



Caro(a) aluno(a),

Com este volume, você continuará o estudo da luz, iniciado no bimestre anterior, e conhecerá outros aspectos importantes dessa forma de energia.

Inicialmente, você verá como a Física trata a luz e sua influência na cor dos objetos, considerando-se não apenas os aspectos físicos, mas também os neurofisiológicos.

Você já ouviu falar em cores primárias? Quais são elas? São as mesmas para cor-luz e cor-pigmento? A partir das cores primárias, você poderá entender como são obtidas as outras, levando-se em conta inclusive o sistema de percepção de cores no olho humano.

Além disso, aprenderá a distinguir a cor relacionada com a luz que incide sobre um material da cor relacionada ao pigmento que compõe esse mesmo material. Assim, você terá fundamentação científica para identificar até mesmo o uso adequado de fontes luminosas em ambientes do cotidiano, como sua casa, os estabelecimentos comerciais do seu bairro, entre outros.

Você vai ver também que a luz é considerada uma onda eletromagnética, um modelo que permite a associação da cor-luz com grandezas físicas relacionadas a ondas, como a amplitude, a frequência e o comprimento de onda.

Por meio do modelo eletromagnético da luz, você vai verificar que a faixa de ondas relacionadas às cores encontra-se no que chamamos de espectro visível da luz, parte constituinte de um amplo espectro chamado espectro eletromagnético.





Neste momento, você terá a oportunidade de, juntamente com seu professor, compreender como ocorrem a propagação e a detecção das ondas desse espectro eletromagnético. E, ao estudar as características físicas relacionadas às ondas — amplitude, comprimento de onda e frequência —, será capaz de situar os diferentes tipos de onda que formam esse espectro.

Outro aspecto importante será compreender o funcionamento básico de alguns equipamentos que utilizam ondas eletromagnéticas e a rápida evolução que eles tiveram ao longo do tempo, além de destacar as influências sociais, econômicas e culturais dessa evolução.

Este Caderno apresenta sugestões de atividades experimentais e investigativas, resoluções de problemas, práticas, entrevistas, pesquisas de campo e consultas a sites, livros e revistas, e certamente você contará com a orientação de seu professor para realizá-las.

Espera-se que esses conhecimentos sirvam de base para que você seja um cidadão crítico e atuante na sociedade em que vive. Procure aproveitá-los ao máximo no seu dia a dia!

Equipe Técnica de Física  
Área de Ciências da Natureza  
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP  
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo



TEMA 1:

## LUZ E COR



© Lara Venanz/Kino

A cor está de tal forma presente em nosso cotidiano e nos parece algo tão comum que nem sempre nos perguntamos o que ela é, como a notamos ou qual a importância que ela tem em nossas vidas. Presente na natureza, nas artes e em nossas predileções estéticas, a cor também nos permite distinguir os objetos.

Para entender o que são as cores, é necessário compreender o que é a luz. O que será que ela é? Como a luz é criada? Como enxergamos? Essas e outras perguntas serão respondidas ao longo de suas aulas. Com certeza, você nunca mais verá a luz como antes...



### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A CAIXA DE CORES

Olhe ao seu redor e perceba a infinidade de cores. Pense nas cores do céu durante o pôr do sol. Lembre-se das cores do seu time de futebol. É difícil imaginar um mundo sem cores, não é? Agora, olhe bem para a lousa de sua classe e responda: qual a cor da lousa? Por que ela é dessa cor?

---

---

---

Para iniciar nossas discussões a respeito das cores, responda às seguintes questões:

- Será que a cor de um objeto é uma característica permanente dele? Escreva o que você pensa sobre o assunto.

---



---

- Será que um objeto verde – um limão, por exemplo – é sempre observado como sendo verde? Explique.

---



---



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### A caixa de cores

Nesta experiência, vamos fazer observações sobre as “cores das coisas”. Individualmente ou em grupo, conforme a orientação de seu professor, construa em casa a caixa de cores descrita a seguir e traga-a para a sala de aula.

#### Materiais

- uma caixa de papelão com tampa;
- lanterna;
- papel celofane nas cores verde, vermelho e azul;
- estilete ou tesoura;
- elásticos;
- fita isolante ou fita-crepe;
- cola;
- papel-cartão preto para forrar a caixa por dentro e para fazer uma paleta de figuras;
- figuras coloridas (se possível, faça-as no computador e imprima-as, usando o modelo a seguir; como o tamanho das figuras deve ser proporcional ao tamanho da caixa, amplie-as de acordo com sua necessidade).

© Jairo de Souza Design

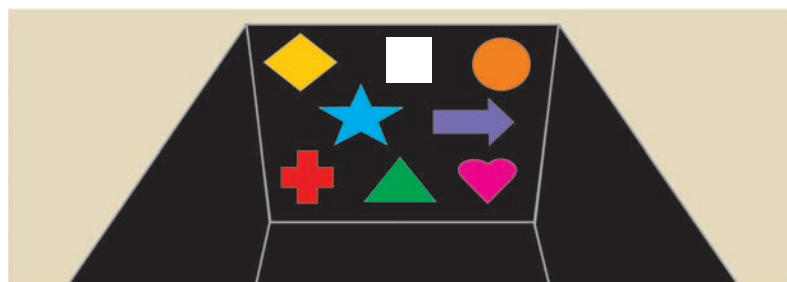


Modelo das figuras.

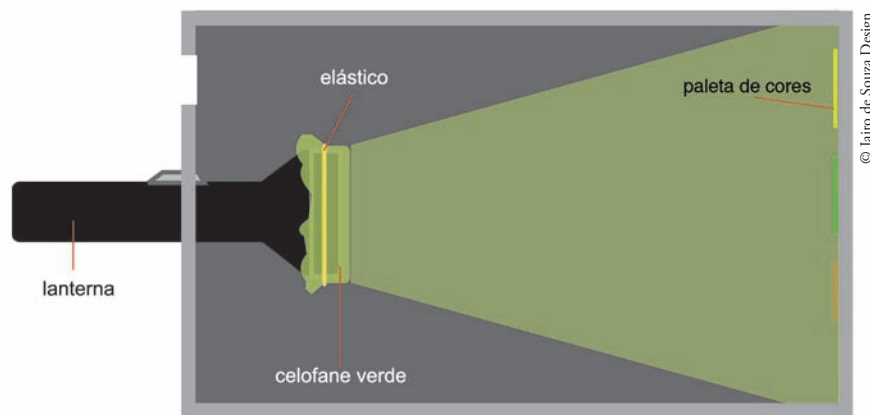
**Mãos à obra!**

1. Forre a parte interna da caixa com papel-cartão preto, inclusive a parte interna da tampa.
2. Prepare as figuras geométricas com formas e cores diferentes, como as sugeridas aqui.
3. Recorte-as com estilete ou tesoura e cole-as em uma das paredes internas da caixa, de maneira que sirvam como paleta de figuras coloridas.

**Atenção:** muito cuidado ao usar o estilete para recortar as figuras.



Parte interna da caixa com paleta de figuras coloridas.



Caixa forrada vista de cima, destacando-se a posição da lanterna.

4. Faça um furo na caixa, no lado oposto ao das figuras coloridas, e encaixe a lanterna aí (veja imagem acima).
5. Faça também um orifício logo acima da lanterna, de modo que possa olhar as figuras no interior da caixa.
6. Agora, coloque o papel celofane de determinada cor na frente da lanterna e prenda-o com um elástico. A ideia é produzir um feixe de luz colorida.
7. Para garantir que não entre luz do ambiente, após encaixar a lanterna, você deve vedar os possíveis espaços entre ela e a caixa com fita isolante ou fita-crepe.
8. Tampe a caixa. Agora, ela está pronta para observação!

Siga as orientações de seu professor e, após observar as figuras dentro da caixa, anote na ficha a seguir as cores que enxergou:

Ficha de observação da caixa de cores			
Figuras	Cores observadas na figura		
	com celofane azul	com celofane verde	com celofane vermelho
Quadrado 			
Círculo 			
Triângulo 			
Losango 			
Seta 			
Coração 			
Estrela 			
Cruz 			

© Jairo de Souza Design

Agora, responda às seguintes questões:

- a) Quando observadas à luz ambiente, as figuras são percebidas com as mesmas cores com que aparecem na primeira coluna do quadro acima. Por que, durante a atividade de observação, as figuras foram percebidas com cores diferentes?

---



---



---

- b) Ilumine as figuras com as duas outras cores de luz e verifique se suas observações são semelhantes aos resultados dos outros colegas. Qual será a cor “verdadeira” de cada figura na caixa?

---

---

---

- c) Qual será a cor de uma banana iluminada por uma luz vermelha?

---

---

- d) E qual será a cor de um papel branco iluminado por uma luz verde?

---

---



### O que é a cor?

Você acha que a cor de um objeto é uma propriedade dele mesmo, não é? Uma maçã madura é sempre vermelha, não é? Prepare-se para a resposta: não! É isso mesmo que você leu. Como veremos, a Física nos ensina a desconfiar de nossos sentidos. Não devemos acreditar em tudo que vemos... Sempre é possível questionar e tentar entender o que está por trás daquilo que olhamos. Depois de hoje, as cores nunca mais serão vistas do mesmo jeito por você.

Inicialmente, você deve entender que, para enxergarmos qualquer coisa, é necessário que haja luz. Por isso não podemos ver nada quando estamos fechados em um quarto escuro. Como a maioria dos objetos que nos cercam não emite luz visível (como cadeiras, livros, paredes e portas, roupas, você e as outras pessoas etc.), só podemos vê-los porque eles refletem a luz do ambiente em que se encontram. Essa luz refletida por esses objetos pode ser a luz do Sol, quando estão iluminados por ele, ou luz artificial, como a de uma lâmpada. Além disso, é preciso que você saiba que, quando a luz incide sobre qualquer objeto, três processos podem acontecer: reflexão, absorção e transmissão da luz.

Assim, você só está conseguindo ler este texto porque a luz do lugar onde você se encontra agora está sendo refletida por esta folha de papel. A luz “bate” na folha e a parcela que não foi absorvida pela tinta preta com a qual estas palavras foram impressas é refletida e chega a seus olhos, possibilitando que você leia e aprenda sobre as cores.

## Coloração por reflexão

Ao ver uma folha de papel sulfite na luz do Sol, nós a percebemos como branca, ou seja, aprendemos que o papel é branco, e isso nos serve de referência. Por isso, achamos que o papel sempre parecerá branco, pois ele é branco. Da mesma forma, acreditamos que uma maçã madura sempre parecerá vermelha porque ela é vermelha. Ou seja, pensamos que a cor das coisas depende apenas delas mesmas, uma característica intrínseca das coisas.

- Porém, o que acontece quando iluminamos essa folha de papel com uma luz azul ou amarela?

---

---

---

---

Ora, se essa folha é branca, ela deveria sempre parecer branca, não é mesmo? Porém, como você pode verificar, quando iluminada por uma luz amarela, em vez de continuar branca, a folha fica parecendo amarela. E parecerá azul quando a iluminarmos com uma luz azul. Por que isso acontece? Como uma folha de papel não tem luz própria, ou seja, como ela não emite luz, só a vemos porque ela reflete a luz do ambiente. Assim, se a luz que incide sobre ela é azul, ela reflete o azul e, por isso, nós a percebemos como se fosse azul, e não branca. O mesmo ocorre se a iluminarmos com luz vermelha, amarela ou de qualquer outra cor.

- Bem, e a maçã? Por que ela é vermelha quando a vemos sob a luz do Sol? Ela sempre será vermelha sob qualquer iluminação?

---

---

---

Como a maçã não emite luz, só podemos vê-la porque ela reflete a luz incidente, que nesse caso é a luz do Sol. Assim, se ela parece vermelha, é porque está refletindo a luz vermelha. Você talvez esteja se perguntando como ela está refletindo a cor vermelha se a luz solar não é vermelha. Acontece que a luz do Sol, também chamada de luz branca, é o resultado da composição de luzes de todas as cores, do vermelho ao violeta. Quando essas cores estão combinadas, resultam na sensação visual que chamamos de branco. Isso também acontece quando combinamos as luzes de cor vermelha, verde e azul, que são chamadas de cores primárias.

No caso da maçã, quando exposta à luz do Sol, ela parece vermelha, porque sua casca absorve uma grande quantidade das outras cores e reflete muito a cor vermelha. Uma folha de alface, no entanto, reflete mais a cor verde e, em menor quantidade, as demais cores.



Agora, pense e responda:

- Como a folha de alface parecerá se a iluminarmos com uma luz azul?

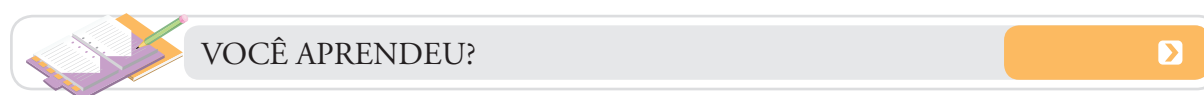
Dissemos que a alface se mostra verde à luz do Sol porque ela reflete a luz verde, que é um componente da luz branca. Bem, se essa alface está iluminada por uma luz azul, significa que essa luz deverá ser absorvida, pois a alface só é capaz de refletir a cor verde. Logo, a folha deverá parecer escura, como se fosse marrom ou preta. O mesmo aconteceria se iluminássemos a maçã com uma luz verde ou amarela. Conclusão: uma maçã madura não é vermelha, ela se mostra vermelha, pois a sensação que temos da cor depende da luz que ilumina a maçã e da luz que ela reflete.

### Coloração por transmissão

Hoje em dia, tornou-se moda o uso de óculos com lentes coloridas. Existem lentes de muitas cores: amarela, vermelha ou azul, por exemplo.

- Você já os usou alguma vez? Ao olharmos por uma lente amarela, as coisas ao nosso redor ficam todas bem amareladas. Como você explicaria isso?

A luz branca, ao incidir sobre a lente, tem refletidas algumas das cores que a compõem; uma grande porção das outras cores é absorvida e somente a cor amarela da luz branca atravessa o vidro da lente, chegando aos nossos olhos.



1. O que é a cor de um objeto?

---



---



---

2. Um objeto laranja será sempre visto com a cor laranja? Justifique.

---



---



---

3. Qual a relação entre luz e cor?

---

---

4. Quando a luz incide sobre um objeto qualquer, quais processos podem ocorrer com ela?

---

---

---

5. A cor é uma propriedade que depende apenas do objeto que está sendo observado? Justifique.

---

---

---

6. Uma caneta vermelha é vermelha ou se mostra vermelha? Justifique.

---

---

7. Como você explica o que acontece com a luz quando vemos um objeto de cor negra? Depende da luz que o ilumina?

---

---



LIÇÃO DE CASA



1. Junto com seu grupo, elabore um relatório sobre o que foi observado e os possíveis problemas encontrados. Na síntese do que foi aprendido, deve estar explícita a influência da cor da luz incidente na percepção visual de um objeto colorido, ressaltando a ideia de que sua cor não é uma propriedade intrínseca dos materiais.
2. Leia o roteiro da Situação de Aprendizagem 2 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 DECOMPONDO E MISTURANDO LUZES E CORES

O que diferencia uma luz branca de uma vermelha? E uma vermelha de uma azul? Quais são as cores do arco-íris? Por que são aquelas cores? O que as diferencia? A partir dos resultados do experimento que faremos, poderemos entender um pouco mais sobre a luz.



### ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

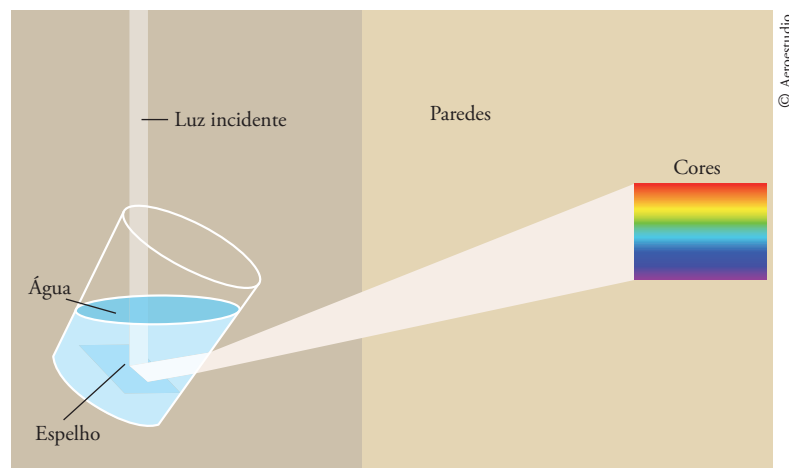
#### Decompondo a luz branca

##### Materiais

- um copo de vidro transparente liso;
- um pedaço de espelho que caiba dentro do copo;
- água;
- luz solar ou lanterna;
- cartolina branca ou folha de papel sulfite;
- lápis de cor.

##### Mãos à obra!

1. Construa um arranjo experimental como o que mostra a figura a seguir.



Dispersão da luz: esboço de esquema da montagem.

2. Faça a luz da fonte incidir perpendicularmente sobre a superfície da água e refletir no espelho. A luz refletida deve incidir sobre uma superfície lisa (parede) distante cerca de 2 metros do copo, numa região sombreada (escura, com pouca luz).
3. Mude a inclinação do espelho até obter um feixe de luz de várias cores projetado na parede.
4. Coloque o papel sulfite ou a cartolina na parede, no local onde se encontra projetado o feixe de luz, e pinte com lápis coloridos as cores do feixe.

Agora, responda:

a) Quais são as cores identificadas? Escreva os nomes das cores na ordem em que elas aparecem projetadas.

---

b) De onde apareceram essas cores?

---



---

c) Como você acha que elas surgiram?

---



---

d) O que difere uma luz colorida da outra?

---

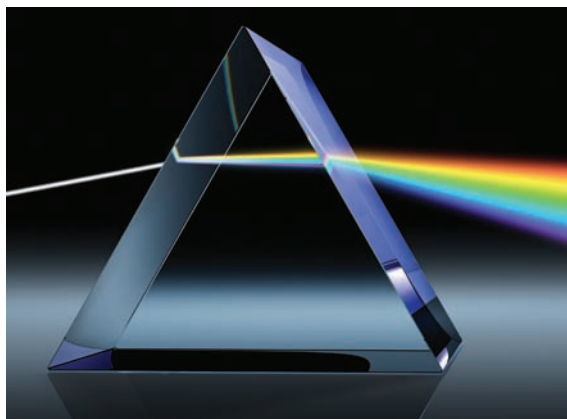


## Leitura e Análise de Texto

### Luz e cores

Guilherme Brockington

Você viu que a luz branca (ou a luz solar) é composta de outras cores, que vão do vermelho ao violeta, semelhante a um arco-íris. Por isso, ao iluminar um objeto azul com essa luz, nós o veremos azul, pois ele absorve todas as outras cores da luz branca e reflete somente a sua “porção” azul. Chamamos a luz branca de



© Matthias Kulka/Corbis-Latinstock

**policromática**, para dizer que essa luz é composta de várias cores. Já uma luz **monocromática** é aquela composta de uma única cor, como um *laser*. Com isso, podemos entender bem como a nossa percepção das cores dos objetos depende da cor da fonte de luz que os ilumina. Porém, quando dizemos que a luz é composta de várias cores, não estamos explicando o que são essas cores. Para entender isso, teremos de nos aprofundar um pouco mais na compreensão da natureza da luz.

A luz é a única coisa que realmente vemos. Nossa principal fonte natural de luz é o Sol, e também conhecemos a luz proveniente das estrelas. Convivemos diariamente com as fontes artificiais de luz, como as chamas das velas, as lâmpadas fluorescentes e a luz dos filamentos das lâmpadas incandescentes. Mas, afinal, o que é a luz? Quem é responsável por sua produção? O que são as cores “integrantes” da luz branca?

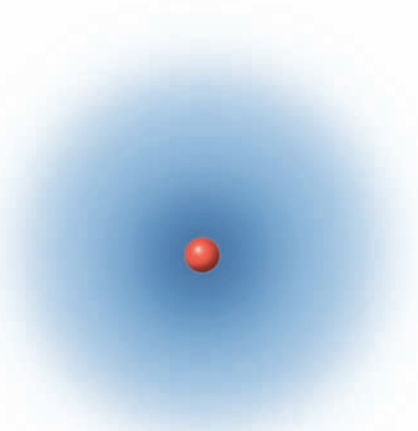
### Cargas e campos

Para compreender o que é a luz, é necessário estudar os átomos, que podem ser entendidos como os constituintes de tudo, desde as estrelas até a cadeira em que você está sentado agora. A maioria das partículas que compõem os átomos apresenta carga elétrica, que é uma propriedade que nos permite compreender todos os fenômenos elétricos, como os relâmpagos, as correntes elétricas que atravessam os fios quando acendemos uma lâmpada e até mesmo o choque que tomamos ao fechar um circuito com nosso corpo. A carga elétrica é o elemento fundamental para a compreensão da força que mantém os átomos unidos formando as moléculas. Essa propriedade da matéria explica também a luz, que possibilita a leitura deste texto, e até mesmo a formação dos impulsos nervosos que chegam ao seu cérebro neste exato momento.

Uma partícula com carga negativa repele outra com carga negativa, porém é atraída por uma de carga positiva. Por exemplo, um elétron (portador de carga negativa) repele outro elétron, mas sempre é atraído por um próton (portador de carga positiva). Assim, corpos com cargas de mesmo sinal se repelem e corpos com cargas de sinais contrários se atraem. Agora, quem “conta” a um elétron que existe um próton perto dele? Ou seja, como ele “sabe” que deve ser atraído para um lugar em que existe um próton? Toda carga elétrica tem um campo elétrico associado a ela, que pode ser pensado como uma propriedade sua. Esse campo preenche todo o espaço e representa uma zona de influência elétrica que se estende até o infinito. Um campo não pode ser dissociado de sua carga, ou seja, é impossível separar um do outro.

Assim, quando dois corpos com cargas estão em uma mesma região do espaço, eles interagem. Em nosso exemplo, o elétron (carga negativa), por estar imerso no campo elétrico do próton (carga positiva), sofre uma força de atração. O mesmo se passa com o próton, que também será atraído pelo elétron. Ou seja, é o campo quem “conta” ao elétron que naquela região existe um próton.

© Paulo Manzi



Representação de um elétron e seu campo elétrico.

Vamos falar brevemente de outro campo. Você já reparou como um ímã “sentiu” a presença de outro que se encontra distante dele? Pois é, um ímã tem um campo magnético associado a ele, de modo que a interação entre ímãs se dá por meio de seus campos. Como você verá na 3ª série, há uma profunda relação entre eletricidade e magnetismo.

Agora, o que você acha que vai acontecer quando uma partícula carregada se move: a carga vai e o campo fica para trás? Tente responder a essa pergunta.

## Ondas eletromagnéticas

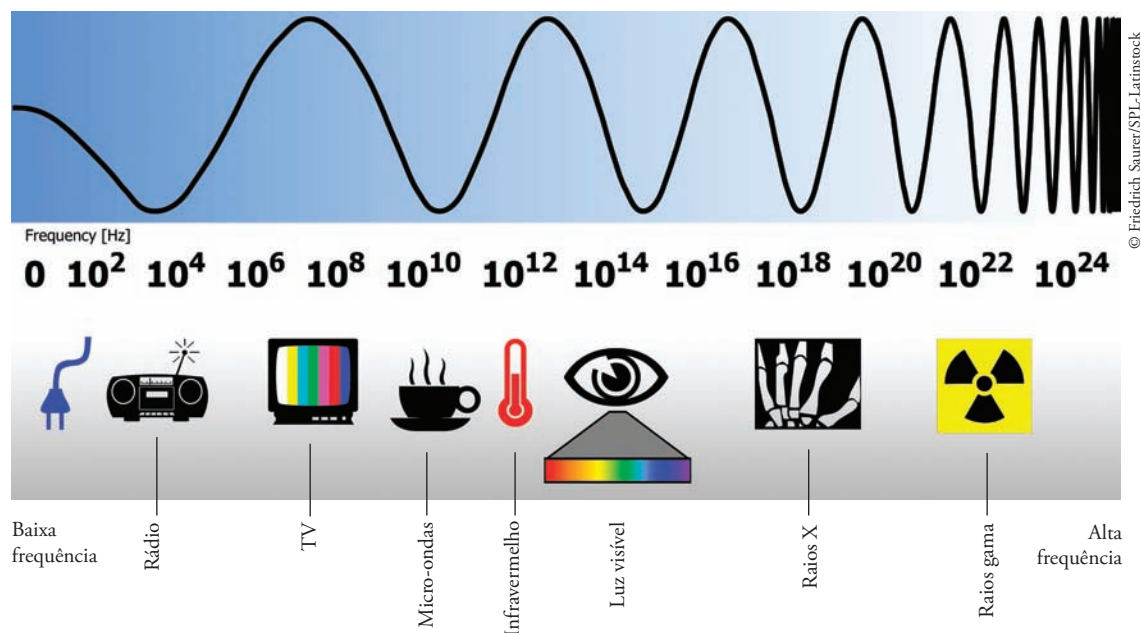
### Luz e cores: “simplesmente” ondas eletromagnéticas

No final do século XIX, foi sistematizada uma teoria – o eletromagnetismo – demonstrando que os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos são de mesma natureza. Essa teoria previu a existência das ondas eletromagnéticas e obteve uma velocidade para sua propagação: 300 mil km/s. Esta é também a velocidade da luz, igualmente uma onda eletromagnética.

Um elétron em movimento acelerado emite uma onda eletromagnética. Se um elétron mover-se para cima e para baixo, oscilando em torno de um ponto, seu campo elétrico move-se junto. Acontece que, quando um campo elétrico varia, ele gera um campo magnético. Assim, toda carga em movimento, além de gerar um campo elétrico, também cria um campo magnético. Isso ocorre porque todo campo elétrico variável cria um campo magnético e vice-versa. Com isso, uma carga, ao se mover, movimenta seu campo elétrico. Este, ao variar, gera um campo magnético variável que, por sua vez, gera um campo elétrico variável que vai gerar um campo magnético variável que vai gerar...

Ou seja, os campos elétricos e magnéticos variáveis geram um ao outro e são emitidos pela carga oscilando como uma onda eletromagnética. Essa é a “coisa” detectada, por exemplo, quando você liga um rádio ou atende a uma chamada no celular. Os elétrons do

fi, ao se moverem, emitem uma onda eletromagnética capaz de ser detectada pelo rádio e pelo aparelho telefônico. Essas ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. A imensa maioria dos equipamentos elétricos tem seu funcionamento baseado nelas. Certamente, seu corpo está sendo atravessado por milhares de ondas eletromagnéticas neste exato momento, desde as emissoras de rádio e TV até radiações de origem cósmica.



A quantidade de vezes que uma carga oscila em um segundo é o que chamamos de frequência.

Assim, se esse elétron oscilasse 100 mil vezes ( $10^5$ ) por segundo, você começaria a notar uma interferência no rádio. Ou seja, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda de rádio. Se ele aumentasse sua oscilação para  $10^{13}$  vezes por segundo, você começaria a sentir um calor emanando dele. Isso quer dizer que, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda chamada de infravermelho. Ao chegar em  $4 \times 10^{14}$  oscilações por segundo, ele emitiria luz vermelha. Ao continuar aumentando a frequência de oscilação, ele iria emitir amarelo, verde, azul e, quando se aproximasse de  $10^{15}$  vezes por segundo, ele emitiria violeta.

Assim, a frequência de vibração do elétron determina a frequência da onda eletromagnética que ele emite, determinando propriedades fundamentais dessas ondas, como a capacidade de produzir calor, de atravessar materiais, de ser captadas pelos nossos olhos etc.

A unidade utilizada para frequência é o hertz (Hz), em homenagem ao físico que gerou e detectou pela primeira vez as ondas de rádio. Um Hz corresponde a uma oscilação por segundo.

Chamamos de luz visível apenas a pequena faixa de frequências que nossos olhos são capazes de detectar (de  $4 \times 10^{14}$  Hz a  $7,5 \times 10^{14}$  Hz). A imensa maioria das ondas eletromagnéticas é invisível para nós: micro-ondas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, raios X etc.

No quadro a seguir, veja algumas ondas eletromagnéticas e o que pode detectá-las.

F (Hz)	Tipo de onda	Deteccção
$10^{19}$	Raios X	Chapa fotográfica
$10^{16}$	Ultravioleta	Chapa fotográfica
$7 \times 10^{14}$	Violeta	Olhos e chapa fotográfica
$4 \times 10^{14}$	Vermelha	Olhos e chapa fotográfica
$10^{13}$	Infravermelha	Pele e termômetro
$10^5$	Rádio	Circuito eletrônico

FIGUEIREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício. *Física, um outro lado: luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.

As cargas elétricas existentes no Sol oscilam em uma quantidade enorme de frequências, de modo que ele emite uma série de ondas eletromagnéticas diferentes, e parte da radiação emitida por ele encontra-se dentro da faixa visível aos nossos olhos.

Na tabela a seguir, temos a faixa de frequências que nossos olhos são capazes de captar. Assim, cada cor corresponde a uma onda eletromagnética com suas frequências características. O que diferencia uma cor da outra é justamente a frequência de sua onda eletromagnética. Um pouco acima do violeta, temos as ondas chamadas de ultravioleta, que nossos olhos não veem, mas nossa pele sente. É por causa do ultravioleta que nos bronzeamos. Abaixo do vermelho, temos o infravermelho, que também não podemos ver, mas percebemos sua energia pelo calor que sentimos em nossa pele.

Cor	Frequência ( $10^{14}$ Hz)	Comprimento de onda ( $10^{-9}$ m)
Violeta	6,7 a 7,5	400 a 450
Anil	6,0 a 6,7	450 a 500
Azul	5,7 a 6,0	500 a 530
Verde	5,3 a 5,7	530 a 570
Amarelo	5,0 a 5,3	570 a 590
Laranja	4,8 a 5,0	590 a 620
Vermelho	4,0 a 4,8	620 a 750

Frequência e comprimento de onda de diferentes cores.

FIGUEIREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício. *Física, um outro lado: luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.  
Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



Após a leitura do texto, responda às questões:

1. Qual a diferença entre uma luz monocromática e uma policromática?

---

---

---

2. Assinale quais das fontes de luz abaixo produzem luz policromática.

- a) Sol;
- b) *laser* vermelho;
- c) lâmpada comum;
- d) lâmpada fluorescente.

3. Qual a relação entre carga e campo elétrico?

---

---

---

---

---

4. O que é uma onda eletromagnética?

---

---

---

---

---

5. Explique com suas palavras como ocorre a dispersão da luz.

---

---

---

---



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet como o arco-íris é formado.
2. Leia o Roteiro de Experimentação a seguir e, com a orientação de seu professor, traga o material necessário para a realização das atividades.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

**Misturando as cores... de luzes**

Na experiência anterior, vimos que a luz branca do Sol ou da lanterna é composta de um conjunto contínuo de cores de luz que vai do vermelho ao violeta.

1. Será que toda luz branca é composta de infinitas cores?

---



---



---

2. Será que a luz branca de uma lâmpada de mercúrio tem a mesma composição de cores que a luz solar?

---



---



---

3. Quantas cores são necessárias para obter uma luz branca?

---



---



---



---

Vamos tentar responder a estas questões tomando por base a experiência a seguir.

**Materiais**

- três lâmpadas microicas de LED, nas cores vermelho, verde e azul;
- soquete, fio e tomada para as lâmpadas;
- parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo;
- lápis de cor.

Lâmpada microica de LED.

**Mãos à obra!**

1. Construa um arranjo experimental como descrito na figura a seguir.



Arranjo das lâmpadas.

2. Combine **duas** lâmpadas de cores diferentes (verde e vermelho) e projete em seu anteparo as luzes coloridas.
3. Faça isso de maneira que uma parte das luzes coloridas se misture.
4. Observe as regiões onde as luzes se misturaram e onde não houve superposição.
5. Desenhe em seu caderno a figura obtida no anteparo, identificando as cores das várias regiões.
6. Combine outras **duas** cores (verde e azul) e repita o procedimento do item 2.
7. Faça o mesmo com as **duas** cores restantes (vermelho e azul).
8. Projete as luzes das **três** lâmpadas coloridas, de maneira que uma parte das três luzes coloridas se misture.

9. Verifique quais são as cores obtidas com essas misturas.
10. Observe as regiões onde as **três** luzes se superpõem e onde houve superposição apenas de **duas** delas.
11. Desenhe em seu caderno a figura obtida, identificando as cores de cada uma das regiões.

Depois de analisar as várias cores projetadas no anteparo pela composição das três cores de luz, responda:

1. Que procedimento pode ser utilizado para se obter uma luz branca?

---

2. E uma luz amarela?

---

3. E uma luz cor-de-rosa?

---

4. Por que foram escolhidas essas três cores de luz (vermelho, azul e verde)? Levante hipóteses.

---



---



### Leitura e Análise de Texto

#### Soma de luzes coloridas

Guilherme Brockington

Nesta Situação de Aprendizagem, você observou o resultado das diferentes misturas das luzes: vermelho + azul = magenta; vermelho + verde = amarelo; azul + verde = ciano. Na Física, dizemos que o magenta é a cor oposta ou complementar ao verde, o amarelo é oposto/complementar ao azul e o ciano é oposto/complementar ao vermelho. Dessa forma, ao “somar” os opostos, obtemos o branco. Assim, ao misturarmos vermelho, verde e azul, obtemos o branco.



© Richard Southall/Arcaid/Corbis-Latinstock

Por isso, chamamos essas três cores-luz de cores primárias. Por meio da combinação dessas luzes, podem-se obter todas as outras.

Perceba que apenas essas três cores aparecem na tela de seu televisor! Para isso, basta olhar com uma lupa ou por meio de gotículas de água espargidas na tela. Certamente você já ouviu falar do termo RGB, por exemplo, ao trabalhar com computadores. Essa sigla corresponde a *red*, *green* e *blue*, os nomes em inglês das cores-luz primárias. A partir da mistura de diferentes porcentagens dessas três cores, obtêm-se todas as outras. Uma atividade interessante, quando se dispõe de computadores, é abrir a paleta de cores de qualquer programa de edição de imagem. Ao escolher RGB, pode-se variar a porcentagem de cada cor e ver na tela a cor resultante. Faça isso se tiver oportunidade.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, responda às questões:

1. Para obter o branco, devemos misturar luzes de quais cores?

---

---

---

2. O que é o sistema RGB de cores?

---

---

---

3. Para obter o preto, devemos misturar luzes de quais cores?

---

---

---

4. Como diferentes cores de luz são produzidas?

---

---

---

**LIÇÃO DE CASA**

1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet sobre o fenômeno da superposição e determine sua relação com o experimento realizado.
2. Leia o Roteiro de Experimentação a seguir e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.

**ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO****Misturando as cores de tintas**

Na primeira experiência, verificou-se que a luz branca do Sol é composta de cores de luz que vão do vermelho ao violeta e, na segunda, que é possível obter a luz branca com apenas a mistura das três cores-luz primárias: vermelho, azul e verde.

Será que, da mesma maneira, é possível obter uma parede branca com uma mistura de tintas que variam do vermelho ao violeta, como as cores da luz do Sol? Ou apenas misturando tintas de cores vermelha, verde e azul?

Quais são as cores das tintas dos cartuchos de uma impressora colorida? Como se obtém a impressão de uma figura preta? E de uma figura rosa? Nesta experiência, vamos identificar as cores básicas de tintas utilizadas para obter as mais variadas cores que observamos.

**Materiais**

- tinta guache de várias cores (entre elas, é preciso que haja vermelho, verde, azul, ciano, amarelo e magenta);
- pincéis;
- papel sulfite branco.

**Mãos à obra!**

1. Escolha duas cores diferentes de tinta (vermelha e azul).
2. Na folha branca, pinte dois traços cheios, de modo que uma parte da cor se misture com a outra e a outra parte não se misture.
3. Observe as regiões onde as tintas se misturaram e onde não houve superposição das cores.

4. Escreva o nome da cor da região em que houve superposição.
5. Compare com a cor da mistura das luzes vermelha e azul da experiência anterior: o resultado foi o mesmo?

---

6. Escolha outras duas cores (magenta e amarelo e, depois, amarelo e ciano) e repita o procedimento do item anterior.
7. Você já pode ter ouvido que as três cores-pigmento primárias são magenta, ciano e amarelo. Misture-as. Observe e anote a cor obtida com essa mistura.
8. Utilizando as cores magenta, ciano e amarelo, tente obter a cor verde-clara. Como você obteve essa cor?

---

9. Como são impressas as figuras coloridas em jornais, livros e revistas? Será de modo semelhante ao processo de impressão caseira com os cartuchos magenta, ciano e amarelo?

---



---



---



---

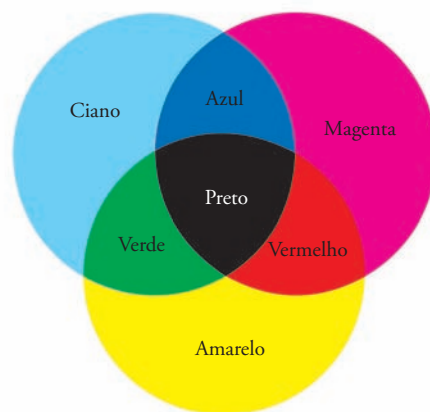


---



Misturando as cores... de tintas.

Após esta atividade, é fácil você perceber que, ao misturar três pigmentos quaisquer, não há como obter o branco. No caso dos pigmentos, as cores primárias são o ciano, o amarelo e o magenta. Por meio da mistura dessas três cores-pigmento, pode-se obter qualquer cor do espectro. Assim, ciano + magenta = azul; ciano + amarelo = verde; amarelo + magenta = vermelho. Diferentemente da mistura de luzes, quando se misturam as três cores-pigmento, obtém-se um tom escuro, quase preto. A combinação de diferentes porcentagens de cada pigmento forma as mais variadas cores.



Mistura de tintas coloridas.

### Mistura de pigmentos

Os pigmentos são constituídos por partículas capazes de absorver cores específicas. Assim, uma superfície pintada por uma tinta qualquer, quando iluminada por uma luz branca, absorve uma série de frequências e reflete outras. Por exemplo, determinado pigmento absorve bem na faixa do vermelho, do amarelo e do verde. Logo, quando a luz branca incide sobre ele, o pigmento absorve essas cores e reflete o restante (basicamente na faixa do azul e do violeta). E o que acontece? Quando a luz branca perde esses componentes, nós a percebemos azul. Por isso, esse processo é chamado de subtrativo, visto que algumas frequências são “subtraídas” da luz incidente.

Agora, responda:

1. Para obter o preto, devemos misturar quais cores de tinta?

---

---

2. Para obter o branco, devemos misturar quais cores de tinta?

---

---

3. Como diferentes cores são produzidas?

---

---



VOCÊ APRENDEU?



1. O que é a luz?

---

---

2. Por que ocorre a dispersão? Qual a relação entre dispersão e refração da luz?

---

---



3. O que diferencia uma luz branca de uma vermelha? E o que diferencia uma luz monocromática azul de uma luz monocromática vermelha? Justifique.

---

---

---

---

---

4. O que é a superposição da luz? Quando juntamos todas as cores de luz, obtemos qual cor? Justifique.

---

---

---

---

5. Quando juntamos todas as cores de pigmento, qual cor obtemos? Qual a diferença entre a cor de luz e a cor de pigmento? Justifique.

---

---

---

---

6. Na final do campeonato mundial interempresas, enfrentaram-se os alemães da Beig Co. e os ingleses da Brockington Ltd. A primeira equipe utilizava camisa branca com listras pretas, bermuda preta e meias brancas; já a segunda equipe utilizava camisa vermelha com listras pretas, bermuda preta e meias vermelhas. Que cor de luz monocromática deve ser utilizada para que os uniformes sejam vistos com a mesma cor? Justifique.

---

---

---

---



## LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet: o que significa a sigla LED? O que é um LED? Como funciona?
2. Leia o Roteiro de Experimentação a seguir e traga na próxima aula o material solicitado pelo professor, necessário para a realização das atividades.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3  
SOMBRA DE VÁRIAS CORES

Como percebemos as cores? Será possível enxergar uma cor quando nenhuma fonte de luz a tenha emitido? Você vai fazer um experimento simples, porém extremamente interessante. A explicação para o que acontece o deixará surpreso, revelando que as cores são muito mais complexas do que tinha imaginado...



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

**Sombras coloridas****Materiais**

- três lâmpadas de LED, nas cores vermelho, verde e azul;
- soquete, fio e tomada para as lâmpadas;
- parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo;
- lápis de cor.

**Mãos à obra!**

1. Disponha as três lâmpadas de modo que projetem na parede partes que se superpõem e partes que não se misturam.
2. Agora, coloque um objeto na frente das lâmpadas. Pode ser a sua própria mão.
3. Vá mudando de posição e observando as cores que se formam no anteparo.

4. Em seguida, avalie a cor da sombra para as seguintes situações:
- com as três lâmpadas iluminando o objeto;
  - apenas com a lâmpada azul, apenas com a lâmpada verde, apenas com a lâmpada vermelha;
  - com uma das três lâmpadas encoberta.

No experimento que você realizou sobre as sombras coloridas foi possível enxergar uma sombra amarela. Entretanto, só havia lâmpadas nas cores vermelha, verde e azul. Então, tente responder à seguinte questão:

- Como surge o amarelo no experimento das sombras coloridas?
- 
- 



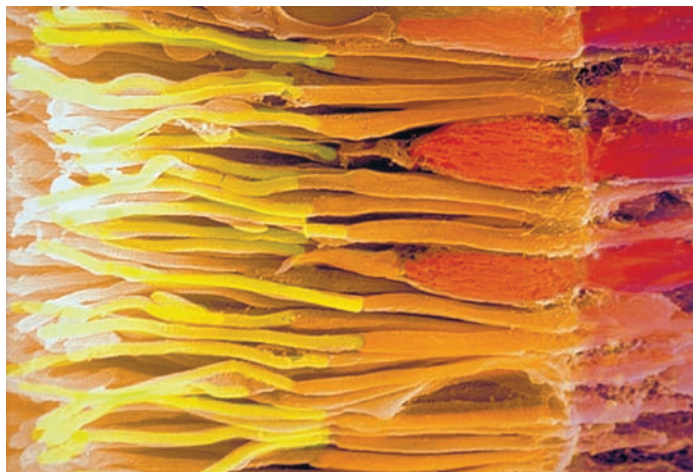
### Leitura e Análise de Texto

#### A luz em nossos olhos

Guilherme Brockington

Para responder à questão anterior, será preciso discutir o processo de percepção das cores pelo cérebro. Ou seja, é preciso compreender o que ocorre para que seja possível “ver” uma luz de cor amarela quando não há uma lâmpada amarela iluminando o objeto. Essa simples experiência revela que a cor é o resultado da luz enviada pelos corpos somada à percepção e à decodificação realizadas pelos nossos olhos e cérebro.

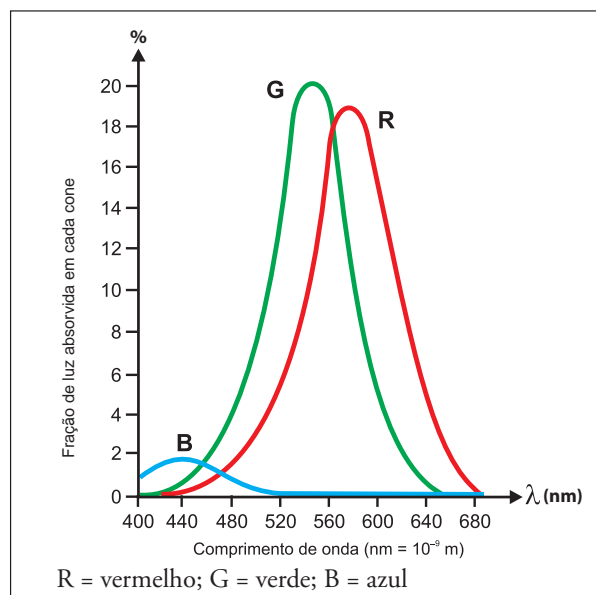
Em nossos olhos, especificamente na retina, há células sensíveis à luz, os cones e os bastonetes. Elas contêm substâncias que, iluminadas, modificam-se, gerando impulsos nervosos que chegam ao cérebro por uma série de fibras nervosas. No cérebro, esses impulsos são interpretados, constituindo as imagens. Os cones diferenciam luzes coloridas, enquanto os bastonetes são ativados com baixas intensidades luminosas, estando assim associados à discriminação de luminosidade.



Cones e bastonetes encontrados na retina (imagem colorizada artificialmente e ampliada cerca de 17 200 vezes).

© Ralph C. Eagle, Jr./Photoresearchers-Latinstock

dade. Durante muito tempo pensou-se que cada receptor celular era sensível exclusivamente a uma única cor. Porém, os estudos de Thomas Young (cientista inglês dos séculos XVIII e XIX) e de Hermann Helmholtz (cientista alemão do século XIX) mostraram que esses receptores têm sensibilidade variável, com sua sensibilidade máxima em uma de três cores (vermelho, verde e azul). Os cones diferenciam-se pela sensibilidade à luz visível, de acordo com o gráfico a seguir:



Curva de sensibilidade de cones.

Fonte: BERTULANI, A.C. *Projeto Ensino de Física à Distância*. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>>. Acesso em: 1 jun. 2010.

O gráfico *Curva de sensibilidade de cones* mostra que existem três tipos de cone, cada um sensível a uma faixa de comprimento de onda (ou frequência). Para entendê-lo, será preciso que preste atenção nas grandezas envolvidas na sensibilidade dos cones. O eixo vertical apresenta a fração de luz absorvida em cada cone. Note a pouca eficiência do cone azul em relação aos outros dois. Já no eixo horizontal, tem-se o comprimento de onda da luz, medido em nanômetros ( $10^{-9}$  m). Perceba que esses cones respondem a uma faixa de comprimentos de onda, contudo têm picos de absorção. Assim, por exemplo, um cone azul responde à faixa que vai de 400 nm a 520 nm, apresentando um máximo de absorção em torno de 440 nm. Já o cone verde absorve do azul ao vermelho, mas com máxima absorção (0,20) em torno de 560 nm. O cone vermelho absorve de 420 nm a 680 nm, apresentando um pico de absorção por volta de 580 nm.

Então, como surge o amarelo na atividade das sombras coloridas? Além de não haver no experimento uma fonte de luz amarela, não há também uma célula especializada em reconhecer o amarelo! Para explicar tal fato, é preciso considerar que, quando dois dos receptores (vermelho e verde) são sensibilizados juntos, o nosso cérebro traduz essa informação como a cor amarela. O cérebro capta a informação e a decodifica, interpretando-a como um objeto amarelo. Ou seja, o olho está na verdade recebendo ondas eletromagnéticas com frequências na faixa do vermelho ( $4,5 \times 10^{14}$  Hz) e na faixa do verde ( $5,5 \times 10^{14}$  Hz). Contudo, os cones são excitados de maneira que o cérebro interpreta esse sinal como o de uma

luz amarela. Isso significa que o cérebro não consegue distinguir uma fonte pura amarela de duas fontes, uma vermelha e outra verde, chegando ao mesmo tempo.

Assim, perceba que as cores são sempre o resultado da interpretação feita pelo cérebro de informações provenientes dos três grupos de cones. Talvez aqui esteja a parte mais interessante de tudo isso: trata-se de um processo neurofisiológico. Ou seja, as cores, de certa maneira, só existem em nosso cérebro, por mais estranho que isso pareça.

Isso significa que, ao se tratar da percepção das cores, o cérebro tem um papel importantíssimo em tudo que vemos. É preciso deixar claro que a percepção das cores depende, então, de propriedades dos objetos e da luz que incide sobre eles, bem como das características de funcionamento de nossos olhos, de nosso sistema nervoso e de nosso cérebro. Ou seja, a vida tem a cor que a gente pinta!

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, responda às questões:

1. O que são cones e bastonetes e qual a sua função?

---



---



---

2. Do que depende a nossa percepção das cores? Justifique.

---



---



---

3. Explique etapa por etapa como enxergamos as cores.

---



---



---



---

4. O que é cor? Justifique.

---



---



## LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet: o que é a discromatopsia? Qual seu nome popular? Como funciona a visão de alguém que possui esse distúrbio?
2. Leia as situações-problema da Situação de Aprendizagem 4 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4  
QUAL LÂMPADA SE USA?

A iluminação é muito importante em um estabelecimento comercial, tornando-se muitas vezes um dos fatores para o sucesso do negócio. Como a luz pode influenciar na venda de um produto? Cite algumas situações vivenciadas por você ou por uma pessoa conhecida em que isso ocorreu.

---



---



---



---



© Maryn F. Chillmaid/SPL-Latinstock

Pense na seguinte situação: você comprou determinada peça de roupa e, quando chegou em casa, percebeu que a cor estava diferente, não tão bonita como na loja. O mesmo pode ocorrer quando se compram verduras no supermercado. Ao chegar em casa, muitas vezes elas não estão verdinhas como quando foram compradas. Para compreender como a iluminação é determinante para o ambiente, podendo valorizar os produtos e suas cores, são apresentadas duas situações-problema para você analisar.

**Qual lâmpada se usa?**

**Situação-problema 1** – Um comerciante deseja realçar o vermelho dos tomates, o amarelo da manteiga e o verde da alface em suas vitrines. Que tipo de lâmpada seria mais indicada para cada caso?

---



---

**Situação-problema 2** – Você compra uma roupa de cor verde-mar (verde-azulado), sua cor preferida, mas ao chegar em casa verifica que ela mudou de cor: agora se parece com outro tom de verde. O que pode ter ocorrido?

---



---



---

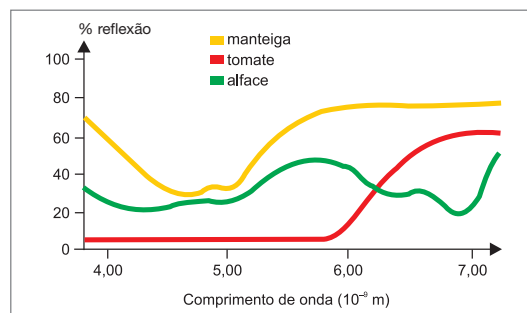


---

Abaixo, você verá duas figuras. Uma delas contém as curvas de reflexão dos alimentos da primeira situação-problema; a outra apresenta a curva de reflexão do tecido da segunda situação-problema.

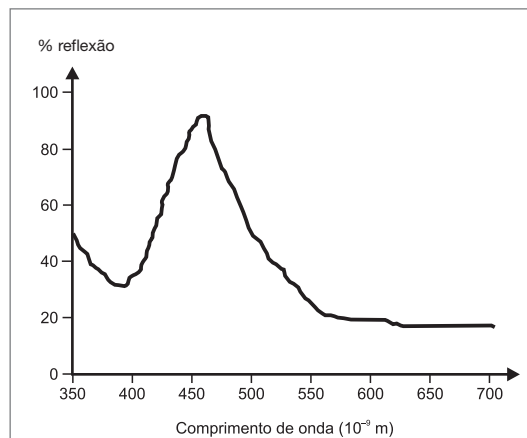
Utilizando as curvas de reflexão e os gráficos que mostram as curvas de emissão de luz das diferentes lâmpadas, analise os tipos de lâmpada que devem ser empregados em cada uma das situações: para realçar a cor dos alimentos e na loja que vendeu a roupa.

**Mãos à obra!**



Curvas de reflexão da manteiga, do tomate e da alface.

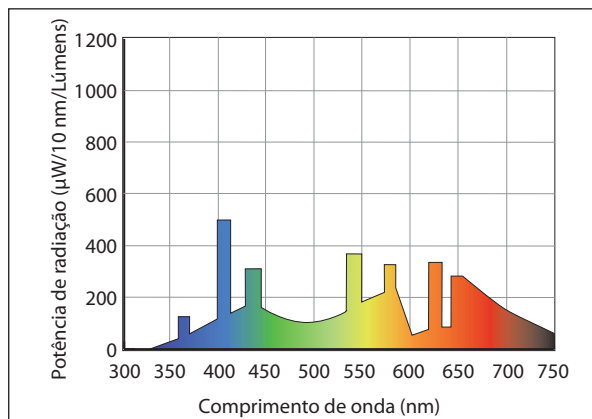
FIGUEIREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício.  
*Física, um outro lado: luz e cores.* São Paulo: FTD, 2000.



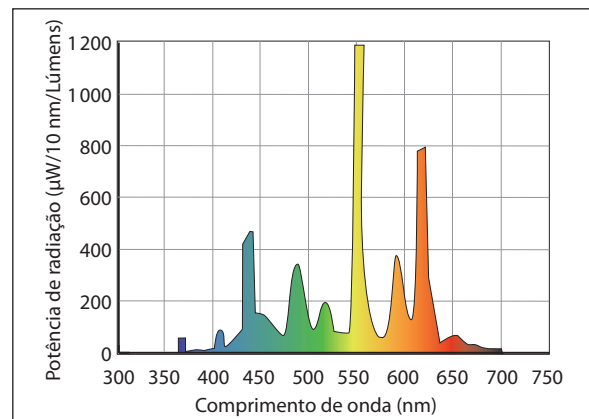
Curva de reflexão de determinado tecido.

## Especificações técnicas das lâmpadas

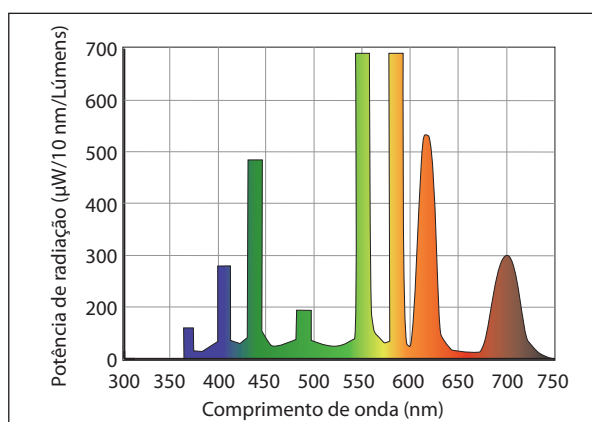
Nos gráficos a seguir você encontrará a curva espectral de seis diferentes lâmpadas.



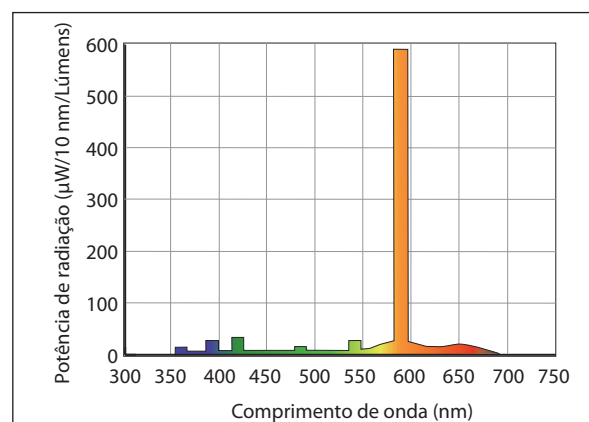
Lâmpada 1.



Lâmpada 2.

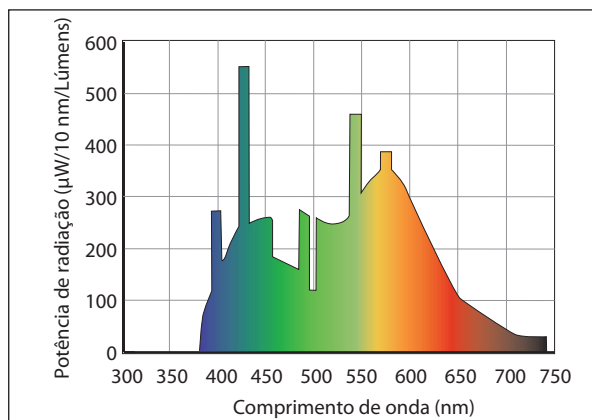


Lâmpada 3.

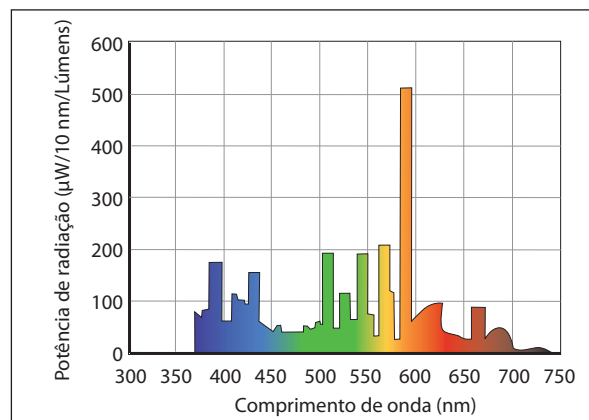


Lâmpada 4.

Gráficos: © Aeroestúdio



Lâmpada 5.



Lâmpada 6.





Depois de feita a análise, elabore um texto sobre as soluções de cada uma das situações-problema apresentadas, justificando-as.

É necessário que você apresente os detalhes técnicos e o conhecimento teórico que utilizou para decidir quais lâmpadas deverão ser usadas na situação-problema 1 e na hipótese sobre a situação-problema 2.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





Lined area for text entry with multiple horizontal lines.





VOCÊ APRENDEU?



1. Qual a relação entre as cores primárias e a percepção humana das cores? Por que essa relação é importante na escolha das lâmpadas em um projeto de iluminação?

---

---

---

2. Quais critérios devem ser levados em conta na escolha da lâmpada em um projeto de iluminação? Justifique.

---

---

---

3. Qual a relação entre o padrão de emissão das fontes de iluminação e a cor dos objetos? Justifique.

---

---

---

4. Você acredita que existe algum aspecto ético a ser levado em conta no que se refere à iluminação de produtos? Discuta como poderia ser conduzida a defesa do consumidor.

---

---



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet os fenômenos de interferência e sobreposição e determine sua relação com o experimento realizado.
2. Leia os Roteiros de Experimentação da Situação de Aprendizagem 5 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.

TEMA 2:

## ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E TRANSMISSÕES ELETROMAGNÉTICAS



Telescópio espacial em órbita.

As ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. Como visto nas aulas anteriores, enxergamos o mundo por meio de algumas dessas ondas, a luz. Além disso, a maioria dos equipamentos elétricos que nos cercam tem seu funcionamento baseado na existência dessas ondas. Qualquer aparelho sem fio só pode transmitir energia e informação por meio de ondas eletromagnéticas. Dessa forma funcionam os telefones celulares, os satélites de comunicação, as rádios etc. Neste tema, iremos aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas, compreendendo sua propagação e sua detecção.



### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 FAZENDO ONDA... BLOQUEANDO ONDA

Nas Situações de Aprendizagem anteriores foi comum o uso do termo “luz visível”. Por que a luz ganha esse nome? Será que existe luz invisível? Como você já aprendeu, a luz é uma onda eletromagnética. Será que existem ondas que não são percebidas por nós? O que são elas? O que elas podem fazer? Para responder a essas e outras perguntas, você deverá realizar o experimento aqui descrito.



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### Fazendo onda

#### Materiais

- uma moeda;
- bateria de 9 V;
- rádio AM.

#### Mãos à obra!

1. Ligue o rádio e coloque-o em uma “estação vazia”, ou seja, não sintonize nenhuma frequência ocupada por alguma estação. Você deverá ouvir o chiado típico dessa situação.
2. Aproxime-se do rádio e apenas encoste a moeda nos terminais da bateria, “fechando o circuito”.
3. Note que, ao fazer isso, é possível ouvir no rádio um pequeno estalo. Você acaba de produzir uma onda eletromagnética.
4. Repita essa operação inúmeras vezes.
5. Preste atenção e verifique se ocorre também um pequeno estalo quando a moeda é separada da pilha, isto é, quando se “abre o circuito”.
6. Outra possibilidade é aproximar o rádio de um interruptor quando a luz ambiente está sendo acesa ou apagada, notando o ruído que isso provoca no rádio.



Fazendo onda: bateria de 9V e moeda.

Agora, responda:

1. Por que o rádio deu um pequeno estalo? Por que ocorre o estalo quando fechamos e abrimos o circuito?

---



---



---

2. Onde e como se formou a onda eletromagnética?

---



---



---

3. Identifique situações em que você produz ondas eletromagnéticas. Elabore, em seu caderno, um pequeno texto explicando como cada uma dessas ondas é produzida no seu dia a dia.



### Geração e propagação de uma onda eletromagnética

Você acha que o experimento que acaba de fazer tem alguma relação com os mais modernos celulares? Ainda que extremamente simples, a experiência revela o princípio de funcionamento dos mais avançados aparelhos eletrônicos, como celulares ou roteadores para internet *wi-fi*.

Você viu que, quando qualquer partícula carregada se move, seu campo a acompanha, pois ele não pode ser separado de sua carga. Assim, ao se moverem, os elétrons presentes nos fios produzem “algo” que pode interferir no rádio. Ou seja, ao ser acelerados, os elétrons emitem “alguma coisa” que sai do sistema pilha-moeda e, ainda que não vejamos, pode ser captada pelo rádio AM.

Isso ocorre porque uma partícula com carga, quando acelerada, emite uma onda eletromagnética. Por isso, é necessário encostar a moeda nos dois terminais, a fim de fechar o circuito, causando assim um movimento de cargas elétricas no interior da bateria e, conseqüentemente, a geração e a propagação de uma onda eletromagnética no espaço. O mesmo ocorre quando o circuito é interrompido, visto que agora há uma desaceleração das cargas elétricas. Cabe à antena dos aparelhos fazer a emissão e a captação dessas ondas (repare que no caso deste experimento a antena do rádio só recebe a onda gerada pelo curto-circuito na bateria). Então, perceba que vivemos imersos em um mundo repleto de ondas eletromagnéticas que nem sempre somos capazes de perceber.

Assim, além das transmissões de rádio e TV e das transmissões telefônicas, cada vez que você liga ou desliga um aparelho elétrico um pulso de onda eletromagnética é gerado. Você já deve ter percebido isso, por exemplo, quando está ao telefone e ele se encontra bem próximo de um liquidificador. Facilmente pode-se ouvir um “estalo” quando o eletrodoméstico é ligado ou desligado, algo semelhante ao que você ouviu no rádio ao fechar o curto-circuito na bateria.



© Owaki-Kulla/Corbis-Latinstock



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### Bloqueando onda...

Vimos que uma onda eletromagnética sai de um sistema (bateria) e chega a outro (rádio). Será que, de alguma forma, podemos interferir nessa transmissão, bloqueando sua captação? Como isso é possível? Para responder a essas e outras perguntas, você deverá realizar o experimento descrito a seguir.

#### Materiais

- dois telefones celulares;
- papel-alumínio (pode ser uma marmitta de metal);
- radinho de pilha.

Celular envolto em papel-alumínio.



© Fernando Favoretto

#### Mãos à obra!

1. Com a permissão de seu professor, ligue para o celular de algum amigo de sua classe. É preciso que todos ouçam a chamada claramente. Por que é exatamente o telefone dele que toca, e não outro?

---

2. Em seguida, enrole o celular de seu amigo no papel-alumínio e ligue novamente para ele. Descreva o que aconteceu. Levante hipóteses que expliquem o fenômeno.

---



---

3. Agora, sintonize uma estação no radinho de pilha. A seguir, cubra-o com papel-alumínio. Observe e responda o que aconteceu. Você viu que tanto o celular como o rádio “não funcionam” quando embrulhados no papel-alumínio. Os dois aparelhos são idênticos? Quais são suas semelhanças e diferenças?

---



---

4. Em quais situações do dia a dia você observa fenômenos semelhantes a esses, ou seja, bloqueios acidentais e bloqueios intencionais à recepção de sinais?

---



---

5. Para sistematizar o que foi aprendido, redija em seu caderno um pequeno texto explicando como se dá a produção e a captação de ondas eletromagnéticas nos seguintes casos:
- na transmissão do “estalo” entre a bateria e o rádio, como feito no experimento 1;
  - na transmissão de uma música entre a estação de rádio e o seu aparelho.
- Além disso, explique, com suas palavras, o que ocorre quando se bloqueia a recepção de uma onda eletromagnética.



## Leitura e Análise de Texto

### Gaiola de Faraday

Guilherme Brockington

Para entender como ocorre o bloqueio das ondas eletromagnéticas, observado nas experiências anteriores, você precisará compreender um aparato chamado “Gaiola de Faraday”. O funcionamento dessa gaiola está fundamentado em um fenômeno eletromagnético que ocorre em qualquer superfície condutora fechada. O princípio fundamental é que os elétrons que constituem um material condutor, ao captar uma onda eletromagnética, interagem com esta e passam a gerar uma nova configuração de seus campos eletromagnéticos. Isso acaba por minimizar ou mesmo anular a onda que fluiria pelo metal. Dessa forma, uma superfície condutora funciona como uma blindagem às ondas eletromagnéticas. Por isso, a experiência funciona com papel-alumínio, mas não com plástico, por exemplo. A eficiência dessa blindagem depende do comprimento de onda da onda eletromagnética. Os campos elétricos e magnéticos serão estudados de maneira aprofundada no próximo ano. Por ora, você pode entender que os elétrons da superfície do papel-alumínio passam a oscilar pela ação da onda eletromagnética de maneira tal que reemitem uma parte e absorvem outra. Assim, nada é transmitido através da superfície.



Gaiola de Faraday.

© Peter Terren/www.tesladownload.com

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.



1. O que acontece com o campo elétrico quando a carga se movimenta?

---

---

2. Como uma onda eletromagnética é produzida?

---

---

3. Qual é a relação entre a luz e as ondas eletromagnéticas? Explique.

---

---

4. O que é a Gaiola de Faraday? Como ela funciona?

---

---

5. Qual a relação entre a Gaiola de Faraday e a transmissão de uma onda eletromagnética?

---

---

6. O que acontece se você substituir o papel-alumínio por papel comum ou por celofane transparente?

---

7. E se você envolver o controle remoto da TV em papel comum ou em celofane transparente?

---



#### LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca da escola ou na internet sobre os tipos de sistemas de para-raios existentes e responda às questões: algum desses sistemas apresenta relação com o que aprendemos sobre o que ocorre na Gaiola de Faraday? Explique.

Por que um dos lugares mais seguros para estar durante uma tempestade com raios é dentro de um carro?

2. Leia e realize as pesquisas necessárias para cumprir o roteiro da Situação de Aprendizagem 6.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

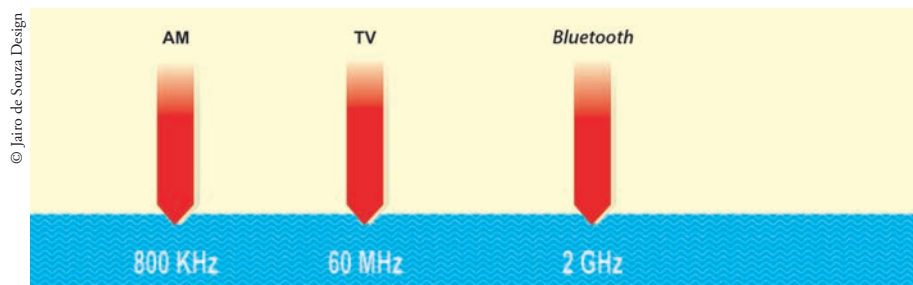
Hoje em dia, transmitimos facilmente músicas, fotos, vídeos e até conversas de um canto a outro do mundo por meio das ondas eletromagnéticas. Embora não sejamos capazes de enxergar essas ondas, toda a tecnologia atual faz uso das “redes sem fio”, que têm seu funcionamento baseado nessas ondas invisíveis. No Caderno do volume anterior, vimos que a luz é uma onda eletromagnética. Então, o que difere um celular de uma lanterna? E de um rádio? Por que será que podemos mudar o canal de uma TV usando um controle remoto, mas não podemos usar uma lanterna para isso? Ou seja, o que essas ondas têm de semelhante e o que têm de diferente? Para responder a essas perguntas, inicialmente você deverá fazer uma pesquisa para a realização da atividade a seguir.



© Bryan Allen/Corbis-Latinstock

### O espectro eletromagnético

1. Liste 15 aparelhos presentes no dia a dia que dependem das ondas eletromagnéticas para funcionar.
2. Encontre a faixa de frequência de funcionamento desses aparelhos.
3. Organize em uma “linha de frequências” os aparelhos pesquisados e suas respectivas frequências de operação, conforme o exemplo.



Linha de frequências.

4. Enumere os tipos de controle remoto que conhece ou utiliza, como de TV, porta de garagem e chave de carro, e investigue a faixa de frequência em que cada um deles funciona.
5. O que difere um celular de um rádio? E um rádio de uma lanterna? Levante hipóteses.
6. O que significam AM e FM?
7. Você sabe que é possível enviar dados, imagens e sons de um dispositivo eletrônico para outro. Como será que isso ocorre quando existem fios ligando os aparelhos? E quando os fios não existem? Levante hipóteses.

Para responder às questões, pesquise em livros, enciclopédias, na internet etc. Você deverá elaborar uma síntese de sua pesquisa e apresentá-la ao professor, indicando as fontes que utilizou.

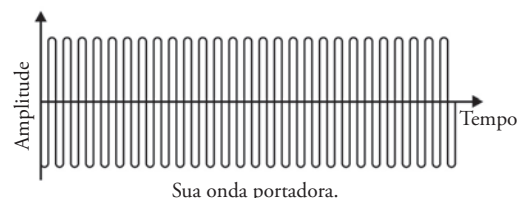
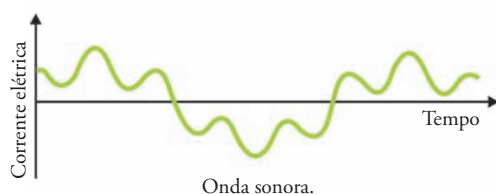


## Leitura e Análise de Texto

Guilherme Brockington

### Espectro eletromagnético

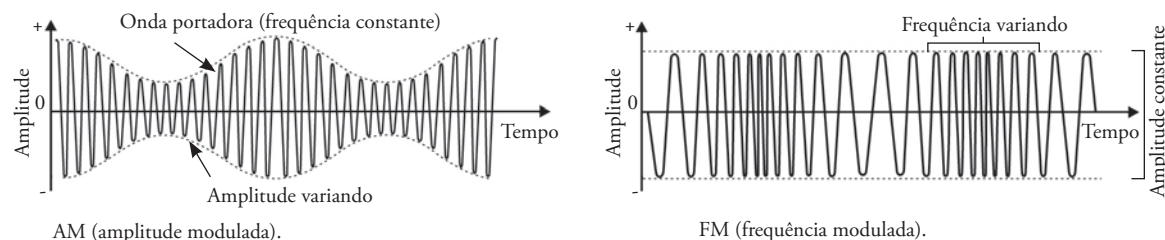
Estamos “imersos” em ondas eletromagnéticas transmitidas pela TV, pelas estações de rádio AM e FM, pelas conversas por celular, pelos dados em redes *wi-fi* etc. Cada uma dessas ondas possui frequências diferentes, de modo que os sinais podem ser todos separados. Como foi visto na Situação de Aprendizagem 5, pode-se facilmente transmitir ruído. Mas, e para transmitir dados, músicas e imagens? Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação sofisticada pode ser transmitida. Para que haja transmissão de informações, como áudio ou vídeo, utilizam-se ondas senoidais. Inicialmente, uma informação é transformada em corrente elétrica pelo dispositivo que vai transmiti-la. Contudo, essas correntes elétricas têm frequências muito baixas e, por isso, não são apropriadas para ser transmitidas a longas distâncias. Assim, ondas eletromagnéticas de alta frequência “carregam” a informação codificada nessas correntes elétricas. Tais ondas são chamadas de ondas portadoras, e é a sua frequência que sintonizamos quando ouvimos determinada estação de rádio. Por exemplo, no gráfico *Onda sonora*, a seguir, temos a representação de uma onda sonora já transformada em sinal elétrico. No gráfico *Sua onda portadora*, temos uma onda senoidal, que será a onda que vai “carregar” o sinal elétrico gerado pela onda sonora. Assim, quando se ouve uma transmissão de rádio FM, 98,6 MHz, por exemplo, isso significa que um transmissor gerou uma onda senoidal exatamente com essa frequência. O mesmo ocorre com as transmissões AM, UHF, VHF etc. Além disso, o uso das ondas senoidais permite que uma grande quantidade de aparelhos use as mesmas faixas de frequência ao mesmo tempo.



Fonte dos gráficos: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: eletromagnetismo 5*. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/electro/electro5.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/ELETROMAGNETISMO/electro35.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

### AM e FM

Para que uma onda senoidal contenha informação, é necessário modulá-la. Esse processo produz alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora, de modo a torná-la idêntica à das correntes elétricas que representam as informações transmitidas. As duas formas mais comuns de modulação são justamente a AM (amplitude modulada) e a FM (frequência modulada).



Fonte dos gráficos: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: eletromagnetismo 5*. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eleto/eleto5.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/ELETROMAGNETISMO/eleto35.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2010.

Assim, você deve compreender que nos dispositivos eletrônicos de comunicação existem transmissores e receptores (simultaneamente ou não). O princípio fundamental é que determinada informação (como o som da voz de alguém, imagens de um programa de TV ou uma música) é codificada e transmitida por meio de ondas eletromagnéticas pelo transmissor. O receptor recebe essas ondas e decodifica as informações recebidas. Nesse processo, os dois dispositivos utilizam antenas para transmitir e captar as ondas eletromagnéticas. Dessa maneira, um celular é simplesmente um rádio mais sofisticado, já que possui um transmissor e um receptor que podem funcionar ao mesmo tempo. Ele capta centenas de frequências diferentes e pode, automaticamente, mudar de uma para outra.

Com a energia que essas ondas eletromagnéticas transportam, elas são capazes de fazer os elétrons das antenas que as recebem passar a oscilar, gerando assim uma corrente elétrica, que varia na mesma frequência da onda. Sintonizar um rádio, uma TV ou um celular significa permitir que os elétrons de suas antenas oscilem na frequência exata da onda eletromagnética portadora da informação. Somente quando isso ocorre o sinal enviado pela estação pode ser captado, permitindo assim a decodificação da informação, tornando-a acessível. É por isso que uma ligação de celular “aciona” somente determinado aparelho telefônico, visto que os elétrons de sua antena, juntamente com seus circuitos internos, estão “aptos” a vibrar somente em uma frequência bem determinada. Por isso, apenas o celular para o qual você está ligando toca.

Perceba que a compreensão do espectro eletromagnético é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos. Em termos de interação, captamos muito pouco do espectro eletromagnético com nossos sensores naturais. Por exemplo, nossos olhos captam muito pouco do espectro eletromagnético (olhe novamente o espectro e veja como a faixa do visível é bem pequena). Assim, todo um universo é invisível para nós. Isso significa que diferentes espécies se relacionam de maneira diferente com o mesmo mundo, de acordo com os sensores que possuem. Animais, como a cobra, captam o infravermelho e, então, diferentemente de nós, “enxergam” pelo calor. Nós, seres humanos, somos capazes de sentir o calor na pele, mas não podemos vê-lo, exceto quando utilizamos visores ou miras sensíveis ao infravermelho, como as de certas armas para atirar no escuro.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Qual a diferença entre as transmissões AM, FM, VHF e UHF?

2. O que o funcionamento de um celular e de um rádio têm em comum? Justifique.

---

---

---

3. Sabendo que a energia de uma onda eletromagnética está diretamente relacionada com sua frequência, determine quais cores do arco-íris têm a maior e a menor energia? Justifique.

---

---

---

4. Sabendo que a velocidade de propagação de uma onda é dada por  $v = \lambda \cdot f$  (onde  $\lambda$  é o comprimento da onda e  $f$  é a frequência), que a velocidade de propagação da luz é a mesma para diferentes frequências e que uma onda na região do infravermelho tem o comprimento de onda maior que o de uma onda na região do ultravioleta, diga qual delas tem maior energia. Justifique.

---

---

---

---

---

5. Ordene as cores do arco-íris de forma crescente conforme a energia de cada uma delas.

---



#### LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet:
  - a) Que equação determina a relação entre a frequência e a energia de uma onda?
  - b) Qual a faixa de frequência e energia de micro-ondas, raios X e raios  $\gamma$  (gama)?
2. Leia a próxima atividade da Situação de Aprendizagem 7, faça a linha do tempo e redija o texto que se pede.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 EVOLUINDO CADA VEZ MAIS...

Quanto tempo era necessário para uma carta remetida de São Paulo chegar ao Japão em 1950? E em 1980? Imagine como deveriam ser a troca e o envio de informações sobre fatos e pessoas distantes na Idade Média. E o telefone? Quando surgiu no Brasil? Era fácil ligar para alguém em 1950? E em 1980? E o celular? Como era o uso do celular na década de 1980? E hoje? As respostas a essas perguntas indicam que a tecnologia dos equipamentos eletrônicos avança, mudando hábitos e costumes.



© H. Armstrong Roberts/Corbis-Latinstock

### Evoluindo cada vez mais...

Você deverá construir uma “linha do tempo” capaz de revelar as mudanças e a evolução de diferentes aparelhos eletrônicos ligados à transmissão de informação. Essa linha deverá conter mudanças nos seguintes elementos: material, *design*, capacidade de armazenamento, velocidade de transmissão e facilidade de acesso às pessoas.

Além dessa “linha do tempo”, você deverá redigir um texto sobre as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que tais aparelhos tiveram e ainda têm. Você pode perguntar aos seus familiares “como era no tempo deles” e também se lembrar das mudanças que, por acaso, tenha vivenciado.



### Leitura e Análise de Texto

#### Tecnologia e cotidiano

Guilherme Brockington

Certamente você percebe que inúmeras mudanças que acontecem no mundo e em sua vida têm ligação com a tecnologia. Talvez o exemplo mais marcante seja o da telefonia móvel. É fácil reconhecer que o uso do celular tornou-se um hábito, uma presença constante na vida de centenas de milhões de pessoas no mundo todo. Basta andar em qualquer rua de uma cidade de médio porte para ver a quantidade de pessoas que o utilizam. O celular passou a ser considerado um objeto imprescindível na vida moderna. Curiosamente, trata-se de um equipamento recente. No Brasil, há cerca de 15 anos seu uso não era tão difundido.



© The New York Times-Latinstock

Assim, pode-se perguntar:

1. Se o celular é algo essencial, como as pessoas viviam sem ele?

---

---

---

2. Você precisa de um aparelho celular? Para quê?

---

---

---

3. O que se perdeu e se ganhou com a telefonia celular?

---

---

---

Refleta um pouco sobre essas questões. O principal é que você perceba que diversos fatores influenciam na compra desses aparelhos. Há uma parcela enorme de propaganda, um forte apelo de reconhecimento dentro de determinado grupo, uma relação de *status* etc. Enfim, há diversos valores sociais, econômicos e culturais presentes nessa discussão. Você achava que era só uma questão de utilidade?

Certamente, muitos aparelhos proporcionam melhorias na qualidade de vida das pessoas, trazem conforto, segurança etc. Mas, por outro lado, trazem também insegurança, como o possível medo de exposição à radiação eletromagnética. Tanto a Ciência quanto os avanços tecnológicos a ela associados possuem um lado negativo, potencialmente prejudicial. Por isso, é extremamente importante que você entenda a ciência e seus produtos para que possa atuar de maneira efetiva na sociedade, sendo capaz, então, de tomar decisões a partir de julgamentos fundamentados.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Para se aprofundar um pouco mais nesse assunto, você deverá escolher um equipamento de comunicação ou um aparato tecnológico qualquer e elaborar um texto de reflexão que avalie os ganhos e as eventuais perdas da sociedade com sua invenção.



VOCÊ APRENDEU?



1. Por que são importantes os investimentos na área tecnológica e nas ciências de base (Física, Química e Biologia)?

---



---



---

2. Que relação existe entre o desenvolvimento tecnológico e a medicina moderna?

---



---



---

3. Por que é importante que toda a população conheça a ciência?

---



---



---



LIÇÃO DE CASA



Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet como os avanços tecnológicos e científicos ajudaram a melhorar a qualidade de vida do ser humano e, ao mesmo tempo, apresentaram perigos reais e potenciais. Escreva um texto argumentativo apresentando os prós e contras do desenvolvimento científico e tecnológico. É importante, também, que você apresente sua opinião sobre a necessidade ou não de investir em ciências e na educação científica no Brasil.