



# 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**

Prof<sup>a</sup>. Mara Chistina 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**

Prof<sup>a</sup>. Mércia Freire Rocha Cordeiro Machado  
**Diretora de Ensino, Pesquisa e Extensão do Câmpus EaD**

Prof<sup>a</sup>. Cristina Maria Ayroza  
**Assessora de Ensino, Pesquisa e Extensão – DEPE/EaD**

Prof<sup>a</sup>. Márcia Denise Gomes Machado Carlini  
**Coordenadora de Ensino Médio e Técnico do Câmpus EaD**

Prof<sup>a</sup>. Adnilra Selma Moreira da Silva Sandeski  
Prof. Otávio Bezerra Sampaio  
**Coordenadores dos Cursos**

Prof. Helton Pacheco  
Prof<sup>a</sup>. Joséli Araujo  
**Vice-coordenadores dos Cursos**

Izabel Regina Bastos  
Isabel Pereira  
**Assistência Pedagógica**

Prof<sup>a</sup>. Ester dos Santos Oliveira  
Prof<sup>a</sup>. Sheila Cristina Mocellin  
Prof. Jaime Machado Valente dos Santos  
Prof<sup>a</sup>. Cibele H. Bueno  
**Revisão Editorial**

Paula Bonardi  
**Diagramação**

e-Tec/MEC  
**Projeto Gráfico**



Atribuição - Não Comercial - Compartilha Igual

Catálogo 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? 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? 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 ímã 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?</b>	
<b>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>Currículos 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

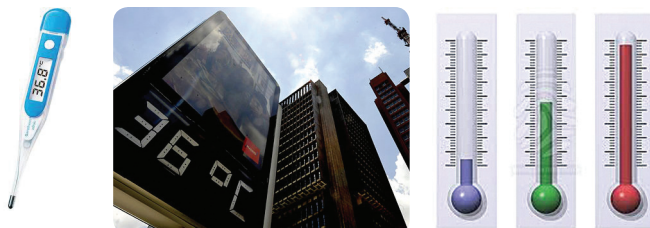
A partir desta aula, começaremos a estudar os fenômenos térmicos. Você será apresentado a algumas escalas termométricas onde é possível verificar a temperatura dos corpos e observar o que acontece com os objetos quando aquecidos. Após esta aula, você deverá ser capaz de reconhecer diferentes escalas 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 (**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 câmara frigorífica, entre outros.



**Figura 1.1: Diferentes tipos de termômetros.**

Fonte: Imagem adaptada de [ansnafisica.blogspot.com](http://ansnafisica.blogspot.com), [img.terra.com.br](http://img.terra.com.br) e [pixmac.com.br](http://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.

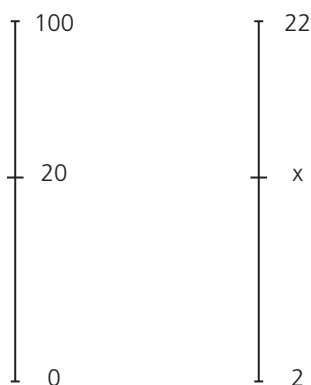
Para fazer a conversão de algumas escalas conhecidas é importante que você reconheça os pontos de fusão e ebulição da água em cada uma delas. Mas, o que é ponto de fusão e de ebulição? O ponto de fusão é a temperatura na qual a água, na pressão de uma atmosfera, passa do estado sólido para o estado líquido. 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,

$$\begin{aligned}80.20 &= 100(22 - x), \text{ assim,} \\1600 &= 2200 - 100x, \\100x &= 600, \\x &= 6\text{cm.}\end{aligned}$$

Isso significa que quando a temperatura é de 20°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 ebulição na escala Celsius e na escala Fahrenheit, você poderá saber quantos graus Celsius correspondem a 40°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°. 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:

- 26° C correspondem a \_\_\_\_\_ °F.
- A temperatura de ebulição da água em graus Celsius é de \_\_\_\_\_.



Pesquise na internet e em materiais diversos, temperaturas de fusão e ebulição 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:

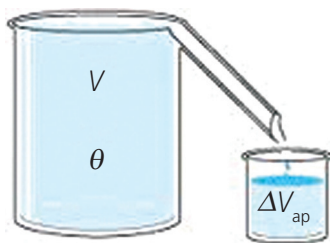
$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T.$$

$L_0$  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  $^{\circ}\text{C}$  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  $0^{\circ}\text{C}$  e  $4^{\circ}\text{C}$  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  $4^{\circ}\text{C}$  a água fria desce e a água quente sobe, devido à variação de densidade. No entanto, quando a temperatura chega a  $4^{\circ}\text{C}$ , esse comportamento muda, pois a água atinge sua maior densidade e a troca pela mudança de densidade para. Dessa 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

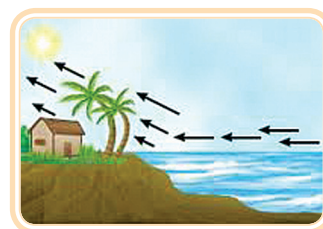
A condução é a transferência de calor por meio de suas moléculas. Quando uma barra de metal é aquecida em uma das suas extremidades, as moléculas começam a se agitar e o calor é transformado em energia cinética, as moléculas mais quentes transferem energia para as moléculas mais frias, que também ficam 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 sopra 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.



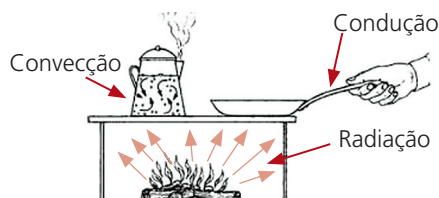
**Figura 3.1: Brisas marinhas**

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 provem 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? Nosso 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.respeiteidoso.blogspot.com](http://www.respeiteidoso.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:

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta T, \text{ sendo} \\ 1000 &= 100 \cdot (0,11) \cdot (T-30), \text{ assim,} \\ 1000 &= 11T - 330 \\ 1000+330 &= 11T \\ 1330 &= 11T \\ 1330/11 &= T \\ T &= 120,9 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

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:

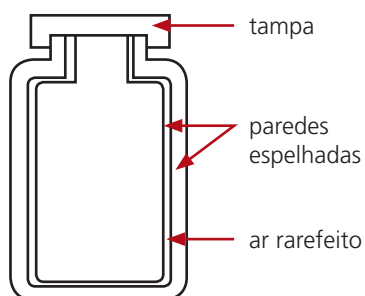
$$120,9 - 30 = \Delta T$$

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  $80^{\circ}\text{C}$ , a garrafa pode estar à temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ . 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 de 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

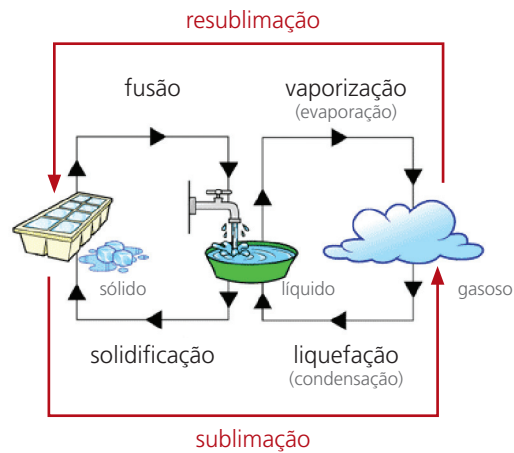
Todas as substâncias na natureza, quando sob pressão de 1 atm e temperatura ambiente, por volta de 20°C, são encontradas em estado: ou sólido, ou líquido, ou gasoso. Quando estas mesmas substâncias são submetidas à variações de temperatura ou pressão, podem mudar de estado físico.

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**

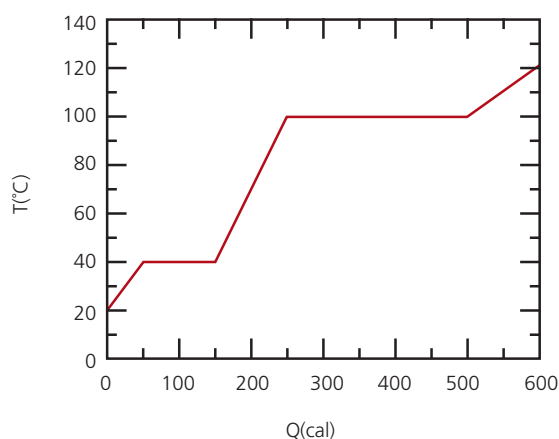
Fonte: [www.refrigeracao.net](http://www.refrigeracao.net)

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 vice-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 ebulição (°C)
Ouro	1063	2660
Ferro	1535	2800
Álcool etílico	-114,4	78,3
Cobre	1038	2582
Mercurio	-39	356,5

Fonte: acervo do autor.



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, compreende o que eles significam.



## Resumo

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

1. Explique, através do que você aprendeu nesta aula, porque a panela de pressão cozinha mais facilmente os alimentos do que uma panela normal.

---

---

---

2. 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.

---

---

---

3. Complete os espaços em branco, com a resposta correta.

- a) A passagem do estado sólido, diretamente, para o estado de vapor sem que a substância passe pelo estado líquido chama-se \_\_\_\_\_.
- b) O ponto de vaporização é o ponto onde uma substância passa do estado \_\_\_\_\_ para o estado \_\_\_\_\_.
- c) O ouro funde à temperatura de \_\_\_\_\_.
- d) O álcool etílico vaporiza-se à temperatura de \_\_\_\_\_.
- e) A passagem de uma substância do estado de vapor para o estado líquido é denominada \_\_\_\_\_.
- f) 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
Mercurio	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,

$$Q1 = m. c. \Delta T,$$

lembrando que a massa do gelo é de 50g e que o calor específico da água é de 1cal/g.°C, fazemos:

$$Q1 = 50.1. [0 - (-10)]$$

$$Q1 = 50. (10)$$

$$Q1 = 500 \text{ cal.}$$

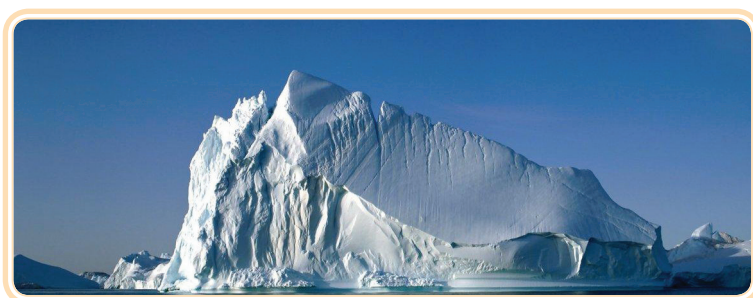
Esta é a quantidade de energia (calor) necessária para transformar 50g de gelo de -10°C para 0°C, no entanto, ainda falta o gelo ser transformado em água no estado líquido, portanto, precisamos do calor latente, assim,

$$Q2 = m. L$$

$$Q2 = 50. 80$$

$$Q2 = 4000 \text{ cal.}$$

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  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a pressão é de  $4,58\text{ mmHg}$ . Quaisquer outras substâncias têm, também, estes valores tabelados.

### Ponto Tríplice



Temperatura:  $0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Pressão:  $611,73\text{ pascal}$

**Figura 6.2: Ponto tríplice da água**

Fonte: [www.brasilecola.com](http://www.brasilecola.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  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mas a pressão for de  $1\text{ atm}$ , ou seja,  $760\text{ mmHg}$ , 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 agregado 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.

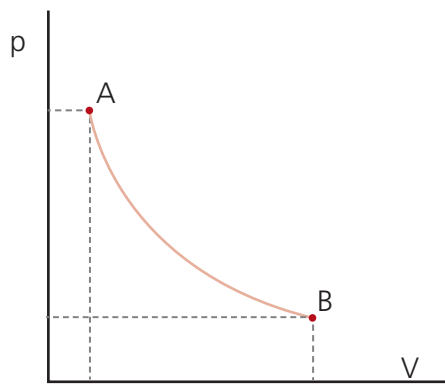
## 7.2 Transformação Isotérmica

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**

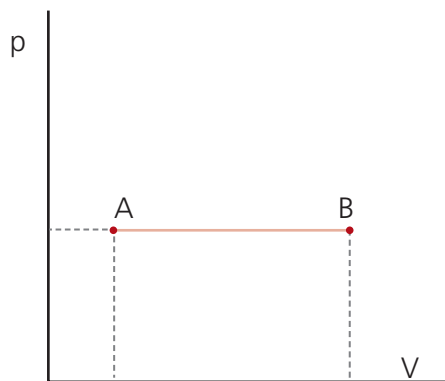
Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

### 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**

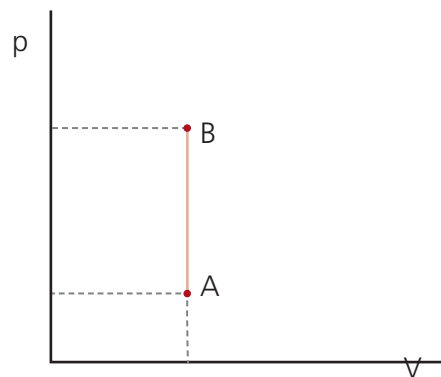
Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

## 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.

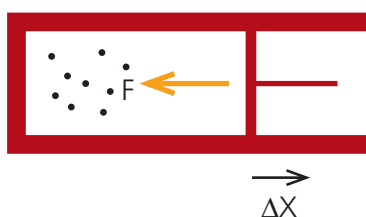


Figura 8.1: Definição de trabalho  
Fonte: <http://www.fisica.ufs.br>

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, conseqüentemente, a energia interna, também, aumenta, se a temperatura diminuir, conseqüentemente, a energia interna, também, diminui e se a temperatura for constante, conseqüentemente, 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:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

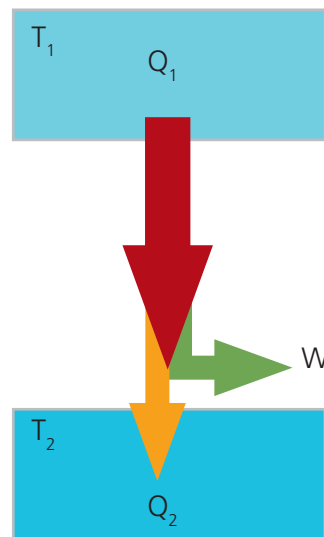
Na relação acima,  $T$  é a temperatura absoluta, medida em Kelvin, e um reservatório de calor é um sistema tão grande que sua temperatura não muda quando o calor envolvido no processo considerado flui para dentro ou para fora do reservatório. Este resultado é válido para um motor reversível, sendo que qualquer motor real transfere mais energia,  $Q_2$ , para um reservatório temperatura,  $T_2$ , 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:

$$W = Q_1 - Q_2$$

sendo que,  $W$  é positivo se  $T_1$  for maior do que  $T_2$ .



**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  $100\text{ °C} = 373\text{ K}$  e eliminando calor à temperatura ambiente  $20\text{ °C} = 293\text{ K}$  tem rendimento  $(373 - 293) / 373 = 0.21 = 21\%$ .

## 9.2 Segunda Lei de Fato

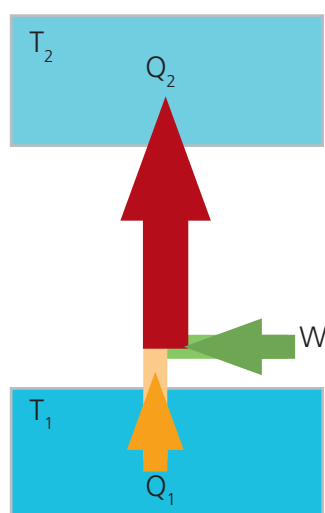
Diante do exposto, podemos dizer que a Segunda Lei da Termodinâmica afirma: *não existe máquina térmica que tenha um rendimento de 100%*. É impossível transferir calor, espontaneamente, de uma região fria para uma região quente.

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

---

---

---

---

---

---

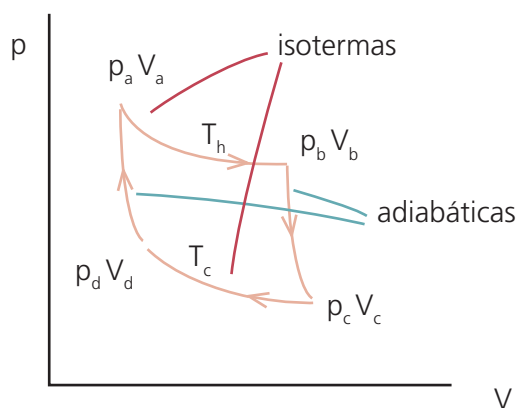
---

# 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.

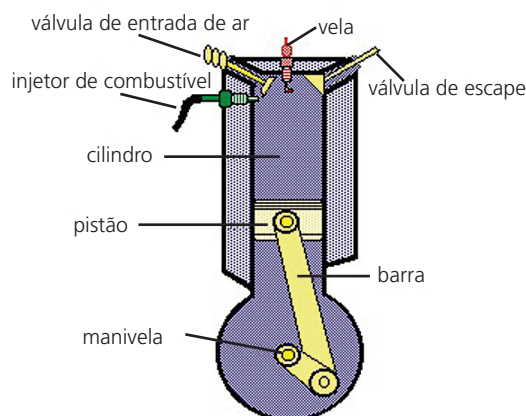
As máquinas térmicas que operam obedecendo o ciclo de Carnot, tem o maior rendimento possível, operando entre as temperaturas  $T_c$  e  $T_b$ . Nenhum motor pode ser mais eficiente do que o motor de Carnot.

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

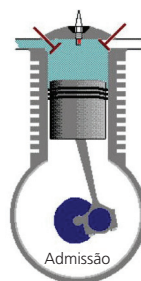
O Ciclo de Otto foi desenvolvido em 1867 por Nikolaus August Otto, engenheiro alemão, e é muito utilizado em transportes até os dias de hoje. A seguir, descrevemos as etapas de funcionamento de um motor que obedece ao Ciclo de Otto.



**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>

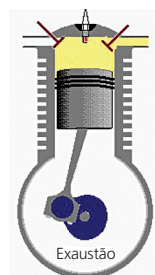
- III) Combustão:**  
Quando o pistão chega ao nível máximo, a vela solta uma faísca. A faísca leva à combustão da mistura e a pressão aumenta até cerca de *600 psi* (*psi* = libras por polegada), em um motor de automóvel. Devido a esta pressão, o pistão é forçado a descer ao longo do cilindro, e esse 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?

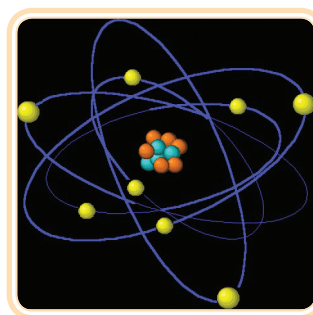
Esta aula iniciará uma série de estudos a respeito da eletricidade e algumas de suas aplicações. Discutiremos a origem de alguns fenômenos que envolvem a eletricidade. Além disso, você será desafiado a encontrar esses fenômenos no seu dia a dia. O tema central será a carga elétrica, que é a quantidade 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://colegiociencias.webnode.es>

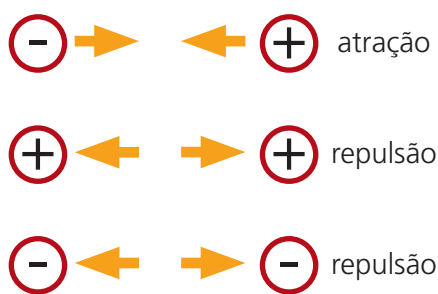


**Figura 11.2: Pilhas e baterias utilizadas em nosso cotidiano**

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.

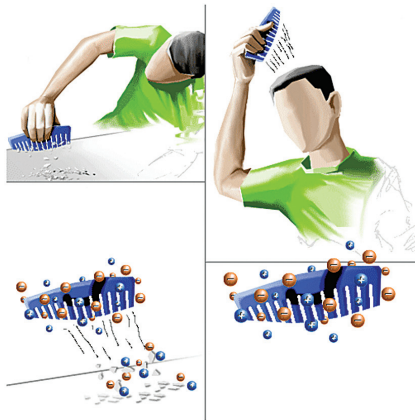
Como os átomos (e, portanto os prótons e os elétrons) estão em toda a matéria, podemos supor que toda a matéria possui eletricidade. Claro, você deve estar se perguntando: *mas por que eu não tomo um choque quando toco em uma cadeira, por exemplo?* Para nossa sorte, a maioria dos objetos que tocamos 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 deste experimento, Franklin conseguiu armazenar cargas elétricas em um dispositivo parecido com uma bateria.

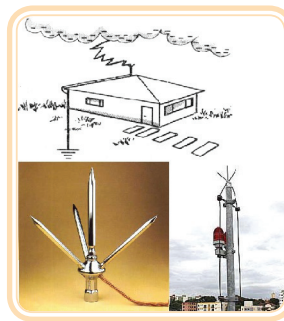
Na época de Franklin, século XVIII, outro fenômeno, conhecido como o *poder das pontas*, também foi descoberto. O poder das pontas é característico de materiais metálicos pontiagudos, que uma vez ligados a Terra são capazes de descarregar objetos eletrizados. Franklin propôs que o poder das pontas fosse 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 eletricidade 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.

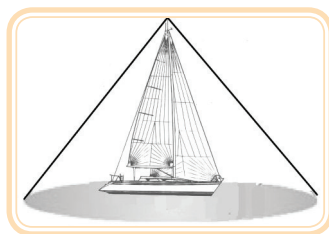


**Figura 11.6: Ilustração de uma casa protegida por um para-raios e o detalhe de pontas encontradas em para-raios.**

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 aterrados?

---

---

---

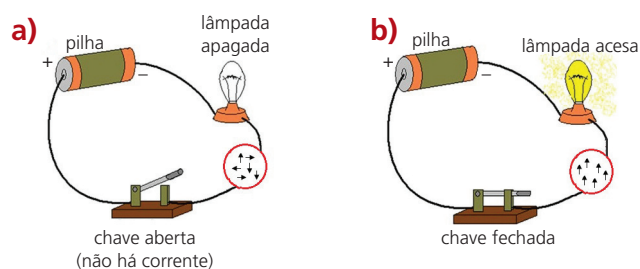
4. Complete: O pente mostrado na Figura 11.4 atrai os pequenos pedaços de papel porque suas \_\_\_\_\_ possuem sinais \_\_\_\_\_.

# 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.brasilecola.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.retimicron.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 plaqueta 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 caía 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 plaqueta 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.

### 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:

$$1W = \frac{1J}{s}$$



Se você precisa instalar uma lâmpada de 127 V, quais fios da rede devem ser ligados ao bocal? Converse com um eletricitista e discuta a resposta desta questão!

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 (**Δt**) 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.

**COPEL** Copel Distribuição S.A. José Idelfonso Ribeiro, 158 bl.C - Mossungó - Curitiba PR - CEP 81200-240  
CNPJ: 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4

www.copel.com  
0800 51 00 116

Mês de referência: [ ] Unidade Consumidora: [ ]  
VENCIMENTO: [ ] VALOR A PAGAR: [ ]

Responsabilidade da Manutenção de Iluminação Pública: Município 156

FAT.01-2012054760891-83

**Informações Técnicas** Nº Medidor: 0953240248 / TRIFASICO  
Atividade: RESIDENCIAL

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Apresentação	Próxima Leitura Prevista
05/01/2012 25044	06/02/2012 25202	32 dias 158 kWh	1	158 kWh	4,94 kWh	13/02/2012	06/03/2012

**Histórico de Consumo e Pagamento**

Mes	kWh	Dt. Pqto.	Valor
01/2012	173	08/02/2012	86,98
12/2011	190	26/12/2011	95,20
11/2011	136	28/11/2011	71,45
10/2011	243	31/10/2011	125,81
09/2011	224	09/10/2011	116,69
08/2011	227	23/08/2011	117,18
07/2011	262	26/07/2011	131,48
06/2011	209	27/06/2011	104,17
05/2011	189	26/05/2011	91,55
04/2011	156	02/05/2011	75,92
03/2011	168	25/03/2011	81,23
02/2011	196	16/02/2011	95,80

**Valores Faturados**  
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELETRICA No. 000.725.674 SERIE - B

Produto	Unid.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Calc.	Aliq. ICMS
Energia Elétrica Consumo	kWh	158	0,479873	75,82	75,82	28,00%
Total - Preço (1)				75,82		
Cont Ilumin Publica Municipio				4,38		
Total - Outros (2)				4,38		

**Indicadores de Qualidade** Ref: 122011  
Conjunto: SANTA QUITERIA

	DIC	FIC	DMIC	EUSD R\$
Realizado:	0,00	0,00	0,00	34,85
Limite Mensal:	4,59	3,17	2,52	
Limite Trimestral:	9,19	6,35		
Limite Anual:	18,38	12,70		

Tensão Contratada: 127/220 Volts  
Limite Adequado de Tensão: 118 a 133/201 a 231 Volts  
O não cumprimento dos indicadores DIC, FIC e DMIC ~~de~~ resulta em compensação financeira ao consumidor pelo concessionário no faturamento. É direito do consumidor solicitar a separação destes indicadores a qualquer tempo.

**Base de Cálculo do ICMS** 75,82  
**Valor ICMS** 21,98  
**Valor Total da Nota Fiscal** R\$ 80,20

**Composição dos Valores**  
Distribuição: 19,18  
Enc. Selo: 7,95  
Energia: 5,05  
Tratamento: 3,04  
Tributos: 25,66  
Soma Demonstrativo: 75,82

Reservado ao Fisco  
1C80.543F.3FCC.4426.79D9.2679.5653.90E1

**Aviso de Vencimento**

INCLUSO NA FATURA FISC: R\$ 0,89 e COFINS: R\$ 4,00 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.  
MANTENHA SUAS CONTAS EM DIA. EVITE MULTA DE 2% E JUROS (IGPM + 1%).  
PAGUE SUAS CONTAS EM DIA E EVITE A INCLUSÃO DE SEU NOME NO SERASA.

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:

$$P = V \times I \quad (13.2)$$

Para verificar a importância desta equação observe com atenção a questão a seguir:

Questão 3: Se ao observar a plaqueta 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:

$$P = V \times I$$

e isolando o I obtemos:

$$I = \frac{P}{V}$$



agora é só fazer os cálculos:

$$I = \frac{6600}{110} = 60\text{A}$$

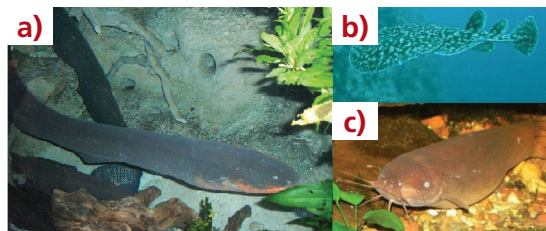
Então, o disjuntor mais indicado para o circuito do chuveiro deve ser maior que 60 A. Utilizando o mesmo valor da corrente, é possível, também, verificar o catálogo do fabricante de fios e encontrar a bitola mais indicada para a instalação. Note que, se o mesmo chuveiro for instalado em uma rede de 220 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 plaqueta 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 plaqueta?



**Figura 13.5: Plaqueta 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 em 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), pioneiro 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  $V = 12\text{ V}$  e  $I = 2\text{ A}$ :

$$R = \frac{12}{2}$$

$$R = 6\Omega.$$

Por meio da Lei de Ohm podemos encontrar as expressões para a potência dissipada em um resistor:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (14.2)$$

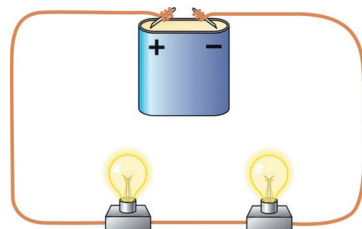
$$P = RI^2 \quad (14.3)$$

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.

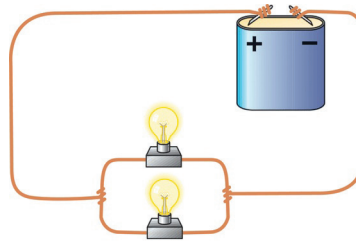
Na associação em série, representada na Figura 14.2, todo do circuito é percorrido pela mesma corrente elétrica. Se uma das lâmpadas indicadas na figura queimar todo o circuito para de funcionar.



**Figura 14.2: Circuito Série envolvendo duas lâmpadas e uma bateria**

Fonte: <http://cientificamentefalando-margarida.blogspot.com>

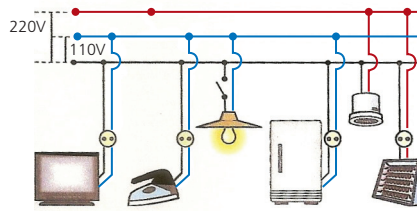
Na associação em paralelo, ilustrada na Figura 14.3, todo o circuito está submetido à mesma tensão ( $V$ ). A vantagem deste tipo de circuito é que se um dos elementos parar de funcionar todos os outros continuam funcionando. Repare, por exemplo, que as tomadas de sua casa estão todas ligadas em paralelo 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 ímã 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 ímãs 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 ímã. Os ímãs 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 ímã 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 ímã possui dois polos magnéticos inseparáveis, chamados: *Polo Norte* e *Polo Sul*. Quando dois ímãs estão próximos vale a regra de que polos iguais se repelem e polos opostos se atraem. Como a Terra, também, é um ímã, os polos de um ímã 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.



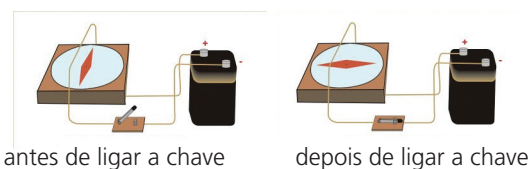
**Figura 15.3: Bússola com imã reto sobre uma agulha**

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 Orsted.**

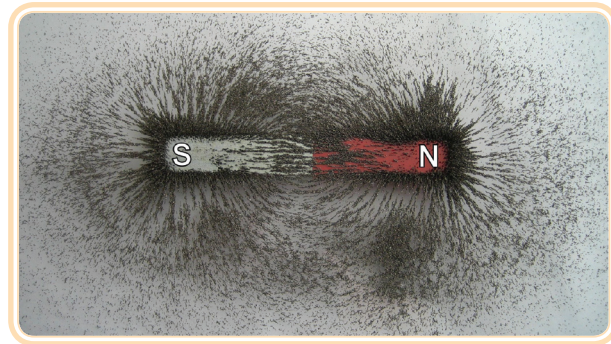
Fonte: imagem adaptada de <http://expertemfisica.blogspot.com>

## 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.



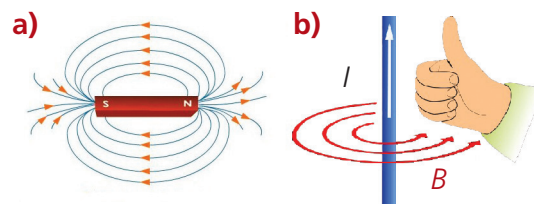
**Figura 15.5: representação das linhas de campo com limalha de ferro**

Fonte: <http://fuches.wordpress.com>

Para um ímã 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 ímã.

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://rmedea.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 ímãs, 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 ímã?

---

---

2. Quando um ímã 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 ímã aponta para o norte geográfico da Terra?

---

---



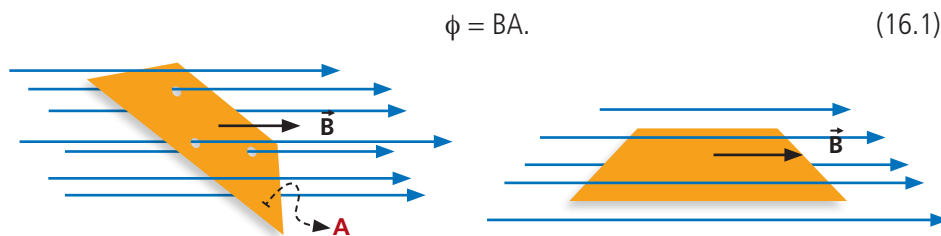
# Aula 16 – Como pode um imã gerar eletricidade?

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 (**B**) e da área da espira (**A**).



**Figura 16.1: Definição do fluxo magnético**

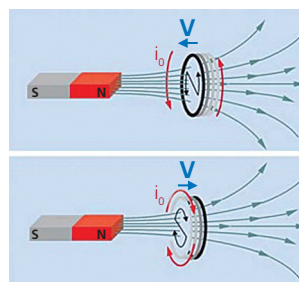
Fonte: imagem adaptada de <http://interna.coceducacao.com.br>

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 ímã de uma espira, como indica a Figura 16.2. Contudo, as consequências destes experimentos realizados por Faraday são ainda mais amplas.



**Figura 16.2: Ímã 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.brasilecola.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:

$$V = \frac{\Delta\phi}{\Delta T}.$$

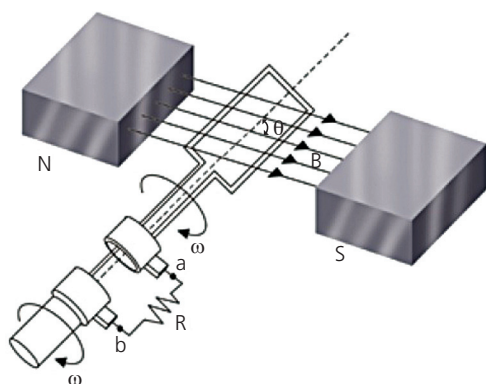
A expressão associada à Lei da Indução indica que quanto maior a variação de fluxo em função do tempo, maior será a força eletromotriz induzida. Para entendermos esta expressão, vamos analisar algumas aplicações.

## 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.



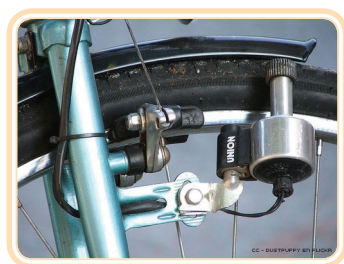
A Figura 16.3 mostra o esquema de funcionamento de um gerador de eletricidade de uma usina hidroelétrica. Tipicamente, o gerador utilizado nas usinas hidroelétricas consiste de uma parte fixa, chamada de estator, onde a corrente elétrica será gerada. Há, também, outra parte, chamada rotor, que é móvel. 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.

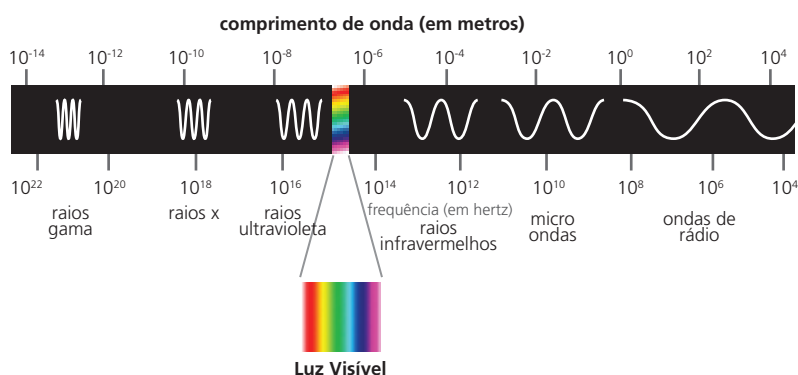


Figura 17.1: Espectro eletromagnético

Fonte: [www.brasilecola.com](http://www.brasilecola.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 lembre 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 movimentar uma corda ou quando joga uma pedrinha em um rio.

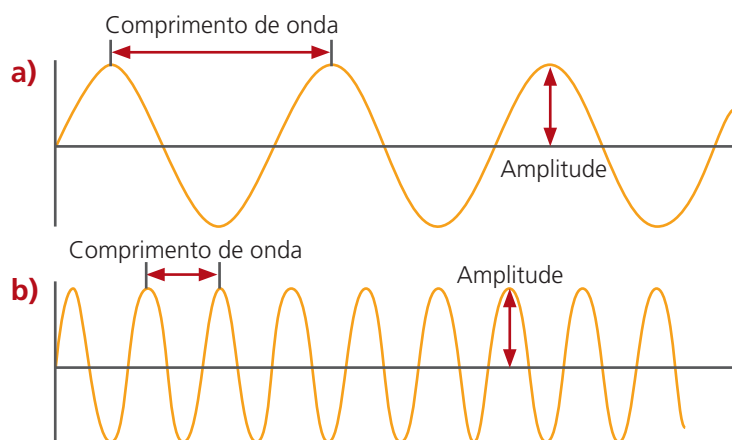


**Figura 17.2: Representação de uma onda**

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.

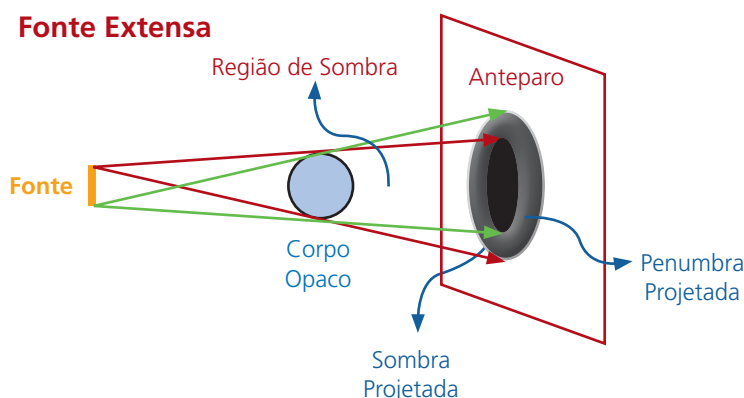


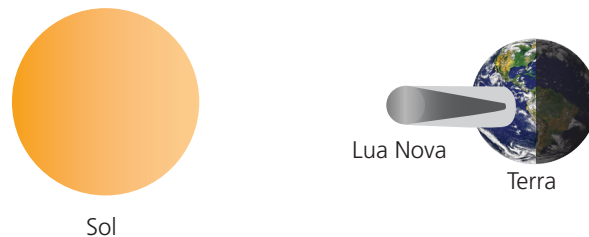
Figura 17.4: Formação de sombra e penumbra

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 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**

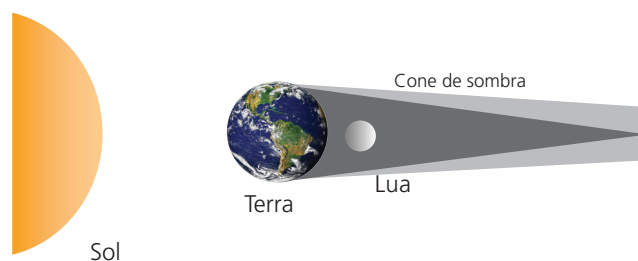
Fonte: [www.especifico.com.br](http://www.especifico.com.br)

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.

---

---

---

---



# 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

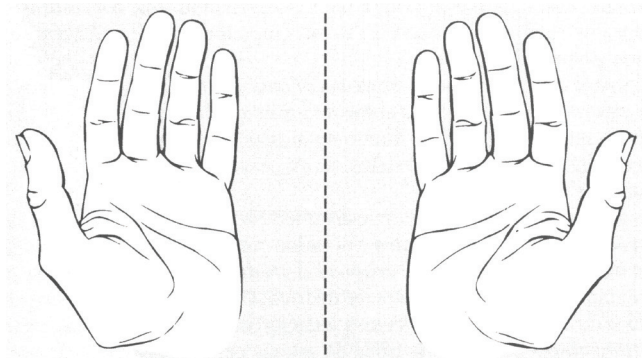
Espelhos são superfícies polidas e lisas que permitem que a luz as atinja e seja refletida. Os espelhos podem ser planos ou esféricos. A reflexão da luz ocorre quando um feixe de luz atinge uma superfície e retorna ao meio de origem, isto é, volta ao mesmo meio em que estava antes de atingir a superfície.

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.



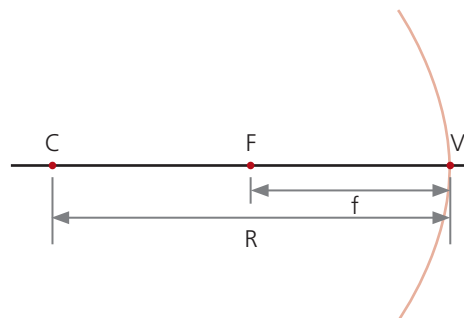
**Figura 18.1: Imagem formada por espelho plano**

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.

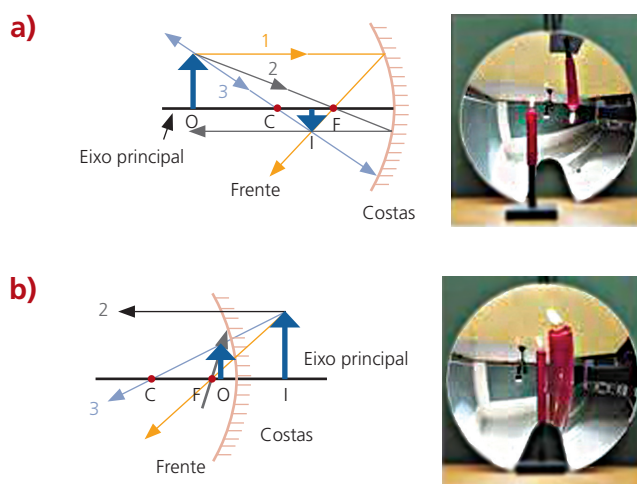
Espelhos esféricos são calotas esféricas onde uma de suas superfícies é polida. Se a superfície polida é a interna, dizemos que o espelho é côncavo. Se a superfície externa é a polida, o espelho é dito convexo.

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>

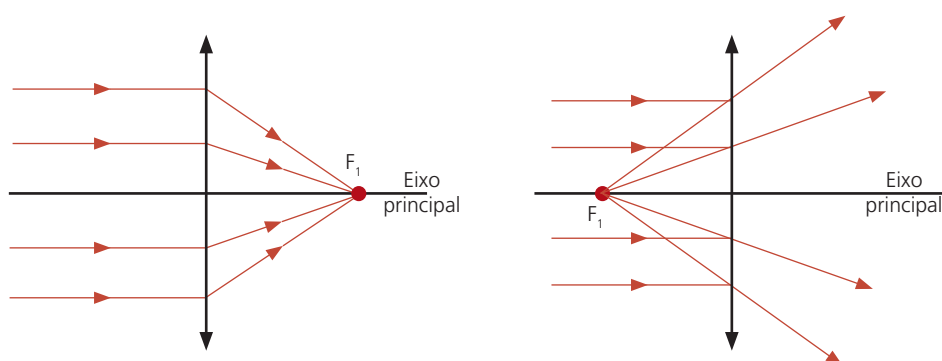


Procure em fontes variadas, onde são utilizados espelhos esféricos. Você já percebeu que os retrovisores dos carros diminuem a imagem? Descubra o porquê.

## 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.



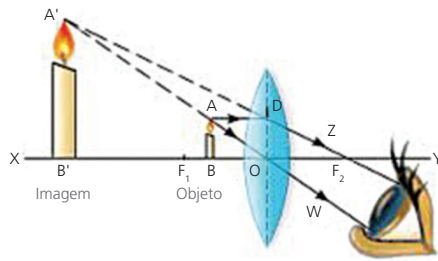
**Figura 18.4: Lente convergente e lente divergente**

Fonte: <http://tomdafisica.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.

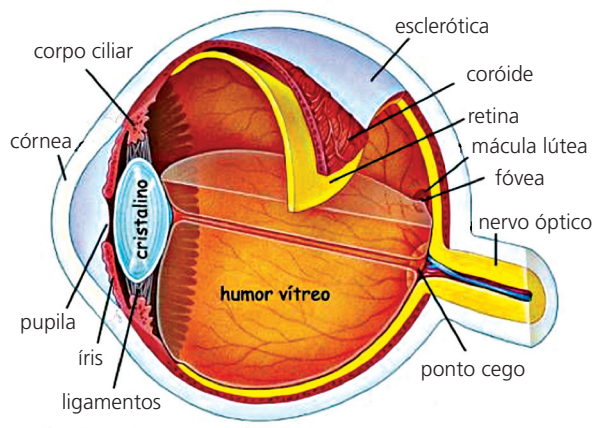
São as lentes que conseguem corrigir problemas visuais como a miopia e a hipermetropia, como veremos na próxima seção.



**Figura 18.5: Imagem virtual, direita e menor formada por lente convergente**  
 Fonte: www.geocities.ws

## 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.



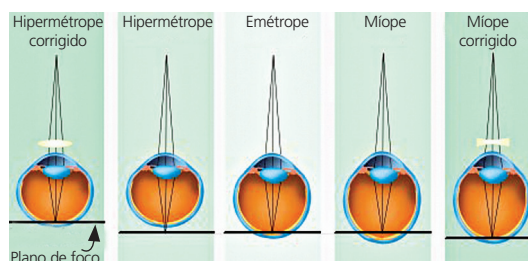
**Figura 18.6: Olho humano**  
 Fonte: www.fotosimagens.net

O cristalino do olho é uma lente, enquanto a retina se comporta como um anteparo 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.

---

---

---



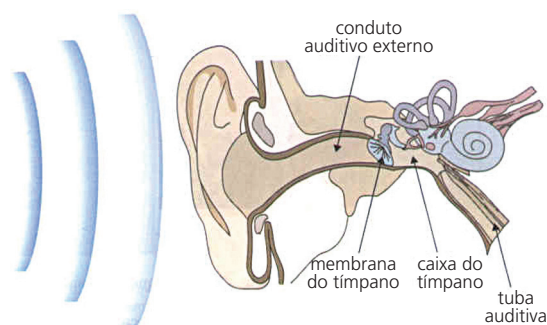
# Aula 19 – O som, as notas musicais, o falar das pessoas ou o cantar dos pássaros, o que diferencia cada tipo de som?

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.

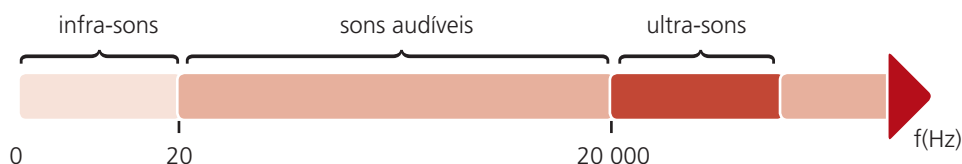
No ouvido, Figura 19.1, após passar pelo canal auditivo externo, as ondas sonoras chegam ao tímpano, uma fina membrana que passa a vibrar na mesma frequência das ondas, transmitindo ao cérebro, por impulsos elétricos, o que chamamos de som.



**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**

Meio	Velocidade (m/s)
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.

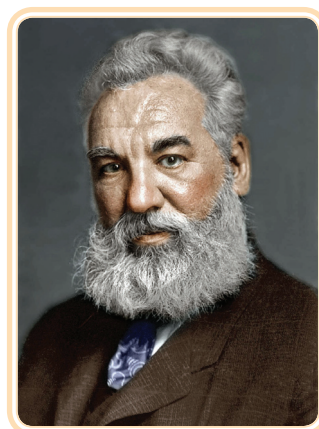
## 19.2 Intensidade

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.

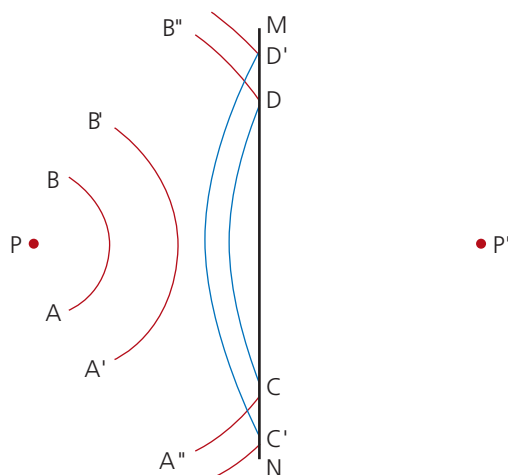


Figura 20.1: Reflexão de ondas sonoras

Fonte: <http://ww2.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://ww2.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,  $v_f$  = velocidade da fonte,  $v_o$  = 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/](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://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Angelisa/ansnafisica.blogspot.com>  
[www.interna.coceducacao.com.br](http://www.interna.coceducacao.com.br)  
[fisica.ufpr.br](http://fisica.ufpr.br)  
[www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br)  
[www.brasilecola.com](http://www.brasilecola.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://ansnafisica.blogspot.com), <http://img.terra.com.br//2010/02/03/1434276-4821-atm14.jpg> e [pixmac.com.br](http://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.respeiteidoso.blogspot.com](http://www.respeiteidoso.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.brasilecola.com](http://www.brasilecola.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://colegiociencias.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.brasile scola.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\\_o34PyBmI/AAAAAAAAAMo/QCXNQfR28X4/s1600/DISJUNTOR+01.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-7YMCTeZnfqY/Tm_o34PyBmI/AAAAAAAAAMo/QCXNQfR28X4/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.dinamicarpeus.com.br/cuidados-bateria-do-carro>, acesso em 06/03/2012.

Figura 13.4: a) Enguia 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-eletricidade/>, 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-eletrico/68-resistencia-chuveiro-modelo-corona-220v--7898018511228.html>, [http://gessner.com.br/chuveiros\\_e\\_aquecedores/resistencias/resistencia\\_lorenzetti\\_755](http://gessner.com.br/chuveiros_e_aquecedores/resistencias/resistencia_lorenzetti_755), <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-eletrico-aquecedor-de-agua-rabo-quente-1000w-western-43500/id:606890> e <http://www.fischer.com.br/loja/churrasqueira-eletrica-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://chicaobillar.blogspot.com/>, [http://www.sotofilhos.com.br/motor\\_trif%20E1sico\\_ip\\_55.htm](http://www.sotofilhos.com.br/motor_trif%20E1sico_ip_55.htm), <http://jgsferramentas.com.br/produto/?produto=909&menuFlash=4>, [http://www.google.com.br/imgres?q=guindaste+eletroima&hl=pt-BR&biw=1366&bih=591&gbv=2&tbn=isch&tbnid=PEY\\_Cfzlw18eM:&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-75CYG2tweEr9WEDA&zoom=1&iact=rc&dur=256&sig=107922600040221642423&page=1&tbnh=123&tbnw=157&start=0&ndsp=20&ved=1t:429,r:6,s:0&tx=97&ty=28](http://www.google.com.br/imgres?q=guindaste+eletroima&hl=pt-BR&biw=1366&bih=591&gbv=2&tbn=isch&tbnid=PEY_Cfzlw18eM:&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-75CYG2tweEr9WEDA&zoom=1&iact=rc&dur=256&sig=107922600040221642423&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 ímã 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: Ímã 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.brasilecola.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.brasilecola.com](http://www.brasilecola.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\\_colors-1-.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Alexander_Graham_Bell_in_colors-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  $150 \text{ cm}^3$  de ar à temperatura constante, o volume em  $\text{cm}^3$  será de:**

- a)  $75 \text{ cm}^3$
- b)  $150 \text{ cm}^3$
- c)  $300 \text{ cm}^3$
- d)  $750 \text{ cm}^3$
- e)  $1500 \text{ cm}^3$

**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.**

<b>METAL</b>	<b><math>c(\text{cal/g}^\circ\text{C})\text{s}</math></b>	<b><math>m(\text{g})</math></b>
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 ebulição.

**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?

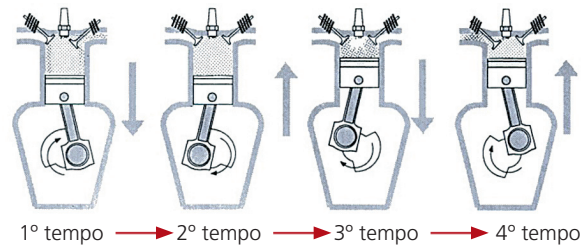
Dado: considere que as temperaturas em graus centígrados,  $T_C$ , e Kelvin,  $T_K$ , se relacionam através da expressão  $T_C = T_K - 273$ .

- 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 faísca que provoca a explosão; o virabrequim (árvore 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-

brequim 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:

- a) no tempo 1, o processo é isovolumétrico.
- b) no tempo 2, o processo é adiabático.
- c) no tempo 3, o processo é isobárico.
- d) no tempo 4, o processo é isotérmico.
- e) 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:**

- a) polos e nêutrons.
- b) polos e elétrons.
- c) 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.



# Currículos 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 - Secretária 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 eletrospray e aerospray.

