

A Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula: Dualidade Onda-Partícula

BLOCO VII

Coordenador:

Prof. Dr. Maurício Pietrocola

Autor:

Prof. Ms. Guilherme Brockington

Aplicadores/Colaboradores:

Professores da Rede Pública

André Machado Rodrigues

Érika Regina Mozena

João Freitas da Silva

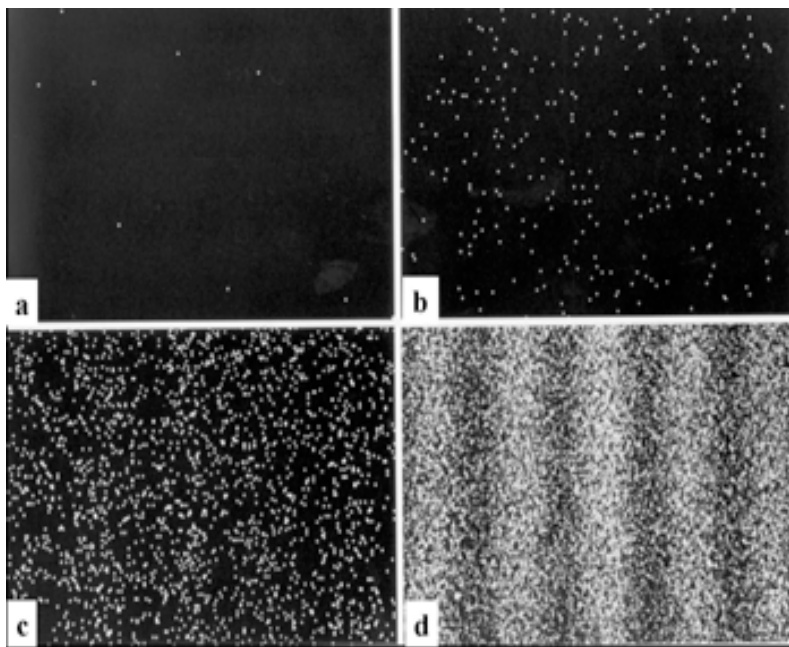
Josias Rogério Paiva

Maria Cristina P. S. de Azevedo

Wellington Batista de Souza

Iniciação Científica

Renata C. de Andrade Oliveira



São Paulo, 2007

BLOCO VII – LUZ, COR E VISÃO

Nesse bloco, estabelecemos a luz como onda eletromagnética a partir do estudo da cor dos corpos, que é um tema altamente motivador para os alunos. Com isso, preparamos para o estudo da espectroscopia já que a luz que incide no objeto altera a cor que nosso olho percebe.

Objetivos gerais

Introduzir a noção cor e visão, já que esses conceitos são essenciais para a adequada compreensão da espectroscopia, o próximo conteúdo a ser trabalhado.

Conteúdo

- Cor
- Luz
- Visão.
- Ondas eletromagnéticas

Quadro Sintético

| ATIVIDADE | MOMENTOS | TEMPO |
|----------------------------------|--|---------|
| 1 - Explorando a visão das cores | Observação da caixa com filtros de cores diversas | 2 aulas |
| | Discussão das observações | |
| 2 - Misturando luzes e pigmentos | Misturar luzes | 1 aula |
| | Mistura de tintas (pigmentos) | |
| 3 - O que é cor? | Leitura do texto | 2 aulas |
| | Resolução das questões | |
| | Correção e discussão das questões | |
| | Apresentação em PowerPoint para sistematização do conteúdo | |
| 4 - Fechamento | Leitura e discussão do texto | 1 aula |
| TOTAL DE AULAS | | 6 aulas |

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES**Atividade 1 – Explorando a visão das cores**

Objetivo: Trabalhar com a concepção alternativa dos alunos de que a cor é uma propriedade intrínseca dos objetos.

Conteúdo: Luz, cores e visão

Recursos de Ensino: *Roteiro para Confecção da Caixa de Cores (Recurso de Ensino 1)*, *Ficha de Observação da Caixa de Cores (Recurso de Ensino 2)*, giz e lousa

Dinâmica da Atividade:

A aula começa com uma pergunta do professor, mostrando um objeto de cor bem definida: Qual é a cor desse objeto? Por que esse objeto é dessa cor? Os alunos vão dizer que depende do pigmento ou tinta e de quem observa. (normalmente citam os daltônicos).

O professor poderá então, dividir a sala em grupos de quatro ou cinco alunos, e apresentar a *Caixa de Cores* (**Recurso de Ensino 1**)

Em seguida orienta como deve ser realizada a observação e o preenchimento *Ficha de Observação da Caixa de Cores* (**Recurso de Ensino 2**): cada grupo deverá anotar as cores que enxergou das figuras da caixa. Entre um grupo e outro o professor trocará a cor do filtro na lâmpada sem que os alunos percebam.

A atividade é finalizada com a discussão que pode ser dirigida com as seguintes questões: O que cada grupo enxergou? Por que cada grupo viu cores diferentes? Como nós enxergamos? O que acontece com a luz ao atingir o material? Afinal, o que é cor? O professor deverá estimular os alunos a relacionarem as cores com a luz.

Atividade 2 – Misturando luzes e pigmentos

Objetivo: Compreender os mecanismos de cor e visão e que misturar tintas é diferente de misturar luzes.

Conteúdo: Luz, cores e visão

Recursos de Ensino: Roteiro para Construção do Canhão de Mistura de Luzes (**Recurso de Ensino 3**), tintas guache vermelha, verde e azul

Dinâmica da Atividade:

- O professor deverá misturar as tintas duas a duas e mostrar aos alunos que a mistura das cores primárias para as tintas resulta no preto, enquanto que para luzes primárias resulta no branco.
- O professor deverá “misturar” segundo o Roteiro para Construção do Canhão de Mistura de Luzes (**Recurso de Ensino 3**). O professor também poderá colocar diferentes objetos para notar a mudança de cor. (Não esquecer de deixar a sala o mais escura possível para que vejam a diferença e a formação de sombras coloridas).

Atividade 3 – O que é cor?

Objetivo: Como esse assunto é de difícil compreensão, e contraria as concepções espontâneas dos alunos, convém retomá-lo com ilustrações

Conteúdo: Cores e Visão

Recursos de Ensino: Texto de apoio *O que é a cor?* e *Questões* do texto (**Recurso de Ensino 4**), apresentação em PowerPoint *O que é a cor?* (**Anexo 1**)

Dinâmica da Atividade:

- Leitura do texto *O Que é a cor?* (**Recurso de Ensino 4**).
- Resolução da *Questões* do texto (**Recurso de Ensino 4**)
- Correção e discussão das questões
- Sistematização do conteúdo utilizando a apresentação em PowerPoint *O que é a cor?* (**Anexo 1**). A apresentação é uma revisão das idéias discutidas nas aulas anteriores, visando reforçar a relação entre a cor e a luz que ilumina o objeto.

Atividade 4 – Fechamento e Exercícios

Objetivo: Aprofundar o estudo sobre a composição da luz.

Conteúdo: Luz, cor e ondas eletromagnéticas.

Recursos de Ensino: Texto de apoio *Luz e Cores* (**Recurso de Ensino 5**).

Dinâmica da Atividade:

- Leitura do texto *Luz e Cores* (**Recurso de Ensino 5**).
- Discussão do texto.

Recurso de Ensino 1

ROTEIRO PARA CONFEÇÃO DA CAIXA DE CORES

Materiais

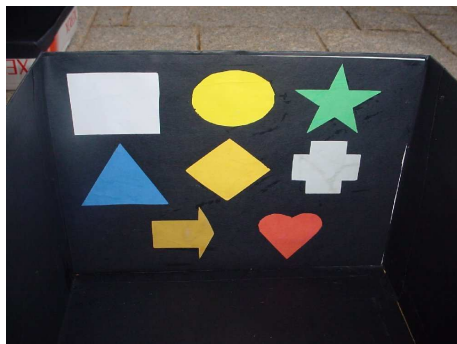
- 1 caixa de papelão ou madeira com tampa
- papel color set preto ou tinta preta, para forrar a caixa por dentro
- máscaras da caixa de cores
- 1 soquete para lâmpada
- fio com tomada
- estilete
- cola
- papelão
- gelatina (filtro plástico colorido para iluminação) verde, vermelha e azul
- lâmpada de 40W
- fita isolante preta

Procedimentos

- 1 - Forre a caixa com papel color set preto ou pinte com tinta preta, inclusive a parte de dentro da tampa.
- 2 - Imprima as máscaras. Utilize a máscara sem cor como guia para cortar com estilete o papel preto. Coloque a máscara preta recortada sobre a máscara colorida e cole-as numa das faces do canto da caixa, conforme ilustração.
- 3 - Encaixe, do lado oposto da caixa, o suporte da lâmpada com a tomada e os fios saindo. Use lâmpada de potência baixa e evite a deixar muito tempo ligada para não esquentar demais a caixa e queimá-la. O ideal é colocar um interruptor.
- 4 - Faça também um orifício acima do suporte para a lâmpada, para que o aluno possa olhar as figuras da máscara.
- 5 - Com o papelão faça um paralelepípedo e encaixe sobre o suporte de lâmpada, como na figura acima. Com outro pedaço de papelão faça os filtros de maneira a serem encaixados no paralelepípedo. Use fita isolante preta para fixar os filtros nos seus respectivos suportes.



Caixa forrada vista de cima



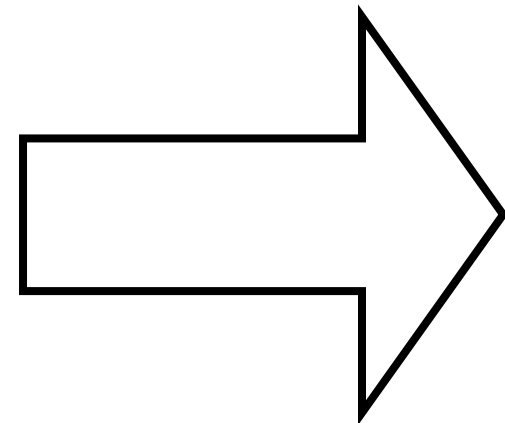
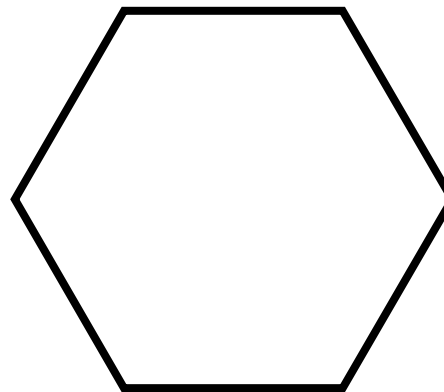
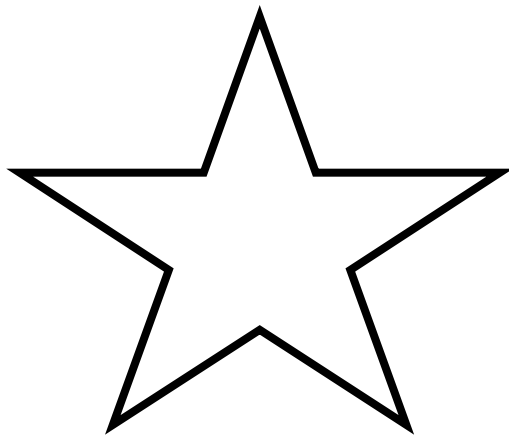
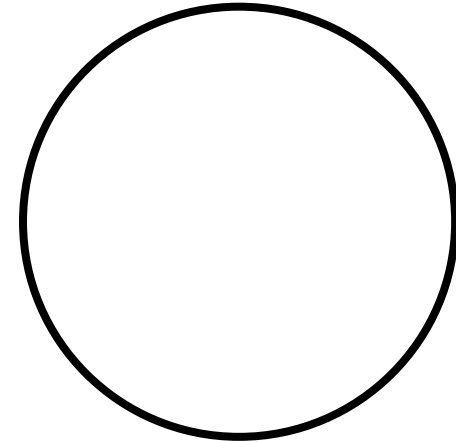
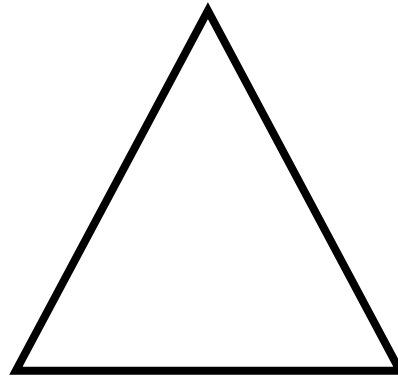
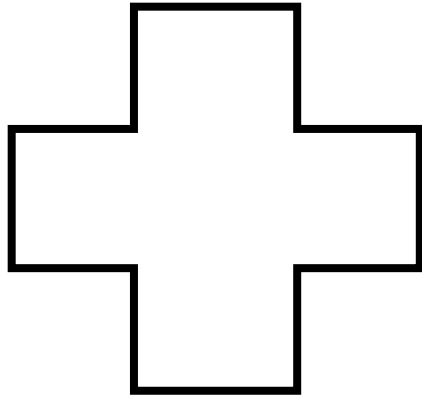
Máscara preta sobre colorida



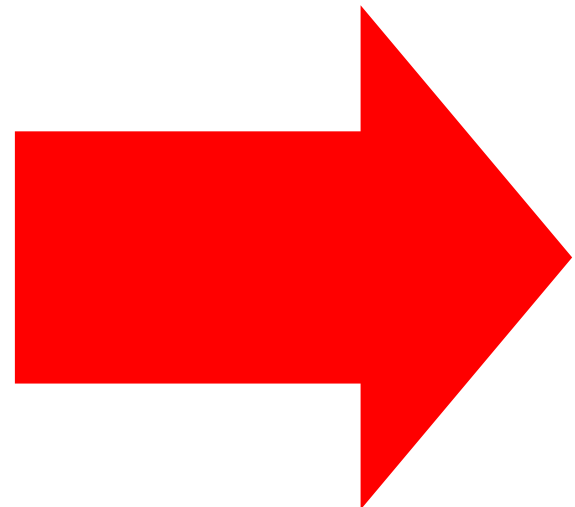
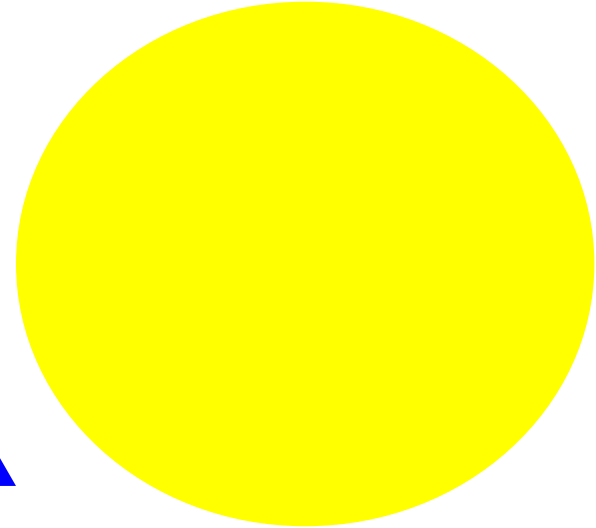
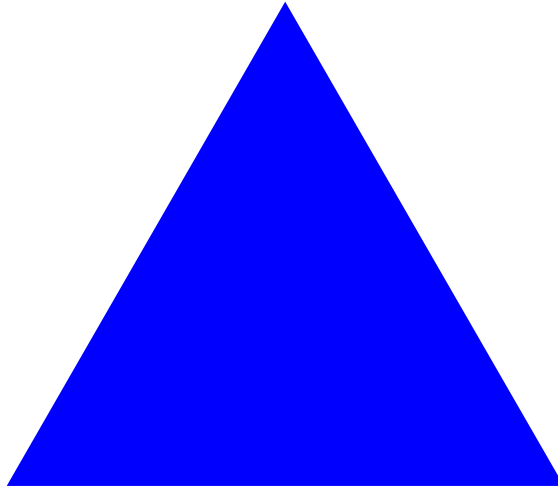
Orifício na caixa e filtros coloridos

- 6 - Coloque um dos filtros no paralelepípedo e tampe a caixa e ascenda a lâmpada
- 7 - Peça para os alunos olharem para o orifício e anotarem as cores das figuras que vêm na *Ficha de Observação das Caixa de Cores (Recurso de Ensino 2)*.
- 8 - Troque a cor do filtro e depois chame o outro grupo para anotar a cor das figuras que eles estão vendo.

MÁSCARA DA CAIXA DE CORES (MOLDE VAZADO)



MÁSCARA DA CAIXA DE CORES (COLORIDA)


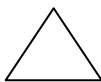
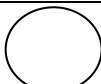

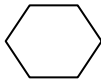
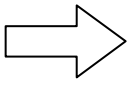


Recurso de Ensino 2

FICHA DE OBSERVAÇÃO DA CAIXA DE CORES

Nome: _____ Nº: _____

Série _____ Grupo nº _____

| Figuras | Cor Observada |
|---|---------------|
|  | |
|  | |
|  | |
|  | |
|  | |
|  | |

Recurso de Ensino 3

ROTEIRO PARA CONSTRUÇÃO DO CANHÃO DE MISTURA DE LUZES

Materiais

- 1 caixa de papelão ou madeira com tampa
- 3 soquetes para lâmpadas
- 3 interruptores
- fio com tomada
- 1 lâmpada vermelha
- 1 lâmpada verde
- 1 lâmpada azul
- anteparo branco

Procedimentos

- 1 - Instale os soquetes no interior da caixa e os interruptores, um para cada lâmpada, do lado externo.
- 2 - Faça uma abertura circular no lado oposto, para saída da luz
- 3 - Com o ambiente escuro aponte abertura circular da caixa para o anteparo branco.

Recurso de Ensino 4**O QUE É A COR?**

Talvez você nunca tenha se perguntado o que é a cor. Como as cores estão muito presentes em nossa vida nem pensamos nelas. Ora, cor é cor e pronto!

Porém, a percepção das cores é uma parte extremamente importante de nosso dia-a-dia. Além de influenciar em nosso gosto pessoal, as cores são responsáveis por nossa capacidade de diferenciar os objetos que nos cercam e influenciam até em nossos sentimentos. Por isso, dá para ver que a cor das coisas não é algo tão simples como imaginamos...

Você acha que a cor de um objeto depende somente dele, não é mesmo? Uma maçã madura é sempre vermelha, não é? Prepare-se para a resposta: NÃO! 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.

Para entendermos o NÃO aí de cima vamos conversar um pouco, e imaginar bastante. Depois de hoje, as cores nunca mais serão vistas do mesmo jeito por você.

Inicialmente, devemos entender que para enxergarmos qualquer coisa é necessário que haja luz. Por isso não podemos ver nada quando estamos fechados em um quarto escuro. Como a maioria dos objetos que nos cerca não emite luz visível (como cadeiras, livros, paredes e portas, roupas, você e outras pessoas etc.) só podemos vê-los porque eles refletem a luz do ambiente em que se encontram. Essa luz refletida por estes objetos pode ser a luz do Sol (quando se está ao ar livre ou quando sua luz entra pela janela), ou luz artificial como a de uma lâmpada (quando estamos em nossa casa à noite ou em uma boate, por exemplo). Também é bom sabermos 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 até seus olhos, possibilitando que leia e aprenda sobre as cores.

Coloração por Reflexão

Ao vermos uma folha de papel na luz do sol a percebemos como branca, ou seja, nos foi ensinado que o papel é branco e isso serve de referência para nós. Com isso, achamos que uma folha sempre parecerá branca, pois ela **É** branca. Da mesma forma, acreditamos que uma maçã madura sempre parecerá vermelha por que a maçã **É** vermelha. Ou seja, pensamos que a cor das coisas depende apenas delas mesmas, uma característica imutável do corpo. Porém, o que acontece quando iluminamos uma folha de papel com uma luz azul ou amarela?

Ora, se uma folha **É** branca ela deveria sempre parecer branca, não é mesmo? Porém, como vocês viram, a folha quando iluminada por uma luz amarela, ao invés de continuar branca, fica parecendo amarela. O mesmo acontece quando a iluminamos com a luz azul. Agora, ela nos parece azul. Por que isso acontece?

Como uma folha de papel não tem luz própria, ou seja, ela não emite luz, então só a vemos porque ela reflete a luz do ambiente. Assim, se a luz que incide sobre ela é azul, logo ela reflete o azul e, por isso, a percebemos como se fosse azul e não branca. O mesmo ocorre se a iluminarmos com luz vermelha, amarela ou qualquer outra cor.

Bem, e a maçã? Por que ela **É** vermelha quando a vemos no sol? Ela sempre será vermelha? Use tudo que foi dito até agora, pense um pouco e tente responder estas perguntas.

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 deve estar se perguntando, como ela está refletindo vermelho se a luz solar não é vermelha? Acontece que a luz do Sol, também chamada de luz branca, é a composição de todas as cores, do vermelho ao violeta. Quando estas cores estão combinadas resulta na sensação visual que chamamos de branco. Isso também acontece quando misturamos as luzes de cores vermelha, verde e azul. Por isso, essas cores 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.

Como a folha de alface parecerá se a iluminarmos com uma luz azul? Dissemos que a alface parece verde na luz do Sol porque ela reflete a cor verde que compõe a luz branca. Bem, se esta 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 **ESTÁ** vermelha, pois a sensação que temos da cor depende da luz que ilumina a maçã.

Coloração por Transmissão

Hoje em dia tornou-se moda o uso de óculos coloridos. Eles possuem lentes coloridas, amarelas, vermelhas ou azuis, por exemplo. Você já os usou alguma vez? Ao olharmos por uma lente amarela, as coisas ao nosso redor ficam todas bem amareladas. Por que isso acontece?

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

As Cores e o Nosso Olho

No interior de nossos olhos, na retina, há estruturas celulares sensíveis à luz. Ela contém substâncias que, iluminadas, se modificam, gerando impulsos nervosos, os quais são levados para o cérebro por uma série de fibras nervosas. Uma vez no cérebro, esses impulsos são interpretados, constituindo as imagens.

Contudo, como nesse processo se diferencia uma cor de outra?

Na retina, há três tipos de receptores associados às cores primárias: vermelho, verde e azul. Esses receptores são chamados de *cones*.

Durante muito tempo se pensou que cada um deles era sensível exclusivamente a uma única cor, porém estudos levaram os cientistas a crer que estes receptores têm sensibilidade variável, tendo sua sensibilidade máxima numa dessas cores.

Há aproximadamente 6 milhões de *cones* na retina humana e eles é que são responsáveis por toda sensação de cores.

Vamos entender como nosso olho detecta as cores: quando sobre ele incide a luz de um objeto azul, por exemplo, todos os receptores são sensibilizados, enviando para o cérebro informações que lhe permite construir a imagem do objeto visualizado. Como a cor azul sensibiliza mais os *cones* azuis essa informação é decifrada pelo cérebro como proveniente de um objeto azul.

Com um objeto amarelo ocorre algo muito parecido. Entretanto, como dissemos, não há receptores com pico de sensibilidade para essa cor. Assim, dois dos receptores (vermelho e verde) combinados têm uma boa recepção para essa cor. O cérebro capta essa informação e a decodifica como um objeto amarelo.

O cérebro tem um papel importantíssimo em tudo que vemos. Ele pode nos pregar algumas peças, como vimos com as ilusões de óptica.

Com isso, devemos aprender 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.

Agora, porque a folha de papel, que é branca quando iluminada pela luz do Sol, fica azul quando a luz que incide sobre ela é azul, mas uma maçã fica escura quando iluminada por essa mesma luz?

Cada superfície tem características próprias no que diz respeito à absorção e reflexão da luz que incide sobre ela. É justamente isso que determina sua aparência. Assim, qualquer superfície branca é capaz de refletir toda a luz que incide sobre ela e quase não absorve nada. O contrário ocorre com superfícies negras. Ou seja, um objeto é preto porque ele absorve todas as cores que chegam e não reflete nenhuma outra cor.

O que determina essa capacidade de reflexão, absorção e transmissão tão diferente dos materiais? Para entendermos isso é necessário que aprendamos mais sobre a estrutura atômica da matéria e como acontece sua interação com a luz, que é o tema de nossas próximas aulas.

QUESTÕES

1 - Dê exemplos de objetos ao seu redor que emitem e que não emitem luz. O que todos objetos que emitem luz têm em comum?

2 - Você viu que um objeto que emite luz branca, na verdade está emitindo luz de todas as cores. A luz emitida por uma lâmpada geralmente é um bom exemplo de luz branca. Explique então, porque a luz de uma lâmpada comum, como as de uma lanterna de um carro, pode parecer vermelha ou laranja aos nossos olhos.

3 - Relembre das cores primárias, e dos cones em nossa retina que nos permite identificar a cor de um objeto ou de uma fonte de luz. Imagine um conjunto de raios de luz formado apenas pelas cores azul, verde e vermelha. Ao atingir nossos olhos, qual será “a cor dessa luz”. Agora, imagine que esses raios são utilizados para iluminar uma sala. Aos nossos olhos, qual será a cor de um objeto que era azul quando exposto a luz solar? E se o objeto fosse amarelo na luz do Sol, o que enxergaríamos se ele fosse exposto apenas ao nosso conjunto de raios.

4 - Imagine que você está organizando uma recepção ao embaixador da Bélgica em um grande salão iluminada por **várias** lâmpadas no teto. Na última hora, você percebe que um funcionário seu cometeu um terrível engano, colocando em destaque a bandeira da Romênia (figura 3), e você não tem mais tempo para arranjar a bandeira correta (figura 4). Tendo apenas folhas de várias cores de papel celofane, o que você poderia fazer para consertar essa situação?



Bandeira da Bélgica
– preto amarelo e
vermelho



Bandeira da Romênia
- azul, amarelo e
vermelho

Recurso de Ensino 5

LUZ E CORES

Até agora vimos que a luz branca (ou a luz solar) é composta de outras cores, que vai do vermelho ao violeta, semelhante a um arco-íris. Por isso, ao iluminarmos um objeto azul com essa luz nós o veremos azul, pois ele absorve todas as outras cores da luz branca e reflete somente a sua “porção” azul. Chamamos a luz branca de **POLICROMÁTICA**, que é um nome difícil 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 que nos cercam 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 entendermos isso teremos que nos aprofundar um pouco mais na compreensão da natureza da luz.

Sabemos que a luz é a única coisa que realmente vemos. Nossa principal fonte natural de luz é o Sol, e também conhecemos a luz proveniente das estrelas. Convivemos diariamente com as fontes artificiais de luz, como as chamas das velas, as lâmpadas fluorescentes, ou 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 “embutidas” na luz branca?

Para entendermos as respostas que a Física dá a essas perguntas devemos utilizar uma ferramenta poderosa que somente nós, seres humanos, possuímos: a capacidade de imaginar. Isso porque os modelos e conceitos que veremos a partir de hoje nos obrigam a enxergarmos o mundo de outra maneira, bem diferente daquela que fazemos sempre. Veremos como a Física é construída por pessoas, como qualquer uma de nós, mas que se diferenciam por aceitar o desafio de imaginar e questionar sempre tudo aquilo que nos cerca.

Você começará agora uma viagem que o levará a um novo mundo, desconhecido, invisível, microscópico, porém tão real quanto o mundo que conhece, repleto de objetos visíveis e concretos. Nesta viagem, você terá como guia a Física, com seus modelos e suas teorias, mas o veículo que utilizará será a sua imaginação. Como todo bom desafio, não vá pensando que será uma tarefa fácil, mas fique certo que ao enfrentá-lo você irá perceber a beleza de enxergar o que a natureza nos esconde, e terá a chance de passar a se relacionar com o mundo de outra forma. Quando chegar ao final do percurso, você estará muito mais próximo da realidade como nunca esteve antes, mesmo que durante a viagem você se sinta como se estivesse se afastando dela...

Cargas e Campos

Para entendermos o que é a luz precisaremos estudar os átomos e seus elétrons, que certamente, algum dia, você já ouviu falar. Iremos conviver demais com esses “termos”, porém de uma maneira diferente, conhecendo-os como são cada um deles, de forma que você irá perceber a enorme diferença que existe entre saber os nomes das coisas e compreendê-las realmente.

Os átomos podem ser vistos como os constituintes de tudo aquilo que nos cerca, desde as estrelas até a cadeira que você está sentado agora. O modelo atômico que iremos ver inicialmente é aquele onde um átomo é

representado por um caroço central (formado por prótons e nêutrons), rodeado por elétrons. Este modelo tem alguns problemas, que serão apresentados ao longo das aulas, de maneira que teve de sofrer severas modificações, que revolucionaram toda a ciência. Você acompanhará a evolução sofrida por esse modelo até chegarmos ao modelo atômico mais aceito atualmente.

É bem provável que você já tenha ouvido a frase “Os opostos se atraem”. Na Física isso quase sempre é verdade. A grande maioria das partículas que compõe os átomos tem carga elétrica, que é a propriedade fundamental que está presente em todos os fenômenos elétricos, como nos relâmpagos, na corrente que passa por um fio quando você liga um interruptor, quando você toma um choque, na manutenção dos átomos juntos formando moléculas, na luz que o possibilita ler esse texto, até nos impulsos nervosos que chegam ao seu cérebro nesse exato momento.

Uma carga negativa repele outra negativa, porém é atraída por uma carga positiva. Por exemplo, um elétron (portador de carga negativa) repele outro elétron, mas é sempre atraído por um próton (portador de carga positiva). Assim, cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais contrários se atraem.

Entendido isso, pense na seguinte situação: imagine que em uma região qualquer do espaço exista um elétron em repouso. De repente, coloca-se perto dele um próton. Ele então passa a se mover na direção deste próton (se o próton não estiver fixo, ele também se moverá em direção ao elétron. Lembra-se por quê?), sendo atraído por ele. Agora, quem “conta” para um elétron que existe um próton perto dele? Ou seja, como ele “sabe” que deve ser atraído para um lugar pois lá existe um próton?

Acontece que toda carga elétrica tem associada a ela um campo elétrico. Podemos imaginar esse campo como uma “aura” que envolve a carga. Deve-se ficar muito claro que a palavra “aura” é usada neste texto sem nenhum significado místico, esotérico ou religioso. Ela é usada aqui para representar algo puramente físico, que tem a propriedade de ser algo real, mas que não tem matéria, ou seja, não pode ser visto nem tocado.

Toda carga possui sempre um campo à sua volta, 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 desassociado de sua carga, ou seja, é impossível separar um do outro. Falamos então que a carga e o campo formam uma unidade indissociável. Eles são, de fato, facetas diferentes de uma mesma unidade, como a cara e a coroa são faces diferentes de uma mesma moeda. Não existe um sem o outro.

Representação de um elétron e seu campo elétrico.

Assim, quando duas cargas estão em uma mesma região do espaço, elas interagem. Em nosso exemplo, a carga negativa (do elétron) por estar imersa no campo da carga positiva (do próton) sofre uma força de atração. Ou seja, é o campo quem “conta” para o elétron que naquela região existe um próton. Toda a informação é passada pelo campo.

Para fixarmos o que foi dito até agora é preciso entender que sempre que aproximamos duas cargas, uma fica imersa no campo da outra, de maneira que essa única interação dá origem a duas forças, uma em cada carga. São as cargas que interagem, mas são os campos os mediadores dessa interação. Eles são os instrumentos pelos quais as cargas interagem.

Vamos falar brevemente de outro campo. Você já reparou como um ímã “sente” a presença do outro que se encontra distante dele? Pois é, um ímã tem um campo magnético associado a ele, de forma que a interação entre ímãs se dá através de seus campos. Como veremos, há uma profunda relação entre eletricidade e magnetismo.

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

Ondas Eletromagnéticas

Vamos ver agora a experiência do rádio e a pilha.

Essa simples experiência mostra que ao se moverem, os elétrons presentes nos fios produzem “algo” que pode interferir no rádio. Ou seja, ao serem acelerados os elétrons emitem “alguma coisa” que pode ser, nesse caso, detectada por um rádio AM. E o que é essa “coisa” emitida por cargas em movimento?

Como dissemos, existe uma profunda relação entre a eletricidade e o magnetismo. Sabemos que as cargas interagem entre si através de seus campos elétricos e que os ímãs interagem entre si através de seus campos magnéticos, porém uma carga em movimento é capaz de interagir com um ímã. Vamos ver porque isso ocorre:

Quando qualquer partícula carregada se move, sua “aura” (seu campo) a acompanha, pois ele não pode ser separado de sua carga. Assim, por exemplo, quando um elétron se move, seu campo elétrico se move junto. Acontece que quando um campo elétrico varia, ele gera um campo magnético. Assim, toda carga em movimento além de possuir um campo elétrico ela também possui 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 irá gerar um campo magnético variável que irá gerar um campo elétrico variável, que irá gerar....

Ou seja, os campos elétricos e magnéticos variáveis geram um ao outro, e são emitidos pela carga em movimento como uma **onda eletromagnética**. Essa é a “coisa” detectada pelo rádio. Os elétrons do fio ao se moverem emitem uma onda eletromagnética capaz de ser detectada pelo rádio.

Essas ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. A imensa maioria dos equipamentos elétricos que nos cerca tem seu funcionamento baseado em sua existência. Certamente, você está sendo atravessado por milhares delas nesse exato momento. Assim, vamos ver com detalhes suas propriedades.

A Luz e as Cores: “Simplesmente” Ondas Eletromagnéticas

No século XIX, o físico James Clerk Maxwell criou uma teoria que mudou as estruturas da física. Por meio de sua teoria eletromagnética, fazendo uso de alguns dados experimentais ele previu a existência destas ondas eletromagnéticas, bem como obteve uma velocidade para a sua propagação: 300 000 km/s! Com isso, ele chegou à velocidade da luz, revelando sua natureza, ou seja: a luz é uma onda eletromagnética.

Qualquer equipamento que funciona sem fio só pode transmitir energia e informação através de ondas eletromagnéticas. Dessa forma, funcionam os telefones celulares, os satélites de comunicação, as rádios, etc. Quando apertamos uma tecla qualquer de um controle remoto uma onda eletromagnética é emitida e leva consigo energia suficiente para acionar um circuito eletrônico existente na televisão, sendo capaz de ligá-la, trocar de canal, abaixar ou aumentar o volume etc..

Agora, se a luz também é uma onda eletromagnética por que não se consegue ligar uma televisão apontando uma lanterna para ela?

Acontece que existem vários tipos de ondas eletromagnéticas, como as ondas de rádio, de microondas, de infravermelho, de luz visível, de ultravioleta, de raio X, etc. O que diferencia cada uma delas é a frequência de oscilação do elétron que a origina. Vamos ver o que é a frequência.

Sabemos que um elétron em movimento emite uma onda eletromagnética. Imagine que você estivesse vendo um único elétron, e ele começasse a se mover para cima e para baixo em torno de um ponto (chamamos esse movimento de oscilação). A quantidade de vezes que ele oscila em um segundo é o que chamamos de frequência (é o mesmo conceito da sua frequência escolar. É o número de vezes que você comparece na escola em um ano).

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 4×10^{14} oscilações por segundo ele pareceria vermelho. Ao continuar aumentando a frequência de oscilação ele iria parecer amarelo, verde, azul e quando atingisse 10^{15} vezes por segundo ele pareceria violeta. Se sua frequência ficar maior que essa ele simplesmente iria desaparecer! Ou seja, ele vibrando nesta frequência torna-se invisível para os olhos humanos.

Assim, a frequência de vibração do elétron determina a frequência da onda eletromagnética que ele emite, determinando propriedades fundamentais dessas ondas, como a capacidade de produzir calor, de atravessar materiais, de serem captadas pelos nossos olhos etc.. A unidade utilizada para frequência é o Hertz (Hz), em homenagem ao físico que gerou e detectou pela primeira vez as ondas de rádio. Um Hz é, então, uma oscilação por segundo.

Por isso não é possível ligar uma televisão utilizando uma lanterna, pois mesmo a luz visível sendo uma onda eletromagnética, ela não possui a frequência correta, como a daquela onda emitida pelo controle remoto. Assim como ao sintonizar uma rádio (por exemplo, a Gazeta FM 98,9 MHz) não é possível que você sintonize outra estação no mesmo lugar. Da mesma forma, um número de celular não recebe uma ligação que seja feita para outro número, pois ele está programado para receber dentro de uma faixa determinada de frequência.

Chamamos de luz visível apenas uma pequena faixa de frequências que nossos olhos são capazes de detectar (de 4×10^{14} Hz a $7,5 \times 10^{14}$ Hz). A imensa maioria das ondas eletromagnéticas é invisível para nós, como as microondas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, raios x, etc.. No quadro abaixo veremos algumas ondas eletromagnéticas, suas fontes de produção e detecção:

| Frequência (Hz) | Tipo de Onda | Fonte | Meio de Detecção | Fonte Artificial |
|--------------------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 10^{19} | Raio X | Elétrons | Chapa fotográfica | Tubos de raios X |
| 10^{16} | Ultravioleta | Elétrons | Chapa fotográfica | Laser |
| 7×10^{14} | Violeta | Elétrons | Olhos | Arcos elétricos |
| 4×10^{14} | Vermelha | Elétrons | Olhos | Arcos elétricos |
| 10^{13} | Infravermelha | Vibrações moleculares | Termômetro | Lâmpadas |
| 10^5 | Rádio | Correntes alternadas | Circuito eletrônico | Circuito eletrônico |

As cargas elétricas existentes no Sol oscilam em uma quantidade enorme de frequências, de modo que ele emite uma série de ondas eletromagnéticas diferentes. Porém, a maior parte da radiação emitida pelo Sol se encontra dentro da faixa sensível aos nossos olhos.

Na tabela abaixo a pequena “família” de frequências que nossos olhos são capazes de captar. Assim, cada cor corresponde a uma onda eletromagnética com sua frequência característica. 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 vêem, mas nossa pele sente. É por causa do ultravioleta que nos bronzeamos. Abaixo do vermelho, temos o infravermelho, que também não podemos ver, mas sentimos sua energia através do calor.

| Luz | Frequência (10^{14} Hz) |
|------------|----------------------------|
| Vermelha | 4,0 a 4,8 |
| Alaranjada | 4,8 a 5,0 |
| Amarela | 5,0 a 5,3 |
| Verde | 5,3 a 5,7 |
| Azul | 5,7 a 6,0 |
| Anil | 6,0 a 6,7 |
| Violeta | 6,7 a 7,5 |

Banco de Questões

1 - Apontando um controle remoto para uma TV, conseguimos fazer com que ela ligue. Por que a luz de uma lanterna apontada para a TV, não consegue fazê-la ligar, uma vez que tanto no controle quanto na lanterna o que são emitidas são ondas eletromagnéticas?

2 - Num forno de microondas as ondas eletromagnéticas são refletidas inúmeras vezes em seu interior. Essas ondas ficam ricocheteando dentro do forno até encontrarem o alimento e transferirem sua energia para ele, atuando essencialmente nas moléculas de água da comida. Por essa razão é que os alimentos não douram no microondas, já que a água ferve¹ a cerca de 100°C e enquanto está fervendo, não muda sua temperatura. Assim no forno de microondas os alimentos atingem temperaturas por volta dos 100°C , que não é suficiente para dourá-los e provocar recombinações nas suas estruturas moleculares, o que dá o sabor que nós conhecemos no forno convencional (200°C a 400°C). Pensando nessas informações, responda:

- Por que os plásticos e vidros não se aquecem quando colocados sozinhos no forno de microondas?
- Por que o ovo estoura se colocado com casca ou mesmo se não o furarmos?
- Por que não podemos secar roupa no forno de microondas?

3 - Vemos sempre nos noticiários os problemas que os presídios enfrentam com as ligações de telefones celulares clandestinas realizadas pelos presos. O professor Vitor Baranauskas da Faculdade de Engenharia Elétrica da Unicamp propôs uma solução simples e barata: revestir totalmente as celas com tela metálicas,

¹ Ao nível do mar e pressão de 1 atm.

ou mesmo com papel alumínio. Segundo ele esse procedimento impediria a realização de qualquer ligação com aparelhos de telefonia celular no interior da cela. Analise se essa proposta é aparentemente viável.