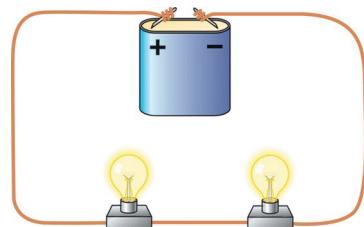
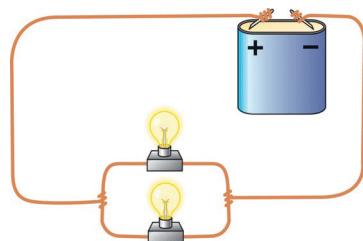


Figura 14.2: Circuito Série envolvendo duas lâmpadas e uma bateria

Fonte: <http://cientificamentefalando-margarida.blogspot.com>

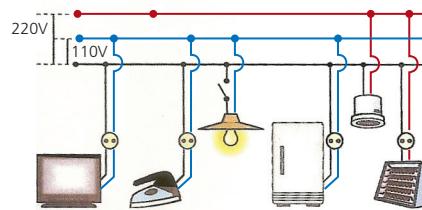
Na associação em paralelo, ilustrada na Figura 14.3, todo o circuito está submetido à mesma tensão (**V**). A vantagem deste tipo de circuito é que se um dos elementos parar de funcionar todos os outros continuam funcionando. Repare, por exemplo, que as tomadas de sua casa estão todas ligadas em paralelo com a rede elétrica, sendo um terminal no condutor fase e outro no neutro. Se você medir a tensão em todas as tomadas perceberá que o valor será o mesmo.



**Figura 14.3: Circuito paralelo envolvendo duas lâmpadas e uma bateria**

Fonte: <http://cientificamentefalando-margarida.blogspot.com>

Finalmente, a Figura 14.4, ilustra um circuito típico residencial. Note que se trata de um circuito misto, onde o interruptor está ligado em série com a lâmpada todas as tomadas e aparelhos estão ligados em paralelo com a rede.



**Figura 14.4: Circuito elétrico residencial**

Fonte: imagem obtida de UENO, P.: Física. São Paulo, Editora Ática, 2005.

## Resumo

Hoje, você estudou o conceito de resistência elétrica, uma importante propriedade dos materiais, associado à transformação da energia elétrica em calor. Estudamos, também, dois tipos de circuitos elétricos muito presentes em nossas casas. As tomadas estão ligadas em paralelo com a rede elétrica, pois precisam entregar a mesma tensão a todos os aparelhos. Disjuntores e interruptores são ligados em série, porque neste tipo de circuito a corrente é interrompida ao ser aberto um dos componentes.

## Atividades de aprendizagem



1. Complete:

- a) Um resistor pode ser definido como uma propriedade de um material que faz com que este material transforme energia elétrica em \_\_\_\_\_.

2. Quais são as principais diferenças entre um circuito série e um circuito paralelo?

---

---

---

---

---

---

---

3. Por que o disjuntor é ligado em série com a rede elétrica de sua casa?

---

---

---

---

---

---

---



# Aula 15 – Como a bússola de seu barco se orienta?

Nesta aula, vamos estudar o comportamento de alguns fenômenos ligados ao que chamamos de **magnetismo**. Veremos que o funcionamento de uma bússola está, intimamente, ligado ao magnetismo. Veremos, ainda, que o magnetismo é estudado por meio da análise de uma grandeza chamada **Campo Magnético**, que está presente em um pequeno imã e, também, no planeta Terra.

## 15.1 Campo Magnético

Acredita-se que a bússola, Figura 15.1, tenha sido inventada a cerca de 2000 anos antes de Cristo, desde então, sua utilização tem sido quase que constante na orientação em barcos. A bússola tem seu funcionamento baseado em uma propriedade de alguns materiais, chamada *magnetismo*. O nome magnetismo surgiu do fato dos primeiros imãs serem encontrados na região da Magnésia, na Grécia Antiga, cerca de sete séculos antes de Cristo.



**Figura 15.1: Bússola**

Fonte: <http://www.sucessosdarede.net>

Muitas pessoas estudaram o magnetismo ao longo dos últimos 2000 mil anos. Estes estudos resultaram em muitas aplicações, Figura 15.2, e até na relação, eletricidade e magnetismo. A partir desta relação, foram desenvolvidos os motores elétricos, os geradores de eletricidade e até as ondas de rádio e telefone.



**Figura 15.2: Algumas aplicações do magnetismo**

Fonte: imagem adaptada de <http://chicaobillar.blogspot.com>, <http://www.sotofilhos.com.br>, <http://jgsferramentas.com.br>, <http://www.google.com.br> e <http://www.smsucatas.com.br>

O conceito mais utilizado no estudo do magnetismo é o *Campo Magnético (B)*, que consiste num efeito produzido no ambiente próximo de um imã. Os imãs atraem corpos metálicos como o ferro, o níquel e o aço, e o campo magnético atua como se fosse uma corda puxando estes materiais. Em resumo, um imã cria em torno de si um campo de força que atrai alguns metais.

No Sistema Internacional, a unidade de medida do campo é o **Tesla**, em homenagem a Nikola Tesla (1856-1943), físico austríaco, que deu importantes contribuições ao desenvolvimento dos motores elétricos, além de ter, praticamente, inventado o atual modelo de geração e distribuição de eletricidade.

## 15.2 Os Polos e a Bússola

Todo imã possui dois polos magnéticos inseparáveis, chamados: *Polo Norte* e *Polo Sul*. Quando dois imãs estão próximos vale a regra de que polos iguais se repelem e polos opostos se atraem. Como a Terra, também, é um imã, os polos de um imã reto, se alinham como o campo magnético da Terra: o polo norte aponta para o *norte geográfico* e o polo sul aponta para o *sul geográfico*, como mostrado na Figura 15.3.

Um exemplo de imã reto são as agulhas imantadas contidas nas bússolas. Estas agulhas, Figura 15.3, são suspensas pelo **centro de gravidade** de forma que possam girar livremente, orientando-se conforme o campo magnético da Terra. Em geral, o norte geográfico é indicado pela ponta vermelha. Graças à simplicidade de seu funcionamento e construção, a bússola é um dos instrumentos de navegação mais utilizados em toda a história.



**Figura 15.3: Bussola com imã reto sobre uma agulha**

Fonte: <http://www.azeheb.com.br>

## 15.3 Campo Magnético e Corrente Elétrica

Por muitos anos os estudos da eletricidade e do magnetismo foram encarados como sendo duas áreas distintas, com fenômenos, conceitos e grandezas específicos. Entretanto, por volta de 1820, **Hans Christian Orsted**, durante uma de suas aulas de Física, descobriu que um fio percorrido por uma corrente elétrica pode produzir um campo magnético, como um imã. Esta descoberta, aparentemente realizada por acaso, marcou a união entre eletricidade e magnetismo.

A experiência de Orsted é esquematizada na Figura 15.4, e pode ser considerada fundamental para a invenção dos eletroímãs, presentes, por exemplo, nos transformadores disponíveis em postes ou mesmo nos aparelhos eletrônicos. A Figura 15.4 indica que quando a chave é ligada, o fio é percorrido por uma corrente elétrica e há uma movimentação na agulha de bússola colocada nas imediações deste.



**Figura 15.4: Esquema ilustrativo da experiência de Oersted.**

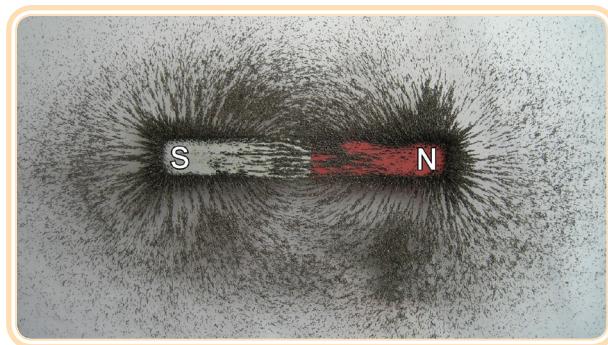
Fonte: imagem adaptada de <http://expertemfisica.blogspot.com>

## 15.4 Linhas Campo Magnético

Quando se fala de campo magnético você deve ficar um tanto curioso. Afinal, como é possível “ver” este tal campo magnético? Esta pergunta esteve na mente de muitos pesquisadores da área do magnetismo, um deles foi Michael Faraday (1791-1867). Considerado um dos maiores experimenta-

dores da Física, Faraday foi o pioneiro na tentativa de representar o campo magnético por meio das chamadas *Linhas de Força do Campo Magnético*.

Espalhando limalha de ferro em torno de um imã, Figura 15.5, verificar-se que os grãos tendem a permanecer em algumas regiões próximas ao imã, formando algo como linhas. Estas linhas representam o campo magnético criado pelo imã. O norte e o sul do campo magnético, associados a estas linhas, podem ser determinados por uma bússola.



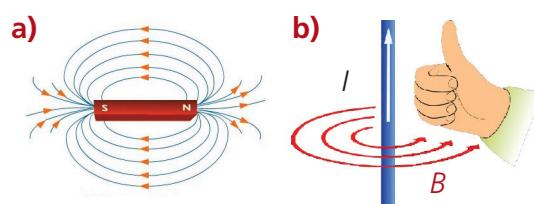
**Figura 15.5: representação das linhas de campo com limalha de ferro**

Fonte: <http://fuches.wordpress.com>

Para um imã de barra, as linhas de campo magnético podem ser obtidas por meio das seguintes regras:

- saem do polo norte e entram no polo sul;
- não se cruzam;
- são mais intensas e mais concentradas nas proximidades do imã.

Estas regras, também, são esquematizadas na Figura 15.6a. As linhas que representam o campo magnético em torno de um fio percorrido por uma corrente elétrica podem ser obtidas por meio da chamada *regra da mão direita*, ilustrada na Figura 15.6b.



**Figura 15.6: representação gráfica das linhas de campo**

Fonte: imagem adaptada de <http://medea.alcains.com> e <http://www.numerofilia.com.br>

O número de linhas de campo magnético que atravessa uma determinada área, como uma bobina ou uma espira feita por um fio, representa uma importante grandeza, sobre a qual conversaremos mais na próxima aula, chamada *Fluxo Magnético*.

## Resumo

Nesta aula, apresentamos outra área da Física que tem trazido muitos avanços e discussões à ciência e à tecnologia, o magnetismo. O estudo do magnetismo está, intimamente, ligado ao estudo dos efeitos de uma propriedade de determinados materiais, os imãs, que é a de possuir polos magnéticos. Muito do que se sabe, hoje, do magnetismo está ligado à invenção da bússola, pois por meio desse instrumento, o homem começou a investigar uma manifestação da existência de polos magnéticos, o campo magnético. O campo magnético representa a transmissão em um ambiente de efeitos de uma força magnética. A principal forma de visualizarmos o campo magnético é através das linhas de força de um campo magnético.

## Atividades de aprendizagem

1. Como é possível detectar a presença de um imã?



---

---

2. Quando um imã se quebra, o que ocorre com os pedaços?

---

---

3. Por que a bússola é sensível ao campo magnético da terra?

---

---

4. Qual é a importância dos resultados obtidos na experiência de Orsted?

---

---

5. Se polos iguais se repelem, por que o polo norte de um imã aponta para o norte geográfico da Terra?

---

---



# Aula 16 – Como pode um imã gerar eletricidade?

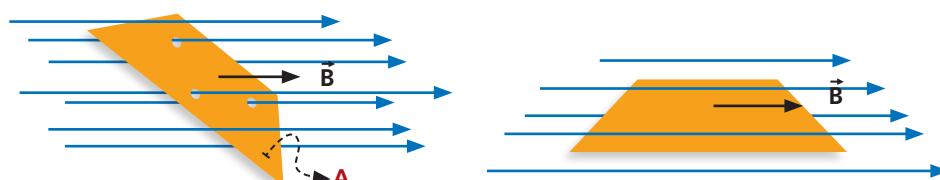
Nesta aula, vamos avançar um pouco em nosso estudo da associação entre campo magnético e corrente elétrica. Veremos que a partir da combinação desses fenômenos foi possível o desenvolvimento de motores elétricos, geradores de eletricidade e até os transformadores. Veremos, ainda, que o Princípio da Conservação da Energia, princípio tratado, constantemente, ao longo das aulas de Física, está presente inclusive na associação entre eletricidade e magnetismo.

## 16.1 O Fluxo Magnético

Na aula anterior, percebemos que por meio de uma corrente elétrica é possível produzir um campo magnético, agora, vamos estudar o oposto, ou seja, a possibilidade de estabelecer uma corrente elétrica por meio de um campo magnético.

Ao final da aula anterior, definimos uma grandeza chamada *Fluxo Magnético* ( $\phi$ ), que representa o número de linhas do campo magnético que cruza certa área. A Figura 16.1 ilustra alguns casos em que ocorre a variação no fluxo magnético. Podemos escrever o fluxo magnético por meio da Equação 16.1. O fluxo magnético depende do campo magnético ( $\mathbf{B}$ ) e da área da espira ( $\mathbf{A}$ ).

$$\phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}. \quad (16.1)$$



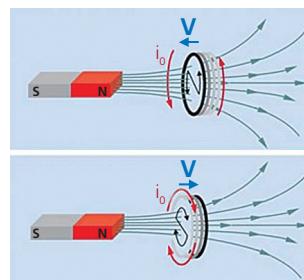
**Figura 16.1: Definição do fluxo magnético**

Fonte: imagem adaptada de <http://interna.coceducacao.com.br>

O fluxo magnético ( $\phi$ ) é medido no Sistema Internacional em weber (**Wb**), em homenagem ao físico alemão Wilhelm Weber (1804-1891), devido a importantes trabalhos desenvolvidos por ele na área do eletromagnetismo.

## 16.2 Lei da Indução Magnética

Estudos experimentais realizados por Michael Faraday (1791-1867) indicaram que uma variação de fluxo magnético pode estabelecer uma corrente elétrica induzida em uma espira. Esta variação pode ser obtida aproximando-se ou afastando-se um imã de uma espira, como indica a Figura 16.2. Contudo, as consequências destes experimentos realizados por Faraday são ainda mais amplas.



**Figura 16.2: Imã sendo aproximado de uma espira, fato que implica no surgimento de uma corrente elétrica, cujo sentido é tal que se opõe à variação de fluxo**

Fonte: <http://www.brasilescola.com>

A partir da variação do fluxo magnético ( $\Delta\phi$ ) em uma espira é possível verificar a manifestação de uma tensão (**força eletromotriz induzida**) entre os terminais desta espira. Esta tensão é chamada de *força eletromotriz induzida* por ser induzida a partir de um campo magnético. Esta observação experimental de Faraday ficou conhecida como *Lei da Indução*, e matematicamente é escrita como:

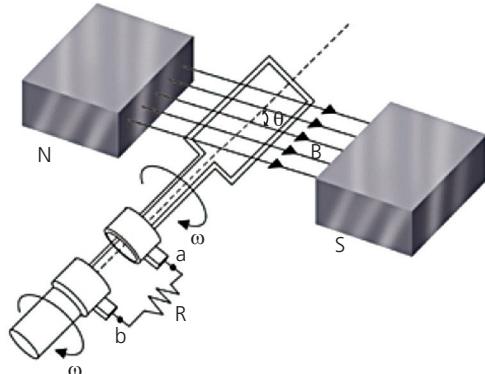
$$V = \frac{\Delta\phi}{\Delta T}.$$

A expressão associada à Lei da Indução indica que quanto maior a variação de fluxo em função do tempo, maior será a força eletromotriz induzida. Para entendermos esta expressão, vamos analisar algumas aplicações.

## 16.3 Geradores de Eletricidade

O gerador é um dispositivo que funciona segundo as leis da indução eletromagnética de Faraday, descobertas por ele a partir do resultado de experiências realizadas por volta de 1831.

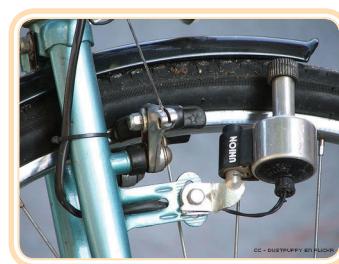
A Figura 16.3 mostra o esquema de funcionamento de um gerador de eletricidade de uma usina hidroelétrica. Tipicamente, o gerador utilizado nas usinas hidroelétricas consiste de uma parte fixa, chamada de estator, onde a corrente elétrica será gerada. Há, também, outra parte, chamada rotor, que é móvel. É neste local que o campo magnético é criado. O rotor gira acoplado à turbina que fornece a energia ao sistema. A energia é fornecida por meio de outra fonte, no caso de uma hidroelétrica, uma queda d'água.



**Figura 16.3: Esquema de funcionamento de um gerador**

Fonte: Livro Didático Público de Física/vários autores. Curitiba, SEED-PR, 2006.

O que muda no comportamento do gerador em alguns tipos de usinas termoelétricas, essencialmente, é a fonte de energia, que passa a ser um vapor em alta pressão que faz as pás girarem. Outro dispositivo que utiliza a indução eletromagnética é o dínamo, presente no motor de um carro ou mesmo instalado em uma bicicleta. O funcionamento do dínamo baseia-se no mesmo princípio, só que a fonte de energia no caso do carro vem do motor e no caso da bicicleta vem das pedaladas. A Figura 16.4, mostra o dínamo de uma bicicleta.



**Figura 16.4: Dínamo de bicicleta**

Fonte: <http://ciclismourbano.info>

Note que nos geradores que estudamos manifesta-se um importante princípio estudado no Livro 1, o Princípio da Conservação da Energia. No caso dos geradores das usinas (hidroelétrica e termoelétrica) a energia mecânica da água é transformada em energia elétrica. Vale lembrar, neste ponto, que o Princípio da Conservação da Energia é válido em todos os campos da Física. Para nossa sorte a natureza funciona desta forma, uma forma de energia é transformada em outra, mas a soma total da energia do universo é sempre a mesma.

## 16.4 O Transformador

O transformador é um dispositivo que funciona em corrente alternada e está presente em aparelhos eletrônicos e nos postes da rede de distribuição. A Figura 16.5 mostra um transformador, note que ele é constituído de um núcleo de ferro laminado. Em torno dos dois lados do núcleo estão enroladas duas bobinas isoladas eletricamente entre si.



**Figura 16.5: Diferentes tipos de transformadores e o esquema de funcionamento de um transformador**

Fonte: imagem adaptada de <http://www.transvolts.com>, <http://www.intereng.com.br> e <http://www.mundoeducacao.com.br>

A corrente alternada é aplicada no *primário* do transformador, no secundário é induzida uma corrente com uma tensão que será maior ou menor do que a aplicada no primário, dependendo dos enrolamentos. Se o número de voltas (**N1**) no enrolamento primário for maior que o número de voltas (**N2**) do secundário, a tensão de saída é menor que a de entrada. Se N2 é maior que N1, então a tensão de saída é maior que a da entrada. A relação entre o número de enrolamentos e as voltagens é dada pela Equação 16.2:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2} \quad (16.2)$$

Nos postes da rede de distribuição de eletricidade, a tensão em geral é de cerca de 13800 V para que a bitola dos fios não seja tão grande. Em nossas casas, por outro lado, este valor é de 127 V, por isso são necessários os transformadores nos postes, Figura 16.5. Nos aparelhos eletrônicos há um trans-

formador que, em geral, abaixa os valores de tensão a níveis apropriados ao funcionamento de cada aparelho, por exemplo, 12 V ou 8 V.

## Resumo

O conceito chave desta aula é o fluxo magnético, que representa o número de linhas de campo magnético que atravessa uma determinada área ou uma espira de uma bobina. A variação do fluxo magnético em uma espira pode produzir uma corrente elétrica, num fenômeno chamado de indução magnética. Graças à descoberta da indução magnética foi possível o desenvolvimento de geradores de eletricidade, motores elétricos e transformadores.

## Atividades de aprendizagem

1. Complete:



- a) A lei da indução magnética está baseada na geração de uma ddp a partir da variação do \_\_\_\_\_ através de uma \_\_\_\_\_.
2. Qual é o princípio geral da Física aplicado na geração de eletricidade em uma hidroelétrica?

---

---

---

3. É possível gerar corrente elétrica sem uma fonte como uma pilha ou uma bateria?

---

---

---

4. Por que o transformador só funciona com corrente alternada?

---

---

---



# Aula 17 – Por que conseguimos ver os objetos? Como ocorre um eclipse?

Na aula de hoje, você será apresentado ao conceito de luz. Verá que a luz pode se comportar como onda ou como partícula. A partir desse conceito, será possível compreender como as sombras acontecem, como é possível a imagem em um espelho, como podemos enxergar, além de conhecermos alguns instrumentos ópticos.

## 17.1 A luz

Muito se estudou para descobrir o que é a luz. Antigamente, acreditava-se que para podermos ver um objeto, nossos olhos emitiam luz. Hoje, sabe-se que a luz pode ter dois comportamentos, o ondulatório e o corpuscular.

### a) A luz como onda

A luz pode se comportar como uma onda, da mesma forma que uma onda de rádio, de micro-ondas ou de raios X. Essas ondas são denominadas ondas eletromagnéticas e têm como principal característica a frequência, e é o valor da frequência que a caracteriza como uma onda de TV ou uma onda de luz visível, por exemplo.

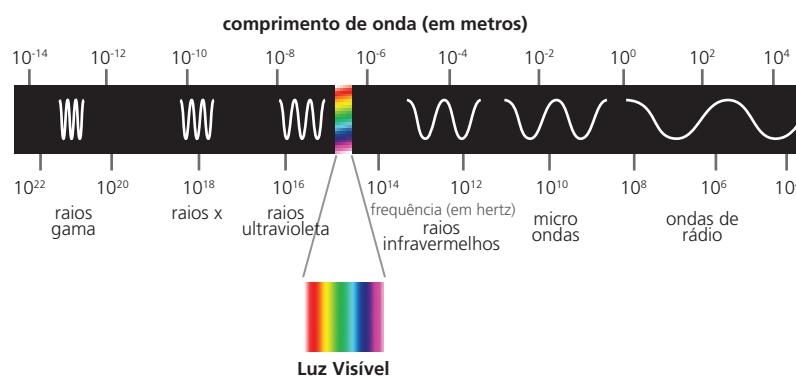
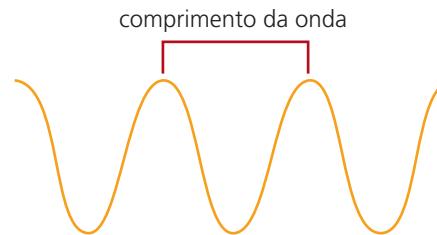


Figura 17.1: Espectro eletromagnético

Fonte: [www.brasilescola.com](http://www.brasilescola.com)

A Figura 17.1, mostra todo o espectro eletromagnético. Perceba que a luz visível é uma parte desse espectro, tendo uma frequência que varia entre  **$10^{14}$  Hz** e  **$10^{16}$  Hz**. Para começarmos a estudar a luz é importante que você relembrre o conceito de onda e suas principais características.

Uma onda é caracterizada pela sua frequência, sua amplitude e seu comprimento de onda. A figura 17.2 mostra uma onda igual àquela que você consegue ver quando movimenta uma corda ou quando joga uma pedrinha em um rio.

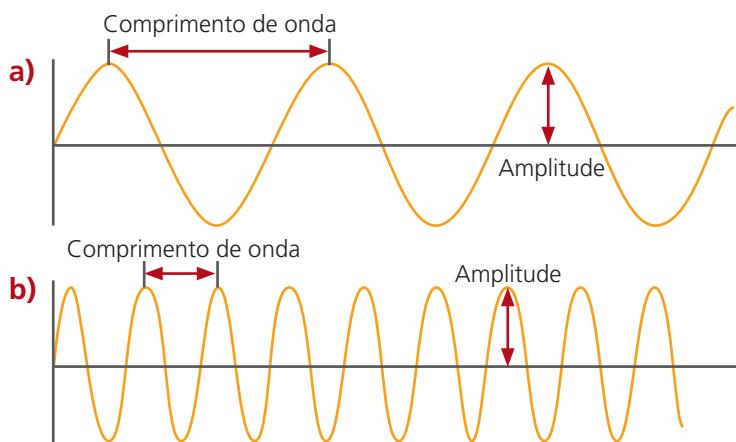


**Figura 17.2: Representação de uma onda**

Fonte: Acervo da autora

O comprimento de uma onda é a distância existente entre dois pontos iguais subsequentes, dois vales (ponto mais baixo) ou duas cristas (ponto mais alto). O comprimento de uma onda pode variar se o meio por onde ela passar mudar, isto é, se a onda passa da água para o ar, ela mantém sua frequência, mas varia seu comprimento de onda. A unidade que mede o comprimento de onda no Sistema Internacional de Unidades é o metro. A frequência de uma onda é a capacidade que ela tem de se repetir em um determinado intervalo de tempo, em outras palavras, frequência é a quantidade de repetições que uma onda tem em um intervalo de tempo. Se a repetição for grande, sua frequência é grande, se as repetições são poucas, sua frequência é menor.

A Figura 17.3 mostra um exemplo de onda com alta frequência e de onda com baixa frequência.



**Figura 17.3: a) Onda com frequência baixa. b) onda com frequência alta**

Fonte: crv.educacao.mg.gov.br

Conhecidas as características de uma onda, vamos continuar o estudo da luz.

### b) A luz como partícula

Hoje, sabe-se que a luz tem a dualidade onda-partícula, isso se deve a estudos de Einstein, no século XX, caracterizando a luz como uma partícula denominada fóton.

Dessa forma, a luz pode ser explicada de maneiras diferentes, considerando os fenômenos que devem ser estudados. Por exemplo, o reflexo em um espelho é melhor explicado e compreendido pela teoria corpuscular, enquanto verificar a passagem da luz através de uma lente, fica mais simples pela teoria ondulatória.

Aqui, vamos considerar a luz como uma onda e vamos trabalhar com todas as suas características através desse comportamento.

## 17.2 Alguns princípios da óptica

### Propagação retilínea da luz:

Esse princípio diz que a luz se propagará em linha reta em um meio homogêneo, isto é, um meio formado pelo mesmo material. Isso significa que a luz não contornará objetos, mas seguirá seu caminho, sendo que, se um objeto estiver bloqueando a passagem, a luz não poderá passar através dele.

Um exemplo da propagação retilínea da luz é a formação da sombra e da penumbra, que explicam a formação de eclipses solares e lunares.

Como a luz não é capaz de contornar um obstáculo, toda vez que existir um objeto opaco (que não deixa a luz passar através dele) entre uma fonte de luz e um anteparo, haverá a formação da sombra. Sombra é uma região onde não há existência de luz. Pode acontecer que em algumas regiões do anteparo exista a presença de um pouco de luz, caso isso aconteça, diz-se que é uma região de penumbra, ou seja, uma região onde há baixa incidência de luz.

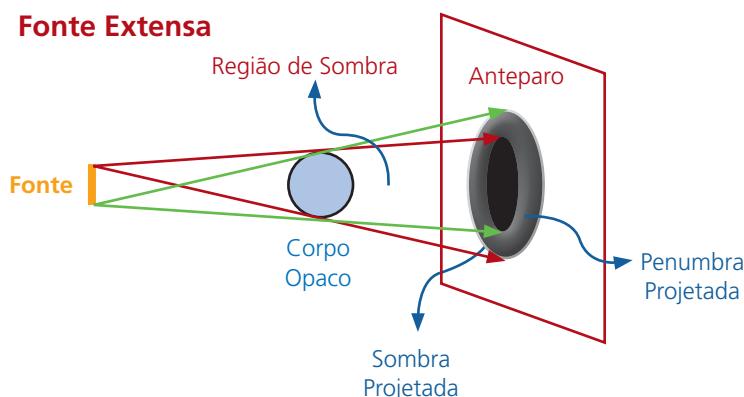


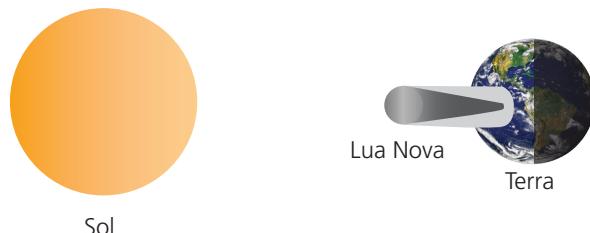
Figura 17.4: Formação de sombra e penumbra

Fonte: [www.colegioweb.com.br](http://www.colegioweb.com.br)

A sombra e a penumbra, que são exemplos da propagação retilínea da luz, também explicam como ocorrem os eclipses e as fases da lua.

O eclipse solar acontece quando Sol, Terra e Lua estão alinhados. Para que exista a formação de um eclipse, que pode ser total ou parcial, dependendo da região da Terra onde o observador se encontra, é necessário que a Lua esteja posicionada entre o Sol e a Terra. Portanto, a Lua deve estar na fase nova, onde a sua face iluminada pelo Sol não é visível na Terra.

O eclipse solar acontece porque a Lua se comporta como um corpo opaco e a Terra se comporta como o anteparo, sendo o Sol a fonte luminosa. Nessa formação os raios solares são bloqueados pela Lua. Na Terra se forma uma sombra da Lua, esta sombra faz com que observadores de determinada região da Terra não consigam ver o Sol, temos assim a formação de um eclipse solar total.



### Eclipse Solar

**Figura 17.5: Eclipse solar**

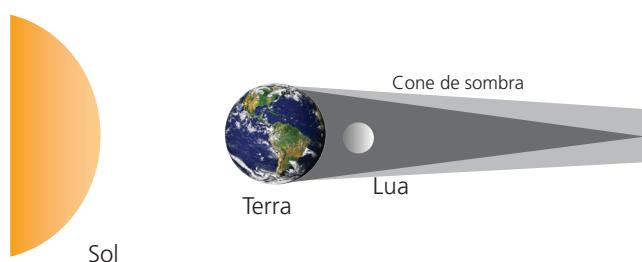
Fonte: [www.especifico.com.br](http://www.especifico.com.br)

O eclipse lunar acontece também, quando existe o alinhamento entre Sol, Lua e Terra. No entanto, para a ocorrência do eclipse lunar é necessário que a Terra esteja entre o Sol e a Lua, ou seja, a Lua deve estar na fase cheia, onde está totalmente iluminada pelo Sol.



Busque em livros, na internet ou em outras fontes as fases da Lua e descubra como elas acontecem. Saiba explicar e perceba que também são exemplos de sombra.

Dessa forma, a Terra encobre a luz solar, fazendo com que na Lua se forme uma sombra, o que causa o eclipse da Lua.



**Figura 17.6: Eclipse lunar**

Fonte: <http://loucosporciencia.com.br>

### **Independência dos raios de luz:**

Esse princípio afirma que um raio de luz não atrapalha o outro, ou seja, se um intercepta o outro, a luz segue sem modificar seu comportamento

É fácil perceber este princípio em qualquer lugar, inclusive na sua sala de aula, neste momento. O aparelho de televisão, onde você assiste essa aula, emite luz, mas as lâmpadas que estão no teto da sala, também. Em algum ponto da sala, a luz emitida pelo aparelho de televisão e a luz emitida pelas lâmpadas se cruzam, mas uma não interfere na outra e você consegue perceber as duas distintamente.

### **Reversibilidade dos raios de luz:**

Esse princípio diz que a luz pode atingir um objeto e voltar, sendo refletido por ele. Isto significa que da forma que um raio de luz percorre uma trajetória para atingir um objeto, pode, também, sair desse objeto e retornar pela mesma trajetória ao ponto de onde foi transmitido.

## **Resumo**

Nesta aula, você aprendeu sobre a luz, o que é, como pode ser analisada e alguns princípios de sua propagação. Aprendeu, também, como ocorre formação de sombra e através dela descobriu como os eclipses acontecem. A óptica é um assunto importante, já que explica diversos fenômenos e, principalmente, a formação de imagens.

## **Atividades de aprendizagem**

1. Qual a fase da Lua que proporciona a formação de um eclipse solar?



- 
2. Sempre é possível a formação de eclipse lunar? Explique o que precisa acontecer para que isso ocorra.
- 
- 
- 
-

**3.** Preencha os espaços para que as sentenças fiquem verdadeiras.

- a)** O eclipse solar acontece quando a Lua está na fase \_\_\_\_\_.
- b)** A penumbra é uma região em que existe pouca \_\_\_\_\_.
- c)** A luz visível é uma onda eletromagnética que tem frequência entre \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.
- d)** O princípio da propagação retilínea da luz explica a formação de \_\_\_\_\_.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Aula 18 – Como é possível ver uma imagem menor que o próprio objeto observado? E o olho, como são formadas as imagens que vemos?

Nessa aula, você aprenderá sobre as imagens formadas através de reflexão e refração da luz. Entenderá como é possível ver as imagens formadas por um projetor de cinema, por exemplo, além de conhecer a óptica da visão e descobrir as lentes que corrigem alguns defeitos visuais e porque estes defeitos ocorrem.

## 18.1 Espelhos

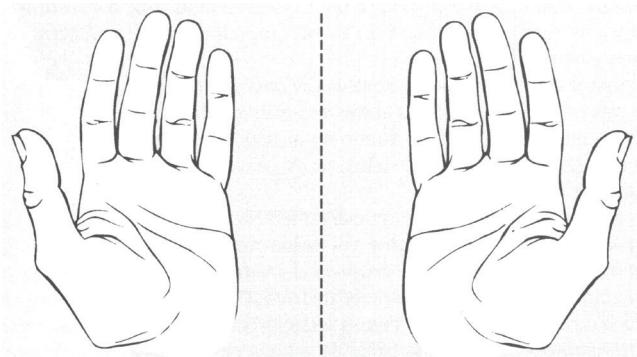
Espelhos são superfícies polidas e lisas que permitem que a luz atinja e seja refletida. Os espelhos podem ser planos ou esféricos. A reflexão da luz ocorre quando um feixe de luz atinge uma superfície e retorna ao meio de origem, isto é, volta ao mesmo meio em que estava antes de atingir a superfície.

Os espelhos são bons exemplos de superfícies refletoras. Quando a luz atinge a superfície de um espelho ela é refletida por esta superfície e conseguimos ver as imagens formadas por objetos.

Não apenas os espelhos são superfícies refletoras, qualquer superfície polida que não tenha irregularidades pode se comportar como uma superfície refletora. Outro bom exemplo de superfície refletora é a superfície de uma lagoa, onde podemos ver as imagens das construções existentes em suas margens.

As imagens formadas podem ser reais ou virtuais. As imagens reais são aquelas que podem ser projetadas, ou seja, vistas em qualquer anteparo, já as imagens virtuais são as formadas atrás dos espelhos e não podem ser projetadas, são as que vemos em espelhos comuns (planos) em nossas casas.

Espelhos planos só formam imagens virtuais, já espelhos esféricos podem formar os dois tipos de imagens. A diferença dos tipos de imagem está diretamente relacionada à distância do objeto ao espelho e também da distância focal do espelho.



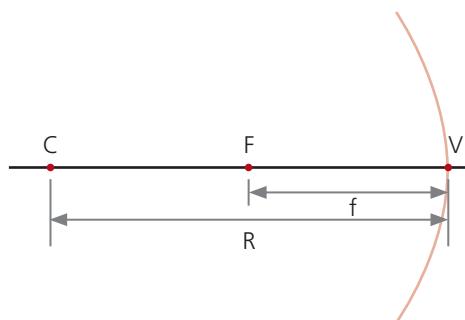
**Figura 18.1: Imagem formada por espelho plano**

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

Perceba, pela figura acima, como uma imagem é formada em um espelho plano. Ela é virtual porque não pode ser projetada, dizemos que se forma atrás do espelho. Tem tamanho igual ao do objeto e se forma, no espelho, à mesma distância do objeto ao espelho.

## 18.2 Elementos de espelhos esféricos

Para que você compreenda melhor as imagens formadas por espelhos esféricos, diferenciando as reais das virtuais, é importante que você conheça os principais elementos de um espelho esférico, considerando que estes elementos são importantes para caracterizar os tipos de imagens.



**Figura 18.2: Elementos de um espelho esférico**

Fonte: Acervo da autora.

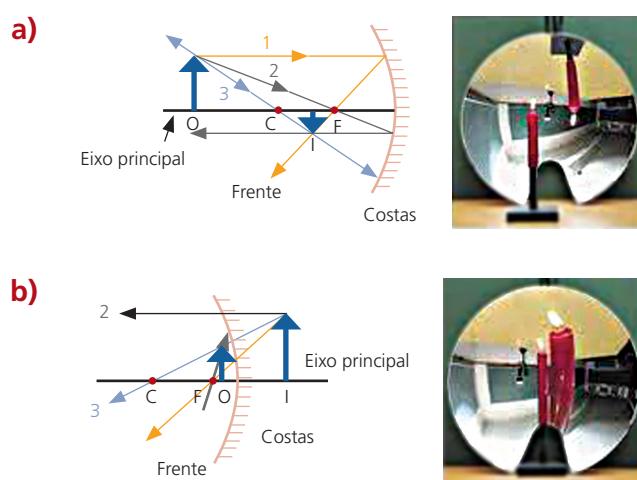
Espelhos esféricos são calotas esféricas onde uma de suas superfícies é polida. Se a superfície polida é a interna, dizemos que o espelho é côncavo. Se a superfície externa é a polida, o espelho é dito convexo.

A figura 18.2 mostra os elementos de um espelho esférico. **V** é o vértice. **F** é o foco do espelho, ele tem metade da distância de **C** até o vértice do espelho. **C** é o centro de curvatura. Pensando em uma esfera, **C** seria o centro dela, e **R** o raio desta esfera. **F** é a distância focal do espelho. A distância em que um objeto é colocado do espelho é que vai determinar o tipo de imagens formadas.

Você já deve ter se olhado em uma colher de sopa. Se pensarmos nela como um espelho esférico podemos considerar a parte onde a comida fica como espelho côncavo, e a parte de fora como espelho convexo.

Pegue uma colher. Se posicione próximo a ela na superfície convexa. Perceba que quanto mais próximo você (objeto) está do espelho, maior fica sua imagem e conforme você se afasta a imagem vai ficando menor. Perceba, também, que esta imagem é sempre direita, isto é, você está sempre "de cabeça pra cima". Agora, mude o lado da colher, utilizando a parte côncava. Repita a posição anterior. Percebe a diferença? Quando você está próximo ao espelho, sua imagem fica de ponta cabeça, dizemos que esta imagem é invertida. Ela pode ser maior ou menor que o objeto e real ou virtual.

As características da imagem dependem da posição do objeto em relação ao espelho. Os espelhos convexos só formam imagens virtuais, direitas e menores que o objeto, independente da posição do objeto em relação ao espelho. Já os espelhos côncavos podem formar diferentes tipos de imagem. Se o objeto está posicionado mais distante do centro de curvatura, então, ele formará uma imagem real, invertida e menor. Se o objeto estiver sobre o centro de curvatura, a imagem formada será real, invertida e do mesmo tamanho do objeto. Se o objeto estiver entre o centro de curvatura e o foco, a imagem formada será real, invertida e maior que o objeto. No entanto, se o objeto estiver mais próximo do espelho do que sua distância focal, então a imagem formada será virtual, direita e maior que o objeto. Perceba que toda imagem real é invertida e toda imagem virtual é direita.



**Figura 18.3:** a) Imagem invertida formada por espelho côncavo; b) Imagem direita formada por espelho côncavo.

Fonte: <http://delinear.blogspot.com>

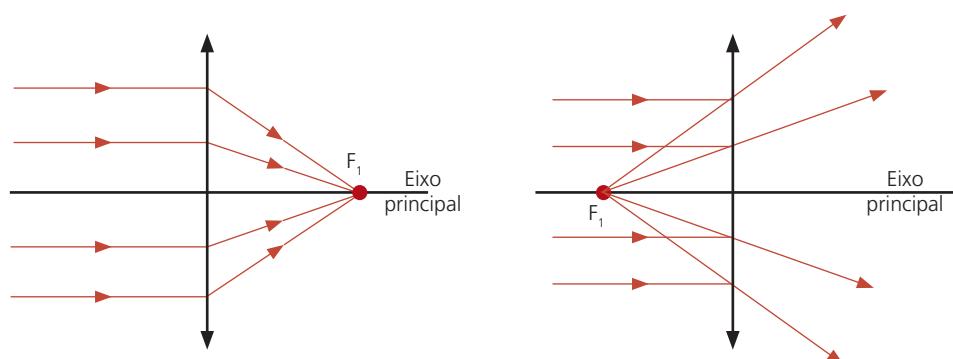


Procure em fontes variadas, onde são utilizados espelhos esféricos. Você já percebeu que os retrovisores dos carros diminuem a imagem? Descubra o porquê.

### 18.3 Lentes

Quando ouvimos falar em lentes é quase certo que pensamos em óculos, mas as lentes são importantes para muitos equipamentos que auxiliam em melhorias científicas e tecnológicas, como os telescópios, os microscópios, os projetores, as máquinas fotográficas, entre outros.

As lentes podem ser convergentes ou divergentes, o que significa que quando a luz passa através delas converge para um ponto, ou diverge desse ponto, como exemplificado na figura 18.4.



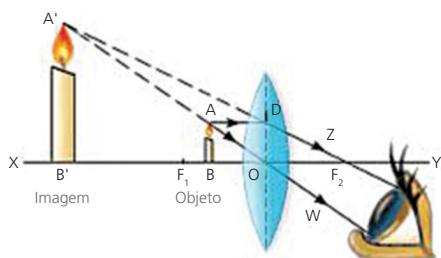
**Figura 18.4: Lente convergente e lente divergente**

Fonte: <http://tomdrafisica.blogspot.com>

Uma lente ser convergente ou divergente, assim como um espelho ser convexo ou côncavo, fornece as características da imagem formada por ela, dependendo da posição do objeto. Muitas vezes se faz composição de várias lentes para que se tenha um tipo específico de imagem, isso acontece em binóculos, telescópios, máquinas fotográficas, entre outros instrumentos ópticos.

As lentes divergentes só formam imagens virtuais, direitas e menores, enquanto as lentes convergentes podem formar diversas imagens, dependendo da posição do objeto em relação a elas, da mesma forma que acontece com os espelhos côncavos. Assim, as imagens formadas por lentes convergentes podem ser reais ou virtuais, maiores, menores ou iguais e direitas ou invertidas em relação ao objeto.

São as lentes que conseguem corrigir problemas visuais como a miopia e a hipermetropia, como veremos na próxima seção.

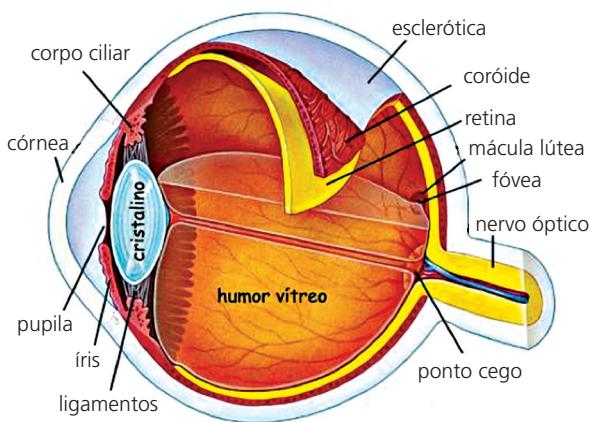


**Figura 18.5: Imagem virtual, direita e menor formada por lente convergente**

Fonte: [www.geocities.ws](http://www.geocities.ws)

## 18.4 O olho e a visão

O olho humano é uma estrutura formada por diversas camadas que captam e refratam a luz proveniente do meio externo, projetando-a na retina. Da retina a imagem é transportada para o cérebro, através do nervo óptico, que transforma a imagem no que nós vemos.



**Figura 18.6: Olho humano**

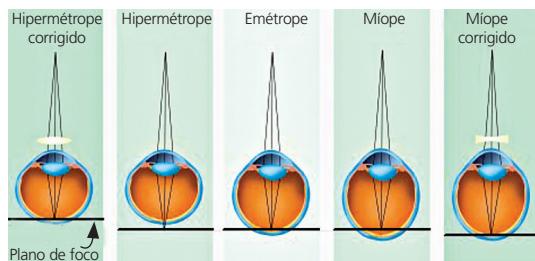
Fonte: [www.fotosimagens.net](http://www.fotosimagens.net)

O cristalino do olho é uma lente, enquanto a retina se comporta como um anel paro sensível à luz. A imagem que passa através do cristalino, forma na retina uma imagem real e invertida. É o nervo óptico quem transmite esta informação ao cérebro, e é ele quem a codifica fazendo com que vejamos a imagem direita.

Quando existe algum defeito de visão, como por exemplo, miopia ou hipermetropia, a imagem não se forma exatamente na retina, se formando antes

dela (miopia) ou depois dela (hipermetropia). Em ambos os casos o globo ocular tem tamanho um pouco diferente do que se considera normal, sendo mais longo no caso da miopia e mais curto no caso da hipermetropia.

Para a correção desses defeitos visuais é necessário o uso de lentes ou cirurgias corretoras. No caso da miopia, quando a imagem se forma antes da retina, é necessário o uso de lentes que levem esta imagem até a retina, portanto lentes divergentes. Já no caso da hipermetropia, onde a imagem se forma atrás da retina é necessário fazer com que a imagem venha para frente, portanto, o uso de lentes convergentes resolve o problema.



**Figura 18.7: Anomalias visuais e suas correções**

Fonte: [www.testedoolhinho.ufc.br](http://www.testedoolhinho.ufc.br)

Existem outros problemas de visão como a presbiopia, o astigmatismo e o daltonismo, mas nenhuma delas está relacionada com a formação da imagem antes ou após a retina. A presbiopia, também conhecida como vista cansada, ocorre devido ao enrijecimento da musculatura dos olhos, causando mudanças na acomodação visual. O astigmatismo é um defeito que ocorre pelo fato da córnea não ser perfeitamente esférica, causando falta de nitidez na imagem formada na retina. Já o daltonismo ocorre quando existem poucos pigmentos nas células responsáveis pela visualização das cores, os cones, este problema visual é hereditário e faz com que as pessoas tenham dificuldades para distinguir cores, principalmente o vermelho e o verde.

## Resumo

Na aula de hoje, você aprendeu sobre a visão, as lentes e os espelhos. Descobriu como as imagens são formadas e como corrigir alguns defeitos visuais. No seu dia a dia, procure perceber onde as lentes e os espelhos são utilizados, perceba as imagens formadas, converse com seus amigos e discorra sobre o assunto. A luz e a óptica são assuntos interessantíssimos que estão presentes ao nosso redor o tempo todo.

## Atividades de aprendizagem

1. Qual a lente que corrige a miopia? E a hipermetropia?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Complete os espaços de forma a deixar as frases corretas:

- a) O \_\_\_\_\_ ocorre quando existem poucos pigmentos nas células responsáveis pela visualização das cores.
- b) As lentes \_\_\_\_\_ só formam imagens virtuais, direitas e menores.
- c) As imagens reais são aquelas que podem ser \_\_\_\_\_.
- d) Os espelhos planos formam imagens \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

---

3. Dê um exemplo de lente esférica.

---

---

---

---

---

---

---

---



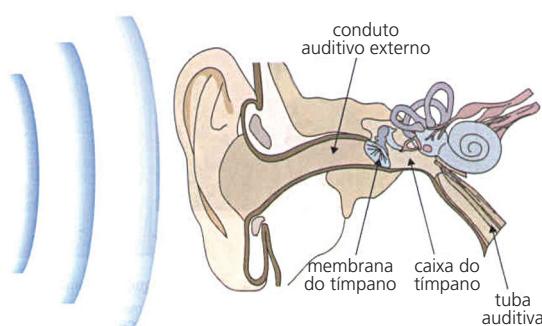
# Aula 19 – O som, as notas musicais, o falar das pessoas ou o cantar dos pássaros, o que diferencia cada tipo de som?

Hoje, você será apresentado ao capítulo sonoro da Física. A partir daqui, você perceberá a Física ainda mais presente no seu cotidiano, desde a voz que seu colega ao lado emite, até o som de um avião ou de um peixe, tudo pode ser explicado pela Física.

## 19.1 O som

O movimento de compressão e rarefação do ar, devido à propagação de energia mecânica, produz ondas longitudinais que fazem as moléculas do ar oscilar, tais ondas são denominadas ondas sonoras e são capazes de sensibilizar nossos ouvidos.

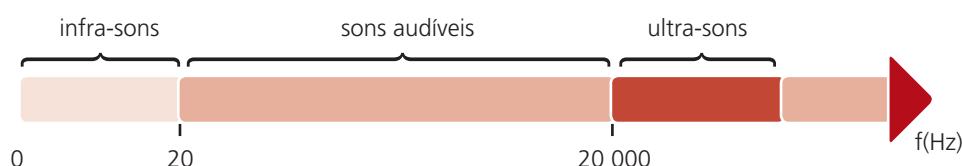
No ouvido, Figura 19.1, após passar pelo canal auditivo externo, as ondas sonoras chegam ao tímpano, uma fina membrana que passa a vibrar na mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, o que chamamos de som.



**Figura 19.1: Ouvido humano**

Fonte: <http://8aebi.wordpress.com>

O som é constituído de ondas longitudinais, ou seja, ondas que se propagam e vibram na mesma direção. Tais ondas podem se propagar em diferentes frequências, mas o ouvido humano é capaz de perceber sons com frequência entre 20 Hz e 20 000 Hz, aproximadamente.



**Figura 19.2: Frequências sonoras**

Fonte: <http://ww2.unime.it>

Frequências maiores que 20 000 Hz são as chamadas ondas ultrassônicas, e menores que 20 Hz, infrassônicas. Figura 19.2.

Diversas são as formas de produzir ondas sonoras, dentre elas destacamos:

- vibração de colunas de ar;
- vibração de discos e membranas;
- vibração de cordas.

Além do ar, outros meios materiais podem propagar o som, como a água, um metal, a madeira, etc.

No caso do ar, nas regiões de pequenas altitudes, os sons são bem audíveis, já nas regiões de altitudes maiores, onde o ar é mais rarefeito, a propagação do som é menor. Portanto, o ar denso é melhor transmissor do som que o ar rarefeito, isto se dá porque as moléculas gasosas estão mais próximas e transmitem a energia cinética da onda umas para outras com maior facilidade.

De forma geral, os sólidos transmitem o som melhor que os líquidos, e estes, melhor do que os gases.

Observe a tabela que apresenta a velocidade de propagação do som a 25°C.

**Tabela 19.1: Velocidade do som em diferentes meios**

<b>Meio</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>
Ar	346
Água	1498
Ferro	5200
Vidro	4540

Fonte: acervo do autor.

O som não se propaga na ausência de um meio material, ou seja, no vácuo não há transmissão do som.

Podemos caracterizar o som pelas suas qualidades fisiológicas: intensidade, timbre e altura.

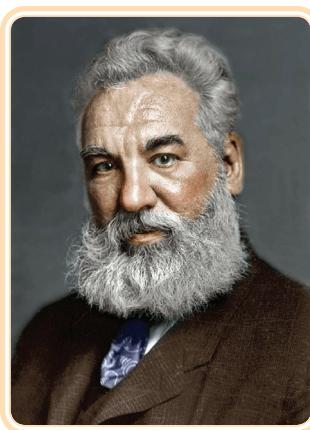
## 19.2 Intensidade

Se a energia emitida pela fonte sonora é grande, isto é, se o som é muito forte, temos uma sensação desagradável no ouvido, pois a quantidade de energia transmitida exerce sobre o tímpano uma pressão muito forte. Por-

tanto, quanto maior a vibração da fonte, maior a energia sonora, e maior a intensidade do som.

Em homenagem ao cientista norte-americano Graham Bell (1847-1922), Figura 19.3, que estudou o som e inventou o telefone, a intensidade sonora é medida em bel (B) ou decibéis (dB).

Os sons muito intensos provocam sensação de dor nos seres humanos. Sons com intensidades acima de 130 dB provocam uma sensação dolorosa e sons acima de 160 dB podem romper o tímpano e causar surdez.



**Figura 19.3: Graham Bell**

Fonte: <http://upload.wikimedia.org>

### 19.3 Altura

A altura do som está relacionada à frequência da emissão do som. Quanto a sua altura, um som pode ser classificado de agudo ou grave.

Os sons mais altos são considerados agudos, enquanto os sons mais baixos são considerados graves. A voz feminina, em geral, é aguda e a voz masculina, em geral, é grave. A voz do homem tem frequência que varia entre 100 Hz e 200 Hz e a da mulher, entre 200 Hz e 400 Hz.

### 19.4 Timbre

O timbre é a qualidade relacionada à forma que a onda sonora possui, ou seja, permite distinguir sons de mesma intensidade e de mesma altura, mas que são emitidos por fontes diferentes.

Em muitos filmes que tratam das conquistas espaciais, os sons colocados são provenientes do espaço. É possível o som se propagar no espaço onde há ausência de matéria?



## Resumo

Hoje, você foi apresentado a algumas características do som. Através delas você tem como saber o que é um som mais agudo, mais alto, mais forte. Lembre-se de usar conceitos corretos no seu dia a dia e deixe a Física envolver você sonoramente.



## Atividades de aprendizagem

1. Complete corretamente as lacunas.

a) O alarme de um automóvel está emitindo som de determinada frequência. Para um observador que se aproxima, rapidamente, desse automóvel, esse som parece ser de \_\_\_\_\_ frequência. Ao afastar-se, o mesmo observador perceberá um som de \_\_\_\_\_ frequência.

b) A \_\_\_\_\_ do som está relacionada à frequência da emissão do som.

c) O som é constituído de ondas \_\_\_\_\_, ou seja, ondas que se propagam e vibram na mesma direção.

2. Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

---

---

---

---

3. O badalar dos sinos das igrejas produz um som que se propaga com a mesma velocidade, independente do local em que a igreja se encontra? A velocidade do som é a mesma se a igreja está localizada no alto de uma montanha ou ao nível do mar?

---

---

---

---

# Aula 20 – Fenômenos sonoros – música para nossos ouvidos

Como ouvimos? O que é o som? Qual a diferença entre um instrumento de corda e um de percussão? O que nos faz reconhecê-los na primeira nota tocada? Na aula de hoje, você será apresentado aos principais fenômenos sonoros. Você conseguirá perceber o que significa altura, timbre e harmonia. Saberá o que faz um som ser mais grave e outro mais agudo, avaliará suas qualidades, compreenderá que o som está no nosso dia a dia, ao nosso redor.

## 20.1 Propriedades do som

As ondas sonoras apresentam as seguintes propriedades: refletem-se, refratam-se, difratam-se, interferem-se e sofrem ressonância. Vejamos o que caracteriza cada um desses fenômenos:

### a) Reflexão:

Quando ondas sonoras AB, A'B', A''B'' provenientes de um ponto P encontram uma superfície plana e rígida elas se refletem.

A reflexão, Figura 20.1, caracteriza-se pelo retorno da onda ao meio de origem. As ondas refletidas se propagam em sentido inverso ao das ondas incidentes. A reflexão do som pode provocar os fenômenos do eco e reverberação.

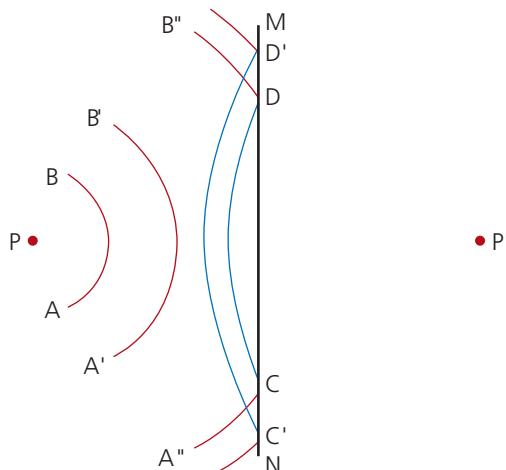


Figura 20.1: Reflexão de ondas sonoras

Fonte: <http://www2.unime.it>

**b) Eco:**

O eco ocorre quando os obstáculos que refletem o som podem apresentar superfícies muito ásperas, ou seja, quando o som é refletido por um muro, uma montanha etc.

O eco é um som que pode ser distinguido do som emanado diretamente da fonte.

Para uma pessoa ouvir o eco de um som por ela produzido, deve ficar situada, no mínimo, a uma distância de 17 m do obstáculo refletor, pois o ouvido humano só pode distinguir dois sons com intervalo de 0,1 s. O som, que tem velocidade de 340 m/s, percorre 34 m nesse tempo.

**c) Reverberação:**

A reverberação decorre da produção de reflexões múltiplas que, além de reforçar o som, prolongam-no durante algum tempo depois de cessada a emissão.

A reverberação se dá quando o som refletido atinge o observador no instante em que o som direto está se extinguindo, ocasionando o prolongamento da sensação auditiva e impossibilitando a distinção de dois sons.

**d) Refração:**

A refração de uma onda sonora consiste na passagem da onda de um meio para outro, mudando sua velocidade de propagação e comprimento, mas mantendo constante a sua frequência.

**e) Difração:**

A difração caracteriza-se pela propriedade que uma onda sonora tem de transpor obstáculos.

Quando se coloca um obstáculo entre uma fonte sonora e o ouvido, por exemplo, o som é enfraquecido, porém não extinto. Portanto, as ondas sonoras não se propagam somente em linha reta, mas sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram.

**f) Interferência:**

Caracteriza-se pelo recebimento de dois ou mais sons de fontes diferentes. Assim, há uma região do espaço na qual, em certos pontos, ouviremos um som forte (interferência construtiva), e em outros, um som fraco ou ausência de som (interferência destrutiva).

**g) Ressonância:**

Decorre da vibração de um corpo pela influência de outro, na mesma frequência deste.

Como exemplo, podemos citar o vidro de uma janela que se quebra ao entrar em ressonância com as ondas sonoras produzidas por um avião a jato.

#### **h) Efeito Doppler:**

Considere a seguinte situação: uma pessoa se aproximando ou se afastando de uma fonte sonora em repouso ou o contrário, uma fonte sonora se aproximando ou se afastando de uma pessoa em repouso.

Em ambos os casos, o som pode ser percebido mais agudo (fonte e objeto se aproximando) ou mais grave (fonte e objeto se afastando). Este fenômeno é chamado de efeito Doppler, em homenagem ao físico e matemático austríaco Christian Johann Doppler (1803-1853).

No caso do apito de um trem, Figura 20.2, observe que quando há aproximação entre o observador e a fonte, o observador recebe maior número de ondas por unidade de tempo e, quando há afastamento, recebe um menor número de ondas.



**Figura 20.2: Efeito Doppler**

Fonte: <http://www2.unime.it>

O Efeito Doppler pode ser calculado pela expressão:

$$f' = f \left( \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f} \right)$$

**v** = velocidade da onda, **v<sub>f</sub>** = velocidade da fonte, **v<sub>o</sub>** = velocidade do observador, **f** = frequência real emitida pela fonte e **f'** = frequência aparente recebida pelo observador.

Os sinais (+) e (-) no numerador indicam respectivamente aproximação e afastamento do observador em relação a uma fonte em repouso. Os mesmos sinais no denominador indicam (+) afastamento da fonte e (-) aproximação da fonte em relação a um observador em repouso.

Portanto, para ondas sonoras, o efeito Doppler constitui o fenômeno pelo qual um observador percebe frequências diferentes das emitidas por uma fonte e acontece devido à velocidade relativa entre a onda sonora e o movimento relativo entre o observador e/ou a fonte.

## Resumo

Nesta aula, você aprendeu sobre alguns fenômenos sonoros. Conhecendo melhor as características do som você consegue, por exemplo, compreender porque o som de uma ambulância se aproximando é diferente de quando esta mesma ambulância está se afastando de um ponto. Além disso, perceber melhor o som ajuda a ter uma experiência mais cultural quando se fala de acústica de salas, de instrumentos musicais, de corais. O som é importante, também, porque faz parte da nossa vida, enquanto falamos e somos ouvidos.

## Atividades de aprendizagem



1. Complete os espaços com as palavras que deixam a frase com sentido correto.
  - a) A \_\_\_\_\_ decorre da vibração de um corpo pela influência de outro, na mesma \_\_\_\_\_ deste.
  - b) O \_\_\_\_\_ ocorre quando os obstáculos que refletem o som podem apresentar superfícies muito ásperas.
  - c) O \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ e a \_\_\_\_\_ são algumas das propriedades do som.
  - d) A \_\_\_\_\_ caracteriza-se pelo retorno da onda ao meio de origem. As ondas refletidas se propagam em sentido \_\_\_\_\_ ao das ondas incidentes.

## Anotações

---

---

---

---

---

---

---

---

# Referências

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A.: **Curso de Física – Volumes 1, 2 e 3.** Primeira Edição, São Paulo, Editora Scipione, 2011.
- BUCHWEITZ, B.; AXT, R: **Questões de Física.** Primeira Edição, Porto Alegre, Sagra-Dc Lizzatto, 1996.
- CARVALHO, R. P.: **Física do dia-a-dia.** Primeira Edição, Belo Horizonte, Editora Gutenberg, 2003.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.: **Física.** São Paulo, Cortez Editora, 1990.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., Sands, M: Lições da Física de Feynman – Edição Definitiva – Volumes I, II e III. Rio de Janeiro, Ed. Bookman, 2008.
- Gaspar, A.: **Compreendendo a Física – Volumes 1, 2 e 3.** São Paulo, Ed. Ática, 2011.
- GRIBBIN, J.: **História da Ciência, de 1543 ao Presente.** Primeira Edição, Lisboa, Publicações Europa América, 2005.
- HALIDAY, D.; RESNICK, R.: **Fundamentos de Física.** Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1994.
- KANTOR, C. A., PAOLIELLO, L. A. J., MENEZES, L. C., BONETTI, M. C., CANATO, O. J. & ALVES, V. M.: **Física: Coleção Quanta – Volumes 1, 2 e 3.** São Paulo, Ed. PD, 2010.
- PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. **Física/Vários Atores.** Curitiba SEED-PR, 2006.
- Rocha, J. F. (Org): **Origens e Evolução das Ideias da Física.** Salvador, Ed. UFBa, 2002.
- SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.: **Física.** Segunda Edição, São Paulo, Editora Atual, 2005.
- TIPLER, P.: **Física – Volumes 1, 2 e 3.** Terceira Edição, Rio de Janeiro, LTC Editora, 1995.
- TORRES, C. M., FERRARO, N. G. & SOARES, P. A. T.: **Física: Ciência e Tecnologia – Volumes 1, 2 e 3.** Segunda Edição, São Paulo, Ed. Moderna, 2010.
- UENO, P.: **Física – Volume Único.** São Paulo, E. Ática, 2002.

## Sites consultados

www.inmetro.gov.br/inmetro/  
www.infoescola.com  
www.ipem.sp.gov.br  
www.klickeducacao.com.br  
www.coladaweb.com  
www.fisicaevestibular.hpg.ig.com.br  
www.mundoeducacao.com.br  
<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/>  
ansnafisica.blogspot.com  
www.interna.coceducacao.com.br  
fisica.ufpr.br  
www.if.ufrgs.br  
www.brasilescola.com  
<http://www.fisica.ufs.br/egsantana/estadistica/termo/Termo.html>  
[http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html)  
[http://www.elcivics.com/bio\\_benjamin\\_franklin.html](http://www.elcivics.com/bio_benjamin_franklin.html)  
<http://www.popa.com.br/diversos/gk.htm>  
<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/como-os-peixes-eletricos-geram-a-eletricidade/>  
<http://www.sucessosdarede.net/wp/saiba-porque-a-bussola-aponta-sempre-para-o-norte>  
<http://expertemfisica.blogspot.com/2011/10/eletromagnetismo-i-primeiro-fenomeno.html>  
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br>, acesso em 07/03/2012

## Referências das figuras

Figura 1.1: Diferentes tipos de termômetros

Fonte: Imagem adaptada de ansnafisica.blogspot.com, <http://img.terra.com.br/i/2010/02/03/1434276-4821-atm14.jpg> e pixmac.com.br, acesso em 07/03/2012.

Figura 2.1: Esta figura mostra uma estrada férrea que sofreu uma dilatação maior do que a que seria possível. Você consegue pensar em alguma situação que tenha causado esta dilatação irregular?

Fonte: [www.coladaweb.com/fisica](http://www.coladaweb.com/fisica), acesso em 07/03/2012.

Figura 2.2: Dilatação aparente de líquidos

Fonte: [www.interna.coceducacao.com.br](http://www.interna.coceducacao.com.br), acesso em 07/03/2012.

Figura 3.1: Brisas marinhas

Fonte: [www.geocities.ws](http://www.geocities.ws), acesso em 07/03/2012.

Figura 3.2: Formas de condução do calor

Fonte: [fisica.ufpr.br](http://fisica.ufpr.br), acesso em 07/03/2012.

Figura 4.1: Suor no verão, um exemplo de variação de temperatura

Fonte: [www.respeiteoidoso.blogspot.com](http://www.respeiteoidoso.blogspot.com), acesso em 07/03/2012.

Figura 4.2: Exemplo de calorímetro

Fonte: [www.penta3.ufrgs.br](http://www.penta3.ufrgs.br), acesso em 07/03/2012.

Figura 5.1: Mudanças de estado físico

Fonte: <http://www.iped.com.br/sie/uploads/8961.jpg>, acesso em 20/04/2012.

Figura 6.1: Icebergs – blocos de gelo que boiam sobre águas geladas

Fonte: [http://www.maestronews.com/wallpapers/landscape/iceberg/iceberg\\_1.jpg](http://www.maestronews.com/wallpapers/landscape/iceberg/iceberg_1.jpg), acesso em 20/04/2012.

Figura 6.2: Ponto tríplice da água

Fonte: [www.brasilescola.com](http://www.brasilescola.com), acesso em 07/03/2012.

Figura 7.1: Diagrama PV

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/egsantana/estadistica/termo/Termo.html>, acesso em 03/03/2012.

Figura 7.2: Transformação Isobárica

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/egsantana/estadistica/termo/Termo.html>, acesso em 03/03/2012.

Figura 7.3: Transformação Isométrica

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/egsantana/estadistica/termo/Termo.html>, acesso em 03/03/2012.

Figura 8.1: Definição de trabalho

Fonte: <http://www.fisica.ufs.br/egsantana/estadistica/termo/Termo.html#Trabajo%20mec%C3%A1nico%20hecho%20por%20o%20sobre%20el%20sistema>, acesso em 03/03/2012.

Figura 9.1: Esquema da definição da eficiência

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso 03/03/2012.

Figura 9.2: Rendimento de um refrigerador

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.1: Ciclo de Carnot

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.2: Funcionamento de um motor no Ciclo de Otto

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.3: Etapa de admissão em um motor

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.4: Etapa de compressão em um motor

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.5: Etapa de combustão em um motor

Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 10.6: Etapa de exaustão em um motor. Fonte: [http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda\\_lei/segunda\\_lei.html](http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/segunda_lei/segunda_lei.html), acesso em 03/03/2012.

Figura 11.1: Modelo Atômico: em amarelo são representados os elétrons, ao centro em azul estão os nêutrons e em laranja estão os prótons

Fonte: imagem adaptada de <http://colegiocienicias.webnode.es/quimica/ii%C2%BA%20medio/unidad%20n%C2%BA%201%3A%20modelo%20atomico%20de%20la%20materia%20y%20enlace%20quimico/unidad%20n%C2%BA%201%20%3A%20modelo%20atomico%20de%20la%20materia%20y%20enlace%20quimico/>, acesso em 15/02/2012.

Figura 11.2: Pilhas e baterias utilizadas em nosso cotidiano

Fonte: imagem adaptada de <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/163> e <http://www.dinamicarpneus.com.br/cuidados-bateria-do-carro>, acesso em 06/03/2012.

Figura 11.4: O pente eletrizado pode atrair pequenos pedaços de papel

Fonte: Imagem adaptada de <http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/eletRICIDADE/basicO/cap01/quadrinhos.gif>, acesso em 20/04/2012.

Figura 11.5: Imagem de uma descarga atmosférica no mar e Benjamin Franklin (1706-1790). Fonte: imagens adaptadas de [http://www.elcivics.com/bio\\_benjamin\\_franklin.html](http://www.elcivics.com/bio_benjamin_franklin.html) e de <http://ragazzon1987.no.comunidades.net/index.php?pagina=1632069379>, acesso em 05/03/2012.

Figura 11.6: Ilustração de uma casa protegida por um pára-raios e o detalhe de pontas encontradas em para-raios

Fonte: imagem adaptada de <http://www.fisica.net/eletRICIDADE/eletRICIDADEnaATMOSFERA.php> e <http://www.afonseca.net.br/pararaiosradio.html>, acesso em 05/03/2012.

Figura 11.7: Para-raios em um barco a vela

Fonte: [http://arutana.sites.uol.com.br/sistema\\_para\\_raios.htm](http://arutana.sites.uol.com.br/sistema_para_raios.htm) e <http://www.popa.com.br/diversos/gk.htm>, acesso em 05/03/2012.

Figura 12.1: Pilha ligada por um fio a uma lâmpada e a uma chave. Enquanto a chave está desligada não há corrente elétrica (a), depois de a chave ser ligada a corrente elétrica é estabelecida e a lâmpada acende (b)  
Fonte: imagens adaptadas de <http://www.brasescola.com/fisica/circuito-simples.htm>, acesso em 06/02/2012.

Figura 12.2: Fios de eletricidade de vários modelos, repare que todos os fios são cobertos com um material isolante  
Fonte: <http://www.retimicron.com.br/noticia/infraestrutura-puxa-vendas-de-cabos-eletricos.html>, acesso em 06/02/2012.

Figura 12.3: Plaqueta de dados nominais de uma cafeteira  
Fonte: acervo do autor.

Figura 12.4: Disjuntor utilizado em instalações elétricas residenciais  
Fonte: [http://1.bp.blogspot.com/-7YMCteZnfqY/Tm\\_o34PyBml/AAAAAAAAMo/QCWNQFR28X4/s1600/DISJUNTOR+01.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-7YMCteZnfqY/Tm_o34PyBml/AAAAAAAAMo/QCWNQFR28X4/s1600/DISJUNTOR+01.jpg), acesso em 19/04/2012.

Figura 13.1: Diferentes modelos de pilhas e baterias  
Fonte: imagem adaptada de <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/163> e <http://www.dinamicarpneus.com.br/cuidados-bateria-do-carro>, acesso em 06/03/2012.

Figura 13.4: a) Engua elétrica; b) arraia elétrica e c) bagre elétrico  
Fonte: imagem adaptada de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Electric-eel2.jpg> e <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/como-os-peixes-eletricos-geram-a-elettricidade/>, acesso em 06/03/2012.

Figura 13.5: Plaqueta de dados nominais de uma cafeteira  
Fonte: acervo do autor.

Figura 14.1: Algumas resistências elétricas presentes em nosso cotidiano: resistências de dois modelos de chuveiro elétrico e uma churrasqueira elétrica  
Fonte: imagens adaptada de <http://www.distribuidora1000.com.br/atacado/material-eletro/68-resistencia-chuveiro-modelo-corona-220v--7898018511228.html>, [http://gessner.com.br/chuveiros\\_e\\_aquecedores/resistencias/resistencia\\_lorenzetti\\_755.html](http://gessner.com.br/chuveiros_e_aquecedores/resistencias/resistencia_lorenzetti_755.html), <http://www.wiki2buy.com.br/Eletrodom%C3%A9sticos>, <http://fisicaetc.hdfree.com.br/PLANO%20DE%20AULA%202.html>, <http://shopping.tray.com.br/oferta/ebulidor-elettrico-aquecedor-de-agua-rabo-quente-1000w-western-43500/id:606890> e <http://www.fischer.com.br/loja/churrasqueira-elettrica-fischer-swift-grill.html>, acesso em 07/03/2012.

Figura 14.2: Circuito Série envolvendo duas lâmpadas e uma bateria  
Fonte: <http://cientificamentefalando-margarida.blogspot.com/2011/03/circuito-electrico-em-serie-e-em.html>, acesso em 07/03/2012.

Figura 14.3: Circuito paralelo envolvendo duas lâmpadas e uma bateria  
Fonte: <http://cientificamentefalando-margarida.blogspot.com/2011/03/circuito-electrico-em-serie-e-em.html>, acesso em 07/03/2012.

Figura 14.4: Circuito elétrico residencial  
Fonte: imagem obtida de UENO, P.: Física. São Paulo, Editora Ática, 2005.

Figura 15.1: Bússola  
Fonte: <http://www.sucessosdarede.net/wp/saiba-porque-a-bussola-aponta-sempre-para-o-norte>, acesso em 07/03/2012.

Figura 15.2: Algumas aplicações do magnetismo  
Fonte: imagem adaptada de <http://chicabollar.blogspot.com/>, [http://www.sotofilhos.com.br/motor\\_trif%C3%ADsico\\_ip\\_55.htm](http://www.sotofilhos.com.br/motor_trif%C3%ADsico_ip_55.htm), <http://jgsferramentas.com.br/produto/?produto=909&menuFlash=4>, [http://www.jgsferramentas.com.br/produto/?produto=909&menuFlash=4](http://www.google.com.br/imgres?q=guindaste+eletroim%C3%A1&hl=pt-BR&biw=1366&bih=591&gbv=2&tbo=isch&tbnid=PEY_CfzlwtI8eM:&imgrefurl=http://www.smsucatas.com.br/equipamentos.html&docid=enpgfdbGXSSQ5M&imgurl=http://www.smsucatas.com.br/imagens/smsucatas-empresa-3.jpg&w=600&h=450&ei=1m5dT-75CYG2weEr9WEDA&zoom=1&iact=rc&dur=256&sig=10792260040221642423&page=1&tbnh=123&tbnw=157&start=0&ndsp=20&ved=1t:429,r:6,s:0&tx=97&ty=28) e <http://www.abildistribuidora.com.br/produtos.php?id=82>, acesso em 07/03/2012.

Figura 15.3: Bússola com imã reto sobre uma agulha  
Fonte: [http://www.azeheb.com.br/produtos\\_interna.php?idproduto=344](http://www.azeheb.com.br/produtos_interna.php?idproduto=344), acesso em 07/03/2012.

Figura 15.4: Esquema ilustrativo da experiência de Orsted  
Fonte: imagem adaptada de <http://expertemfisica.blogspot.com/2011/10/eletromagnetismo-i-primeiro-fenomeno.html>, acesso em 07/03/2012.

Figura 15.5: Linhas de Campo 1  
Fonte: <http://fuches.wordpress.com/2009/02/14/sol-parte-v/>, acesso em 07/03/2012.

Figura 15.6: Linhas de Campo 2

Fonte: imagem adaptada de <http://rmedea.alcains.com/camp.htm> e <http://www.numerofilia.com.br/2011/09/eletromagnetismo-formulas.html>, acesso em 07/03/2012.

Figura 16.1: Definição do fluxo magnético

Fonte: imagem adaptada de <http://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/9733.htm>, acesso em 07/03/2012.

Figura 16.2: Imã sendo aproximado de uma espira, fato que implica no surgimento de uma corrente elétrica, cujo sentido é tal que se opõe à variação de fluxo

Fonte: <http://www.brasilescola.com/fisica/a-lei-lenz.htm>, acesso em 07/03/2012.

Figura 16.3: Esquema de funcionamento de um gerador. Fonte: Livro Didático Público de Física/vários autores. Curitiba, SEED-PR, 2006.

Figura 16.4: Dínamo de bicicleta. Fonte: <http://ciclismourbano.info/2009/06/18/como-escoger-las-luces-de-tu-bicicleta/>, acesso em 07/03/2012.

Figura 16.5: Diferentes tipos de transformadores e o esquema de funcionamento de um transformador. Fonte: imagem adaptada de <http://www.transvolts.com/index2.php?pagina=servicos>, <http://www.intereng.com.br/produtos/rockwell-automation/linha-power-controles-industriais/transformador/transformador-de-controle-potencia-750va-prim/> e <http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/o-transformador-tensao-1.htm>, acesso em 03/03/2012.

Figura 17.1: Espectro eletromagnético. Fonte: [www.brasilescola.com](http://www.brasilescola.com), acesso em 07/03/2012.

Figura 17.2: Representação de uma onda. Fonte: Acervo da autora.

Figura 17.3: a) Onda com frequência baixa. b) onda com frequência alta. Fonte: [crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv), acesso em 07/03/2012.

Figura 17.4: Formação de sombra e penumbra. Fonte: [www.colegioweb.com.br/fisica](http://www.colegioweb.com.br/fisica), acesso em 07/03/2012.

Figura 17.5: Eclipse solar. Fonte: [www.especifico.com.br/view](http://www.especifico.com.br/view), acesso em 07/03/2012.

Figura 17.6: Eclipse lunar. Fonte: <http://loucosporciencia.com.br/blog>, acesso em 07/03/2012.

Figura 18.1: Imagem formada por espelho plano. Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAABfMYAG-1.png>, acesso em 19/04/2012.

Figura 18.2: Elementos de um espelho esférico. Fonte: Acervo da autora.

Figura 18.3: a) Imagem invertida formada por espelho côncavo; b) Imagem direita formada por espelho côncavo. Fonte: <http://delinear.blogspot.com/2008/11>, acesso em 07/03/2012.

Figura 18.4: Lente convergente e lente divergente. Fonte: <http://tomdafisica.blogspot.com/2011/05>, acesso em 07/03/2012.

Figura 18.5: Imagem virtual, direita e menor formada por lente convergente. Fonte: [www.geocities.ws/saladefisica8/optica](http://www.geocities.ws/saladefisica8/optica), acesso em 07/03/2012.

Figura 18.6: Olho humano. Fonte: [www.fotosimagens.net](http://www.fotosimagens.net), acesso em 07/03/2012.

Figura 18.7: Anomalias visuais e suas correções. Fonte: [www.testedoolhinho.ufc.br](http://www.testedoolhinho.ufc.br), acesso em 07/03/2012.

Figura 19.1: Ouvido humano. Fonte: <http://8aebi.wordpress.com/disciplinas/fisica-e-quimica/>, acesso 03/03/2012.

Figura 19.2: Frequências sonoras. Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>, acesso em 07/03/2012.

Figura 19.3: Graham Bell. Fonte: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Alexander\\_Graham\\_Bell\\_in\\_colours-1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Alexander_Graham_Bell_in_colours-1.jpg), acesso em 19/04/2012.

Figura 20.1: Reflexão de ondas sonoras. Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>, acesso em 07/03/2012.

Figura 20.2: Efeito Doppler. Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm#Efeito%20Doppler>, acesso em 07/03/2012.

Figura A.1 – Tempos de funcionamento de um motor. Fonte: GREF: Física 2 – Física Térmica e Óptica. São Paulo, EdUsp, 1991.



# Atividades autoinstrutivas

**1. Na escala Celsius de temperatura, qual a temperatura de fusão da água?**

- a)  $32^{\circ}$ .
- b) 273.
- c)  $0^{\circ}$ .
- d)  $-12^{\circ}$ .
- e)  $-32^{\circ}$ .

**2. Assinale a frase incorreta.**

- a) Os trilhos ferroviários são dispostos com um espaçamento para que a dilatação dos mesmos não cause acidentes.
- b) Um líquido sempre se dilata volumetricamente.
- c) A dilatação do comprimento e da largura de uma barra de ferro é denominada dilatação aparente.
- d) Existem muitas escalas para a medição da temperatura de um corpo.
- e) Um dos efeitos da mudança de temperatura é causar diferença na dimensão dos objetos, essa diferença é chamada de dilatação ou contração.

**3. Reduzida pela metade a pressão exercida sobre 150 cm<sup>3</sup> de ar à temperatura constante, o volume em cm<sup>3</sup> será de:**

- a) 75 cm<sup>3</sup>
- b) 150 cm<sup>3</sup>
- c) 300 cm<sup>3</sup>
- d) 750 cm<sup>3</sup>
- e) 1500 cm<sup>3</sup>

- 4.** Três corpos de massas diferentes, um de madeira, um de vidro e outro de alumínio, são colocados em um forno mantido em temperatura constante. Após ter atingido o equilíbrio térmico, a relação entre as temperaturas  $T_m$  da madeira,  $T_v$  do vidro e  $T_a$  do alumínio será:
- a)  $T_m = T_v = T_a$ .
  - b)  $T_m < T_v < T_a$ .
  - c)  $T_m = T_v < T_a$ .
  - d)  $T_m > T_v = T_a$ .
  - e)  $T_m > T_v > T_a$ .
- 5.** Um ventilador ligado provoca a sensação de frescor nas pessoas. A afirmativa que melhor descreve a explicação desse fenômeno é:
- a) o ventilador altera o calor específico do ar.
  - b) o ventilador aumenta a capacidade térmica do local onde se encontra.
  - c) o ventilador aumenta a pressão do ar sobre as pessoas.
  - d) o ventilador diminui a temperatura do ar.
  - e) o ventilador retira o ar quente de perto das pessoas.
- 6.** Um ser humano adulto e saudável consome, em média, uma potência de  $120\text{J/s}$ . Uma caloria alimentar ( $1\text{kcal}$ ) corresponde, aproximadamente, a  $4,0 \times 10^3\text{J}$ . Para nos mantermos saudáveis, quantas calorias alimentares devemos utilizar, por dia, a partir dos alimentos que ingerimos?
- a)  $4,8 \times 10^5$ .
  - b) 33.
  - c) 120.
  - d)  $2,6 \times 10^3$ .
  - e)  $4 \cdot 10^3$ .

**7.** A tabela abaixo apresenta a massa  $m$  de cinco objetos de metal, com seus respectivos calores específicos  $c$ .

**Tabela A1: Dados para solução da atividade autoinstrutiva 7. Fonte: acervo do autor.**

METAL	$c(\text{cal/g}^{\circ}\text{C})\text{s}$	$m(\text{g})$
Alumínio	0,217	100
Ferro	0,113	200
Cobre	0,093	300
Prata	0,056	400
Chumbo	0,031	500

O objeto que tem maior capacidade térmica é:

- a)** alumínio.
- b)** ferro.
- c)** cobre.
- d)** prata.
- e)** chumbo.

**8. Quais as formas de transmissão de calor?**

- a)** Irradiação, calefação e fusão.
- b)** Fusão, solidificação e evaporação.
- c)** Irradiação, condução e convecção.
- d)** Convecção, fusão e sublimação.
- e)** Convecção, liquefação e ebulação.

**9. À mudança de estado físico de um objeto, de sólido para líquido, que nome damos ?**

- a)** Evaporação.
- b)** Sublimação.
- c)** Fusão.
- d)** Condensação.
- e)** Solidificação.

**10. Quando um objeto passa, diretamente, do estado sólido para o estado de vapor, dá-se o nome de:**

- a) evaporação.
- b) fusão.
- c) sublimação.
- d) condensação.
- e) liquefação.

**11. Quando um objeto está, ao mesmo tempo, nos estados líquido, sólido e vapor, que nome damos para este estado?**

- a) Ponto conjunto.
- b) Ponto tríplice.
- c) Ponto hélice.
- d) Ponto igualitário.
- e) Ponto estranho.

**12. Qual a quantidade de calorias necessárias para elevar de um grau Celsius a massa de 100g de água?**

- a) 1 cal.
- b) 0,1 cal.
- c) 10 cal.
- d) 0,01 cal.
- e) 100 cal.

**13. Você brincou de encher, com ar, um balão de gás, na beira da praia, até um volume de 1 L e o fechou. Em seguida, subiu uma encosta próxima carregando o balão até uma altitude de 900 m, onde a pressão atmosférica é 10% menor do que a pressão ao nível do mar. Considerando que a temperatura na praia e na encosta seja a mesma, o volume de ar no balão, em L, após a subida, será de:**

- a)** 0,8.
- b)** 0,9.
- c)** 1,0.
- d)** 1,1.
- e)** 1,2.

**14.** De acordo com a Lei de Robert Boyle (1660), para proporcionar um aumento na pressão de determinada amostra gasosa numa transformação isotérmica, é necessário:

- a)** aumentar o seu volume.
- b)** diminuir a sua massa.
- c)** aumentar sua temperatura.
- d)** diminuir o seu volume.
- e)** aumentar a sua massa.

**15.** O estado de um sistema termodinâmico evolui isocoricamente do A para o B ao perder uma quantidade de calor Q para o meio externo. Nestas condições é afirmado o seguinte:

- I)** a temperatura e a energia interna do sistema diminuem.
- II)** a energia interna aumenta e a temperatura diminui.
- III)** a temperatura do sistema aumenta e a energia interna diminui.
- IV)** o trabalho é nulo.

Estão corretas:

- a)** I e III.
- b)** I e IV.
- c)** II e IV.
- d)** III e IV.
- e)** todas as afirmações.

**16.** Um sistema termodinâmico expande-se isotermicamente do estado inicial para o estado final. Sobre esta ocorrência, considere as proposições abaixo:

- I) o sistema perde calor para o meio externo.
- II) o sistema ganha calor do meio externo.
- III) a temperatura do sistema permanece constante.
- IV) a quantidade de calor trocada com o meio externo é nula.

Estão corretas:

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

**17.** O rendimento de uma máquina térmica operando entre as temperaturas de 320 K e 400 K é:

- a) 20 %.
- b) 40 %.
- c) 60 %.
- d) 70 %.
- e) 80 %.

**18.** Uma máquina térmica que absorve 900 cal da fonte quente e libera 300 cal para a fonte fria, apresenta rendimento de:

- a) 75 %.
- b) 66 %.
- c) 50 %.
- d) 20 %.
- e) 10 %

**19.** O coeficiente de qualidade de um refrigerador que opera retirando 300 cal da fonte fria e liberando 500 cal para a fonte quente é:

- a) 3.
- b) 1,5.
- c) 5.
- d) 2.
- e) 4.

**20.** A cada ciclo de funcionamento, o motor de um automóvel retira 40 kJ do compartimento da fonte quente, onde se dá a queima do combustível, e realiza 10 kJ de trabalho. Sabendo que parte do calor retirado da fonte quente é dispensado para o ambiente (fonte fria uma temperatura de 27°C, qual seria a temperatura no compartimento da fonte quente se esse motor operasse segundo o ciclo de Carnot?

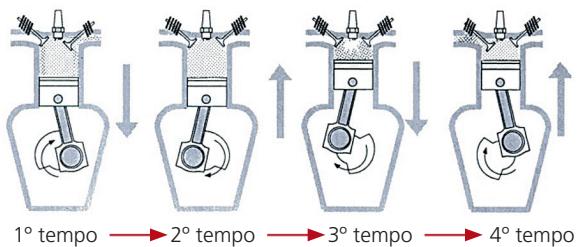
Dado: considere que as temperaturas em graus centígrados,  $T_c$ , e Kelvin,  $T_K$ , se relacionam através da expressão  $T_c = T_K - 273$ .

- a) 127 °C.
- b) 177 °C.
- c) 227 °C.
- d) 277 °C.
- e) 377 °C.

**21.** Os motores usados em veículos são, normalmente, de combustão interna e de quatro tempos. A finalidade dos motores é transformar a energia térmica do combustível em trabalho. De modo geral, eles são constituídos de várias peças, entre elas: as válvulas, que controlam a entrada e a saída do fluido combustível; a vela, onde se dá a fáscia que provoca a explosão; o virabrequim (árvores de manivelas), que movimenta o motor; e os êmbolos, que são acoplados a ele.

No tempo 1, ocorre a admissão do combustível, a mistura de ar e vapor de álcool ou gasolina, produzida no carburador: o vira-

brequeim faz o êmbolo descer, enquanto a válvula de admissão se abre, reduzindo a pressão interna e possibilitando a entrada de combustível à pressão atmosférica. No tempo 2, ocorre a compressão: com as válvulas fechadas, o êmbolo sobe, movido pelo virabrequim, comprimindo a mistura ar/combustível, rapidamente. No tempo 3, ocorre a explosão: no ponto em que a compressão é máxima, produz-se, nos terminais da vela, uma faísca elétrica que provoca a explosão do combustível e seu aumento de temperatura; a explosão empurra o êmbolo para baixo ainda com as válvulas fechadas. No tempo 4, ocorre exaustão ou descarga: o êmbolo sobe novamente, a válvula de exaustão abre-se expulsando os gases queimados na explosão e reiniciando o ciclo.



**Figura A.1: Tempos de funcionamento de um motor.**

Fonte: GREF: Física 2 – Física Térmica e Óptica. São Paulo, EdUsp, 1991.

De acordo com o texto e com a termodinâmica, é CORRETO afirmar:

- no tempo 1, o processo é isovolumétrico.
- no tempo 2, o processo é adiabático.
- no tempo 3, o processo é isobárico.
- no tempo 4, o processo é isotérmico.
- um ciclo completo no motor de 4 tempos é realizado após uma volta completa da árvore de manivelas.

**22. A eletricidade da matéria tem sua origem nas seguintes partículas que compõem o átomo:**

- polos e nêutrons.
- polos e elétrons.
- polos e prótons.

**d)** prótons e elétrons.

**e)** prótons e raios.

**23.** O termo eletricidade tem origem na palavra grega elektron, que significa âmbar, uma resina produzida em árvores com a qual você já deve ter sujado as mãos. O fenômeno da eletrização por atrito foi, inicialmente, observado na Grécia Antiga, justamente no atrito entre o âmbar e outros materiais. Sobre o fenômeno da eletrização é correto afirmar:

- I)** se um objeto neutro perder elétrons, sua carga elétrica será positiva.
- II)** se um objeto neutro ganhar elétrons, sua carga elétrica será positiva.
- III)** se um objeto neutro ganhar prótons, sua carga elétrica será negativa.
- IV)** durante a eletrização por atrito o número de prótons de um átomo não muda.

Só estão CORRETAS as afirmações:

- a)** I , II.
- b)** III e IV.
- c)** I e IV.
- d)** II e III.
- e)** todas as afirmações.

**24.** Se o filamento de uma lâmpada é percorrido por uma corrente de 2 A, a carga elétrica que passa pelo filamento em 20 segundos é de:

- a)** 10 C.
- b)** 20 C.
- c)** 30 C.
- d)** 40 C.
- e)** 50 C.

**25.** Na instalação de uma lâmpada a função do interruptor é:

- a) proteger a lâmpada de cargas elétricas.
- b) isolar os fios de ligação de corrente elétrica.
- c) interromper a corrente elétrica no circuito.
- d) fechar o circuito para que a corrente circule.
- e) as alternativas c e d estão corretas.

**26.** Quando você liga o seu carro, uma corrente de quase 200 A flui pelo motor de arranque, por isso o carro não pega sem bateria. Considerando que a bateria fornece uma tensão de 12 V, qual é a potência consumida pelo motor de arranque?

- a) 16,7 W.
- b) 2400 W.
- c) 0,06 W.
- d) 28800 W.
- e) 1 W.

**27.** Se um chuveiro, cuja potência nominal é de 4000 W, é utilizado durante 30 minutos por dia, qual é o consumo em quilowatt-hora desse chuveiro em um mês?

- a) 40 KWh.
- b) 50 KWh.
- c) 60 KWh.
- d) 70 KWh.
- e) 0,1 KWh.

**28.** Se o custo do KWh for de R\$ 0,40 (quarenta centavos de Real), quanto o dono da residência, onde o chuveiro do exercício anterior estiver instalado, gastará com o consumo de eletricidade do chuveiro?

- a) R\$ 22,00.
- b) R\$ 24,00.
- c) R\$ 26,00.
- d) R\$ 28,00.
- e) R\$ 88,00.

**29.** Se você ligar uma lâmpada de 110 V em uma rede de 220 V, esta lâmpada queimará. Se, por outro lado, você ligar uma lâmpada de 220 V em uma rede de 110 V, o que ocorrerá?

- a) O brilho da lâmpada deverá bem menor.
- b) Não haverá diferença no comportamento.
- c) A lâmpada também queimará depois de ligada.
- d) O brilho da lâmpada deverá ser bem maior.
- e) Não é possível saber o que acontecerá.

**30.** Em um circuito de resistores em série, podemos afirmar que a corrente elétrica:

- a) aumenta com a quantidade de componentes.
- b) é a mesma em todos os componentes do circuito.
- c) depende, somente, da tensão aplicada ao circuito.
- d) não depende da tensão aplicada ao circuito.
- e) não dá para saber o que acontece neste caso.

**31. Com relação ao circuito paralelo de resistores podemos afirmar que:**

- a) a tensão é a mesma em todos os elementos do circuito.
- b) a corrente é a mesma em todos os elementos do circuito.
- c) a potência é a mesma em todos os elementos do circuito.
- d) nenhuma das alternativas anteriores está correta.
- e) nenhuma das alternativas anteriores está incorreta.

**32. Se a ddp em um resistor é de 110 V e a corrente que circula por ele é de 2 A, então os valores da sua resistência elétrica e da potência dissipada serão respectivamente:**

- a)  $0,018\ \Omega$  e 220 W.
- b)  $55\ \Omega$  e 220 W.
- c)  $220\ \Omega$  e 55 W.
- d)  $440\ \Omega$  e 220 W.
- e)  $1\ \Omega$  e 100 W.

**33. Se por um resistor de  $50\ \Omega$  circula uma corrente de 2 A, a potência dissipada por este resistor será de:**

- a) 100 W.
- b) 200 W.
- c) 0,08 W.
- d) 25 W.
- e) 7 W.

**34. Os fios da resistência do chuveiro e do filamento da lâmpada incandescente são finos, o que garante que uma maior quantidade de energia elétrica será convertida em calor. Esta conversão se deve ao fato de que:**

- a) quanto mais fino o fio maior é a resistência.
- b) quanto mais fino o fio menor é a resistência.
- c) quanto mais fino o fio maior é a tensão.
- d) quanto mais fino o fio menor é a tensão.
- e) Não há relação entre a bitola do fio, tensão e resistência.

**35.** A propriedade da matéria que indica a presença de eletricidade é a carga elétrica. A presença do magnetismo, porém, está ligada à existência de:

- a) corrente elétrica.
- b) polos magnéticos.
- c) cargas elétricas.
- d) linhas de campo.
- e) nenhuma das alternativas.

**36.** O efeito dos polos magnéticos é a produção de um campo magnético, que pode ser percebido por uma bússola e representado por linhas de força do campo magnético. Com respeito à experiência de Orsted, é correto afirmar que:

- a) representou a descoberta dos polos magnéticos presentes em um fio.
- b) representou a descoberta do magnetismo presente em um fio elétrico.
- c) representou a descoberta de campo magnético produzido por corrente elétrica.
- d) representou a descoberta da falta de conexão do magnetismo com eletricidade.
- e) não participou de nenhuma dessas experiências.

**37.** Para que ocorra indução eletromagnética é suficiente que:

- a) haja um campo magnético próximo de um observador.
- b) ocorra variação de fluxo magnético através de uma espira.
- c) cargas elétricas interajam com campos elétricos.
- d) uma corrente elétrica contínua produza um campo magnético.
- e) em nenhum dos casos ocorrerá indução eletromagnética.

**38.** Em um processo de geração de eletricidade, em uma hidroelétrica, a sequência correta de transformação de energia é:

- a) energia eólica em energia térmica.
- b) energia térmica em energia mecânica.
- c) energia mecânica em energia elétrica.

**d)** energia elétrica em energia térmica.

**e)** energia térmica em energia elétrica.

**39. Para que seja possível a formação do eclipse total do Sol, a Lua deve estar na fase:**

**a)** qualquer fase.

**b)** minguante.

**c)** crescente.

**d)** cheia.

**e)** nova.

**40. O princípio que explica a formação da sombra e da penumbra é:**

**a)** reversibilidade de raios.

**b)** propagação retilínea de raios.

**c)** transferência de raios.

**d)** independência de raios.

**e)** morosidade de raios.

**41. O espelho plano forma imagem:**

**a)** real, direita, menor.

**b)** virtual, direita, maior.

**c)** real, invertida, igual.

**d)** virtual, direita, igual.

**e)** virtual, invertida, igual.

**42. Quando ocorre a refração em uma onda luminosa é possível que esta onda modifique suas características, no entanto, há uma característica que nunca é modificada. Qual é esta característica?**

**a)** Amplitude.

**b)** Comprimento de onda.

- c) Velocidade.
- d) Forma.
- e) Frequência.

**43.** A miopia, defeito visual, é corrigida com lentes:

- a) divergentes.
- b) convergentes.
- c) bilaterais.
- d) simples.
- e) duplas.

**44.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo. O alarme de um automóvel está emitindo som de determinada frequência. Para um observador que se aproxima, rapidamente, desse automóvel, esse som parece ser de \_\_\_\_\_ frequência. Ao afastar-se, o mesmo observador perceberá um som de \_\_\_\_\_ frequência.

- a) maior-igual
- b) maior-menor
- c) igual-igual
- d) menor-maior
- e) igual-menor

**45.** Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Frequência e amplitude.
- b) Frequência e comprimento de onda.
- c) Comprimento de onda e frequência.
- d) Amplitude e comprimento de onda.
- e) Amplitude e frequência.

**46. O que permite reconhecer se uma nota musical provém de um violino ou de um trombone é:**

- a)** a diferença entre a altura dos sons.
- b)** a diferença entre o timbre dos sons.
- c)** a diferença entre a intensidade dos sons.
- d)** a diferença entre a fase das vibrações.
- e)** o fato de que num caso a onda é longitudinal e no outro transversal.

**47. Em relação às ondas sonoras, a afirmação correta é:**

- a)** quanto mais grave é o som, maior será sua frequência.
- b)** quanto maior a amplitude de um som, mais agudo ele será.
- c)** o timbre de um som está relacionado com sua velocidade de propagação.
- d)** podemos distinguir dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitida por duas pessoas diferentes, porque eles possuem timbres diferentes.
- e)** a intensidade de um som é caracterizada pela sua frequência.

**48. Considere uma pessoa batendo, periodicamente, em um ponto da superfície de um líquido. Uma onda passa a se propagar nessa superfície, portanto podemos afirmar que:**

- I) a velocidade de propagação ( $v$ ) da onda na superfície de um líquido depende do meio, assim, em líquidos diferentes (água, óleo etc.) teremos velocidades de propagação diferentes.**
- II) a distância entre duas cristas sucessivas é o comprimento de onda  $\lambda$ .**
- III) a frequência ( $f$ ) da onda é igual à frequência da fonte que deu origem à onda.**
- IV) as grandezas  $v$ ,  $f$  e  $\lambda$  estão relacionadas pela equação  $\lambda = v/f$  e, portanto, como  $v$  é constante para um dado meio, quanto maior for  $f$ , menor será o valor de  $\lambda$ , neste meio.**

Assinale a alternativa correta:

- a) apenas as afirmativas I, II e IV são corretas.
- b) apenas as afirmativas I, e III são corretas.
- c) apenas as afirmativas I, III e IV são corretas.
- d) apenas as afirmativas II e IV são corretas.
- e) todas as afirmativas estão corretas.

**49.** Um rapaz e uma garota estão em bordas opostas de uma lagoa de águas tranquilas. O rapaz, querendo comunicar-se com a garota, coloca um bilhete dentro de um frasco plástico e arrolhando o frasco, coloca-o na água dando uma pequena velocidade inicial. A seguir, o rapaz pratica movimentos periódicos sobre a água, produzindo ondas que se propagam, pretendendo com isso aumentar a velocidade do frasco em direção à garota. Com relação a esse fato podemos afirmar:

- a) se o rapaz produzir ondas de grande amplitude, a garrafa chega à outra margem mais rapidamente.
- b) o tempo que a garrafa gastará para atravessar o lago dependerá de seu peso.
- c) quanto maior a frequência das ondas, menor será o tempo de percurso até a outra margem.
- d) a velocidade da garrafa não varia, porque o seu conteúdo é a perturbação e não o meio.
- e) quanto menor o comprimento de onda, maior será o aumento na velocidade da garrafa.

**50.** O som mais agudo é som de:

- a) maior intensidade.
- b) menor intensidade.
- c) maior frequência.
- d) menor frequência.
- e) maior velocidade de propagação.



# Curriculos dos professores-autores

## **Adriano Willian da Silva**

Possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Física pela Universidade Federal do Paraná (2002), especialização em Metodologia do Ensino da Matemática pelo Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão - IBPEX (2003), mestrado em Física (2005) e doutorado em Física (2008) pela Universidade Federal do Paraná, tecnólogo em gestão pública pelo IFPR/UFPR (2011). Atualmente é professor do magistério básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal do Paraná. No momento, ocupa a Direção de Ensino, Pesquisa e Extensão do IFPR- Câmpus Curitiba.

## **Angela Maria dos Santos**

Possui graduação em Pedagogia pela Universidade do Estado de Mato Grosso (1998) e mestrado em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso (2005). Especialização em: Psicopedagogia (2002), Educação e Relações Raciais na Sociedade Brasileira (2006). Atualmente é estatutário - Secretaria de Estado da Educação. Pesquisadora do NEPRE/UFMT. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em metodologia de ensino e práticas pedagógicas.

## **Ezequiel Burkarter**

Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Paraná (2004), mestrado e doutorado em Física também pela Universidade Federal do Paraná (2006). Atualmente é docente do Instituto Federal do Paraná (IFPR). Tem experiência na área de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: produção de material didático para ensino de Física e formação de professores, efeito kerr, estudos de molhabilidade de superfícies, tratamento de superfícies por plasma, desenvolvimento de superfícies superhidrofóbicas e técnica de deposição de materiais por eletrospay e aerospray.

