

Atividade 3

Luz e Cores

1) PROBLEMATIZAÇÃO

Não é raro se ouvir as pessoas falando que não é apropriado usar roupas pretas em dias muito quentes, por algum motivo afirmam que a roupa preta esquenta mais do que outra de cor mais clara.

Com este tipo de comentário, as pessoas estão relacionando a cor da roupa com a sua capacidade de absorver calor. Mas se uma roupa preta e outra clara são expostas à mesma fonte luminosa ou térmica, por que a preta aquece mais?

Usar as propriedades das cores da luz para responder a essa pergunta é um bom caminho a seguir.

2) PERGUNTAS-CHAVE

- É fato incontestável que uma pessoa, ao usar roupa escura num dia de sol, sentirá mais calor que outra que esteja vestida com roupa de cor clara. Como você explica este fato?
- Desde a infância aprendemos que a bandeira do Brasil tem as cores: verde, amarela, azul e branca. Mas será que as cores da bandeira independem das características da fonte de luz que a ilumina? Justifique sua resposta.
- Você foi a uma festa em que havia dois ambientes: um reservado para "os comes e bebes", iluminado com luz branca e outro para a pista de dança, com música ao vivo e iluminado com luz violeta. Quando as pessoas transitavam de um ambiente para o outro, as cores de suas roupas mudavam. Apresente uma explicação para este fato.

3) CONCEITOS-CHAVE

3.1 Cor de um objeto

De um modo geral, quando se define a cor de determinado objeto, toma-se como referência sua exposição à "luz branca", ou seja, a proveniente do Sol.

Mas afinal o que é "luz branca"? Para responder a esta pergunta é necessário recordar que luz visível é "uma pequena faixa de frequências das ondas eletromagnéticas: aquelas que conseguem impressionar e estimular nosso 'aparelho receptor', o olho"¹, como pode ser observada na ilustração a seguir².

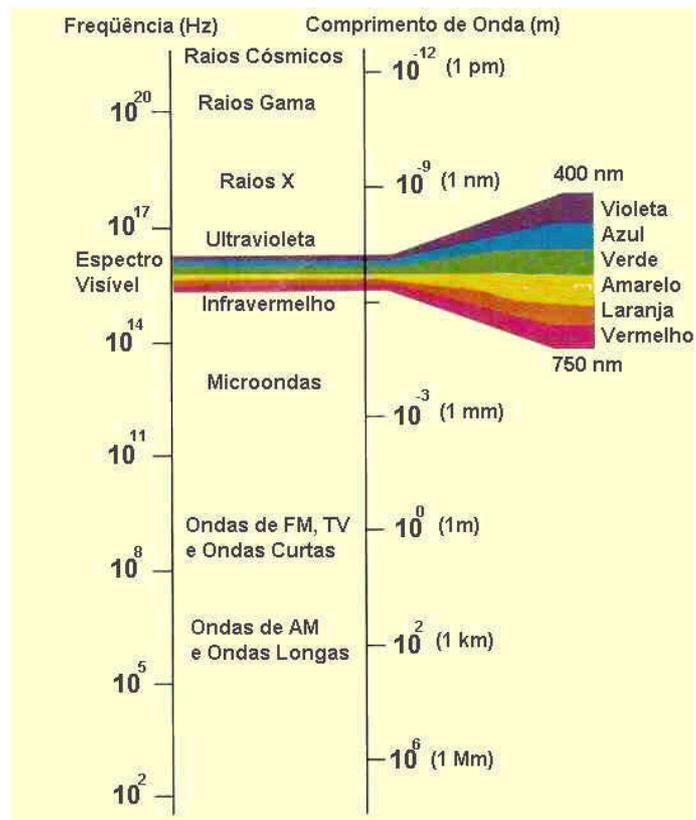


Figura 1: Espectro das ondas eletromagnéticas.

Nas ondas luminosas as diferentes frequências estão associadas às cores e, Isaac Newton, em 1666, ao fazer um feixe de luz do Sol atravessar um prisma, observou que na parede se projetavam sete franjas de cores diferentes. Assim, a "luz branca" pode ser entendida como a composição das ondas eletromagnéticas com frequências entre $4 \cdot 10^{14}$ e $7 \cdot 10^{14}$ Hz que constituem o espectro visível.

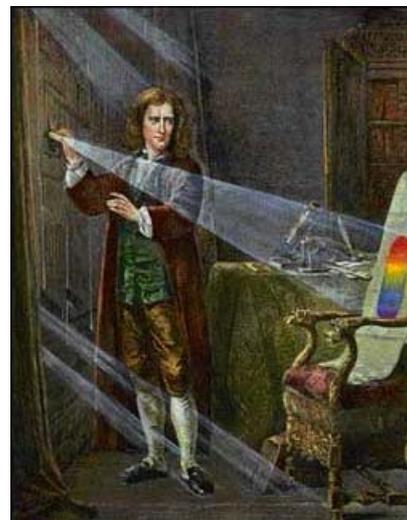


Figura 2: Isaac Newton e a decomposição da luz branca através de um prisma.³

A partir disso, quando se afirma que um objeto tem determinada cor, por exemplo, azul, é porque ele é capaz de refletir senão totalmente, uma grande quantidade de luz azul em relação às outras cores que compõem a luz branca.

No entanto, não se deve esquecer das luzes de outras cores que não foram refletidas, pois elas são absorvidas pelo objeto e transformadas em calor. É devido a este fenômeno que as pessoas desaconselham o uso de roupas escuras em dias ensolarados e com temperaturas elevadas.

Para melhor compreensão reflita sobre o seguinte: uma pessoa só consegue ver um objeto porque chega luz aos seus olhos, e isto pode ocorrer devido ao objeto emitir ou refletir luz. Logo, se o branco é uma mistura de todas as cores, e se uma roupa branca deve refletir a maior parte da luz que sobre ela incide, uma parte bem menor de luz será absorvida e, conseqüentemente, a transformação de energia luminosa para térmica também será menor.

Pode-se então depreender que a cor de um objeto, dentre outros fatores, vai depender da cor da luz que o está iluminando. Por exemplo, as características de um objeto que é vermelho quando iluminado por luz branca são refletir luz vermelha e absorver a de outras cores; entretanto, se for iluminado apenas com luz azul, ele absorverá essa luz, visto que só pode refletir luz vermelha. Nessa última situação, o objeto não refletirá nenhuma luz, ficando assim preto. Contudo, cabe ressaltar que nesse tipo de análise, devem ser levadas em consideração as cores primárias e secundárias. Isto porque nem sempre que se incide luz de determinada cor, diferente da cor de um objeto quando iluminado com luz branca, ele se tornará preto, já que a maioria das cores é resultado da mistura de outras.

3.2 Pigmentos e luz⁴

O que são cores primárias? São cores que não se obtém da mistura de nenhuma outra, ao contrário, todas as outras podem ser obtidas da mistura delas.

Mas para tratar de cores primárias é necessário explicitar que existem dois tipos: o primeiro está relacionado com as cores pigmentadas e o segundo com as cores (frequências) da luz.

As cores primárias pigmentadas são o amarelo, o magenta e o ciano, enquanto que as cores primárias da luz são o verde, o vermelho e o azul.

Inicialmente é estranho pensar como amarelo e verde ora são primários, ora não são. Para melhor compreensão, analisemos o quadro a seguir.

Cor	Pigmento	Luz
Verde	Amarelo + Ciano	Cor Primária
Amarela	Cor Primária	Verde + Vermelha
Azul	Magenta + Ciano	Cor Primária
Vermelha	Amarelo + magenta	Cor Primária
Magenta	Cor primária	Azul + Vermelho
Ciano	Cor primária	Verde + azul
Branca	Ausência de Pigmentos	Mistura de todas as cores
Preta	Mistura de todos os Pigmentos	Ausência de Luz

A distinção entre esses dois tipos de cores (luz e pigmento) facilita a compreensão do processo de visão, particularmente no que se refere às razões pelas

quais os seres humanos, além de serem capazes de ver "as coisas", conseguem distinguir suas cores.

Anteriormente, já foi mencionado que a visão dos objetos está associada à incidência de luz nos olhos, conforme ilustram as figuras 3 e 4 a seguir.

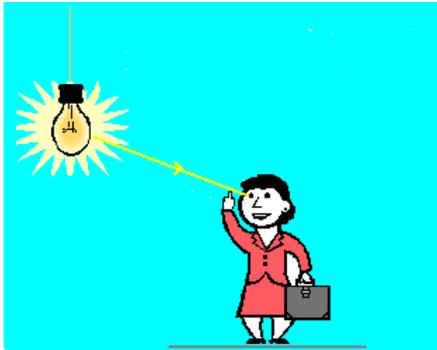


Figura 3



Figura 4

Assim, por mais que as pessoas tenham a impressão de estarem vendo as "coisas" que estão ao redor, na realidade elas têm apenas a capacidade de ver luz, ou seja, os olhos são receptores de luz.

Mas saber que os olhos são receptores de luz não responde à questão da visão colorida. Isto implica em uma análise mais detalhada de como ocorre a transformação da luz em visão.

Estudos realizados, em 1877, pelo biólogo alemão Franz Boll, mostravam que reações químicas aconteciam quando a luz atingia o olho de uma rã, e cerca de 100 anos depois, em 1959, David H. Hubel e Torsten N. Wiesel realizaram experiências com gatos na Universidade Johns Hopkins e descobriram que ao final dessas reações, um sinal estimula uma célula cerebral para "ver".

Desses dois experimentos se concluiu que a luz, ao penetrar no olho, permanece inalterada em relação ao que se entende como luz, até que ao atingir a retina, é transformada em sinais de natureza semi-elétrica e semi-química.

Na fotossíntese, a luz solar deve ser transformada em açúcares e amido, ou seja, é útil para a planta não exatamente como energia luminosa, mas como algo que é capaz de se transformar em alguma outra coisa que será usada diretamente. O exemplo da planta foi apresentado porque, nos dois casos a transformação da energia luminosa é realizada por pigmentos específicos sensíveis à luz e localizados nas células.

Na visão, essas células pigmentadas são chamadas de fotorreceptores, ou seja, células que recebem a luz, transformando-a nos sinais eletroquímicos mencionados anteriormente. Essas células são encontradas dentro do olho, mais especificamente na retina.

A retina tem a aparência de uma rede cor-de-rosa, com espessura de aproximadamente 5,0 mm, composta de inúmeras camadas. Ela cobre praticamente toda a superfície interna do olho, a parte não coberta é a da frente, por onde a luz entra. Mas a luz não alcança diretamente as células pigmentadas que permitem a

compreensão da visão colorida. Primeiramente, ela atravessa duas outras camadas de células que estão relacionadas com a comunicação de sinais ao cérebro.

Os fotorreceptores humanos são de dois tipos: bastonetes e cones. As células fotossensíveis da retina são assim chamadas devido à forma de suas partes superiores. Os bastonetes vêem bem quando há pouca luz e "enxergam" tons de cinza. Os cones só funcionam bem na claridade, mas reagem com rapidez e "enxergam" detalhes e cores.

Existem cerca de 125 milhões de bastonetes em cada olho, espalhados sobre a maior parte da retina. Sua sensibilidade à luz é 100 vezes maior do que a dos cones. Cada bastonete contém milhões de moléculas de um pigmento sensível à luz, chamado rodopsina (ou púrpura visual). Quando a luz incide sobre uma molécula de rodopsina, ela gera um minúsculo sinal elétrico. Os sinais vão sendo "acumulados" até que sejam suficientes para desencadear uma mensagem nas células nervosas da retina.

Durante o dia, a púrpura visual é gradualmente consumida, sendo substituída à noite, através de um processo em que a vitamina A se faz necessária. Por isso a falta dessa vitamina na dieta pode levar à deficiência visual em condições de pouca luz (cegueira noturna).

Existem cerca de 7 milhões de cones em cada olho. Eles são menos em quantidade, entretanto, mais espessos do que os bastonetes e reagem à luz quatro vezes mais rápido.

Há três tipos de cones, que se diferenciam pelo pigmento visual que neles estão contidos e que respondem à luz de comprimentos de onda diferentes: longo - cor vermelha; médio - cores amarelas e verdes; curto - cores azuis e violeta.

Perto do centro, no fundo da retina, há uma área muito sensível chamada fóvea ou mancha amarela, com cerca de 1 mm de diâmetro. Aí não existem bastonetes, e os cones são mais estreitos e estão mais juntos. Quando uma pessoa olha de frente para um objeto, a imagem cai sobre a fóvea, onde a visão é pré-colorida. O cérebro recebe mais informações da fóvea do que de todo o resto da retina.

Um indivíduo que não possui esse pigmento visual de cones (acromatopsia) terá sua visão em preto e branco, enquanto que aqueles em que há ausência total ou parcial de um dos fotopigmentos dos cones são daltônicos, ou seja, seus olhos não fazem o contraste e, conseqüentemente, não há definição das cores. O daltonismo é uma herança genética ligada ao sexo (transmitida pelo cromossoma X).

A Figura 7⁵ apresenta uma seção reta da retina.

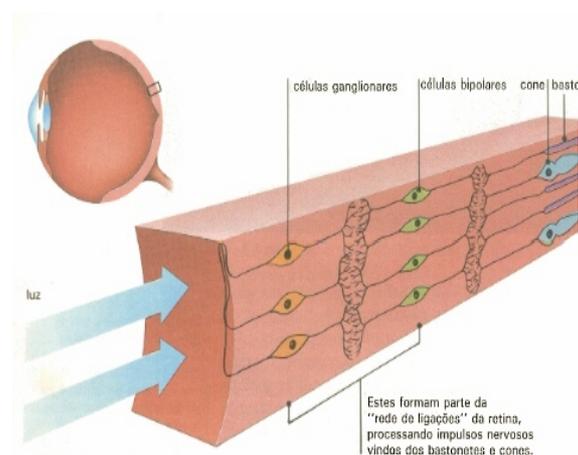


Figura 7: seção reta da retina

Retornando à questão das cores primárias da luz e usando a explicação biológica sobre o processo de visão, é possível concluir que as cores primárias da luz estão relacionadas com as cores das células fotossensíveis (no caso do olho humano, os cones). Em síntese, sabendo que os bastonetes do olho humano são das cores verde, vermelho e azul, e que essas mesmas cores são conhecidas como as cores primárias da luz, pode-se concluir que essas cores são consideradas primárias para luz por uma questão biológica. Se os cones do olho humano fossem de outras cores, por exemplo, rosa, laranja e violeta, estas passariam a ser as cores primárias para luz.

3.3 Filtros de luz

São materiais coloridos e transparentes que têm a capacidade de absorver seletivamente comprimentos de onda de luz policromática.

As figuras 8 e 9 ilustram o que ocorre quando a luz é interceptada por filtro(s) de luz.

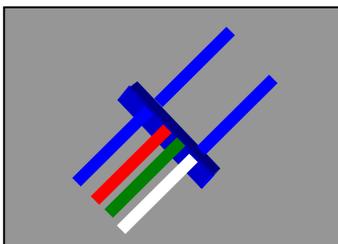


Figura 8: incidência de luz branca e outras de diferentes frequências em um filtro de cor azul.

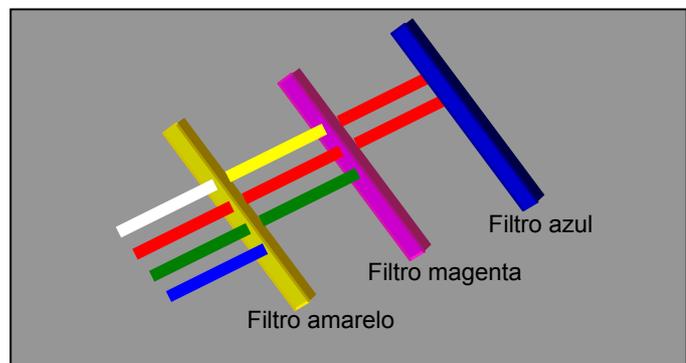


Figura 9: incidência e transmissão de feixes de luz de diferentes frequências ao atravessarem um conjunto de filtros.

4) ATIVIDADES EM GRUPO:

4.1) Introdução:

As atividades têm início com a discussão sobre a relação entre luz proveniente do Sol e o uso de roupas claras ou escuras em dias ensolarados, com elevadas temperaturas. Em seguida, para facilitar a explicitação das idéias/representações/concepções dos estudantes, o professor poderá lançar para a turma as perguntas-chave. Sem iniciar o ensino formal do conteúdo, os alunos em grupos deverão fazer observações com o kit experimental. Sugere-se ao professor estimular os estudantes a explicitarem suas observações. As explicações científicas devem ser introduzidas após o confronto entre as observações dos grupos e a elaboração de hipóteses sobre "o que" tem dentro do kit. Sistematizado o conteúdo, a avaliação da aprendizagem pode ser feita, inicialmente com uma análise das respostas dos alunos às perguntas-chave, e em seguida podem ser propostas outras questões abertas em que os alunos possam aplicar os conhecimentos aprendidos.

4.2) Seqüência das Atividades:

- 1ª- Introdução do fenômeno através do texto da Problematização;
- 2ª- Divisão da turma em grupos para a discussão e apresentação de respostas às perguntas-chave;
- 3ª- Observação do fenômeno com o kit experimental, de modo que os grupos de alunos recebam kits com filtros de luz de cores diferentes.
- 4ª- Discussão sobre as observações dos grupos e elaboração de hipóteses sobre o há no interior de cada kit.
- 5ª- Debate sobre as respostas dos grupos de alunos, introdução da explicação científica e sistematização, articulando-o com exemplos de aplicação no dia-a-dia.

5) CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DO KIT:

5.1) Material

- ✓ 1 caixa de papelão com tampa, na forma de um cubo de aresta 8 cm;
- ✓ 50 cm de contact branco;
- ✓ 7 filtros de luz circulares - gelatina (material usado em equipamentos para iluminação de shows) com aproximadamente 3 cm de diâmetro, sendo 3 verdes, 2 azuis, 2 vermelhos;
- ✓ 1 folha de papel A4 branca;
- ✓ 1 tira de papel vegetal de dimensões 4 cm x 16 cm;
- ✓ Fita adesiva dupla face;
- ✓ 1 pedaço de acetato (transparência para retroprojctor) de dimensões 6 cm x 6 cm;
- ✓ 1 lanterna de 3 volts;
- ✓ 1 estilete;
- ✓ Impressora jato de tinta colorida.

5.2) Construção

- Revestir todas as partes internas da caixa, incluindo a tampa, com o contact, a fim de obter melhor reflexão da luz.
- Fazer em uma das laterais da caixa as aberturas **A** e **B**, cujas formas, dimensões e posições estão indicadas na figura 10.
- Usar a fita adesiva dupla face para fixar o pedaço de acetato sobre a abertura circular, de modo que seu lado superior fique livre para permitir a entrada do papel vegetal e dos filtros de luz;

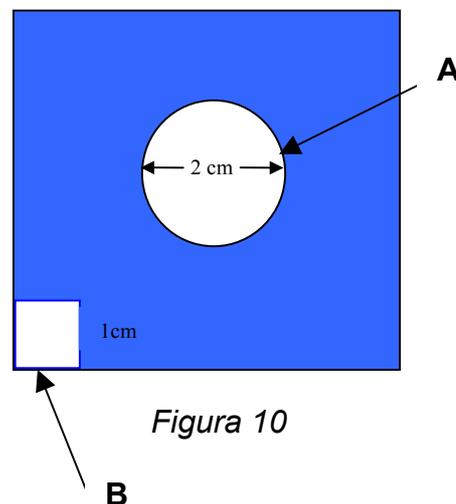


Figura 10

- Obter um quadrado de lado 4 cm, dobrando a tira de papel vegetal e insira-o entre o acetato e a caixa, conforme figura 11.

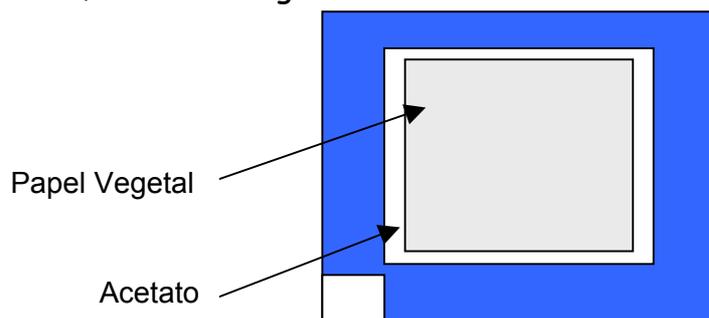


Figura 11

- Usar a folha de papel branco para fazer o anteparo, imprimindo, lado a lado, 4 retângulos (6 cm x 1cm) nas cores verde, vermelho, amarelo e azul, todos com bordas pretas e, em seguida, recortar um retângulo, deixando uma margem de 0,5 cm aproximadamente, conforme figura 12.
- Colar o anteparo na face interna oposta àquela em que foram feitas as aberturas e, por fim, tampar a caixa.

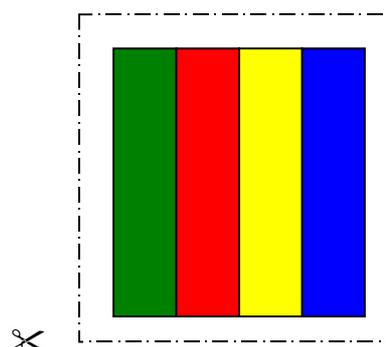


Figura 12

6) COMO FUNCIONA O KIT:

Colocar o filtro da cor de interesse entre o papel vegetal e a caixa, para evitar que os alunos venham a descobrir a cor do filtro antes das observações com o uso do kit, já que em cada situação terão a sensação de que a(s) cor(es) da parte interna da caixa é (são) diferente(s).

Todas as observações deverão ser feitas pela abertura **B**, de maneira que na primeira não haja entrada de luz na caixa e nas seguintes ocorra com o auxílio da lanterna posicionada sobre o acetato.

A importância das camadas de papel vegetal é diminuir a intensidade da luz que entrará na caixa pela abertura **A**; sem elas os filtros permitiriam a passagem significativa de luz de outras cores, comprometendo assim o funcionamento do kit e os resultados do experimento.

Possíveis problemas:

- ✓ Os filtros - as gelatinas encontradas podem apresentar tons diferentes, então é importante que seja testado o número de gelatinas necessárias para cada cor;
- ✓ As pilhas da lanterna - se estiverem muito novas, talvez o kit não funcione muito bem, principalmente com o filtro verde; é difícil precisar o quanto as pilhas devem estar carregadas; o melhor funcionamento do kit se deu após um certo tempo de uso da lanterna. Se seu kit não funcionar bem, aumente o número de camadas do papel vegetal, ou o número de filtros;

- ✓ O tamanho da caixa - alterações significativas no seu tamanho exigirão redimensionamento do número de filtros para cada cor, camadas de papel vegetal e intensidade da luz da lanterna.

7) Sugestões para avaliação da aprendizagem

1- Por que alguns crustáceos se apresentam sem coloração quando estão em certa profundidade abaixo d' água, adquirindo uma tonalidade avermelhada quando levados para a superfície?⁶

2- A imagem⁷ ao lado é um quadro do pintor Van Gogh quando observado com iluminação de luz branca. Sob luz verde ocorriam alterações nas cores do quadro? Justifique.



¹ Guimarães, Luiz Alberto; Fonte Boa, Marcelo. **Física: Eletricidade e Ondas**. Niterói, RJ: Futura. 2004. p. 226.

² Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 20 maio 2005.

³ Disponível em: <www.kvakadabra.net/zgodovina/teksti/newton_zivljeneje.htm>. Acesso em: 13 junho 2005.

⁴ Mueller, Conrad G. et al. **Luz e Visão**. Biblioteca Científica Life. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora.

⁵ Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/edu/ped/hdtv/conebastonete.htm>>; Acesso em: 30 junho 2005.

⁶ CARVALHO, Regina Pinto de. **Física do dia-a-dia – 105 perguntas e respostas sobre Física fora da sala de aula**. Belo Horizonte: Gutenberg, 2003.

⁷ Disponível em: <<http://digilander.libero.it/pagnes/images/stile%20Van%20Gogh.jpg>>; Acesso em: 23 junho 2005.