

2ª SÉRIE

ENSINO MÉDIO
Volume 2

FÍSICA

Ciências da Natureza

Nome: _____

Escola: _____

Distribuição gratuita,
venda proibida

CADERNO DO ALUNO



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

MATERIAL DE APOIO AO
CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO

CADERNO DO ALUNO

FÍSICA

ENSINO MÉDIO

2ª SÉRIE

VOLUME 2

Nova edição

2014-2017

São Paulo

Governo do Estado de São Paulo

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Voorwald

Secretária-Adjunta

Cleide Bauab Eid Bochixio

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Rosania Morales Morroni

**Coordenadora da Escola de Formação e
Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP**

Silvia Andrade da Cunha Galletta

**Coordenadora de Gestão da
Educação Básica**

Maria Elizabete da Costa

**Coordenadora de Gestão de
Recursos Humanos**

Cleide Bauab Eid Bochixio

**Coordenadora de Informação,
Monitoramento e Avaliação
Educativa**

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

**Coordenadora de Infraestrutura e
Serviços Escolares**

Dione Whitehurst Di Pietro

**Coordenadora de Orçamento e
Finanças**

Claudia Chiaroni Afuso

**Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE**

Barjas Negri

Caro(a) aluno(a),

Após estudarmos a energia mecânica e o calor, iniciaremos o estudo de outras duas formas de energia: o som e a luz. Assim, você será apresentado tanto às características e aos fenômenos relacionados ao som e à luz, como a importantes aplicações básicas dessas formas de energia, que contribuem para o desenvolvimento humano e tecnológico.

A primeira parte deste Caderno é destinada ao estudo do som. Você é capaz de diferenciar música de ruído? Que critérios você utilizaria para isso? Aqui, você poderá verificar como a Física procura resolver essa e outras questões. Você estudará o sistema de audição humana e os riscos de um tipo de poluição que nem sempre é tratado com a devida atenção: a sonora. Com isso, terá base científica para argumentar sobre os problemas decorrentes dessa poluição e até mesmo propor soluções pensando no bem-estar de todos.

Em seguida, estudaremos a luz. Você sabe como a luz é produzida? Como ela se propaga? Como as imagens são formadas em espelhos e lentes? Como enxergamos? Serão apresentados os modelos e a forma como a Física responde a esses questionamentos. Ao longo dessa etapa, você também poderá comparar o funcionamento do olho humano com equipamentos ópticos, como a máquina fotográfica, e entender a correção de problemas de visão, como miopia e hipermetropia, realizada com a utilização de lentes adequadas.

Posteriormente, verá a influência da luz na cor dos objetos, considerando 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 em conta inclusive o sistema de percepção de cores no olho humano.

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

Este Caderno propõe atividades experimentais e investigativas, resoluções de problemas e realização de entrevistas, pesquisas de campo e consultas a *sites*, livros e revistas. Todas as atividades serão coordenadas e orientadas por seu professor. Esperamos que os conhecimentos aqui adquiridos o ajudem a ser um cidadão crítico e atuante. Procure aproveitá-los ao máximo no seu dia a dia!

Bom estudo!

Equipe Curricular de Física

Área de Ciências da Natureza

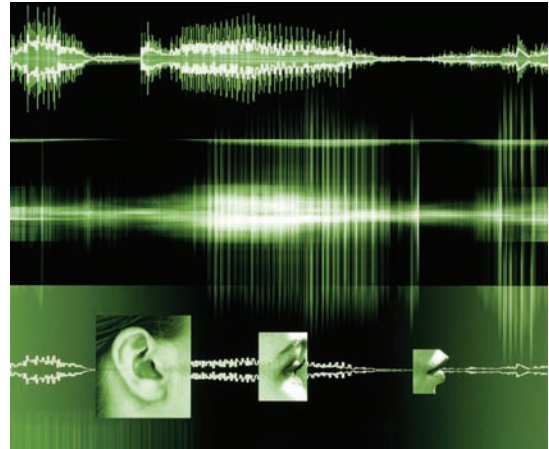
Coordenadoria de Gestão da Educação Básica – CGEB

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo

TEMA 1:

SOM: FONTES, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E USOS

Ao ouvir uma música, um grito, a freada de um carro ou uma simples conversa, raramente pensamos em Física. Porém, existem relações diretas entre a Física e os sons e entre a Física e a música. Nas próximas aulas, você entenderá como se dá a produção e a propagação do som, suas propriedades físicas e alguns aspectos relacionados à apreciação da arte musical. Além disso, você aprenderá conceitos que permitem caracterizar os diferentes instrumentos musicais, percebendo, por exemplo, que existe uma espécie de “assinatura sonora” para cada um deles. Vamos discutir os detalhes da produção do som nesses instrumentos, fazendo-o entender o porquê de suas diferenças sonoras, compreendendo aquilo que os torna únicos. Com isso, será possível perceber que a Física está intimamente ligada à percepção musical. Depois dessas aulas, ouvir um som passará a ter outros sentidos.



© Mehau Kulyk/SPL/Latinstock



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1
ISSO É BARULHO OU MÚSICA?

Desde o momento em que acordamos, escutamos centenas de sons, ainda que não nos demos conta de tudo o que ouvimos. Para que você possa perceber o quanto seu mundo é repleto de sons, pare alguns instantes e pense naqueles que lembra ter ouvido desde a hora em que acordou até o momento em que começou a ler este texto. Agora, escreva-os:



© Siephoto/Radius Images/Latinstock

Problematizando e classificando

Isso é barulho ou música?

O tempo todo nós ouvimos os mais diferentes tipos de sons: o barulho dos carros, a sirene da ambulância, o choro do filho do vizinho, o grito da mãe, a palavra carinhosa da namorada, a risada do amigo, a música da casa ao lado... Estamos cercados pelos mais variados tipos de sons. A pergunta que vai guiar toda esta parte do estudo da Física é: O que é o som?

1. Para começar a responder, faça uma lista de pelo menos 20 sons, classificando-os como agradáveis ou desagradáveis.

Sons agradáveis	Sons desagradáveis

2. Agora, faça uma nova classificação: Dos sons que listou, quais você associa a música e quais associa a ruído (barulho)? Na tabela a seguir, coloque na primeira coluna os sons que correspondem a música e, na segunda, aqueles que correspondem a ruído.

Música	Ruído

Música	Ruído

3. Quais características do som possibilitaram a você associá-lo a ruído? Quais características possibilitaram associá-lo a música?

Como podemos distinguir e classificar os diferentes sons que ouvimos? Por exemplo, na atividade que você realizou, certamente algum estilo musical (como *heavy metal* ou música sertaneja) deve ter sido considerado um som desagradável por alguns, e classificado como agradável por outros. Quem tem razão? Além disso, como podemos diferenciar um ruído de uma música? Isso é realmente possível?

A partir de hoje, em suas aulas, você perceberá a relação entre o processo físico que gera o som e a sensação que ele causa em nós. A percepção dos sons envolve muitos elementos e, para categorizá-los, é preciso relacionar muitas variáveis, algumas delas subjetivas, o que faz as classificações não coincidirem. Assim, os sons agradáveis para alguns podem ser desagradáveis para outros. Como podemos resolver isso?

Na tentativa de diminuir a interferência das escolhas individuais por determinado estilo musical, podemos dividir os sons em ruído e música. Pouca gente discorda de que sons como ronco, trovão ou arranhão na lousa sejam ruídos. Mas o que, então, os distingue dos sons musicais? Alguns elementos podem ser identificados como características de ruído: não se repetem com regularidade de tempo, não têm ritmo nem harmonia. Ou seja, para que o gosto pessoal não seja um critério, precisamos buscar características físicas do som. Tais características podem ser evidenciadas e estudadas por meio da Física Ondulatória. Mas, afinal, o que é o som?



VOCÊ APRENDEU?



1. Por que, por algumas pessoas, o *heavy metal*, ou outra modalidade musical, é considerado barulho e por outras é considerado música?

2. *Heavy metal* é ruído ou som musical? Justifique.

3. O que distingue os ruídos dos sons musicais?



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet: O que é o som?
2. Leia a Situação de Aprendizagem 2 e realize a entrevista proposta na Pesquisa de campo.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 UMA ENTREVISTA MUSICAL



PESQUISA DE CAMPO

Uma entrevista musical



© Steve Hix/Corbis/Latinstock

É bem provável que, de alguma forma, você já tenha tido contato com algum instrumento musical, por meio de um parente ou amigo músico, em uma roda de capoeira, em um ensaio de escola de samba etc. Enfim, é relativamente fácil encontrar alguém que toque um instrumento musical. Mas você sabe como esses instrumentos funcionam? Como são afinados? Há algum aparelho para medir a afinação ou se usa só a orelha? Para começar a investigar como funcionam os instrumentos, você agora vai entrevistar um músico. Inicialmente, pense se você, um amigo ou alguém de sua família conhece algum músico. Se não, vá até algum centro musical perto de sua casa ou da escola. Na entrevista, faça perguntas como estas:

1. Quais são as partes essenciais de seu instrumento musical? Como ele funciona? Qual é a diferença entre uma nota tocada nele e a mesma nota tocada em outro instrumento? Como você as distingue? O que você utiliza para afiná-lo?
2. O que é a afinação de um instrumento musical?
3. O que é uma escala musical? Existe mais de uma?
4. Qual é a diferença entre música e ruído?

Essas perguntas devem guiar sua entrevista, mas fique à vontade para fazer outras que julgar interessantes. Após a realização da entrevista, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu. Além das respostas às questões da entrevista, o relatório deve conter o nome do entrevistado, o instrumento musical que ele toca e seu tempo de experiência como músico.



Leitura e análise de texto

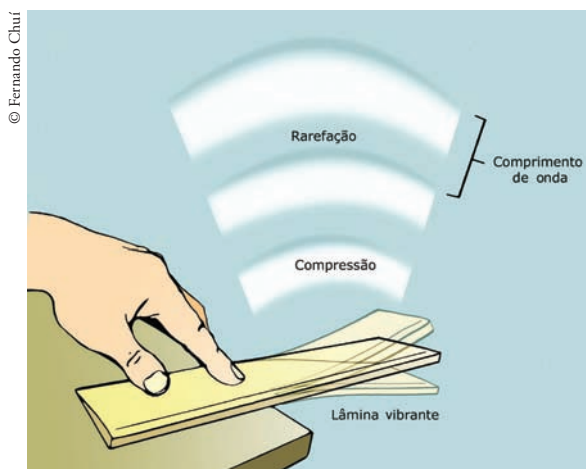
O que é o som?

O que é preciso fazer para produzir som em um violão, em uma gaita ou em um atabaque? Em qualquer um desses instrumentos é preciso que alguma coisa seja colocada para vibrar. No violão é a corda, na gaita é o ar e no atabaque é a membrana que o cobre. Qualquer coisa que vibra emite um som. Você mesmo pode tentar, fazendo vibrar, por exemplo, uma régua.

Perceba que a elasticidade do material que vibra interfere na produção do som. Se o corpo for pouco elástico, o som diminui muito ou pode até desaparecer. Uma maneira de perceber isso é trocar a régua por uma haste bem rígida, como seu lápis ou sua caneta. Assim, inicialmente, perceba que é o movimento de vibração dos corpos que produz o som.

Agora, pense: como é possível perceber um som produzido a certa distância? Como você acha que o som “viaja” desde sua fonte até as nossas orelhas? Para entender o que ocorre, imagine um violão. Quando uma de suas cordas é tangida, sua vibração faz que as moléculas de ar a seu redor também vibrem, criando regiões cuja pressão passa a variar de acordo com essa vibração. Como o ar é um meio elástico, essas variações de pressão se propagarão a partir da corda vibrante e serão transmitidas de molécula em molécula,

criando o que chamamos de onda sonora, que chega às nossas orelhas. Por necessitar de um meio elástico para se propagar, as ondas sonoras são chamadas de **ondas mecânicas**.



Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

Responda com suas palavras:

1. O que é o som?

2. Como cada um dos diferentes instrumentos musicais produz som?

3. É possível ouvir algum som na Lua? Justifique sua resposta.

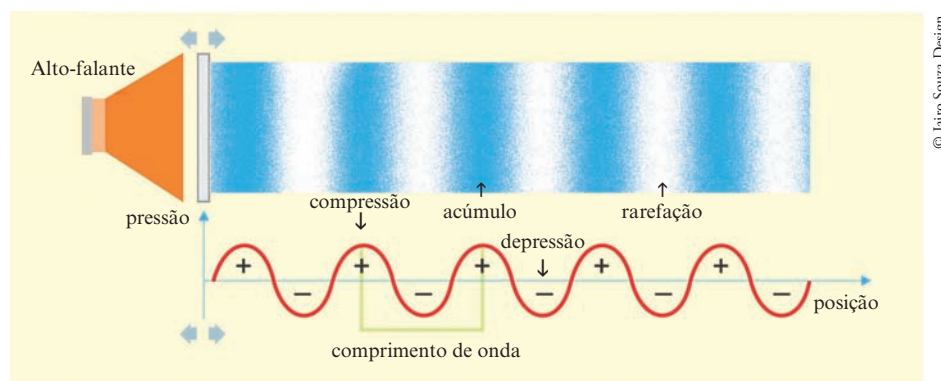


Leitura e análise de imagem

Ondas sonoras

Todos nós sabemos que o som de um violão difere muito do som de uma flauta ou de um espirito. Então, sons diferentes são ondas diferentes? O que devem ser ondas diferentes? Quais serão seus elementos? O que as distingue?

Para responder a essas perguntas, você deverá compreender o que caracteriza uma onda sonora. Para isso, analise a figura.



Onda sonora propagando-se no ar.

Para auxiliar na leitura e na análise da figura, responda em seu caderno às questões a seguir:

1. O que representam os pontos azuis mais espaçados? E os menos espaçados?
2. Observe o gráfico em vermelho. Qual é a grandeza que está sendo representada no eixo vertical? E no eixo horizontal?
3. Como está relacionada a parte da figura com pontinhos azuis ao gráfico de pressão \times posição?
4. O que significa o termo “comprimento de onda” indicado no gráfico?



VOCÊ APRENDEU?



1. O que é o som?

2. O som precisa de algo para se propagar? O som se propaga no vácuo?

3. O que é comprimento de onda? O que é frequência?

4. Procure em seu livro de Física qual fórmula relaciona a velocidade de propagação, o comprimento de onda e a frequência de uma onda. Qual seria a velocidade de propagação de uma onda com comprimento de onda de 0,5 m e frequência de 680 Hz?



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet:

- a) O que é período e qual é sua relação com a frequência? Existe alguma fórmula que expresse essa relação?
- b) Qual é a frequência de cada uma das notas musicais (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá e Si)?

2. Selecione músicas com vozes bem graves (voz “grossa”) e músicas com vozes bem agudas (voz “fina”) para utilizar na próxima aula.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 UMA AULA DO BARULHO

“Gente, que música alta! Alguém, abaixe esse som!” Você já deve ter ouvido ou dito essas frases antes, seja porque estava empolgado ouvindo sua música preferida, seja porque queria sossego e alguém se divertia animado. Sem dúvida nenhuma, você entende que, quando uma frase como essa é dita, alguém deseja que você diminua a “altura” do som, diminuindo o volume de seu aparelho musical. Mas será que, fisicamente, dizer isso é correto?



© Con Tanastuk/Design Pics/Corbis/Latinstock



PESQUISA INDIVIDUAL

Uma aula do barulho

Escute músicas tocadas em diferentes instrumentos e cantadas por intérpretes de voz aguda (Teté Espíndola, Massacration, Calypso, Michael Kiske, por exemplo) e outros de voz grave (Tim Maia, Mano Brown, Iggy Pop, Type O Negative etc.).

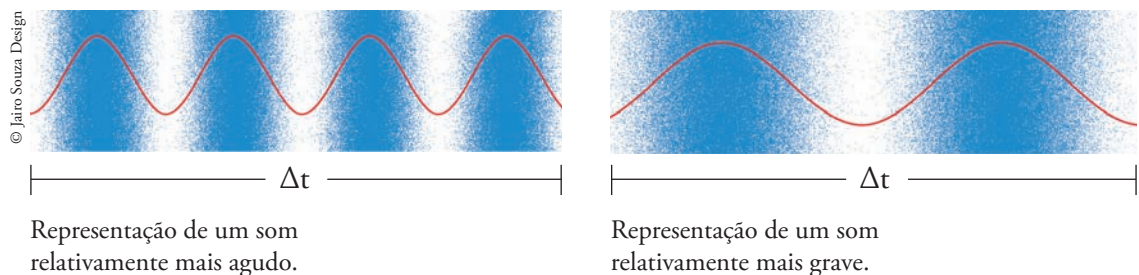


Leitura e análise de texto e imagem

A altura de um som

Vamos discutir as características quantitativas dos sons, que nos permitem classificá-los e distingui-los. A primeira grandeza física que você vai estudar é a frequência de uma onda. Para isso, imagine (ou ouça) dois conjuntos diferentes de sons: um agudo e outro grave. Podem ser sons de diferentes instrumentos musicais ou vozes. A relação entre graves e agudos, uma relação entre frequências, é chamada de altura do som. Desse modo, quanto maior a frequência de um som musical, mais agudo ele soará, portanto, maior será sua altura. Da mesma forma, quanto menor for sua frequência, mais grave ele soará, logo, menor será sua altura.

Agora, você deverá analisar as figuras a seguir. Elas apresentam duas ondas sonoras vistas no mesmo intervalo de tempo (Δt).



Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

Responda em seu caderno às seguintes questões:

1. Cada figura mostra representações da onda sonora: uma em azul e outra em vermelho. Descreva com suas palavras a relação entre elas. Qual delas é melhor para representar uma onda? Por quê?
2. Quais são as diferenças e as semelhanças entre as duas ondas sonoras representadas nas figuras?
3. Comparando as ondas representadas nas figuras, você pode identificar a razão pela qual uma delas é a mais aguda? Justifique.
4. Pode-se afirmar que uma das figuras representa um som de volume mais alto do que o outro? Explique.

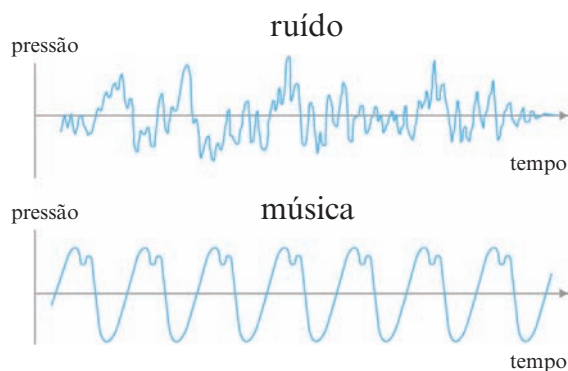


Leitura e análise de texto e imagem

Barulho × música

É preciso que você saiba que as figuras apresentadas até agora representam sons simples, isto é, que emitem apenas uma frequência. Mas como será a forma de onda emitida por um violão? Ou seja, será que os sons musicais são do tipo que desenhamos até agora? E os ruídos, serão tão simples assim?

Um instrumento musical pode produzir grande número de frequências; contudo, a diferença é que os sons musicais utilizam apenas algumas entre as inúmeras frequências possíveis. Essas frequências, estabelecidas por convenção, constituem as notas musicais. Assim, uma nota musical pura tem sempre a mesma frequência, qualquer que seja o instrumento que a produz. Quando dizemos que um instrumento está desafinado, significa dizer que ele está produzindo frequências diferentes da escala convencional. Afinar um instrumento significa, então, ajustá-lo de modo a emitir ondas sonoras com essas determinadas frequências.



Ruído e música.

Com isso, pode-se obter a diferença objetiva entre ruído e som musical. Quando um objeto vibra de forma desordenada, ele produz um som que é o somatório de um número muito grande de frequências.

A frequência pode, então, ser uma medida objetiva utilizada para categorizar os sons.

Assim, o som produzido por essa vibração desordenada é chamado de ruído, como o barulho de um trovão ou de um ronco.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Agora, tente fazer a representação gráfica de um ruído. Para isso, escolha determinado ruído e faça o gráfico correspondente.



Leitura e análise de texto e imagem

Energia musical

Para discutir a relação da onda com a energia que ela carrega, vamos estudar outra característica ondulatória importante: a amplitude. Nossas orelhas percebem claramente diferenças de intensidade, de modo que facilmente podemos classificar um som como muito ou pouco intenso. Quando mexemos no botão de volume de um aparelho de som, estamos variando a intensidade sonora, que está associada à amplitude da onda.



© Matthias Kulka/Corbis/Latinstock

Essa relação entre intensidade e amplitude pode ser entendida ao analisarmos o que ocorre em alguns instrumentos musicais. Por exemplo, o que se deve fazer para produzir um som mais intenso (mais alto, na linguagem cotidiana) quando se toca um atabaque ou um pandeiro? É fácil perceber que para modificar a intensidade do som produzido é preciso utilizar mais energia no momento de tocá-los.

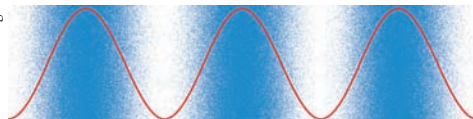
Da mesma forma, para que um som mais intenso seja gerado em um violão, é necessário tanger suas cordas com mais força, aumentando assim a amplitude de seus deslocamentos, liberando então mais energia.

Em um aparelho eletrônico, como um teclado, para produzir um som mais intenso é preciso mexer no botão de volume, que simplesmente faz a potência de saída do circuito elétrico do aparelho aumentar. É essa quantidade de energia sonora que perturba as pessoas quando elas pedem para abaixarmos o volume do aparelho de som. A grandeza física que exprime essa característica das ondas sonoras é a amplitude. Ondas que vibram com maiores amplitudes exercem maior pressão sobre o ar, carregando mais energia.

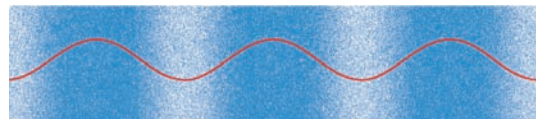
Agora já podemos distinguir entre o uso formal, no âmbito da Física, e o uso informal, utilizado cotidianamente, dos termos “som alto” e “som baixo”. Quando dizemos no cotidiano que um som está alto ou baixo, estamos nos referindo à sua intensidade sonora e não à sua frequência. Mas, quando falamos que um som é alto ou baixo na Física, estamos nos referindo apenas à sua frequência, não tendo nenhuma relação com a intensidade.

Como feito anteriormente, agora você vai analisar as figuras “Som relativamente mais intenso” e “Som relativamente menos intenso”.

© Jairo Souza Design



Som relativamente mais intenso.



Som relativamente menos intenso.

Para auxiliar a leitura gráfica, responda às questões a seguir.

1. Quais são as semelhanças e as diferenças entre as duas ondas?

2. Explique por que a primeira imagem representa um som mais intenso do que a segunda.



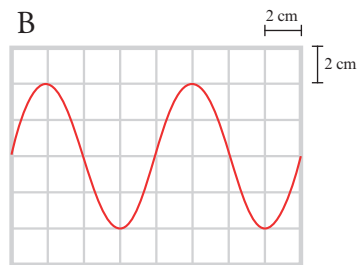
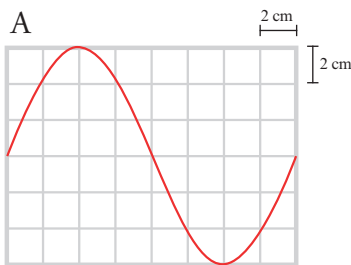
VOCÊ APRENDEU?



1. O que é um som alto?

2. No dia a dia, quando alguém aumenta o volume do aparelho de som, dizemos: “Que som alto!”. Qual seria a expressão correta, segundo a Física, para tal situação?

3. As figuras A e B mostram imagens instantâneas das ondas emitidas em um experimento de acústica:



- a) Se as duas ondas possuem a mesma **velocidade de propagação**, qual delas possui frequência maior? Justifique.

- b) Se cada quadrado tem 2 cm de lado, determine a amplitude e o comprimento de onda para cada uma das ondas.

4. Fisicamente, qual é a diferença entre música e barulho?



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet:
 - a) Quais são as unidades no Sistema Internacional de Unidades (SI) para **comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação, amplitude e período**?
 - b) Como são classificadas as vozes masculinas e femininas no canto erudito?
2. Leia o Roteiro de experimentação da Situação de Aprendizagem 4 e traga para a próxima aula o material necessário para a realização das atividades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 FAZENDO UM SOM

Certamente você consegue distinguir o som emitido por uma flauta daquele emitido por um pandeiro. Da mesma forma, você reconhece sua música preferida quando ela é tocada no violão ou no piano. Mas uma nota musical tem frequência bem determinada, independentemente do instrumento que a emite. Sendo assim, por que conseguimos diferenciar o som do violão do som do piano?



© Miguel Raurich/Album/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Fazendo um som

Nesta Situação de Aprendizagem você deverá construir alguns instrumentos musicais rudimentares, mas com características essenciais que regem o funcionamento dos instrumentos mais complexos.

Violão genérico

Materiais

- 50 cm de fio de náilon;
- dois lápis ou prendedores de roupa;
- uma lata vazia de leite em pó ou achocolatado.

Mãos à obra!

1. Faça um furo no centro do fundo da lata e passe por ele o fio de náilon.
2. Amarre fortemente um lápis ou um prendedor de roupa em cada uma das extremidades do fio. Pronto, está feito seu violão genérico!
3. Vire a lata de boca para baixo e a apoie sobre uma mesa.
4. Agora estique o fio com uma mão, puxando-o pelo lápis ou prendedor de roupa, enquanto segura a lata com a outra mão.
5. Toque o violão com os dedos da mão que prende a lata, enquanto varia a tensão no fio com a outra mão.

Xilofone de água

Materiais

- diversas garrafas ou copos de vidro de mesmo tamanho e formato;
- uma colher ou lápis;
- água;
- corante alimentício.

Mãos à obra!

1. Coloque diferentes volumes de água nas garrafas.
2. Adicione corante na água de cada uma das garrafas. O corante tornará mais fácil a diferenciação visual dos níveis de água.
3. Agora, soprando por cima do gargalo da garrafa, faça vibrar o ar em seu interior.
4. Você também pode fazer isso batendo na garrafa, ou nos copos, com uma colher ou um lápis.
5. “Toque” o xilofone e disponha as garrafas de modo a obter uma ordem crescente de frequências.

Gaita genérica

Material

- uma mangueira flexível de 80 cm de comprimento com ranhuras (conduíte).

Mãos à obra!

1. Segure uma ponta da mangueira com uma das mãos e comece a girá-la sobre sua cabeça.
2. Fazendo variar a velocidade, podemos obter frequências diferentes, produzindo sons diferentes.

Miniatabaque genérico

Materiais

- tubo de papelão de um rolo de papel-toalha;
- uma bexiga;
- elásticos de escritório.

Mãos à obra!

1. Estique a bexiga (como a pele de um tambor) numa extremidade do tubo e prenda-a com vários elásticos para não deixá-la escapar.
2. Agora é só usar os dedos para efetuar a percussão na bexiga.
3. Experimente deixá-la mais esticada ou menos esticada para variar a sonoridade.



Leitura e análise de texto

Notas musicais

Como o som é produzido quando alguém toca um violão? Como ele gera notas tão diferentes? Para responder a essas perguntas, vamos, inicialmente, observar um violão.

Uma extremidade de sua corda está presa na tarraxa ou cravelha (observe a imagem), enquanto a outra extremidade está presa no cavalete. Como as extremidades das cordas são fixas, qualquer onda que se forme deverá sempre ter nodos nas extremidades, ou seja, nesses pontos não pode haver oscilação. Logo, as ondas produzidas ao se tanger as cordas, quando



© Balfour Studios/Alamy/Glow Images

refletidas nas extremidades, interferem uma nas outras, originando assim uma onda estacionária com frequência determinada, chamada de frequência de ressonância. Assim, dependendo da corda tangida e da posição dos dedos em cima das cordas, apenas algumas ondas com frequências bem determinadas podem se formar nas cordas.

Para que você possa entender as características envolvidas na altura de uma nota, analise o violão genérico, proposto nesta Situação de Aprendizagem. Como em um berimbau, um cavaquinho ou um violão, temos aqui o caso de uma corda, de comprimento L e densidade linear μ (massa por unidade de comprimento), presa pelas extremidades. Essa corda é mantida esticada por certa força T , que pode ser variada à vontade. Ao tanger a corda, pulsos ondulatórios começam a se propagar, afastando-se da região de perturbação inicial com uma velocidade dada por: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. Note que a velocidade dos pulsos depende da tensão aplicada e da densidade da corda, mas não depende da intensidade com que ela é tangida.

O fato de as extremidades estarem fixas gera uma condição particular na qual a onda estacionária é, fisicamente, a única forma estável possível de vibração para a corda. E, entre todas as ondas estacionárias imagináveis, realizam-se de fato aquelas cujos nodos estejam nas extremidades. Essas ondas são chamadas de harmônicos ou frequências naturais de vibração do sistema.

Como qualquer um dos harmônicos é produzido na mesma corda, todos possuem a mesma velocidade de propagação. Além disso, cada um dos harmônicos possíveis tem uma frequência que é um múltiplo da frequência do primeiro harmônico, também chamado de harmônico fundamental. Como $v = \lambda \cdot f$, o harmônico fundamental tem frequência:

$$f_1 = \frac{v}{2L}$$

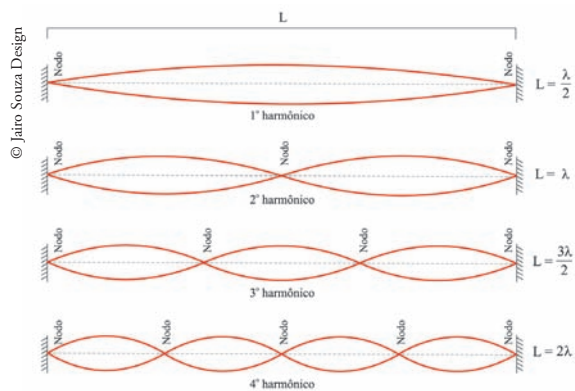
Assim, para qualquer outro harmônico n , temos:

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L}$$

Por fim, como $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, temos:

$$f_n = \frac{n}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

em que: n é o número do harmônico, v é a velocidade de propagação, f é a frequência e λ é o comprimento de onda.



Representação dos harmônicos em uma corda fixa nas extremidades.

Analisando as fórmulas apresentadas no texto, responda:

1. O que ocorre na altura da nota quando um violonista gira a cravelha no violão, aumentando a tensão na corda? Justifique.

2. Se um violonista deseja produzir notas mais agudas, porém sem mudar a tensão em uma corda, o que ele deve fazer variar?

3. Uma corda mais fina produz um som agudo ou grave? E uma corda mais grossa? Justifique.

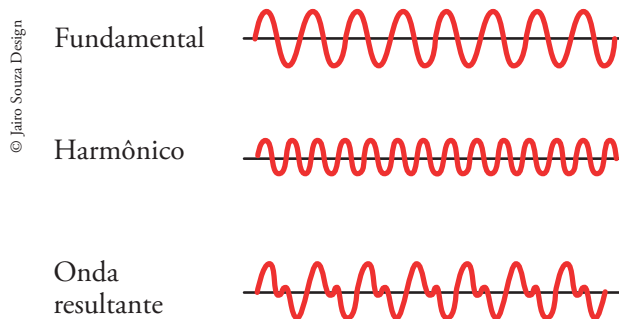
4. Estabeleça a relação entre a figura “Representação dos harmônicos em uma corda fixa nas extremidades” e a equação da determinação das frequências dos harmônicos.



Timbre, a assinatura de um som

Tente responder a esta pergunta: Se cada nota pura emite a mesma frequência, como distinguimos um cavaquinho de uma flauta doce? Podemos facilmente distinguir um mesmo som quando produzido por instrumentos diferentes. Essa diferença se deve a uma característica chamada timbre, uma espécie de assinatura ou identidade de cada instrumento musical, de cada fonte sonora. Ao superpor as amplitudes dos diferentes harmônicos à amplitude da frequência fundamental, gera-se uma onda irregular cheia de cristas e vales.

Assim, na figura, a última onda representa justamente a soma das ondas anteriores. Essa “mistura” de amplitudes depende das características de cada instrumento, de modo que o resultado acústico é dado em função da forma como cada harmônico contribui para a onda sonora resultante. Alguns instrumentos reforçam os harmônicos de frequências menores, enquanto outros reforçam os harmônicos de frequências maiores. As diferentes contribuições de cada harmônico definem, então, a qualidade do som produzido, originando o timbre daquele instrumento musical. Desse modo, cada instrumento produz sua “assinatura” sonora, fruto da superposição de harmônicos característica daquele instrumento.



Representação da soma de amplitudes de diferentes harmônicos.



APRENDENDO A APRENDER

Vibração forçada, frequência natural e ressonância

Para entender um pouco mais sobre ondas, você deverá imaginar (ou fazer!) uma experiência simples: pegue um celular e coloque-o no modo em que ele somente vibra. Segure-o e ponha-o para vibrar. Dificilmente alguém conseguirá ouvi-lo. A seguir, faça a mesma coisa,

mas apoie-o sobre a mesa. Facilmente ele poderá ser ouvido. Por que isso ocorre? Essa “amplificação” do som ocorre porque o tampo da mesa é forçado a vibrar com o celular. Como sua superfície é mais extensa, ela colocará maior quantidade de ar para vibrar, aumentando a intensidade do som. Ou seja, o tampo da mesa foi forçado a vibrar. Isso não acontece somente nesse caso, mas também em partes dos instrumentos musicais e das caixas de som.

Ao bater levemente com um lápis em um copo de vidro, ouvimos um som bem característico. Da mesma forma, se um objeto metálico, como uma panela, cai no chão, imediatamente reconhecemos seu som. Ou seja, facilmente podemos dizer se o que caiu no chão foi a panela ou o copo, mesmo sem ver, apenas ouvindo o som que emitem. Por que materiais diferentes emitem sons diferentes? Qualquer corpo vibra quando sofre uma “pancada”. Um objeto elástico emite um conjunto particular de frequências que formam o som que o caracteriza. São as frequências naturais de vibração, que dependem de fatores como a estrutura molecular e a forma dos corpos. Ou seja, as frequências naturais de um objeto são aquelas em que ele naturalmente vibra quando excitado de alguma forma. Quando uma força externa atua sobre um corpo, ele só vibra nessas frequências naturais ou harmônicos, como ocorre ao se dedilhar as cordas de um violão ou bater na membrana de um tambor. Nós, seres humanos, não somos capazes de captar todas as frequências naturais emitidas por muitos objetos, mas isso não significa que eles não as emitam. Quase tudo que existe vibra, mesmo que aparentemente esteja imóvel. Assim, pedras, prédios, planetas, átomos e seu próprio corpo, por exemplo, possuem uma ou mais frequências naturais de vibração.

Quando um objeto qualquer é “excitado” em uma de suas frequências naturais, ocorre um fenômeno chamado ressonância. Por exemplo, quando uma vibração forçada tem uma frequência igual à frequência natural de um corpo, há um aumento gradativo na amplitude da vibração. Assim, em um instrumento musical, como um violão, é a estrutura da caixa de madeira que “amplifica” o som e acrescenta vários harmônicos. Ou seja, o corpo de um instrumento musical é, na verdade, uma caixa de ressonância. No caso do violão, as vibrações da corda entram em ressonância com a caixa, amplificando o som e gerando seu timbre. Sem isso, o som da corda seria pouco intenso, soando bastante fraco, ficando quase inaudível.

O fenômeno de ressonância não se restringe às ondas sonoras. As informações que captamos em rádios e TVs viajam em ondas eletromagnéticas por todo o espaço e têm frequências de oscilação bem características. Cada emissora tem uma frequência própria de transmissão que a difere das outras emissoras. Sintonizar sua rádio preferida ou assistir na TV a seu canal predileto significa fazer que o receptor de seu rádio ou aparelho de TV entre em ressonância com a onda daquela emissora. Ao apertar o botão que modifica os canais, você permite que haja uma modificação na frequência natural de vibração do circuito eletrônico de seu receptor. Este, ao entrar em ressonância com a onda de rádio ou TV, passa a receber o sinal com eficiência máxima, que é então reproduzido pelo receptor. Como as ondas das outras emissoras possuem frequências diferentes, elas não entram em ressonância com o receptor, sendo assim impossível captar seus sinais. Processo semelhante ocorre com celulares e outros aparelhos de comunicação.



VOCÊ APRENDEU?



Em seu caderno, responda às questões a seguir.

1. O que um violão, um xilofone, uma gaita e um atabaque têm em comum em relação à produção de som?
2. Qual é a diferença entre uma nota tocada no violão e a mesma nota tocada em um xilofone?
3. O que é timbre?
4. Se o som do violão é produzido pelas cordas e notas determinadas pela escala no braço do instrumento, por que ele precisa do corpo?
5. O que é ressonância?
6. O que é uma onda estacionária?
7. O que é um harmônico e como é possível calcular seu valor?
8. Você já ouviu latido “grosso”, grave, de cachorro pequeno? E latido “fino”, agudo, de cachorro grande? Explique por que isso ocorre, baseando-se no texto das páginas anteriores.



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet as representações dos harmônicos e da equação das frequências fundamentais de um instrumento de tubo aberto (gaita) e de um instrumento de tubo fechado em apenas uma extremidade (xilofone de água). Procure uma representação semelhante à que foi apresentada para as cordas do violão (ver texto “Notas musicais”).
2. Leia a Situação de Aprendizagem 5 e realize a entrevista proposta na Pesquisa de campo.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 UMA ENTREVISTA DO BARULHO



© Brad Swonez/Blink/Corbis/Latinstock



PESQUISA DE CAMPO

Uma entrevista do barulho

A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que a maioria da população mundial esteja regularmente exposta a índices de ruído acima da intensidade adequada para a manutenção de uma vida saudável. Centenas de milhões de pessoas são afetadas pela poluição sonora, que cresce cada vez mais com o estilo de vida moderno. Há uma grande preocupação com relação à poluição do ar por parte das autoridades, que vêm estabelecendo níveis de emissão cada vez mais baixos e impondo menores índices de poluentes para os veículos. Contudo, a poluição sonora tem sido negligenciada. Para discutir melhor o tema, você deverá entrevistar especialistas que se dedicam a ele (médicos, organizações não governamentais, órgãos públicos de fiscalização – como o Inmetro e a Prefeitura de São Paulo (Lei do Psiu) –, advogados etc.).

Faça perguntas como as que se seguem:

Ao otorrinolaringologista

1. Como ouvimos os sons?
2. O que causa a perda auditiva?
3. O hábito de ouvir música com o volume alto pode comprometer a audição?
4. Quais são os tipos de prevenção para quem é obrigado a trabalhar em lugares barulhentos?
5. Se uma pessoa passar por um período de descanso em um ambiente tranquilo, sem ruídos, após entrar em contato com um barulho muito intenso, de 90 decibéis, por exemplo, pode se recuperar do dano?
6. Ouvir música com fones de ouvido pode deixar alguém surdo?
7. Quais são os efeitos da poluição sonora sobre a saúde humana?
8. Quais doenças estão associadas ao excesso de exposição a sons muito intensos?
9. Como posso saber se estou com algum problema auditivo?
10. Quais as recomendações para se ter uma audição sadia?

A órgãos públicos, ONGs e advogados

1. O que é poluição sonora?
2. Que nível de ruído é considerado prejudicial?
3. Como esses ruídos são medidos?
4. O nível de ruído dos aparelhos eletrodomésticos está sujeito a normas?
5. Quem os fiscaliza?
6. O que a legislação brasileira estipula sobre o nível de ruído no trabalho?
7. Quais são os meus direitos como cidadão quando meu silêncio é perturbado?
8. Onde posso reclamar sobre excesso de ruído?
9. Até que horário uma obra de construção civil pode ser realizada?
10. Quais são os meus deveres como cidadão em relação à intensidade dos sons?

Essas são perguntas que devem guiar sua entrevista, mas faça quaisquer outras que julgar importantes. Após a realização da atividade, elabore um relatório sintetizando suas observações e apresente-o ao professor. Além das questões e respostas, o relatório deve conter o nome do entrevistado, o local em que trabalha e a função que desempenha.

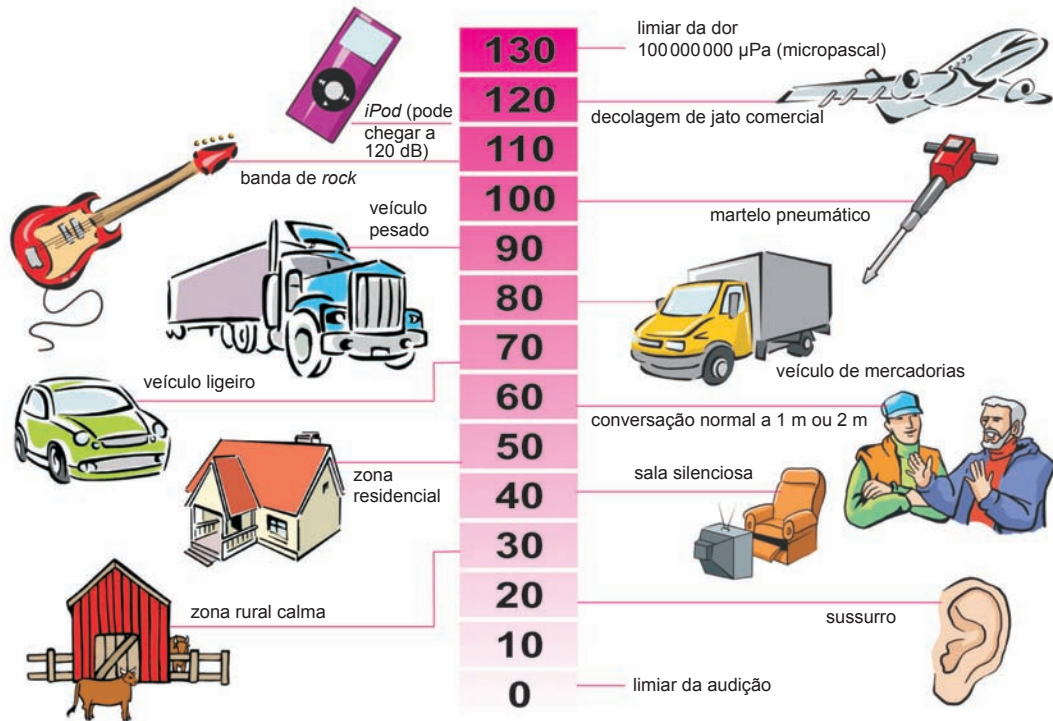


O que conseguimos ouvir

Uma orelha normal consegue ouvir uma faixa de frequências que varia aproximadamente entre 20 Hz e 20 000 Hz. Espécies diferentes percebem os sons de modos diferentes, tanto que alguns animais, como cães e morcegos, podem ouvir o que nós, humanos, não conseguimos. Na espécie humana, como a orelha é um órgão extremamente sensível, ela

pode captar sons com enormes diferenças de intensidade, desde a queda de uma agulha no chão até o barulho do motor de um avião. Para medir o nível de intensidade sonora (S), utiliza-se, então, o decibel (dB).

Escala de decibéis



© Jairo Souza Design

1. Analise a figura “Escala de decibéis” e localize o nível de intensidade sonora a que você está exposto em diferentes instantes de seu dia a dia.



APRENDENDO A APRENDER

É possível fazer música com barulho? Como vimos, toda música precisa de ritmo e melodia, características que são subjetivas e altamente influenciadas pela cultura. Variações culturais originam ritmos diferentes, que podem agradar a alguns e desagradar a outros. Assim, muita música pode ser feita por sons que, inicialmente, consideramos barulho. Mas, para que isso fique claro, é preciso que você as ouça! Assim, procure na internet, por exemplo, os trabalhos de artistas brasileiros como Naná Vasconcelos e Hermeto Pascoal, que criaram músicas com “instrumentos” inusitados, como copos, garrafas, chaleiras e panelas. Você também pode procurar os sons criados pelo grupo nacional Barbatuques, que faz músicas com percussão corporal (disponível em: <<http://www.barbatuques.com.br>>, acesso em: 12 nov. 2013).



VOCÊ APRENDEU?



1. O uso que você faz do fone de ouvido pode ser considerado saudável? Justifique.



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet:
 - a) Existe alguma fórmula para expressar a intensidade sonora em decibéis?
 - b) O grupo de *heavy metal* Manowar bateu o recorde mundial de intensidade sonora ao atingir 129,5 dB em um *show* em Hannover. Procure sons que possuem intensidade sonora similar, determinando se tal intensidade é saudável para nossa audição.

TEMA 2:

LUZ: FONTES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

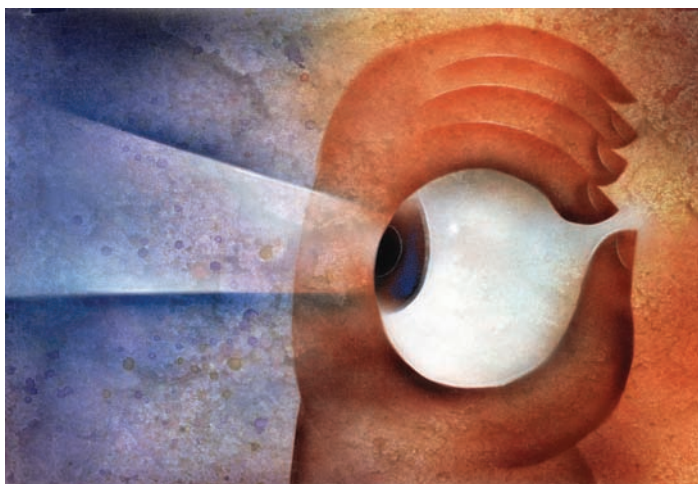
Grande parte das informações que obtemos do mundo chega até nosso cérebro por meio da visão. Através de nossos olhos, captamos sinais luminosos que, traduzidos e decodificados pelo cérebro, permitem a percepção do mundo em suas mais diversificadas formas, cores e significados.

Por outro lado, com o auxílio de instrumentos, desde os mais simples, como lupas, até os mais sofisticados, como grandes telescópios, temos acesso tanto ao mundo do muito pequeno, dos micro-organismos e das células, como ao mundo do muito distante, das estrelas e das galáxias.

Para o entendimento de inúmeros fenômenos naturais e dos princípios de funcionamento de equipamentos de alta tecnologia, é preciso compreender como a luz é produzida, como se propaga e interage com a matéria. Tais conhecimentos fazem parte da Óptica e permitem responder a questões como: De onde vem a luz? Como é produzida? Como se propaga? Como se formam as imagens em espelhos ou lentes? Como ocorre o processo da visão?



© Gabor Nemes/Kino

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6
VENDO O MUNDO

© Images.com/Corbis/Latinstock

Muitas das informações que temos do mundo chegam a nós por meio da luz. A visão tem papel fundamental na construção de nosso universo particular. Mas o que é a luz? Como vemos as coisas? Essas e outras perguntas serão respondidas ao longo desse tema. São inúmeros os fenômenos que envolvem a luz e, pouco a pouco, você tomará contato com eles. Inicialmente, é preciso reconhecer algumas características que estão presentes quando falamos de luz. Para isso, responda às questões a seguir.

Problematizando e classificando

Pesquise e responda em seu caderno:

1. O que produz a luz?
2. O que emite a luz?
3. O que é sensível à luz?
4. O que bloqueia a luz?
5. O que permite a passagem da luz?

Sob orientação do professor, exponha suas respostas a seus colegas e, juntos, elejam 20 elementos (entre instrumentos, situações, fenômenos e processos) associados à luz e à visão.

Classifique os elementos listados em quatro grandes categorias: a) produtores ou fontes de luz; b) refletores (que devolvem a luz); c) refratores (que deixam passar a luz); d) absorvedores (que transformam a energia luminosa em outras formas de energia).

Produtores ou fontes de luz	Refletores	Refratores	Absorvedores



Leitura e análise de texto

Teorias sobre a visão

Por que vemos as coisas? Como será que enxergamos? Por que não podemos enxergar no escuro? O que é necessário para enxergar? A visão do mundo vem de fora ou é projetada pelos olhos? Perguntas como essas instigaram o homem durante milênios. O desejo de compreender os processos de visão fez que diversos pensadores criassem as mais diferentes teorias, todas com o intuito de responder a perguntas como essas.

Por exemplo, por volta de 500 a.C., o filósofo Leucipo de Mileto acreditava que a visão só era possível porque os objetos presentes no mundo emitiam pequenas partículas, chamadas de *eidola*, que chegavam até nossos olhos. Assim, um gato, por exemplo, emanava de sua superfície essas partículas, capazes de levar informações sobre a forma e a cor do animal.

Para outro filósofo grego, Empédocles (490-430 a.C.), a visão era explicada de outra maneira. Para ele, a visão estava relacionada com o elemento fogo – ar, terra, água e fogo seriam os quatro elementos básicos que formavam o Universo. Empédocles acreditava que um raio visual era emitido pelos olhos e chegava até os objetos. Ao retornar para o olho, esse raio trazia informações sobre as formas e cores daquilo que era visto. Ou seja, isso ilustra como foram elaboradas diferentes teorias para tentar explicar como ocorrem os fenômenos ópticos.

Hoje sabemos que enxergamos porque o olho é um sistema sensível à luz proveniente de objetos luminosos ou iluminados. Ou seja, caso não haja nenhuma fonte emitindo luz, não há nada que nossos olhos possam captar. É preciso que os objetos sejam capazes de emitir ou refletir a luz para que possam ser vistos. Nosso sistema visual recebe as informações luminosas e as envia até o cérebro, que as processa, transformando-as em imagens.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Por que não conseguimos enxergar quando está totalmente escuro?

2. O que é *eidola*?



LIÇÃO DE CASA

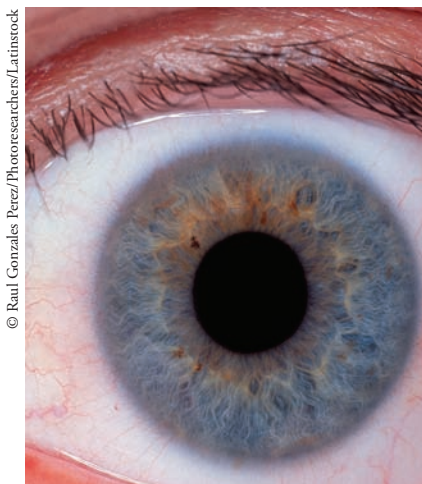


1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet os fenômenos ondulatórios: difração, polarização, dispersão, interferência, refração, reflexão e batimento.
2. Leia o Roteiro de experimentação da Situação de Aprendizagem 7 e traga, na próxima aula, o material necessário para a realização das atividades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 A CÂMARA ESCURA

Como enxergamos as coisas? Como podemos ver o mundo que nos cerca? Por que não enxergamos no escuro? Para que possa responder a essas perguntas e compreender como se dá o processo de visão, você vai agora construir uma “máquina fotográfica” rudimentar. É um experimento simples, mas que revelará a você princípios de funcionamento muito parecidos com os que ocorrem nas máquinas fotográficas modernas e em nossos olhos.



© Raul Gonzales Perez/Photoresarchers/Latinstock



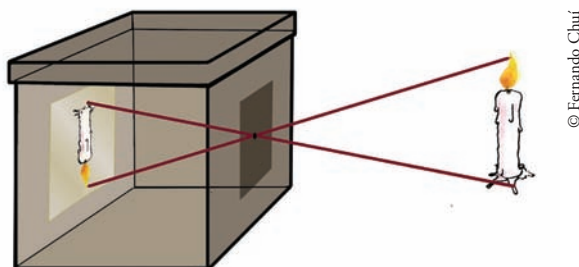
ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

A câmara escura

Materiais

- uma caixa de papelão com tampa (pode ser de sapatos);
- fita-crepe;
- cartolina preta;
- papel vegetal;
- papel-alumínio;
- tesoura;
- alfinete;
- vela;
- fósforos.

Mãos à obra!



1. Forre a parte interna da caixa de papelão com a cartolina preta, inclusive a tampa.
2. Corte no centro de uma de suas faces um pequeno quadrado, como se fosse uma janela.
3. Cubra a abertura quadrada com um pedaço de papel-alumínio.
4. Com um alfinete, faça um pequeno furo no centro do papel-alumínio.
5. Na face diametralmente oposta, recorte um quadrado de 10 cm ou 15 cm de lado, na mesma direção do furo.
6. “Tampe” esse buraco com um pedaço de papel vegetal, fixando-o com a fita-crepe.
7. Para garantir que a luz entre na caixa somente por esse orifício, vede todas as suas emendas com fita-crepe.
8. Pronto, está feita a câmara escura.
9. Acenda a vela e observe sua imagem formada no papel vegetal.
 - Como é a imagem que você viu?
 - O que a imagem tem de diferente em relação à vela?
 - Como você explica a imagem observada?

Agora, apoie sua câmara sobre a mesa e faça o que se pede a seguir, registrando os resultados em seu caderno.

1. Coloque a vela em uma determinada distância em relação à câmara e anote essa distância. Meça o tamanho da imagem e anote-o também.
2. Agora, aproxime a vela da câmara. Veja o que acontece com o tamanho da imagem. Meça e anote os valores da nova distância e do novo tamanho da imagem.
3. Repita o que fez anteriormente, desta vez afastando a vela da câmara.
4. Troque sua câmara escura por outra, de tamanho diferente. Coloque a câmara às mesmas distâncias que usou anteriormente e anote os tamanhos das imagens.

5. Relacione o tamanho da imagem com as dimensões da câmara escura e o seu distanciamento da vela.
6. Aumente o furo da câmara que você construiu e descreva as mudanças que observa. O que ocorre com a nitidez da imagem? Como você explica isso?



Leitura e análise de texto

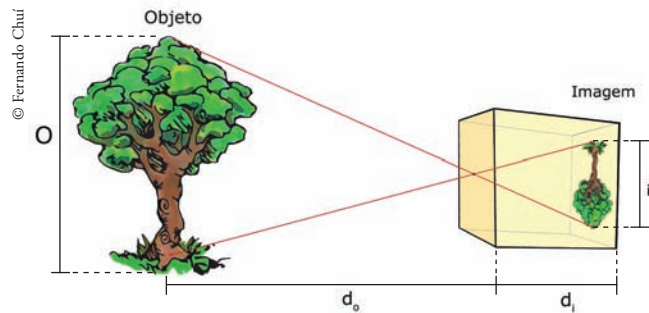
A câmara escura

A câmara escura é um instrumento predecessor da câmara fotográfica. Ela é simplesmente uma caixa com um único orifício que permite a entrada da luz exterior, que é projetada em uma tela no lado oposto ao orifício. Ao direcionar o orifício da câmara escura para um objeto qualquer que esteja emitindo ou refletindo luz, observa-se, no anteparo feito com a folha de papel vegetal, a projeção da imagem desse objeto, que aparecerá invertida. Mas por que ela aparece invertida?

Para entender o que está por trás do funcionamento da câmara escura, devemos considerar a propagação da luz em linha reta. Isto significa imaginar que cada ponto do objeto emite ou reflete a luz em todas as direções possíveis. Assim, o pequeno orifício na parte frontal da câmara permite a entrada de um estreito raio de luz proveniente de cada ponto do objeto. Como os raios de luz viajam em linha reta, aqueles provenientes da parte inferior do objeto atingem o topo do anteparo (o papel vegetal) e vice-versa. Assim, a imagem do objeto aparecerá invertida. Perceba que isso ocorre com qualquer objeto, seja ele luminoso, como uma vela, ou iluminado, como uma árvore.

Agora, uma coisa deve ficar bastante clara para você: os traçados dos raios de luz que você vê nesta figura não têm significado próprio, ou seja, não devem ser entendidos como algo real. Eles são apenas uma ferramenta para a compreensão do processo de formação de imagens. Trata-se de uma representação da luz, de modo que esse modelo de propagação retilínea permite estabelecer relações geométricas entre os tamanhos do objeto, da câmara escura e da imagem. Observando a geometria da figura, podemos determinar as distâncias envolvidas e os tamanhos das imagens usando a semelhança de triângulos. Assim, perceba

que $\frac{o}{d_o} = \frac{i}{d_i}$, onde o é o tamanho do objeto, d_o é sua distância até o orifício, i é o tamanho da imagem e d_i é a profundidade da câmara escura.



Formação de imagem em uma câmara escura.

A máquina fotográfica e o olho humano

Processos parecidos com o que você viu na câmara escura ocorrem em máquinas fotográficas e também em nossos olhos. Centenas de anos antes da invenção da fotografia, a câmara escura já era utilizada por pintores e artistas. Naquela época, tratava-se basicamente de um quarto escuro com um pequeno orifício na parede para permitir a passagem da luz, que incidia na parede oposta, formando uma imagem real invertida. Somente em 1826 a primeira fotografia foi tirada, quando o francês Joseph Niépce usou uma câmara escura com um material sensível à luz, o filme fotográfico.

Basicamente, uma máquina fotográfica possui três elementos principais: o diafragma, a lente e o filme (nas máquinas digitais, o filme é substituído por sensores eletrônicos, como veremos logo adiante). Assim, para que se possa fazer qualquer fotografia, é necessário conhecer, calibrar e combinar esses elementos.

Como você deve ter percebido, o tamanho do furo que fez em sua câmara escura influenciou na qualidade da imagem. O mesmo ocorre em uma máquina fotográfica. Isso porque, para que a foto fique bem nítida, é preciso controlar a quantidade de luz que entra na câmara e atinge o filme. Luz em excesso faz que a imagem apareça extremamente clara, da mesma forma que pouca luz deixará a foto muito escura. Para ajustar a quantidade de luz que passa, é preciso mudar o tamanho da abertura da lente. Essa regulação é feita por uma série de placas metálicas que se sobrepõem, de modo que possam abrir ou fechar, aumentando ou diminuindo a quantidade de luz que entra na máquina. Isso é o que chamamos de **diafragma**.

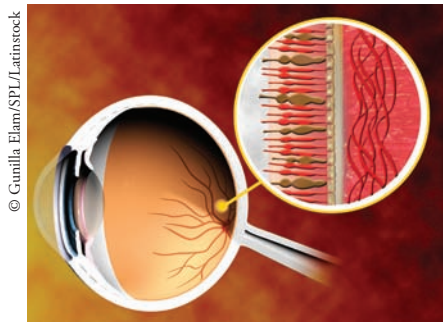
Já a **lente** é o elemento óptico da máquina. Sua função é fazer que os feixes de luz, ao passarem pelo diafragma, sejam redirecionados de modo que incidam no filme na posição correta. Nas máquinas fotográficas, as lentes são elementos complexos, sendo que lentes para *zoom* podem conter, às vezes, até 20 lentes juntas como se fossem uma só! Ou seja, a lente é uma peça fundamental para a obtenção de uma boa fotografia. Você estudará as propriedades das lentes e como elas desviam a luz na Situação de Aprendizagem 9.

Por fim, temos o **filme**, cuja função é registrar o padrão de luz quando exposto a ela. Por isso, para utilizá-lo, você precisa mantê-lo na mais completa escuridão até o momento de tirar a foto, momento em que alguma luz precisa entrar na máquina para registrar a cena. Esse registro se dá por meio de uma reação química que ocorre entre a luz e um conjunto de minúsculos grãos sensíveis à luz espalhados em uma suspensão química sobre uma tira de plástico que forma o filme. Ele é composto de várias camadas, mas o mais relevante aqui é o que acontece na camada fotoquímica. Nela estão contidos os minúsculos grãos de cristais de haleto de prata que reagem como detectores de fótons¹. Combinados com nitrato de prata e sais, como cloreto, brometo e iodeto, esses grãos sofrem uma reação fotoquímica quando expostos à luz, registrando assim a imagem que foi fotografada.



©Peter Donaldson/Alamy/Glow Images

¹ Você pode imaginar os fótons como pequeninos grãos de luz. Eles são uma representação moderna utilizada na Física para tratar a quantidade básica de energia luminosa transmitida. Esse assunto será retomado e detalhado no volume 2 da 3ª série.



© Gumilla Elam/SPL/Latinstock

As câmeras digitais possuem o mesmo funcionamento básico de uma antiga máquina fotográfica. Contudo, em vez de usar filmes quimicamente tratados, as imagens são gravadas por meio de sensores eletrônicos, que são semicondutores (materiais cujas propriedades elétricas, como a condutividade, variam de acordo com a incidência de luz sobre eles). Esses sensores possuem pequenas áreas, chamadas de *pixels*, nas quais a incidência de luz promove a liberação de cargas elétricas. Ou seja, quanto mais luz chega a um *pixel*, mais elétrons são cole-

tados. Quanto mais *pixels* uma câmera possui, maior é a resolução de suas imagens.

Hoje em dia, as câmeras utilizam basicamente dois tipos de sensores: o CCD (sigla em inglês para *charge coupled device*) e o CMOS (sigla em inglês para *complementary metal oxide semiconductor*). Ainda que possuam diferenças entre si, a ideia é a mesma: os dois tipos de sensores convertem luz em liberação de elétrons.

Com relação aos princípios de funcionamento, o olho humano se assemelha bastante a uma máquina fotográfica. Da mesma forma que a máquina, nossos olhos também possuem três componentes essenciais: um orifício que regula a quantidade de luz que entra, uma lente para a formação de uma imagem nítida e um elemento sensível à luz capaz de fazer o registro de uma imagem. Ou seja, tanto no olho quanto na máquina fotográfica, a luz que é emitida ou refletida por um objeto passa por um sistema de lentes, formando uma imagem invertida sobre um anteparo.

A entrada de luz nos olhos é regulada por uma membrana musciosa chamada **íris**, que é a parte colorida do olho. O cristalino possui dois músculos capazes de contraí-la ou dilatá-la, fazendo que a pupila, que é um “orifício” no centro do olho, fique menor ou maior, permitindo, assim, que entre menos ou mais luz no interior do olho.

Já o conjunto de lentes que temos nos olhos é formado basicamente pela córnea e pelo cristalino. O cristalino é uma lente capaz de focalizar objetos próximos ou distantes, mudando sua curvatura. Em uma máquina fotográfica, as lentes possuem curvaturas fixas, de modo que, para ajustar o foco a fim de que a imagem se forme corretamente sobre o filme, é preciso movê-las para a frente ou para trás. No olho, isso não é necessário, pois existem músculos que envolvem o cristalino e modificam sua curvatura.

Em um olho normal, o cristalino focaliza as imagens em um “anteparo”, que é a retina. Ela é uma pequena membrana que fica na parte posterior do olho e que possui milhões de neurônios sensíveis à luz, chamados de fotorreceptores. Eles são capazes de transformar a luz que recebem em impulsos nervosos que são enviados, pelos nervos ópticos, até o cérebro, que os interpreta e registra como sensações visuais.

O olho humano é um sensor extremamente poderoso. Podemos, por meio dele, ver objetos sob a luz intensa do Sol ou mesmo na escuridão de um quarto. Nossos olhos são capazes de focalizar objetos que se encontram a vários quilômetros de distância ou a um palmo de nossa face. Assim, ainda que sejam parecidos com uma máquina fotográfica, tal semelhança se dá apenas em seu princípio de funcionamento, visto que eles são extremamente mais sofisticados e complexos do que uma câmera fotográfica.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Existe alguma semelhança entre o olho humano e uma máquina fotográfica?

2. Usando as propriedades de triângulos semelhantes, analise a figura “Formação de imagem em uma câmara escura” presente no texto “A câmara escura” e demonstre a equação $\frac{o}{d_o} = \frac{i}{d_i}$.

3. Ao observar um poste com a câmara escura, o professor Ari obteve uma imagem de 9 cm. Se a câmara tem 12 cm de comprimento e estava afastada 4 m do poste, qual é a altura do poste?



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático, na biblioteca de sua escola ou na internet como funciona o olho humano e faça um cartaz, descrevendo cada parte do olho, bem como sua função.
2. Leia o Roteiro de experimentação da Situação de Aprendizagem 8 e traga, na próxima aula, o material necessário para a realização das atividades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 REFLETINDO

“Espelho, espelho meu, existe alguém mais bela do que eu?” Essa frase, imortalizada em um conto de fadas, revela o fascínio que o ser humano sempre teve por ver sua imagem refletida em alguma superfície. Objetos de cobre encontrados às margens do Rio Nilo, no Egito, revelam que os espelhos datam de 5 000 a.C.! Mas o que será que ocorre em um espelho? Existe apenas um tipo? Para entender esses questionamentos, você agora vai estudar a reflexão da luz. Para isso, será necessário realizar alguns experimentos e relacioná-los com fatos corriqueiros de seu dia a dia.



© Toru Higuchi/amanaimages/Corbis/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Refletindo: espelhos planos

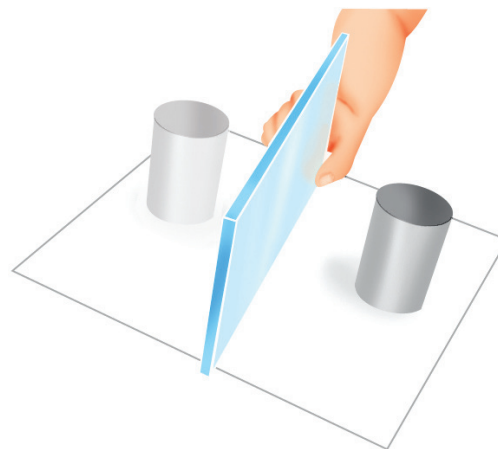
Espelhando (o espelho mágico)

Materiais

- uma lâmina de vidro;
- uma folha de papel;
- lápis;
- régua;
- dois objetos idênticos (duas borrachas, duas velas etc.).

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.
2. No centro da folha, segure a lâmina de vidro por um de seus lados, posicionando-a perpendicularmente ao plano da folha.
3. Coloque um dos objetos a 10 cm de distância da lâmina.
4. Cuidadosamente, sem movimentar a lâmina, coloque o outro objeto exatamente na posição da imagem que você vê refletida na lâmina de vidro.
5. Faça este objeto ficar superposto à imagem que você observa.
6. Agora, meça a distância a que esse objeto se encontra da lâmina.



© Jairo Souza Design

Espelho plano.

Refletindo: espelhos cilíndricos

Montagem dos espelhos cilíndricos caseiros

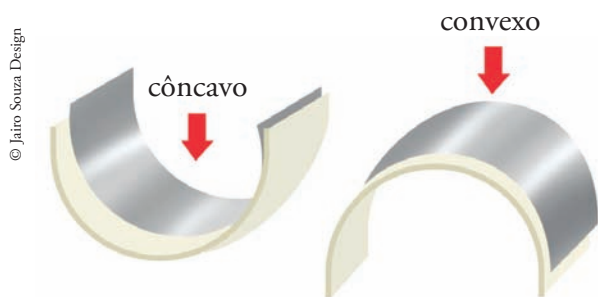
Materiais

- folha de papel-alumínio;
- um pote redondo (de sorvete, margarina etc.) com diâmetro entre 15 cm e 20 cm ou um cano de PVC cortado;
- tesoura;
- cola em bastão ou fita adesiva dupla face.

Mãos à obra!

1. Corte o pote ou um cano PVC ao meio, como mostra a figura a seguir.
2. Uma das metades será utilizada para a confecção do espelho côncavo e a outra, para o espelho convexo.

3. Para o espelho côncavo, basta colar uma tira da folha de papel-alumínio na parte interna do pote ou do cano, utilizando a fita dupla face ou cola. Para o espelho convexo, uma tira de papel-alumínio deve ser colada na superfície externa da outra metade do pote ou do cano.



Montagem dos espelhos cilíndricos caseiros.

Atenção: certifique-se de não deixar nenhuma ruga no papel.

Espelhos cilíndricos: “observando” o foco do espelho côncavo

Materiais

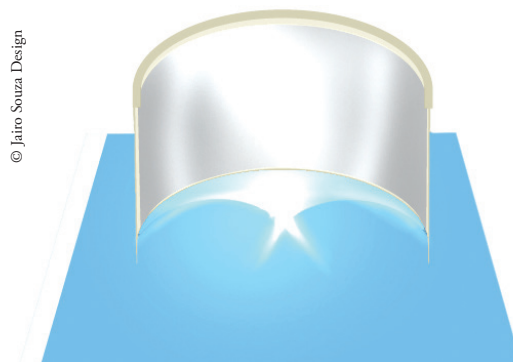
- folha de papel;
- um espelho côncavo caseiro;
- lanterna ou *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque o espelho sobre uma folha de papel.
2. Ligue a lanterna e incida a luz na superfície espelhada.

Observe o que ocorre com os raios de luz refletidos.

Você pode perceber algum ponto na folha bem mais iluminado que outros? Por que será que isso ocorre?



Espelho côncavo caseiro.

Espelhos cilíndricos: “observando” o foco do espelho convexo

Materiais

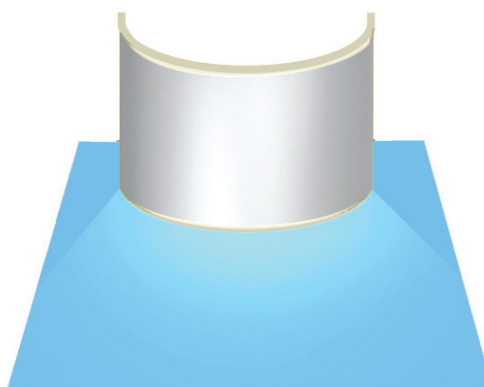
- um espelho convexo caseiro;
- folha de papel;
- lanterna ou *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque o espelho sobre uma folha de papel.
2. Ligue a lanterna e incida a luz na superfície espelhada.

Observe o que ocorre com os raios de luz refletidos.

Como eles estão distribuídos? É possível imaginar de onde eles estão saindo?



© Jairo Souza Design



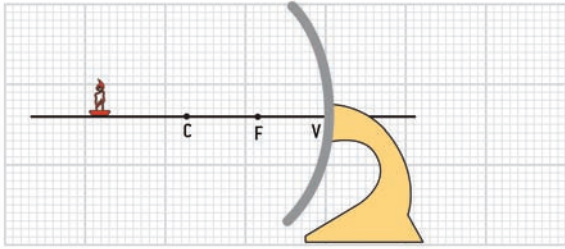
Aviso!

Não focalize o *laser* nos olhos, pois isso pode ser prejudicial à visão.

Construindo e analisando imagens formadas em espelhos cilíndricos

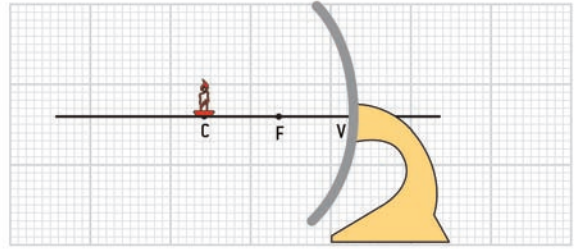
1. Construa as imagens formadas nos espelhos cilíndricos a seguir. Apresente e discuta as características das imagens e associe-as com a deformação que ocorre quando alguém observa sua imagem refletida numa superfície espelhada não plana. (Nas figuras a seguir, **C** é o centro de curvatura do espelho, **F** é o foco e **V** é o vértice do espelho.)

a) Objeto colocado antes do centro de curvatura



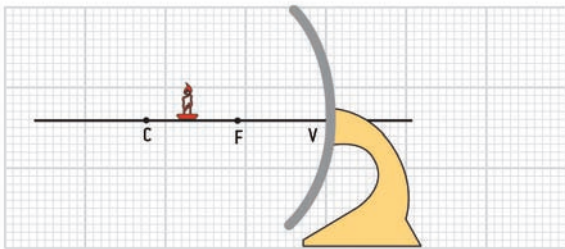
Características da imagem:

b) Objeto colocado no centro de curvatura



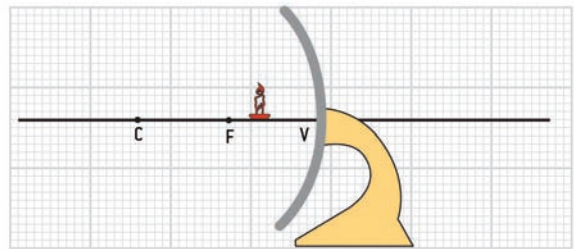
Características da imagem:

c) Objeto colocado entre o centro e o foco



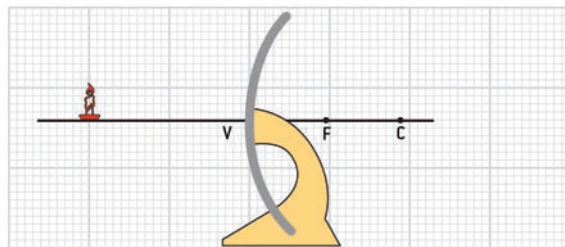
Características da imagem:

d) Objeto colocado entre o foco e o vértice



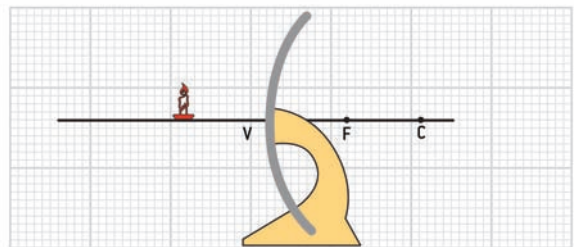
Características da imagem:

e) Objeto distante diante de um espelho convexo



Características da imagem:

f) Objeto próximo diante de um espelho convexo



Características da imagem:



VOCÊ APRENDEU?



1. Por que ambulâncias têm o nome escrito invertido no capô?

2. O que é um espelho?

3. Se um raio de luz incidir em um espelho plano com um ângulo de 30° , com qual ângulo ele será refletido?

4. Qual será a altura da imagem, bem como a distância dela em relação ao espelho, de um homem de 1,80 m distante 15 m de um espelho plano?



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático qual fórmula relaciona a posição da imagem, a posição do objeto e o foco de um espelho esférico. Qual equação fornece o aumento sofrido pelas imagens formadas nesse espelho?

2. Leia o Roteiro de experimentação da Situação de Aprendizagem 9 e traga, na próxima aula, o material necessário para a realização das atividades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9 REFRATANDO

Você já reparou que, ao tentar pegar um objeto submerso na água, como em uma piscina, se mergulharmos nossa mão para alcançá-lo, ele nunca está onde o vemos? Por que isso ocorre? A resposta a essa pergunta permitirá que você entenda um pouco mais dos fenômenos ópticos, possibilitando que compreenda, por exemplo, o funcionamento das lentes e como adequar seu uso à correção de diferentes problemas de visão e à construção de diferentes instrumentos ópticos.



© Mikael Andersson/Nordic/Latinstock



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Refratando

Construindo as lentes

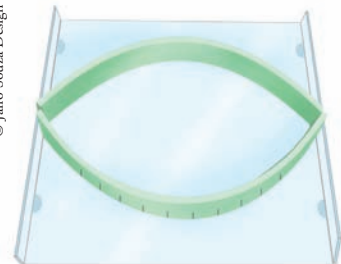
Materiais

- régua de silicone (30 cm);
- tesoura;
- duas caixas plásticas de CD;
- cola instantânea;
- água.

Mãos à obra!

1. Inicialmente, corte a régua na direção de seu comprimento, separando-a em duas metades com 30 cm cada. Uma das metades será utilizada na construção da lente convergente e a outra, na lente divergente.
2. Pegue a parte de cima da caixa de CD (a caixa precisa ser das mais antigas, que são mais profundas): ela será a base de sua lente.
3. Corte uma das metades da régua ao meio, obtendo dois pedaços de 15 cm cada.
4. Posicione-os no meio da caixa, curvando-os cuidadosamente, como mostra a figura, e cole-os na base.

© Jairo Souza Design



Lente convergente caseira.

5. Basta esperar a cola secar e encher com água o vão entre as régulas. Aí está sua lente convergente.
6. Para a confecção da lente divergente, basta fazer a mesma coisa, mas colando as régulas curvadas para fora, como mostra a figura a seguir.
7. Encha com água o vão central e terá sua lente divergente.



Lente divergente caseira.

Convergindo

Materiais

- uma lente convergente caseira;
- uma folha de papel;
- duas ponteiras *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.
2. No centro da folha, coloque sua lente convergente.
3. Incida a luz do *laser* em uma das faces da lente e veja o que ocorre com o raio de luz.
4. Mantenha esse *laser* ligado e no mesmo lugar.
5. Agora, incida a luz do outro *laser* nessa mesma face, porém em outra posição. O que ocorre com os raios de luz?

Divergindo

Materiais

- uma lente divergente caseira;
- uma folha de papel;
- duas ponteiras *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.

2. No centro da folha, coloque sua lente divergente.
3. Incida a luz do *laser* em uma das faces da lente e veja o que ocorre com o raio de luz.
4. Mantenha esse *laser* ligado e no mesmo lugar.
5. Agora, incida a luz do outro *laser* nessa mesma face, porém em outra posição. O que ocorre com os raios de luz?



Leitura e análise de texto

A refração

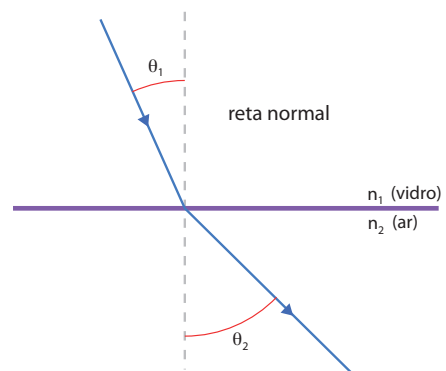


Por que o lápis na figura ao lado parece estar “quebrado” quando está imerso na água? A resposta a essa pergunta se baseia em um fenômeno chamado refração: a luz sofre um desvio ao passar de um meio transparente para outro. A luz é uma onda que se propaga no vácuo com a velocidade de 300 000 km/s! Mas, como toda onda, essa velocidade depende do meio no qual a luz está se propagando. Por exemplo, no ar, a velocidade da luz tem um valor praticamente idêntico ao do vácuo. Já dentro da água, ela passa a viajar com a velocidade de 225 550 km/s. No interior de um vidro transparente, ela fica ainda mais “lenta”, propagando-se a 200 000 km/s. É justamente essa mudança de

velocidade que faz a luz sofrer um desvio ao mudar de um meio para o outro, causando a impressão de o lápis estar “quebrado”.

Na figura a seguir, temos a representação gráfica do desvio sofrido pela luz ao passar do vidro para o ar. A reta “normal” é uma linha imaginária, perpendicular à superfície que separa os dois meios; θ_1 e θ_2 são, respectivamente, os ângulos de incidência e de refração; e n_1 e n_2 são os índices de refração de cada meio. Há uma relação simples entre os senos dos ângulos que o raio de luz forma com a normal. Essa relação é conhecida como Lei de Snell-Descartes e é dada por $n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$.

Chamamos de índice de refração a relação entre as velocidades da luz nos dois meios. Assim, se a

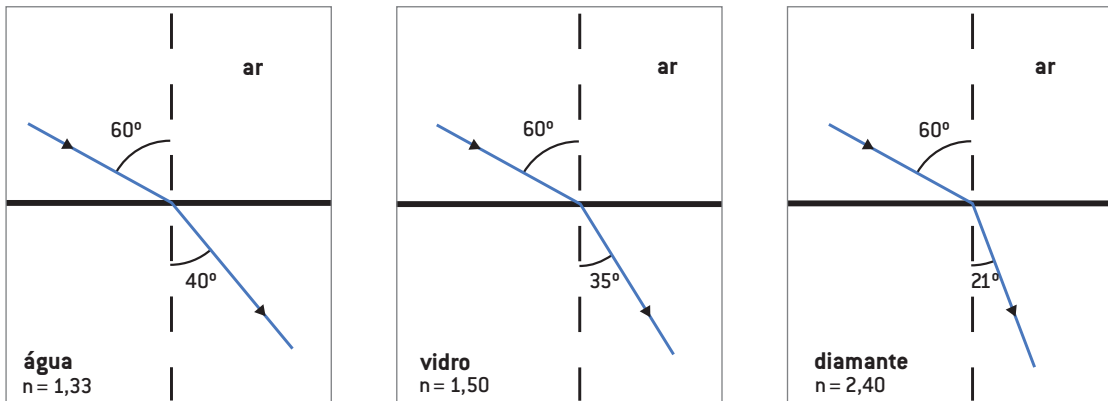


luz passa do ar para o vidro, o índice de refração n será dado pela divisão da velocidade da luz no ar (300 000 km/s) pela velocidade da luz no vidro (200 000 km/s), ou seja, $n = 1,5$.

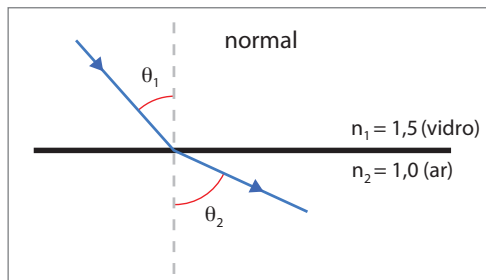
Ao se propagar no vácuo, a velocidade da luz atinge o valor máximo de 300 000 km/s. Esse é um valor-limite para a velocidade de qualquer corpo no Universo. Geralmente, a velocidade da luz no vácuo é grafada apenas como c . Se a luz que viaja no vácuo com velocidade c atravessa uma superfície qualquer, como um vidro, sua velocidade sofrerá uma variação. Assim, representamos o índice de refração desse meio pela seguinte relação:

$$n = \frac{c}{v}, \text{ onde } n \text{ é o índice de refração do meio e } v \text{ é a velocidade da luz nesse meio.}$$

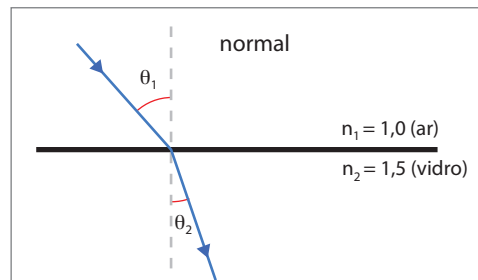
A luz, ao passar do ar para determinado material, sofrerá um desvio tanto maior quanto maior for o índice de refração do material em relação ao ar. Assim, analise o que ocorre nas figuras a seguir: em todos os casos, a luz incide na superfície que separa os dois meios com um ângulo de 60° . Em qual das situações a luz sofreu desvio maior? Existe alguma relação entre o desvio e a mudança de índice de refração (mudança de velocidade)?



Agora, vamos analisar mais um detalhe da refração. Observe outra vez a equação de Snell-Descartes: $n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$; perceba que, se n_2 for maior que n_1 (como no caso da luz passando do ar para o vidro), então $\text{sen}\theta_2$ é menor que $\text{sen}\theta_1$. Isso significa que θ_2 é menor que θ_1 . Assim, pode-se perceber que, quando a luz passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, o raio de luz se aproxima da normal. Para que isso se torne mais claro, analise atentamente as figuras a seguir:



Raio de luz passando de um meio mais refringente para um meio menos refringente: $n_1 > n_2$ e $v_1 < v_2$.



Raio de luz passando de um meio menos refringente para um meio mais refringente: $n_1 < n_2$ e $v_1 > v_2$.

Perceba que o desvio sofrido pela luz é uma consequência da refração, e não a refração propriamente dita. Refração é o fenômeno ondulatório que ocorre quando uma onda, ao mudar de meio, sofre alteração em sua velocidade.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

Agora, responda às questões a seguir:

1. Qual é a relação entre a velocidade da luz e o desvio sofrido na refração?

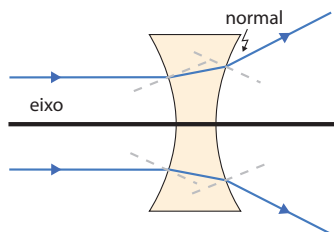
2. Dê um exemplo em que ocorre refração, mas a luz não sofre desvio. Justifique sua resposta.



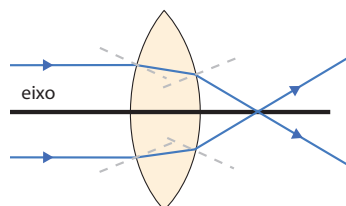
APRENDENDO A APRENDER

Lentes convergentes e divergentes

Quando todos os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo de uma lente convergem para determinada região de seu eixo, chamada foco, temos uma lente convergente. Por exemplo, uma lente de vidro biconvexa, como aquelas encontradas em algumas lupas, é uma lente convergente. Da mesma forma, todos os raios de luz que incidem em uma lente paralelamente a seu eixo, ao emergirem da lente para o ar, refratam-se novamente, mas de uma forma que agora não convergem para uma região determinada. Nesse caso, temos uma lente divergente. Um exemplo de lente divergente é o “olho mágico”, encontrado na porta das residências.



Lente divergente.



Lente convergente.

É preciso também que você compreenda que o fato de uma lente ser convergente ou divergente depende do meio onde ela se encontra. Isso porque esses comportamentos ópticos estão associados às diferenças entre os índices de refração do meio e do material de que é feita a lente. Assim, quando uma lente biconvexa estiver no ar, vai se comportar como convergente, já que o índice de refração do ar será menor que o do seu material, que pode ser vidro ou plástico. Entretanto, se o meio possuir índice de refração maior que o do material da lente, ela se torna então uma lente divergente.

Os problemas de visão e as lentes corretoras

Certamente você conhece alguém que usa óculos. Da mesma forma, você já deve ter notado que algumas pessoas aproximam ou afastam os objetos dos olhos para enxergá-los. Tanto essas manobras manuais como o uso de óculos e lentes de contato são artifícios para que se possa enxergar nitidamente as imagens. Como as lentes corrigem esses problemas de visão? Para responder a essa pergunta, iremos, inicialmente, apresentar os problemas mais comuns que causam a perda de nitidez visual. São eles:



© Joe Bator/Corbis/Latinstock

- miopia: dificuldade de enxergar objetos e cenas distantes;
- hipermetropia: dificuldade de enxergar objetos e cenas próximos;
- astigmatismo: imagem fica desfocada, um pouco embaçada em algumas direções;
- presbiopia: dificuldade de enxergar objetos e cenas tanto distantes como próximos.

Para alguém que não apresenta problemas de visão, a luz emitida ou refletida por um objeto, ao entrar nos olhos, é focalizada em um único ponto na retina. Nessa região do olho existem células sensoriais, os **bastonetes** e os **cones**, que transformam a luz em impulsos elétricos, que são transmitidos para o cérebro. Essa informação luminosa é então convertida em imagens, causando, assim, a percepção visual.

Entretanto, algumas pessoas têm problemas que impossibilitam que a luz seja focalizada de maneira precisa na retina. Isso ocorre, às vezes, por causa de problemas no cristalino e nos conjuntos de músculos anexados que fazem sua forma variar. Ao olharmos um objeto qualquer, esses músculos se contraem ou relaxam, de modo que alteram a forma do

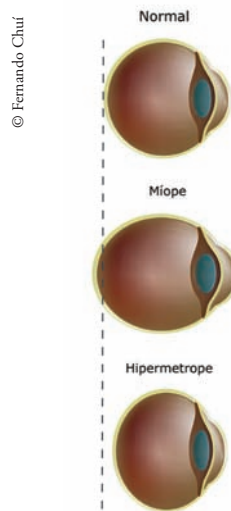
crystalino, mantendo assim a luz proveniente do objeto focada na retina, mesmo quando os olhos se movem. Outras vezes, variações no formato do globo ocular ou variações no índice de refração dos meios transparentes do olho (humor vítreo e aquoso) podem causar os problemas de visão.

Assim, uma das possíveis causas da miopia pode ser um alongamento do globo ocular, o que faz a luz ser focalizada na frente da retina. Dessa maneira, ainda que as pessoas míopes sejam capazes de enxergar com clareza objetos próximos a elas, sua visão de longe é prejudicada, sendo sempre embaçada. Então, para corrigir a miopia, é necessário o uso de lentes divergentes, que diminuem a convergência dos raios de luz, de modo que o ponto focal passa a ser mais distante, permitindo assim que a imagem se forme sobre a retina.

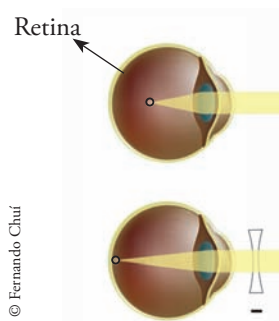
A hipermetropia, ao contrário, pode ser decorrente do encurtamento do globo ocular, o que faz a luz ser focalizada atrás da retina. Assim, ainda que os hipermetropes possam enxergar com clareza objetos distantes, sua visão para objetos próximos é embaçada, desfocada. A correção da hipermetropia se dá pelo uso de lentes convergentes, que aumentam a convergência dos raios de luz, movendo o ponto focal de maneira que coincida com a retina.

Já o astigmatismo pode ser causado por irregularidades na córnea ou no cristalino, o que faz a luz ser focalizada em mais de um ponto, causando distorção na visão. Para sua correção, é necessário o uso de lentes cilíndricas, projetadas especificamente para cada pessoa.

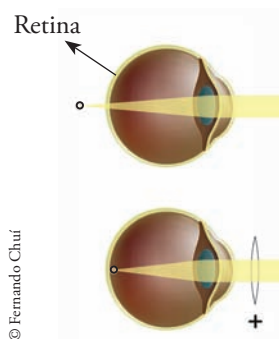
Por fim, o que causa a presbiopia é uma rigidez no cristalino, decorrente do avanço da idade. Assim, a partir dos 40 anos, as dificuldades de acomodação do cristalino tornam embaçadas as imagens tanto vistas de perto como de longe. A correção desse problema se dá por meio do uso de dois óculos (um para perto, outro para longe) ou do uso de óculos bifocais, em que a parte de cima da lente é usada para a visão de objetos distantes e a parte de baixo, para objetos próximos.



Possível associação entre variações no formato do globo ocular e os problemas de visão.



Correção da miopia com o uso de uma lente divergente.

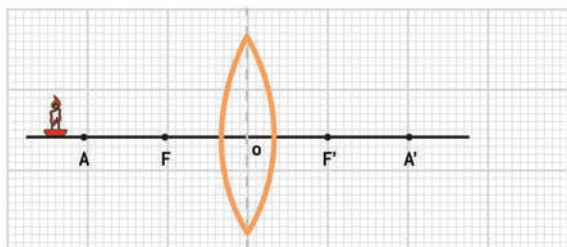


Correção da hipermetropia com o uso de uma lente convergente.

Construindo e analisando imagens formadas pelas lentes

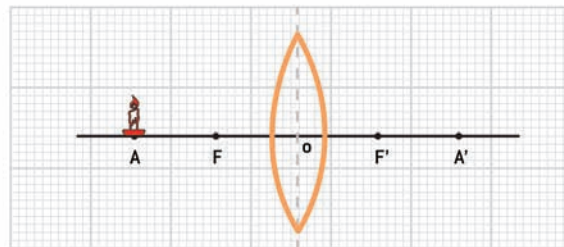
1. Construa as imagens formadas pelas lentes a seguir. Discuta e apresente as características das imagens. Pense em como poderíamos associá-las com lupas, lentes corretoras ou lunetas. (Nas figuras a seguir, **O** é o centro óptico da lente, **F** é o foco objeto, **F'** é o foco imagem e **A** e **A'** são os pontos antiprincipais.)

a) Objeto colocado antes do ponto antiprincipal



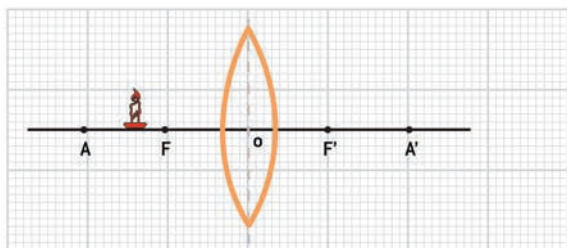
Características da imagem:

b) Objeto colocado sobre o ponto antiprincipal



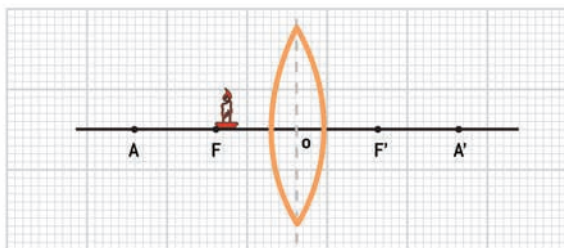
Características da imagem:

c) Objeto colocado entre o ponto antiprincipal e o foco



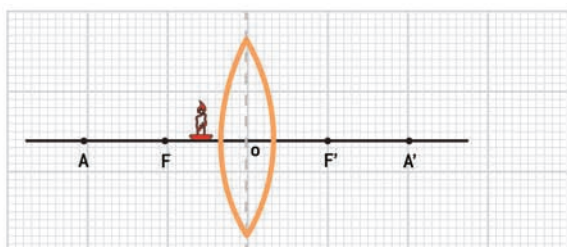
Características da imagem:

d) Objeto colocado sobre o foco



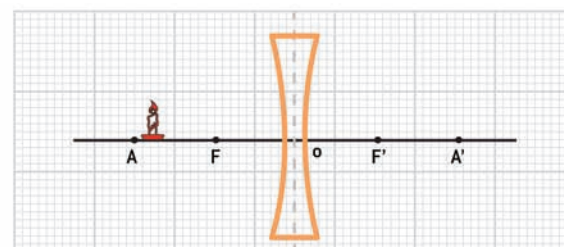
Características da imagem:

e) Objeto entre o foco e o centro óptico



Características da imagem:

f) Objeto diante de uma lente divergente



Características da imagem:



VOCÊ APRENDEU?



1. O que é a refração?

2. Sempre que ocorre refração, a luz sofre desvio em sua trajetória?

3. Lembre-se do exercício em que você construiu imagens formadas por lentes. Que lente usamos para a correção da miopia? Justifique.

4. E para a correção da hipermetropia, que lente usamos? Justifique.



LIÇÃO DE CASA



1. Pesquise em seu livro didático qual fórmula relaciona a posição da imagem, a posição do objeto e o foco de uma lente. Qual fórmula fornece o aumento sofrido pelas imagens formadas em uma lente?

2. Com base nas imagens formadas por lentes que você construiu, explique o funcionamento de diferentes instrumentos ópticos, como luneta, microscópio, telescópio e retroprojektor.

TEMA 3:

LUZ E COR



© Iara Venanzi/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 das próximas aulas. Com certeza, você nunca mais verá a luz como antes...



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10 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?

Responda também:

- Será que a cor de um objeto é uma característica permanente dele?

- 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, vermelha 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 Souza Design

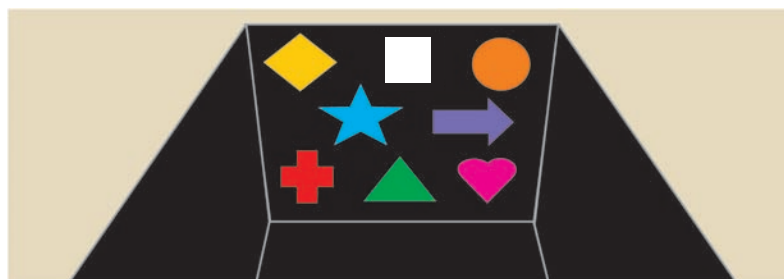


Modelo das figuras.

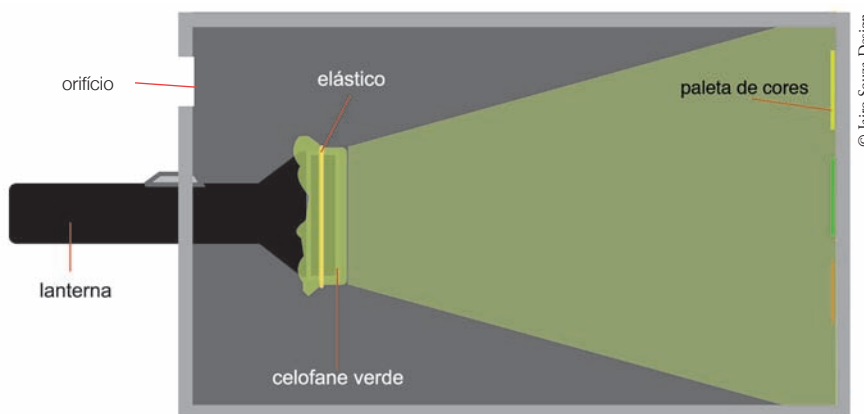
Mãos à obra!

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 lado, destacando-se a posição da lanterna.

4. Faça um furo na caixa, no lado oposto ao das figuras coloridas, para encaixar a lanterna. 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.
5. Faça também um orifício logo acima da lanterna, de modo que possa olhar as figuras no interior da caixa.
6. 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.
7. 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 Souza Design

Agora, responda às seguintes questões:

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

2. 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?

3. Qual será a cor de uma banana iluminada por uma luz vermelha?

4. 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 enxergar 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, que é 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 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. Por outro lado, pode-se convencionar que a cor de um objeto é aquela que ele mostra quando iluminado por luz branca, como a do Sol.

Coloração na geração

A fonte geradora de luz nem sempre é branca, como a solar, podendo ser, por exemplo, amarela, como a das luminárias públicas à base de sódio, ou vermelha, como a das ponteiros *laser*.

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.



VOCÊ APRENDEU?



1. O que é a cor de um objeto? E o que é a cor de uma fonte de luz?

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

3. Qual é 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. 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 a cor não é uma propriedade intrínseca dos materiais.
2. Leia o roteiro da Situação de Aprendizagem 11 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 11 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 a seguir, poderemos entender um pouco mais sobre a luz.



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

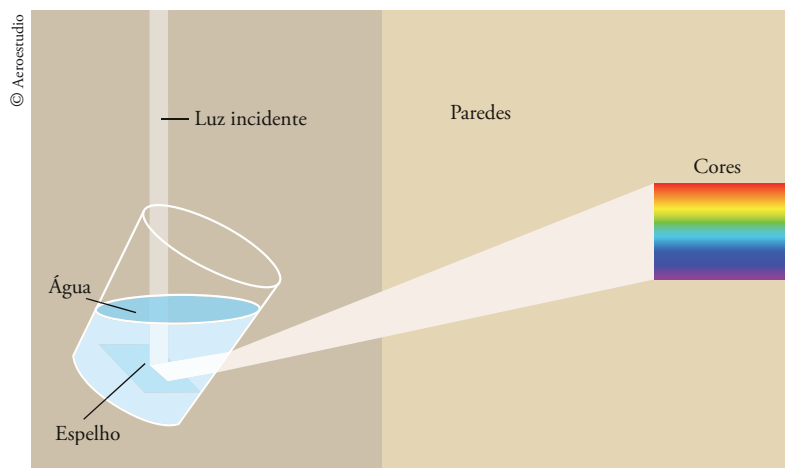
Decompondo a luz branca

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 m 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?

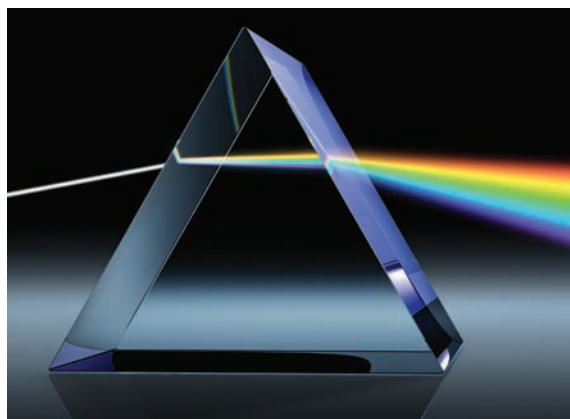
- d) O que difere uma luz colorida da outra?



Leitura e análise de texto

Luz e cores

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



© Matthias Küller/Corbis/Latinstock

de **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 na compreensão da natureza da luz.

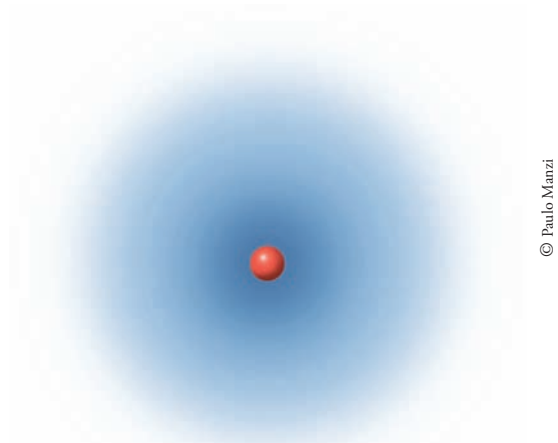
A luz é a única coisa que realmente vemos. Nossa principal fonte natural de luz é o Sol e também conhecemos a luz proveniente de outras estrelas. Convivemos diariamente com as fontes artificiais de luz, como as chamas das velas, as lâmpadas fluorescentes e a luz dos filamentos das lâmpadas incandescentes. 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 que “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 “sente” 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

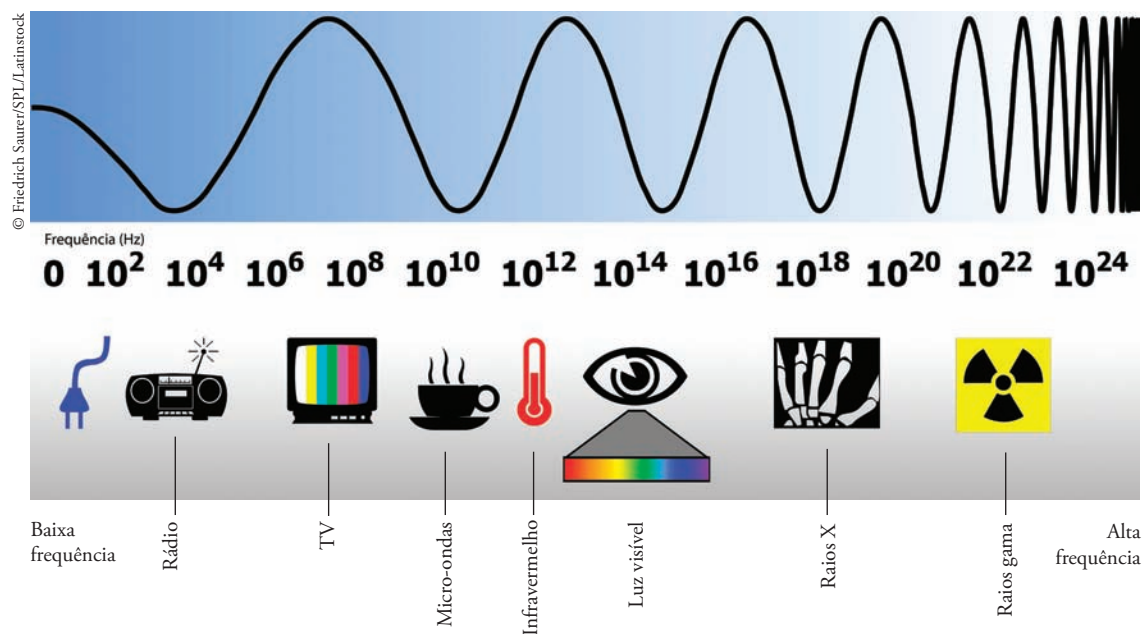
Luz e cores: “simplesmente” ondas eletromagnéticas

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: 300 000 km/s. Essa 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

fio, 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 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 $4 \cdot 10^{14}$ 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.

Dessa forma, a frequência de vibração do elétron define 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 hertz corresponde a uma oscilação por segundo.

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

Na tabela a seguir, veja alguns tipos de ondas eletromagnéticas e o que pode detectá-las.

F (Hz)	Tipo de onda	Deteção
10^{19}	Raios X	Chapa fotográfica
10^{16}	Ultravioleta	Chapa fotográfica
$7 \cdot 10^{14}$	Violeta	Olhos e chapa fotográfica
$4 \cdot 10^{14}$	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 por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

Após a leitura do texto, responda às questões:

1. Qual é 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 é 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 “Misturando as cores... de luzes” 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 essas questões tomando por base a experiência a seguir.

Materiais

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

© R-P/Kino



Lâmpada dicroica de LED.

Mãos à obra!

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

© Jairo Souza Design



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 os procedimentos dos itens 2 a 5.
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

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/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 por Guilherme Brockington 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 “Misturando as cores... de tintas” 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?

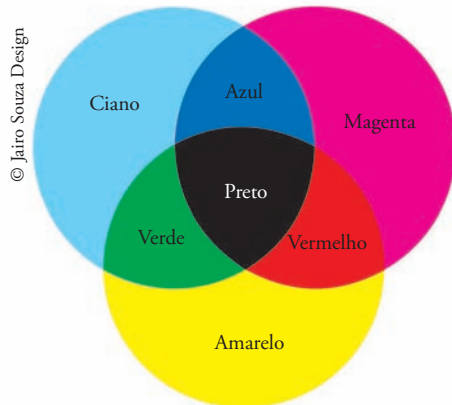
6. Escolha outras duas cores (magenta e amarelo e, depois, amarelo e ciano) e repita os procedimentos dos itens anteriores.
7. Você já pode ter ouvido que as três cores-pigmento primárias são magenta, ciano e amarelo. Misture-as. Observe e anote a cor obtida com essa mistura.
8. Utilizando as cores magenta, 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 essa 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 nas faixas 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 nas faixas 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 da Situação de Aprendizagem 12 e traga na próxima aula o material solicitado pelo professor, necessário para a realização das atividades.

O que eu aprendi...

Handwriting practice area with horizontal dashed lines and spiral binding on the left side.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 12

SOMBRAS 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 vermelha, 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 no anteparo 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 o objeto de posição e observando as cores que se formam no anteparo.
4. Em seguida, avalie a cor da sombra para as seguintes situações:
 - a) com as três lâmpadas iluminando o objeto;
 - b) apenas com a lâmpada azul, apenas com a lâmpada verde, apenas com a lâmpada vermelha;
 - c) 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?



Leitura e análise de texto

A luz em nossos olhos

Para entender como surge o amarelo no experimento realizado, 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.

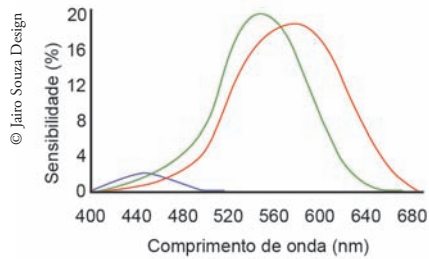
Em nossos olhos, especificamente na retina, há células sensíveis à luz, os cones e os bastonetes. Elas contêm substâncias que, iluminadas, modificam-se, gerando impulsos nervosos que chegam ao cérebro por uma série de fibras nervosas. No cérebro, esses impulsos são interpretados, constituindo as imagens.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



© Ralph C. Eagle Jr./Photoresearchers/Latinstock

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

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.



Curva de resposta dos três cones do olho humano em relação à frequência da luz recebida.

Fonte: KANTOR, Carlos Aparecido et al. *Física: Ensino Médio, 2º ano*. São Paulo: Editora PD/Pearson Education do Brasil, 2012. p. 81. (Coleção Quanta Física).

O gráfico apresentado mostra que existem três tipos de cone, cada um sensível a uma faixa de comprimento de onda ou de frequência. Para entendê-lo, será preciso que preste atenção nas grandezas envolvidas na sensibilidade dos cones. O eixo vertical apresenta a sensibilidade 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 ($4,5 \cdot 10^{14}$ Hz) e na faixa do verde ($5,5 \cdot 10^{14}$ 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 por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

Após a leitura do texto, responda às questões:

1. O que são cones e bastonetes e qual é 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 é seu nome popular? Como funciona a visão de alguém que possui esse distúrbio?

2. Leia as situações-problema da Situação de Aprendizagem 13 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 13 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. Chillnald/SPL/Latinstock



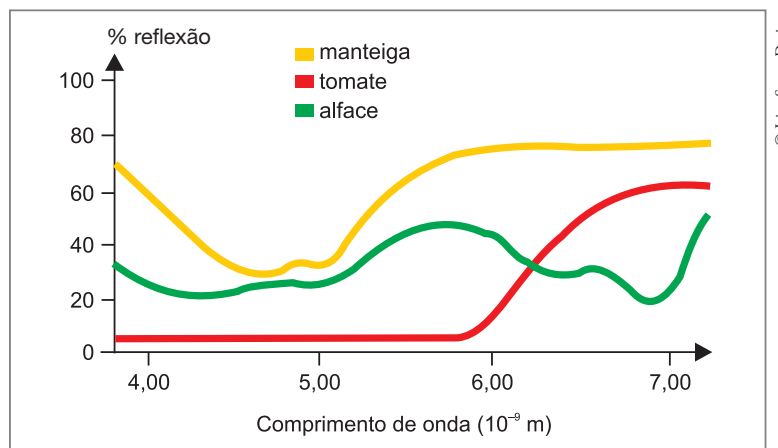
Pense na seguinte situação: você comprou determinada peça de roupa e, quando chegou em casa, percebeu que a cor estava diferente, não tão bonita como na loja. O mesmo pode ocorrer quando se compram verduras no supermercado. Ao chegar em casa, muitas vezes elas não estão verdinhas como quando foram compradas. 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.

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 indicado 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?

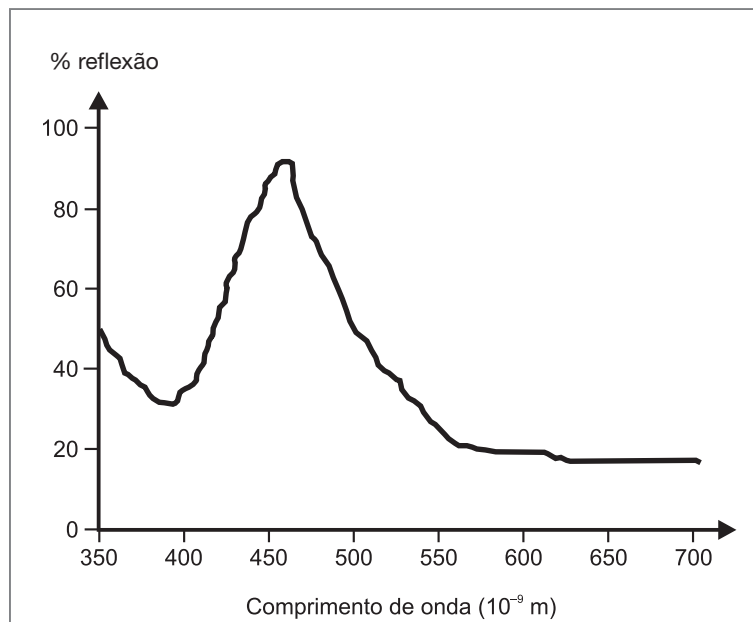
A seguir, você verá duas figuras. Uma delas contém as curvas de reflexão dos alimentos da primeira situação-problema; a outra apresenta a curva de reflexão do tecido da segunda situação-problema.

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 poderiam ser empregados em cada uma das situações, para realçar a cor dos alimentos e na loja que vendeu a roupa e avalie se considera tais procedimentos eticamente aceitáveis.



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

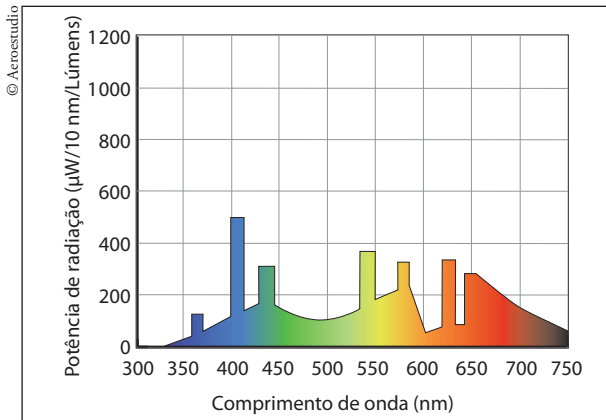
FIGUEIREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício.
Física, um outro lado: luz e cores. São Paulo: FTD, 2000.



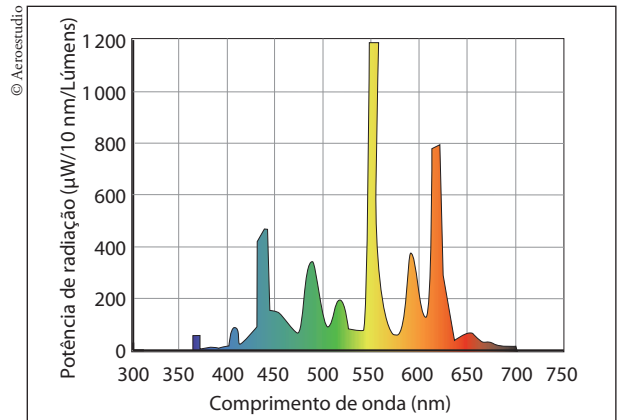
Curva de reflexão de determinado tecido.

Especificações técnicas das lâmpadas

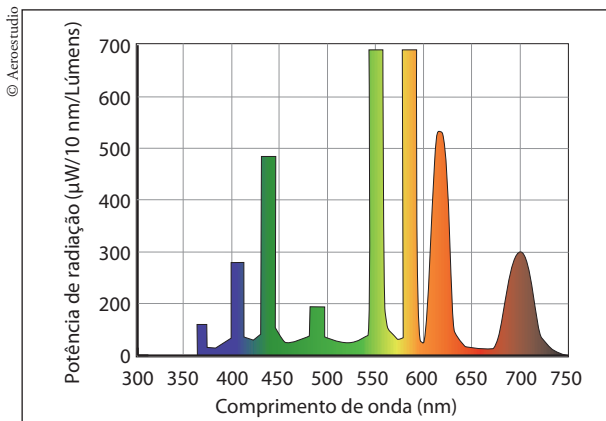
Nos gráficos a seguir você encontrará a curva espectral de seis diferentes lâmpadas.



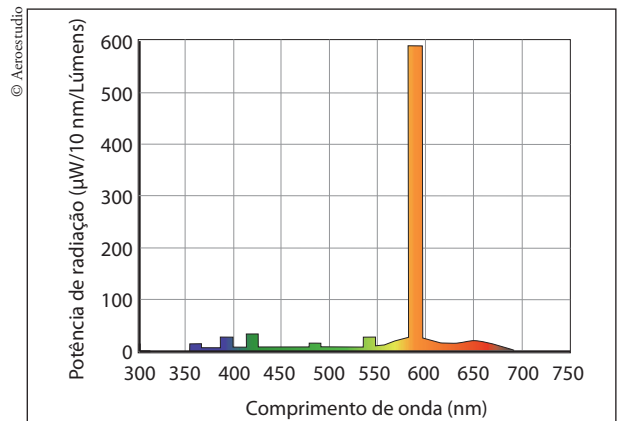
Lâmpada 1.



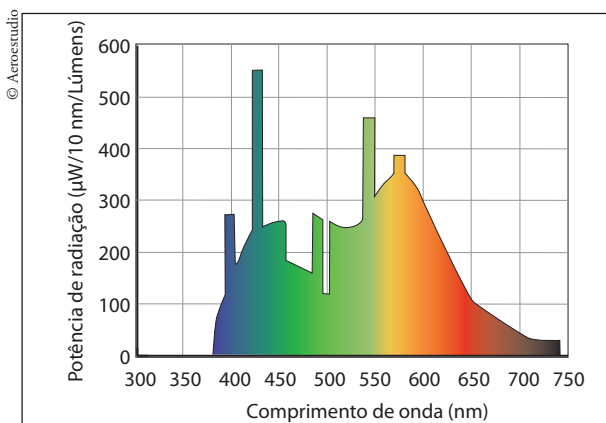
Lâmpada 2.



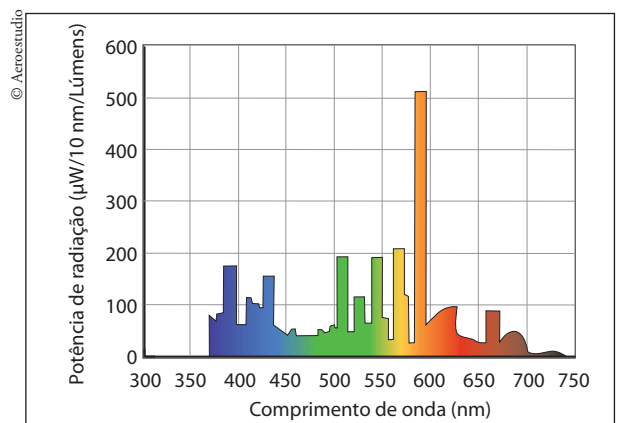
Lâmpada 3.



Lâmpada 4.



Lâmpada 5.



Lâmpada 6.



VOCÊ APRENDEU?



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

4. Você encontrou 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 14 e traga na próxima aula o material necessário para a realização das atividades.

TEMA 4:

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E TRANSMISSÕES ELETROMAGNÉTICAS



© Denis Scott/Cuspi/Corbis/Latinstock

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, os rádios etc. Neste tema, vamos aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas, compreendendo sua propagação e sua detecção.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 14 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 estiver sendo acesa ou apagada, notando o ruído que isso provoca no rádio.

© Fernando Favoretto



Fazendo onda: bateria de 9 V 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 realizado 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



© Owaki-Kullar/Corbis/Latinstock

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 circuito da bateria.



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 marmita de metal);
- radinho de pilha.

Celular envolto em papel-alumínio.

© Fernando Favoreto



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, envolva 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 tente explicar o que aconteceu.

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 texto explicando como se dão a produção e a captação de ondas eletromagnéticas nos seguintes casos:

- a) na transmissão do estalo entre a bateria e o rádio, como feito no experimento;
- b) na transmissão de uma música entre a estação de rádio e seu aparelho.

Além disso, explique o que ocorre quando se bloqueia a recepção de uma onda eletromagnética.



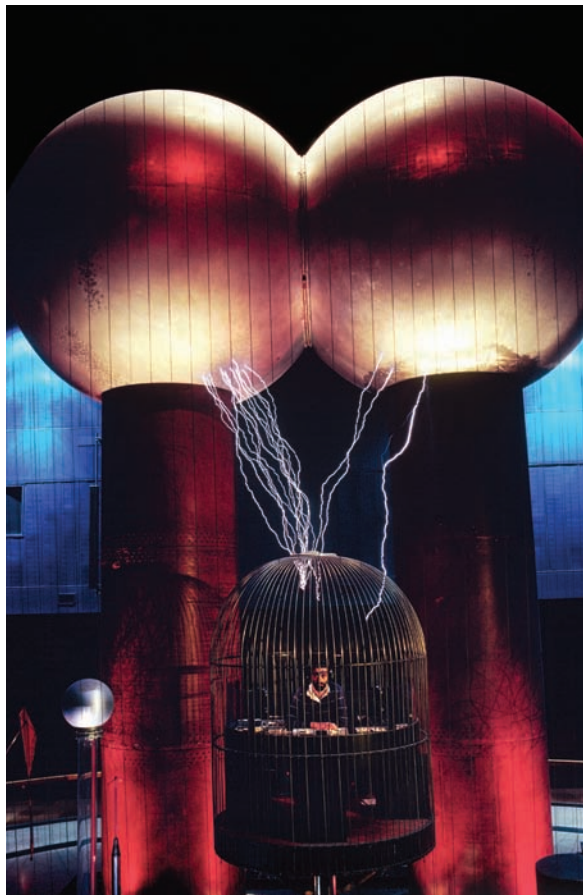
Leitura e análise de texto

Gaiola de Faraday

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 diz que elétrons livres de um material condutor, ao interagirem com uma onda eletromagnética, redistribuem-se pela superfície desse condutor. Em consequência do novo arranjo, durante a passagem

da onda eletromagnética, o campo elétrico no interior do condutor é minimizado, ou mesmo anulado, como se ela contornasse o interior do condutor, passando apenas pela superfície. Dessa forma, uma superfície condutora funciona como uma blindagem às ondas eletromagnéticas. Por isso, a experiência funciona com papel-alumínio, mas não com qualquer 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.

© Peter Menzel/SPL/Latinstock



Gaiola de Faraday.

Elaborado por Guilherme Brockington 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:

- a) Algum desses sistemas apresenta relação com o que aprendemos sobre o que ocorre na Gaiola de Faraday? Explique.
- b) 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 15.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 15 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

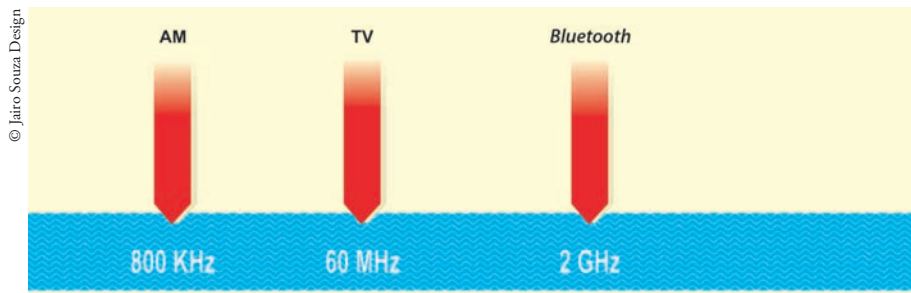
Hoje em dia, transmitimos facilmente músicas, fotos, vídeos e até conversas de um canto a outro do mundo por meio das ondas eletromagnéticas. Embora não sejamos capazes de enxergar essas ondas, toda a tecnologia atual faz uso das “redes sem fio”, que têm seu funcionamento baseado nessas ondas invisíveis. Já 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 da figura.



Linha de frequências.

4. Enumere os tipos de controle remoto que conhece ou utiliza, como o 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.



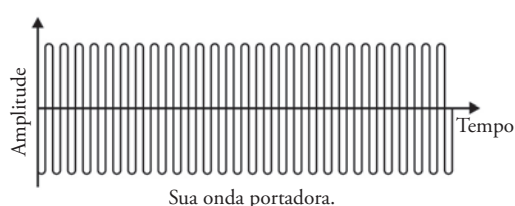
Leitura e análise de texto

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 14, pode-se facilmente transmitir ruído. E como transmitir dados, músicas e imagens? Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação codificada 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”, 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.



© Jairo Souza Design

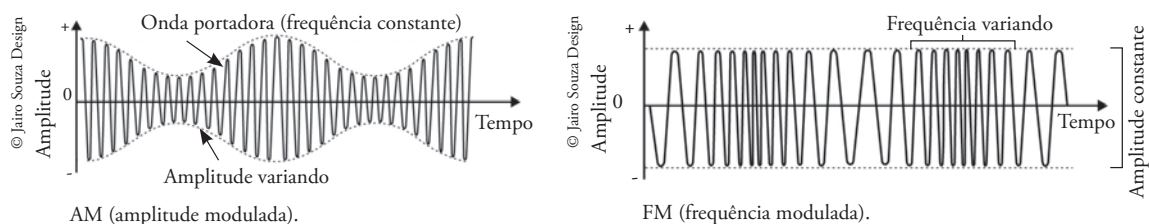


© Jairo Souza Design

Fonte: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: eletromagnetismo 5*. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

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: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: eletromagnetismo 5*. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

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. Um celular é um rádio que possui um transmissor e um receptor que podem funcionar ao mesmo tempo. Sua operação depende de contínua comunicação com estações de retransmissão, cujas antenas estão distribuídas por regiões onde há atuação da operadora de telefonia móvel.

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, junto 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. Alguns 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 por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

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

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

3. Sabendo que a energia de uma onda eletromagnética está diretamente relacionada com sua frequência, 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 λ é o comprimento da onda e f é a frequência), que a velocidade de propagação da luz no vácuo 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 é a faixa de frequência e energia de micro-ondas, raios X e raios γ (gama)?
2. Leia a primeira atividade da Situação de Aprendizagem 16, faça a linha do tempo e redija o texto que se pede.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 16 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

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, pois há cerca de 15 anos seu uso não era tão difundido e, há um quarto de século, ele sequer existia.

© 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 o que 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 por Guilherme Brockington 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.

**CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL
NOVA EDIÇÃO 2014-2017**

**COORDENADORIA DE GESTÃO DA
EDUCAÇÃO BÁSICA – CGEB**

Coordenadora

Maria Elizabete da Costa

**Diretor do Departamento de Desenvolvimento
Curricular de Gestão da Educação Básica**

João Freitas da Silva

**Diretora do Centro de Ensino Fundamental
dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação
Profissional – CEFAF**

Valéria Tarantello de Georgel

**Coordenadora Geral do Programa São Paulo
faz escola**

Valéria Tarantello de Georgel

Coordenação Técnica

Roberto Canossa

Roberto Liberato

Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

EQUIPES CURRICULARES

Área de Linguagens

Arte: Ana Cristina dos Santos Siqueira, Carlos Eduardo Povinha, Kátia Lucila Bueno e Roseli Ventrella.

Educação Física: Marcelo Ortega Amorim, Maria Elisa Kobs Zacarias, Mirna Leia Violin Brandt, Rosângela Aparecida de Paiva e Sergio Roberto Silveira.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês e

Espanhol): Ana Beatriz Pereira Franco, Ana Paula de Oliveira Lopes, Marina Tsunokawa Shimabukuro e Neide Ferreira Gaspar.

Língua Portuguesa e Literatura: Angela Maria Baltieri Souza, Clarícia Akemi Eguti, Idê Moraes dos Santos, João Mário Santana, Kátia Regina Pessoa, Mara Lúcia David, Marcos Rodrigues Ferreira, Roseli Cordeiro Cardoso e Rozeli Frasca Bueno Alves.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Tadeu da Graça Barros, Ivan Castilho, João dos Santos, Otavio Yoshio Yamanaka, Rosana Jorge Monteiro, Sandra Maira Zen Zacarias e Vanderley Aparecido Cornatione.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aparecida Kida Sanches, Elizabeth Reymi Rodrigues, Juliana Pavani de Paula Bueno e Rodrigo Ponce.

Ciências: Eleuza Vania Maria Lagos Guazzelli, Gisele Nanini Mathias, Herbert Gomes da Silva e Maria da Graça de Jesus Mendes.

Física: Anderson Jacomini Brandão, Carolina dos Santos Batista, Fábio Bresighello Beig, Renata Cristina de Andrade Oliveira e Tatiana Souza da Luz Stroeymeyte.

Química: Ana Joaquina Simões S. de Mattos Carvalho, Jeronimo da Silva Barbosa Filho, João Batista Santos Junior, Natalina de Fátima Mateus e Roseli Gomes de Araujo da Silva.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Emerson Costa, Tânia Gonçalves e Teônia de Abreu Ferreira.

Geografia: Andréia Cristina Barroso Cardoso, Débora Regina Aversan e Sérgio Luiz Damiat.

História: Cynthia Moreira Marcucci, Maria Margarete dos Santos Benedicto e Walter Nicolas Otheguy Fernandez.

Sociologia: Alan Vitor Corrêa, Carlos Fernando de Almeida e Tony Shigueki Nakatani.

**PROFESSORES COORDENADORES DO NÚCLEO
PEDAGÓGICO**

Área de Linguagens

Educação Física: Ana Lucia Steidle, Eliana Cristine Budiski de Lima, Fabiana Oliveira da Silva, Isabel Cristina Albergoni, Karina Xavier, Katia Mendes e Silva, Liliane Renata Tank Gullo, Marcia Magali Rodrigues dos Santos, Mônica Antonia Cucatto da Silva, Patrícia Pinto Santiago, Regina Maria Lopes, Sandra Pereira Mendes, Sebastiana Gonçalves Ferreira Viscardi, Silvana Alves Muniz.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês): Célia Regina Teixeira da Costa, Cleide Antunes Silva, Ednéa Boso, Edney Couto de Souza, Elana Simone Schiavo Caramano, Eliane Graciela dos Santos Santana, Elisabeth Pacheco Lomba Kozokoski, Fabiola Maciel Saldão, Isabel Cristina dos Santos Dias, Juliana Munhoz dos Santos, Kátia Vitorian Gellers, Lidia Maria Batista Bomfim, Lindomar Alves de Oliveira, Lúcia Aparecida Arantes, Mauro Celso de Souza, Neusa A. Abruñhosa Tápias, Patrícia Helena Passos, Renata Motta Chicoli Belchior, Renato José de Souza, Sandra Regina Teixeira Batista de Campos e Silmara Santade Masiero.

Língua Portuguesa: Andrea Righeto, Edilene Bachega R. Viveiros, Eliane Cristina Gonçalves Ramos, Graciana B. Ignacio Cunha, Letícia M. de Barros L. Viviani, Luciana de Paula Diniz, Márcia Regina Xavier Gardenal, Maria Cristina Cunha Riondet Costa, Maria José de Miranda Nascimento, Maria Márcia Zamprônio Pedroso, Patrícia Fernanda Morande Roveri, Ronaldo Cesar Alexandre Formici, Selma Rodrigues e Sílvia Regina Peres.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Alexandre Emídio, Clóvis Antonio de Lima, Delizabeth Evanir Malavazzi, Edinei Pereira de Sousa, Eduardo Granado Garcia, Evaristo Glória, Everaldo José Machado de Lima, Fabio Augusto Trevisan, Inês Chiarelli Dias, Ivan Castilho, José Maria Sales Júnior, Luciana Moraes Funada, Luciana Vanessa de Almeida Buranello, Mário José Pagotto, Paula Pereira Guanais, Regina Helena de Oliveira Rodrigues, Robson Rossi, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro,

Rosângela Teodoro Gonçalves, Roseli Soares Jacomini, Sílvia Ignês Perluquetti Bortolatto e Zilda Meira de Aguiar Gomes.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aureli Martins Sartori de Toledo, Evandro Rodrigues Vargas Silvério, Fernanda Rezende Pedroza, Regiani Braguim Chioderoli e Rosimara Santana da Silva Alves.

Ciências: Davi Andrade Pacheco, Franklin Julio de Melo, Liamara P. Rocha da Silva, Marceline de Lima, Paulo Garcez Fernandes, Paulo Roberto Orlandi Valdastrí, Rosimeire da Cunha e Wilson Luís Prati.

Física: Ana Claudia Cossini Martins, Ana Paula Vieira Costa, André Henrique Ghelfi Rufino, Cristiane Gislene Bezerra, Fabiana Hernandes M. Garcia, Leandro dos Reis Marques, Marcio Bortoletto Fessel, Marta Ferreira Mafra, Rafael Plana Simões e Rui Buosi.

Química: Armenak Bolean, Cátia Lunardi, Cirila Tacconi, Daniel B. Nascimento, Elizandra C. S. Lopes, Gerson N. Silva, Idma A. C. Ferreira, Laura C. A. Xavier, Marcos Antônio Gimenes, Massuko S. Warigoda, Roza K. Morikawa, Sílvia H. M. Fernandes, Valdir P. Berti e William G. Jesus.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Álex Roberto Genelhu Soares, Anderson Gomes de Paiva, Anderson Luiz Pereira, Claudio Nitsch Medeiros e José Aparecido Vidal.

Geografia: Ana Helena Veneziani Vitor, Célio Batista da Silva, Edison Luiz Barbosa de Souza, Edivaldo Bezerra Viana, Elizete Buranello Perez, Márcio Luiz Verni, Milton Paulo dos Santos, Mônica Estevan, Regina Célia Batista, Rita de Cássia Araujo, Rosinei Aparecida Ribeiro Libório, Sandra Raquel Scassola Dias, Selma Marli Trivellato e Sonia Maria M. Romano.

História: Aparecida de Fátima dos Santos Pereira, Carla Flaitt Valentini, Claudia Elisabete Silva, Cristiane Gonçalves de Campos, Cristina de Lima Cardoso Leme, Ellen Claudia Cardoso Doretto, Ester Galesi Gryga, Karin Sant'Ana Kossling, Marcia Aparecida Ferrari Salgado de Barros, Mercia Albertina de Lima Camargo, Priscila Lourenço, Rogerio Sicchieri, Sandra Maria Fodra e Walter Garcia de Carvalho Vilas Boas.

Sociologia: Anselmo Luis Fernandes Gonçalves, Celso Francisco do Ó, Lucila Conceição Pereira e Tânia Fetchir.

Apoio:

Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE

CTP, Impressão e acabamento

Plural Indústria Gráfica Ltda.

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014-2017

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI

Presidente da Diretoria Executiva
Mauro de Mesquita Spinola

GESTÃO DE TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão Editorial
Denise Blanes

Equipe de Produção

Editorial: Amarilis L. Maciel, Ana Paula S. Bezerra, Angélica dos Santos Angelo, Bóris Fatigati da Silva, Bruno Reis, Carina Carvalho, Carolina H. Mestriner, Carolina Pedro Soares, Cíntia Leitão, Eloiza Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Flávia Medeiros, Giovanna Petrólio Marcondes, Gisele Manoel, Jean Xavier, Karinna Alessandra Carvalho Taddeo, Leslie Sandes, Mainã Greeb Vicente, Maira de Freitas Bechtold, Marina Murphy, Michelangelo Russo, Natália S. Moreira, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Pietro Ferrari, Priscila Riso, Regiane Monteiro Pimentel Barboza, Renata Regina Buset, Rodolfo Marinho, Stella Assumpção Mendes Mesquita, Tatiana F. Souza e Tiago Jonas de Almeida.

Direitos autorais e iconografia: Beatriz Fonseca Micsik, Dayse de Castro Novaes Bueno, Érica Marques, José Carlos Augusto, Juliana Prado da Silva, Marcus Ecclissi, Maria Aparecida Acunzo Forli, Maria Magalhães de Alencastro, Vanessa Bianco e Vanessa Leite Rios.

Edição e Produção editorial: R2 Editorial, Jairo Souza Design Gráfico e Occy Design (projeto gráfico).

CONCEPÇÃO DO PROGRAMA E ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

COORDENAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DOS CADERNOS DOS PROFESSORES E DOS CADERNOS DOS ALUNOS
Ghisleine Trigo Silveira

CONCEPÇÃO
Guiomar Namó de Mello, Lino de Macedo, Luis Carlos de Menezes, Maria Inês Fini (coordenadora) e Ruy Berger (em memória).

AUTORES

Linguagens

Coordenador de área: Alice Vieira.
Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino e Sayonara Pereira.

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza, Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata Elsa Stark e Sérgio Roberto Silveira.

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira da Silva Shimoura, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo.

LEM – Espanhol: Ana Maria López Ramírez, Isabel Gretel María Eres Fernández, Ivan Rodrigues Martin, Margareth dos Santos e Neide T. Maia González.

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet Pesarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar, José Luis Marques López Landeira e João Henrique Nogueira Mateos.

Matemática

Coordenador de área: Nilson José Machado.
Matemática: Nilson José Machado, Carlos Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e Walter Spinelli.

Ciências Humanas

Coordenador de área: Paulo Miceli.
Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton Luis Martins e Renê José Trentin Silveira.

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo e Sérgio Adas.

História: Paulo Miceli, Diego López Silva, Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e Raquel dos Santos Funari.

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe, Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina Schrijnemaekers.

Ciências da Natureza

Coordenador de área: Luis Carlos de Menezes.
Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabiola Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo.

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume.

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume.

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Denise Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice Murrie.

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

* Nos Cadernos do Programa São Paulo faz escola são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.

* Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais, no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Secretaria da Educação