



ensino médio

2ª SÉRIE

4º bimestre - 2008



caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretária da Educação
Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária-Adjunta
Iara Gloria Areias Prado

Chefe de Gabinete
Fernando Padua

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenadora de Ensino do Interior
Aparecida Edna de Matos

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção
Guiomar Namo de Mello
Lino de Macedo
Luis Carlos de Menezes
Maria Inês Fini
Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

Diretor de Gestão de Tecnologias
aplicadas à Educação:
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

APOIO

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

Coordenação de Área para o Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ciências Humanas e suas Tecnologias:
Angela Corrêa da Silva e Paulo Miceli

Ciências da Natureza e suas Tecnologias:
Sônia Salem

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:
Alice Vieira

Matemática:
Nilson José Machado

Autores

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Adilton Luís Martins e Paulo Miceli

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

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Felipe Bandoni de Oliveira, Ghisleine
Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp,
Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira e
Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Ciências: Cristina Leite, João Carlos Miguel
Thomaz Micheletti Neto, Máira Batistoni e Silva,
Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar e Yassuko Hosoume

Física: Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís
Paulo de Carvalho Piassi, Maurício Pietrocola Pinto
de Oliveira e Yassuko Hosoume

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Jéssica Mami Makino, Mirian
Celeste Martins e Sayonara Pereira

Educação Física: Jocimar Daolio, Luciana
Venâncio, Luiz Sanches Neto e Mauro Betti

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

Língua Portuguesa: Débora Mallet Pezarim de
Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar, José Luís
Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Carlos Eduardo de Souza Campos
Granja, José Luiz Pastore Mello, Nilson José
Machado, Roberto Perides Moisés e Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Zuleika de Felice Murrie

Consulta à rede sobre experiências exitosas

Lourdes Athiê e Raquel B. Namó Cury

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Denise
Blanes, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias de
Oliveira, Luís Márcio Barbosa, Luiza Christov,
Paulo Eduardo Mendes e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie

Edição e Produção Editorial: Edições Jogo de
Amarelinha, Conexão Editorial, Jairo Souza Design
Gráfico e Occy Design (projeto gráfico)

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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.

Catologação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: física, ensino médio - 2ª série, 4º bimestre / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís Paulo de Carvalho Piassi. – São Paulo : SEE, 2008.
ISBN 978-85-7849-112-3
1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. III. Hosoume, Yassuko. IV. Gurgel, Ivã. V. Brockington, Guilherme. VI. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VII. Título.
CDU: 373.5:53

Prezado(a) professor(a),

Iniciamos em 2008 uma nova jornada de trabalho para atender uma das prioridades da área de educação neste governo: o ensino de qualidade.

Sabemos que o alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e seus alunos. Por essa razão, com o intuito de facilitar tal trajetória, este documento foi elaborado por competentes especialistas na área de educação. Com o conteúdo organizado por bimestre, o Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das situações de aprendizagem propostas para cada disciplina.

Esperamos que você aproveite e implemente as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer dúvidas ou dificuldades, e promover ajustes ou adaptações que aumentem a eficácia deste trabalho.

Aqui está nosso novo desafio. Com determinação e competência, certamente iremos vencê-lo!

Conto com você.

Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz Escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do bimestre	8
Tema 1 – Luz e Cores	9
Situação de Aprendizagem 1 – A Caixa de Cores	10
Situação de Aprendizagem 2 – Decompondo e misturando luzes e cores	14
Situação de Aprendizagem 3 – Sombras de várias cores	24
Situação de Aprendizagem 4 – Qual lâmpada eu uso?	28
Grade de Avaliação	32
Proposta de questões para aplicação em avaliação	33
Proposta de Situações de Recuperação	36
Tema 2 – Ondas eletromagnéticas e Transmissões eletromagnéticas	37
Situação de Aprendizagem 5 – Fazendo onda... Bloqueando onda	38
Situação de Aprendizagem 6 – O espectro eletromagnético	42
Situação de Aprendizagem 7 – Evoluindo cada vez mais...	46
Grade de Avaliação	49
Proposta de questões para aplicação em avaliação	50
Proposta de Situações de Recuperação	52
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	53
Considerações finais	54

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

Apresento-lhe os textos gerais e específicos dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. A Secretaria da Educação do Estado assumiu a liderança na formulação dessa Proposta, visando aprimorar o trabalho pedagógico e docente na rede pública de ensino, em parceria com seus professores, coordenadores, assistentes pedagógicos, diretores e supervisores.

A Proposta não pretende ser mais uma novidade pedagógica, mas atuar como uma retomada dos diversos caminhos curriculares que esta Secretaria já traçou e que muitas escolas já incorporaram em suas práticas.

Nesse processo, a Secretaria da Educação já buscou identificar práticas de gestão escolar e de sala de aula para subsidiar a implementação da Proposta. Agora se propõe a coordenar, apoiar e avaliar o desenvolvimento curricular.

A relevância e a pertinência da aprendizagem dos conteúdos educacionais para a formação do cidadão foram definidas na organização curricular, proposta a todas as escolas. De acordo com elas, o sistema de ensino deve assumir a indicação de elementos básicos para que suas escolas possam promover uma educação de qualidade, que atenda os objetivos sociais.

Para atingir esses objetivos, o primeiro elemento construído foi a Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual. Ela descreve os conteúdos disciplinares a serem desenvolvidos em cada série, bem como o que se espera dos alunos no que diz respeito à capacidade de realização desses conteúdos. De um lado, essa base orienta a organização dos projetos curriculares em cada escola; de outro, esclarece a sociedade sobre seu compromisso com o desenvolvimento de crianças e jovens.

Fruto do trabalho coletivo, de caráter interdisciplinar, a Proposta procura estabelecer elos entre os conhecimentos culturais socializados pela escola e as indicações de procedimentos organizadas didaticamente.

Para isso, foram identificados e organizados, nos Cadernos do Professor, os conhecimentos disciplinares por série e bimestre, assim como as habilidades e competências a serem promovidas. Trata-se de orientações para a gestão da aprendizagem na sala de aula, para a avaliação, e também de sugestões bimestrais de projetos para a recuperação das aprendizagens.

A sociedade exige dos indivíduos competências e habilidades específicas, que são desenvolvidas de forma espontânea por alguns, no contexto da educação familiar, mas que, para outros, estão atreladas ao processo de escolarização.

O compromisso de inter-relacionar as disciplinas, permitindo ao aluno compreendê-las no sentido global da cultura, da ciência e da vida, foi um trabalho árduo que procuramos realizar. Esperamos agora contar com o apoio da escola e de seus educadores na implantação, no desenvolvimento e na avaliação dessa Proposta.

A Proposta desenha, ainda, ações para apoiar a escola na gestão de seus recursos, a fim de oferecer aos alunos da rede pública de ensino uma educação à altura dos desafios contemporâneos. Seu desenvolvimento faz com que o Governo do Estado de São Paulo possa cumprir o compromisso de garantir a todas as crianças e jovens uma educação básica de qualidade.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral da Proposta Curricular
para o Ensino Fundamental – Ciclo II e
Ensino Médio do Estado de São Paulo

FICHA DO CADERNO

Luz, Cores e Ondas Eletromagnéticas

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	2ª
Período letivo:	4º bimestre de 2008
Aulas semanais:	2
Semanas previstas:	8
Aulas no bimestre:	16
Temas e conteúdos:	Luz e Cores; Ondas eletromagnéticas; Transmissões eletromagnéticas
Coordenação de CNT:	Sonia Salem
Equipe de Biologia:	Ghisleine Trigo Silveira, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp e Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira.
Equipe de Ciências:	Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Yassuko Hosoume, Cristina Leite, João Carlos Miguel Thomaz Micheletti Neto, Máira Batistoni e Silva, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro e Ricardo Rechi Aguiar.
Equipe de Física:	Guilherme Brockington (responsável pelo caderno), Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Ivã Gurgel e Luis Paulo de Carvalho Piassi.
Equipe de Química:	Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Neste Caderno damos continuidade à proposta de Situações de Aprendizagem que procuram desenvolver competências como compreender, interpretar e lidar de forma apropriada com situações que envolvem a comunicação por meio de sons e imagens. Ele está subdividido em duas partes. Na primeira,

a partir de discussões sobre cores, será aprofundada a compreensão da luz como onda eletromagnética e sua interação com a matéria. Na segunda parte, fazendo uso do modelo de ondas eletromagnéticas, serão tratadas diferentes formas de comunicação e de transmissão de informações a longas distâncias.

TEMA 1 – LUZ E CORES

A cor está de tal forma presente em nosso cotidiano e nos parece algo tão natural e comum que nem sempre nos perguntamos o que é a cor, como a percebemos ou a importância que ela tem em nossas vidas. Além dos aspectos estéticos, de sua presença nas artes, na natureza, ou de sua influência no gosto pessoal, a cor também é responsável por nossa capacidade de diferenciar os objetos que nos cercam. Ainda que uma compreensão completa da percepção da cor necessite fundamentalmente de conhecimentos neurofisiológicos, aspectos importantes de seu significado podem ser dados por meio da Física. Neste tema, estabeleceremos o modelo eletromagnético da luz a partir do estudo da cor dos corpos. O intuito é fazer os alunos perceberem as relações entre luz e cor, reconhecerem as diferenças entre “cor-luz” e “cor-pigmento” e relacionarem as três cores primárias com a obtenção de outras cores e com o sistema de percepção de cores no olho humano. Além disso, mediante o reconhecimento de espectros de cores, eles poderão identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

As Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno trazem, em sua maioria, atividades experimentais e resolução de problemas que procuram desenvolver competências e habilidades como: reconhecer a dimensão cultural presente na identificação das cores; elaborar hipóteses, organizar e interpretar

resultados de observações e experimentos envolvendo luz e cor; ler, articular e utilizar símbolos, diagramas e gráficos; redigir sínteses de observações em situações que envolvem fenômenos luminosos e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

Enfatiza-se a construção do conhecimento pelo aluno, por meio de perguntas que conduzam à elaboração de respostas cientificamente adequadas, à elaboração de hipóteses e à produção de trabalhos concretos. Com isso, é possível que o professor tenha condições de acompanhar e avaliar não apenas a participação dos estudantes, mas também o nível de compreensão conceitual e as habilidades e competências envolvidas. Entre os tipos de produção solicitadas aos estudantes e que poderão ser utilizadas como elementos de uma avaliação estão a produção de experimentos de baixo custo, a realização de pesquisas e a elaboração de relatórios-síntese.

As três primeiras Situações de Aprendizagem propostas trazem diferentes atividades experimentais, realizadas pelos alunos em grupo, com resultados capazes de fomentar ricas discussões acerca da luz e das cores. Essa seqüência culmina na Situação de Aprendizagem 4, na qual os alunos deverão identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em diferentes ambientes do cotidiano.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A CAIXA DE CORES

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: luz e cores; influência da luz na percepção da cor refletida por um objeto.

Competências e habilidades: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situações experimentais que envolvam fenômenos de iluminação; escrever relato de um experimento preenchendo com clareza uma ficha de observação.

Estratégias: atividade experimental e levantamento de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos/grandes grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

Recursos: roteiro da Situação de Aprendizagem 1 visando à construção do experimento e material experimental descrito no roteiro.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser consideradas: a construção adequada do arranjo experimental; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura na relação com os colegas e com o professor; a compreensão do aluno acerca dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; as respostas às questões apresentadas no roteiro da Situação de Aprendizagem, a apresentação e interpretação dos resultados experimentais.

Objetivo / Contexto

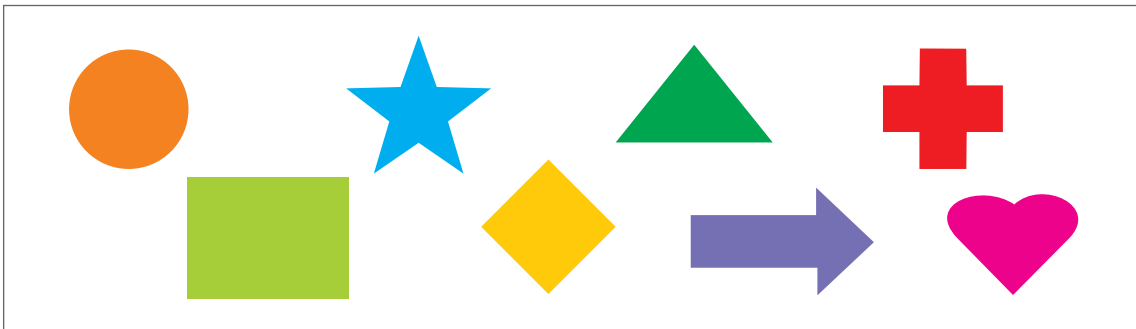
O objetivo desta Situação de Aprendizagem é sensibilizar os estudantes para a necessidade de tratar a cor a partir do estudo da luz e de suas características físicas. A idéia inicial é fomentar discussões sobre o que são as cores, como elas são produzidas, como as enxer-

gamos etc. Para isso, faremos uso da Caixa de Cores, uma atividade composta por um arranjo experimental simples, mas que possibilita questionar a concepção intuitiva de que a cor de um objeto depende apenas de suas características próprias. Com isso, revela-se o papel imprescindível da fonte de iluminação para a determinação da cor que nosso olho percebe.

Roteiro 1 – A Caixa de Cores

Será que a cor de um objeto é uma característica permanente? Será que um objeto verde, um limão, por exemplo, é sempre verde? A sua calça azul é sempre azul? 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.

Material: Uma caixa de papelão com tampa; 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); lanterna; papel celofane nas cores verde, vermelho e azul; estilete ou tesoura; elásticos.



Modelo das figuras.

Mãos à obra!

Forre a caixa com papel-cartão preto, inclusive a parte de dentro da tampa. Faça em uma folha branca figuras geométricas com formas e cores diferentes, como as aqui sugeridas.

Recorte-as com estilete e cole-as no cartão preto de maneira que ele sirva como paleta de figuras coloridas. Agora, encaixe-a num canto da caixa, conforme a Figura a seguir:

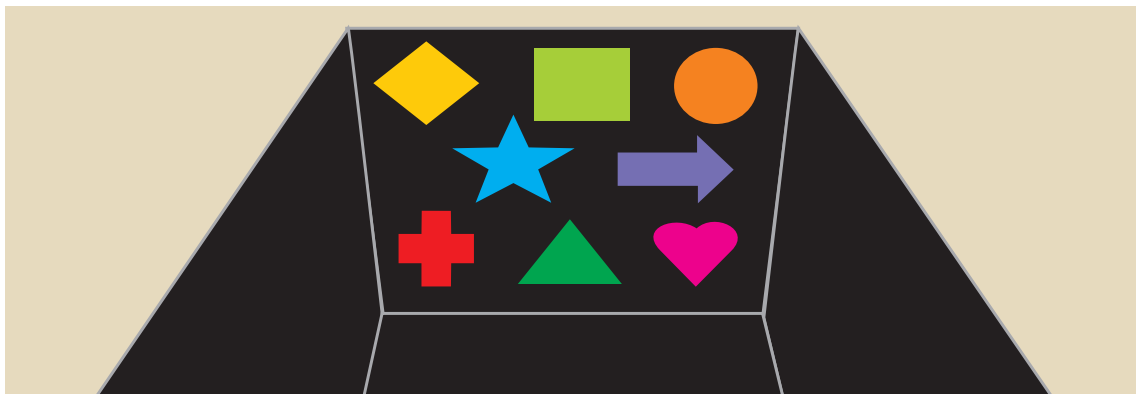


Figura 1 – Paleta com figuras coloridas.

Como mostra a Figura 2, faça um furo na caixa, no lado oposto ao das figuras coloridas, e encaixe a lanterna aí. Faça também um orifício logo acima da lanterna de modo que possa ver as figuras

no interior da caixa. Agora, coloque o papel celofane de uma determinada cor na frente da lanterna e prenda-o com um elástico, a fim de produzir um feixe de luz colorida.

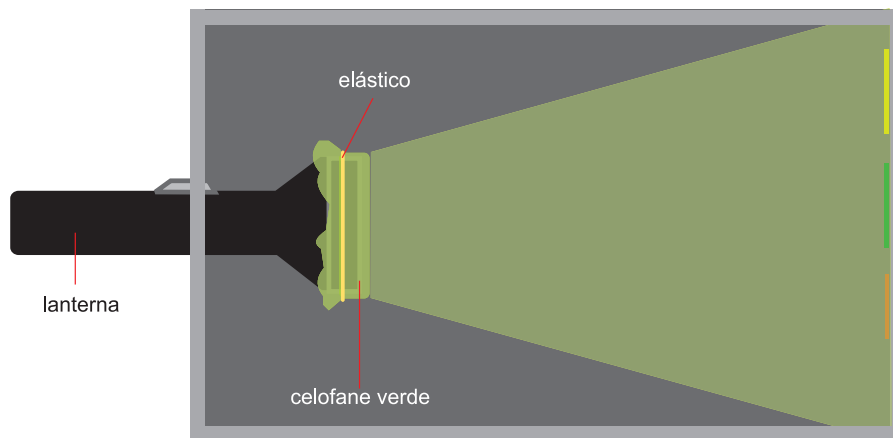


Figura 2 – Caixa forrada vista de cima.

Encaminhando a ação

A Caixa de Cores deve ser previamente construída pelos alunos, pois o tempo estimado para esta atividade não inclui sua montagem. Se isso não for possível, deverá ser construída pelo professor para cada um dos grupos.

Nesta primeira aula sobre o tema, a idéia é sensibilizar os alunos para o estudo da Óptica Física. Assim, convide-os a falar sobre questões ligadas às cores. Uma boa forma de começar a aula é mostrar um objeto de cor bem definida. Pode ser a lousa, a camisa de algum aluno ou um objeto qualquer que você mesmo pode levar. Peça aos alunos que respondam: *qual é a cor desse objeto? Por que ele é dessa cor?*

Deixe que os alunos se expressem livremente e incentive-os a falar. Se quiser, peça que escrevam suas respostas a fim de serem

comparadas após realizarem a atividade. Pode ser que boa parte dos alunos diga que a cor depende do pigmento (ou da tinta) e de quem observa. Alguns chegam a citar os daltônicos, ainda que não compreendam os processos envolvidos na percepção das cores. Ou seja, mesmo que citem exemplos de problemas relacionados à percepção, é possível que haja alunos que acreditem que a cor é determinada apenas pelo objeto. Por exemplo, eles podem dizer que uma camisa é vermelha porque a tinta com que foi tingida é vermelha. Nesse momento, deixe-os expressar suas idéias sem corrigi-los. Encoraje-os a expressar seus pensamentos dessa forma, pois a sistematização desta atividade objetiva justamente desequilibrar as concepções dos alunos, questionando o fato de a cor ser uma propriedade apenas dos objetos.

Após essa fase inicial de sensibilização, divida os alunos em grupos de quatro ou cinco,

cada um com sua Caixa de Cores. Inicialmente, cada grupo deverá fazer a observação com uma determinada cor de luz. Sugira que uns utilizem o celofane verde, outros, o azul, e outros, o vermelho. Cada grupo deverá observar as figuras dentro da caixa e anotar as cores que enxergou em uma “ficha de observação”, contendo uma reprodução das figuras e suas respectivas cores.

Depois dessa etapa, peça aos grupos que apresentem seus resultados. Na lousa, vá sistematizando as observações feitas. Para isso, faça uma tabela para cada cor de luz com as figuras e as respectivas cores observadas. Incentive os alunos a perceber as discrepâncias encontradas e, a partir disso, peça que respondam as seguintes questões: *se todos os grupos iluminaram as mesmas figuras, por que cada um as enxergou com uma cor diferente?* Ilumine as figuras com as duas outras cores de luz e verifique se suas observações são semelhantes aos resultados de outros grupos. *Qual será a cor “verdadeira” de cada figura na caixa? Qual será a cor de uma banana iluminada por uma luz vermelha? E qual será a cor de um papel branco iluminado por uma luz verde?*

Para discutir essas perguntas, retome a idéia apresentada de que uma cor depende exclusivamente do pigmento que tingem o objeto. Se isso fosse verdade, independentemente do que ocorresse, todos deveriam então ver a mesma cor em cada uma das figuras. Com isso, você poderá começar a discutir o que é cor. Nas duas primeiras questões, a idéia é fazer os alunos perceberem que a cor que vemos em um objeto depende fortemente da luz que o ilumina. Assim, quando se muda a luz, muda-se a cor percebida. Logo, na terceira questão, o objetivo é fazê-los perceber que sempre comparamos as cores a partir de objetos expostos à luz branca, ou seja, a do sol ou de lâmpadas de cor branca. Já na quar-

ta questão, a banana ficaria escura e o papel branco ficaria verde. Ou seja, a cor é um **estado** e não uma propriedade do objeto. O correto seria dizer que um objeto **está vermelho** e não **é vermelho**. Com essas discussões, tem-se o “mote” para iniciar a aula seguinte, que apresentará a decomposição da luz branca.

A intenção, neste momento, é relacionar luz e cor. A explicação do que está ocorrendo de fato será construída ao longo das próximas aulas. Assim, garanta apenas que os alunos tenham percebido essa relação. As possíveis questões acerca da percepção das cores e do processo de visão que necessitem de um maior conhecimento teórico devem ser anotadas para que, posteriormente, possam ser trabalhadas.

A fim de sistematizar a atividade, peça aos alunos que elaborem um relatório contendo o que foi observado e possíveis problemas encontrados. Na síntese do que foi aprendido, deve estar explícita a influência da cor da luz incidente na percepção de um objeto colorido, ressaltando a idéia de que sua cor não é apenas uma propriedade intrínseca e imutável.

Encaminhando a continuidade / para casa

A próxima aula traz três Situações de Aprendizagem bastante conhecidas e tradicionais. Elas também foram sugeridas para serem trabalhadas com a 8ª série, contudo sem o aprofundamento e a modelagem proposta aqui. Assim, caso queira economizar tempo, faça-as de forma demonstrativa, com o objetivo de retomar os principais resultados para o estudo da luz e das cores. Do contrário, a 1ª e a 3ª experiências, se possível, devem ser realizadas pelos alunos. Ainda que sejam atividades simples, procure realizá-las previamente para garantir que nada dê errado na aula. Assim, leia com antecedência o próximo Roteiro para preparar sua aula.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 DECOMPONDO E MISTURANDO LUZES E CORES

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdo e temas: decomposição da luz branca; diferenças entre mistura de cor-luz e cor-pigmento; definição das cores primárias; representação da luz como uma onda eletromagnética; relação da cor da luz com a frequência de onda; reflexão seletiva das cores pelas superfícies.

Competências e habilidades: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situações experimentais ou teóricas que envolvem fenômenos de composição de cores de luz e de pigmento; ler e interpretar tabelas e representações esquemáticas de resultados de experimentos; reconhecer e utilizar adequadamente as unidades de frequência, comprimento de onda e velocidade da luz e a relação entre elas; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de experimento qualitativo sobre composição de cores de luz e de pigmento utilizando esquemas, símbolos, cores e linguagem científica.

Estratégias: levantamento de conhecimentos prévios dos alunos a partir de discussão em pequenos/grandes grupos, com proposta de sistematização em grande grupo. Em atividades experimentais: leitura de roteiro, montagem de experimento e verificação qualitativa de fenômenos luminosos; discussão em grupo de questões que acompanham o roteiro e, em seguida, discussão e sistematização com a classe. Em resolução teórica de problema: compreensão da situação-problema, identificação do conhecimento científico para a solução e solução adequada do problema. Em ambas as atividades: apresentação oral ou escrita dos resultados.

Recursos: roteiros da Situação de Aprendizagem 2 visando à realização dos experimentos e material experimental descrito nos roteiros.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser considerados: a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento e sua compreensão na realização das atividades propostas; o uso correto de conceitos físicos e da linguagem culta e científica nas respostas das questões contidas no roteiro e na elaboração de sínteses de observações, análises e soluções.

Objetivo / Contexto

Esta Situação de Aprendizagem tem por objetivo apresentar um cenário fenomenológico para introduzir a discussão sobre o modelo físico que explica a diferença entre mistura de cores-luz e cores-pigmento. Para isso, será

necessário apresentar: a luz branca como cor composta, resultado da mistura de todas as cores (Experiência 2.1); o processo seletivo de emissão de cores pelas superfícies refletoras e transmissoras (Experiência 2.2) e os mecanismos de percepção das cores no olho humano (Experiência 2.3).

Roteiro 2.1 – Decompondo a luz branca

O que diferencia uma luz branca de uma vermelha? E uma vermelha de uma azul? Será que as luzes são diferentes? Quais são as cores do arco-íris? Por que são aquelas cores? Com os resultados desta experiência, vamos entender um pouco mais sobre luz branca e luzes coloridas.

Material: Um copo de vidro transparente; 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!

Construa um arranjo experimental como o descrito na Figura 3.

Faça a luz da fonte incidir perpendicularmente sobre a superfície da água e refletir no espelho. A luz refletida deve incidir sobre uma superfície (parede) distante cerca de 2 metros do copo, numa região sombreada (protegida da fonte de luz utilizada). Mude a inclinação do espelho até obter um feixe de luz de várias cores projetado na parede.

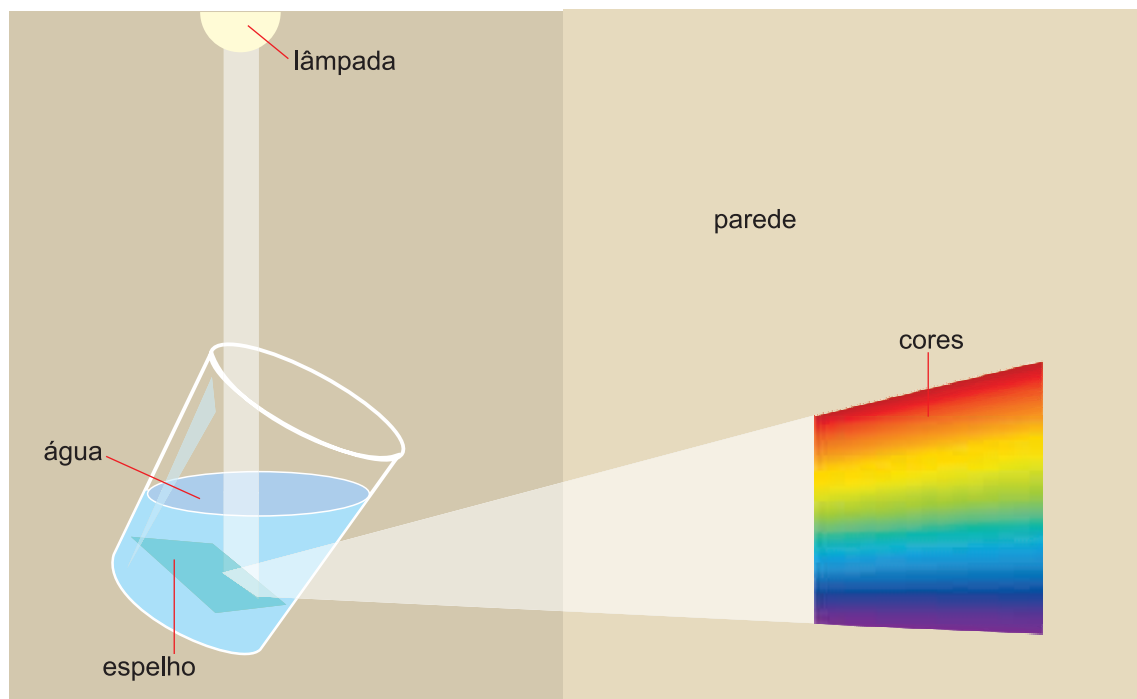


Figura 3 – Dispersão da luz: esboço de esquema da montagem.

- Coloque o papel sulfite na parede onde se encontra projetado o feixe de luz e pinte com lápis colorido as cores do feixe. Quais são as cores identificadas? Escreva os nomes das cores na ordem em que elas aparecem projetadas.
- De onde apareceram essas cores? Como elas apareceram? Levante hipóteses.
- O que difere uma luz colorida da outra?

Encaminhando a ação

Fizemos sugestão de um aparato experimental simples para a realização da decomposição da luz branca. Como em diversos livros e sites de Física encontram-se diferentes modos de realizá-la, faça aquele que achar mais conveniente. Pode-se utilizar prismas ou mesmo alguns pingentes de vidro com água em seu interior (também conhecidos como “pingentes energéticos”, vendidos em camelôs ou lojas de artigos esotéricos). Lembre que para obter melhores efeitos nesta experiência, é preciso que a sala esteja parcialmente escurecida. Porém, caso sua aula seja no período diurno, se possível, tente usar o Sol como fonte de luz. O resultado é muito melhor do que com lanternas.

Inicie a atividade retomando a idéia de que a cor de um objeto é determinada pela luz que o ilumina. Relembre as discrepâncias nas descrições das cores dos desenhos vistos no interior da caixa na atividade anterior. A idéia é começar a aprofundar os processos envolvidos na percepção das cores. Antes de iniciar a experiência, procure sensibilizar os alunos para o experimento da decomposição da luz fazendo perguntas que estão no início do Roteiro: *o que diferencia uma luz branca de uma vermelha? E uma vermelha de uma azul? Será que as luzes são diferentes?* Anote as diferentes respostas para cada uma das questões na lousa e retome-as após a realização da experiência e da discussão teórica.

Depois que os alunos virem surgir as cores componentes da luz branca, retome a discussão sobre as questões propostas no desenvolvimento da experiência. Neste momento inicial, o objetivo deste experimento é apenas mostrar que a luz se decompõe. Assim, pergunte aos alunos: *por que a luz se decompõe? Afinal, o que é a cor?* Deixe-os pensar sobre o que está ocorrendo e, se achar conveniente, peça que escrevam suas idéias.

Para responder a essas perguntas será necessário utilizar o modelo de luz como uma

onda eletromagnética. É preciso ressaltar que uma compreensão mais profunda sobre a natureza da luz requer o estudo de campos elétricos e magnéticos associados às cargas elétricas (assunto da 3ª série). A luz deve ser então tratada como uma onda eletromagnética, que não necessita de meio para se propagar. Use a analogia com o som. Da mesma forma que o som é uma vibração mecânica do ar cuja frequência distingue sons graves e agudos, a luz também é uma forma de vibração cuja frequência distingue uma cor da outra. As cores estão relacionadas com a sua frequência de acordo com a Tabela 1.

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

Tabela 1 – Frequência e comprimento de onda de diferentes cores.

É interessante mostrar aos alunos as ordens de grandeza envolvidas na radiação luminosa. Com a luz tudo é muito rápido e muito pequeno. Para isso, faça comparações com o comprimento de onda e a frequência do som, como o de uma nota musical qualquer apresentada no bimestre anterior. Mais tarde, os alunos irão trabalhar o espectro eletromagnético. Contudo, este é um bom momento para chamar a atenção para a pequena faixa de frequências que o ser humano pode ver: de $4,0 \times 10^{14}$ a $7,5 \times 10^{14}$ Hz. Ou seja, somos “cegos” com relação à quase totalidade de radiação que inunda o universo.

Faça os alunos perceberem que a seqüência das cores que eles observaram e pintaram é

exatamente igual à seqüência das cores apresentadas na Tabela 1. Com isso, fica explícito que a dispersão está, de alguma forma, dire-

tamente relacionada com freqüência/comprimento de onda. Agora é preciso entender como a dispersão ocorre.

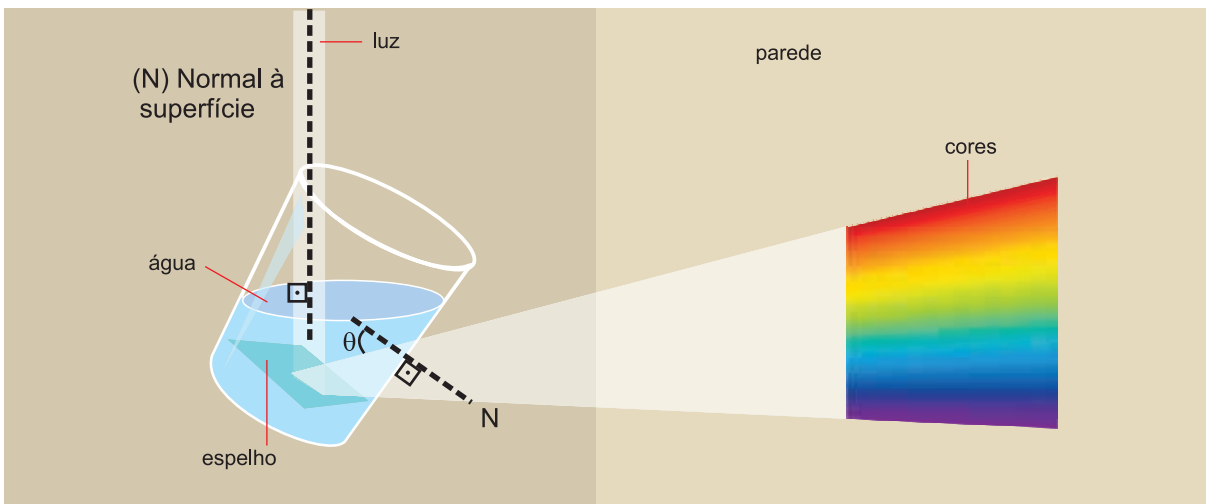


Figura 4 – A dispersão da luz.

Para isso, retome o experimento da dispersão e explique-o em termos das características ondulatórias da luz. Neste caso, a luz incide perpendicularmente à superfície da água e, portanto, não sofre desvio. Entretanto, a inclinação do espelho a faz sair do copo, fazendo um ângulo θ com a normal, como pode ser visto na Figura 4. Essa incidência angular permite que ocorra a refração da luz. Perceba que aqui a luz passa da água para o vidro e deste para o ar. Contudo, por ser muito fina, a camada de vidro não interfere no tipo de análise que faremos aqui, podendo ser desconsiderada. Uma maneira clara de perceber isso é observar que, sem a água, não notamos a dispersão neste experimento. Ou seja, o que irá importar aqui é o fato de a luz passar da água para o ar. Assim, explique aos alunos o que ocorre com a luz branca passando para um meio de índice de refração menor, da água (1,33) para o ar (1). Uma propriedade importante do índice de refração de um material é que ele varia com o comprimento de onda da luz que o atravessa. É por isso que ocorre a dispersão. Assim, cada comprimento de onda

que compõe a luz branca irá apresentar diferentes ângulos de refração ao incidir no vidro. Como o índice de refração geralmente é maior para um comprimento de onda menor, a luz violeta se desvia muito menos do que a luz vermelha quando passa da água para o ar. Então, um feixe de luz branca, ao incidir sobre um prisma, tem seus componentes espalhados em uma série de cores, conhecido como o espectro visível. Essas cores, em ordem decrescente de comprimento de onda, são: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. É preciso deixar claro para os alunos que, em uma refração, a freqüência da radiação não muda, visto que ela é determinada pela oscilação dos elétrons que a geraram. Ao mudar de meio, o que muda é a velocidade e o comprimento de onda. Assim, ressalte que a cor física é, então, mais bem identificada pela freqüência da onda luminosa. Para sistematizar o que foi discutido até aqui, reconstrua o experimento na lousa, apresentando as diferentes trajetórias das diferentes luzes/cores, conforme a Figura 4, de modo a reforçar as explicações físicas da dispersão.

Roteiro 2.2 – 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 da luz solar?
3. Quantas cores são necessárias para obter uma luz branca?

Vamos tentar responder a essas questões com base na experiência a seguir.

Mãos à obra!

Construa um arranjo experimental como o descrito na Figura 6.

Material: Três lâmpadas dicróicas de LED¹, nas cores vermelho, verde e azul; soquete, fio e tomada para as lâmpadas; parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo.



Figura 5 – Lâmpada dicróica de LED.



Figura 6 – Arranjo das lâmpadas.

¹ Estas são lâmpadas dicróicas com cerca de 20 LEDs cada uma. Em uma pesquisa recente, o custo médio era de R\$ 16,00 cada. Além de emitir numa frequência bem definida, o que possibilita um resultado excelente para este experimento, são lâmpadas pequenas e leves, muito apropriadas para serem levadas para a sala de aula. Nesta experiência, é possível o uso de lâmpadas incandescentes coloridas, embora a qualidade dos resultados da experimentação não seja tão boa.

1. Escolha duas lâmpadas de cores diferentes (verde e vermelho) e projete em seu anteparo as luzes coloridas. Faça isso de maneira que uma parte das luzes coloridas se misture e a outra, não. Observe as regiões onde as luzes se misturaram e onde não houve superposição. Desenhe em seu caderno a figura obtida no anteparo, identificando as cores das várias regiões.
 2. Escolha outras duas cores (verde e azul) e repita o procedimento do item 1). Faça o mesmo com as duas cores restantes (vermelho e azul).
 3. Projete as luzes das três lâmpadas coloridas, misturando-as de forma que uma parte das três luzes coloridas se misture.
- Verifique quais são as cores obtidas com essas misturas. Observe as regiões onde as três luzes se misturam e onde houve superposição apenas de duas delas. Desenhe em seu caderno a figura obtida, identificando as cores de cada uma das regiões.
4. Depois de analisar as várias cores projetadas no anteparo pela composição das três cores de luz, responda: que procedimento pode ser utilizado para se obter uma luz branca? E uma luz amarela? E uma luz cor-de-rosa?
 5. Por que foram escolhidas as três cores de luz (vermelho, azul e verde)? Levante hipóteses.

Encaminhando a ação

Este experimento tem o objetivo de iniciar as discussões acerca da percepção das cores. Aqui, o enfoque é misturar luzes coloridas, para que posteriormente os alunos possam diferenciá-las da mistura de tintas coloridas (assunto que será trabalhado no experimento seguinte).

Uma boa forma de iniciar esta atividade é perguntar aos alunos como eles acham que são formadas as imagens coloridas na tela de uma TV. Peça que respondam: *será que existem pontos na tela correspondentes a todas as cores existentes?* Deixe-os falar livremente e, em seguida, apresente o experimento.

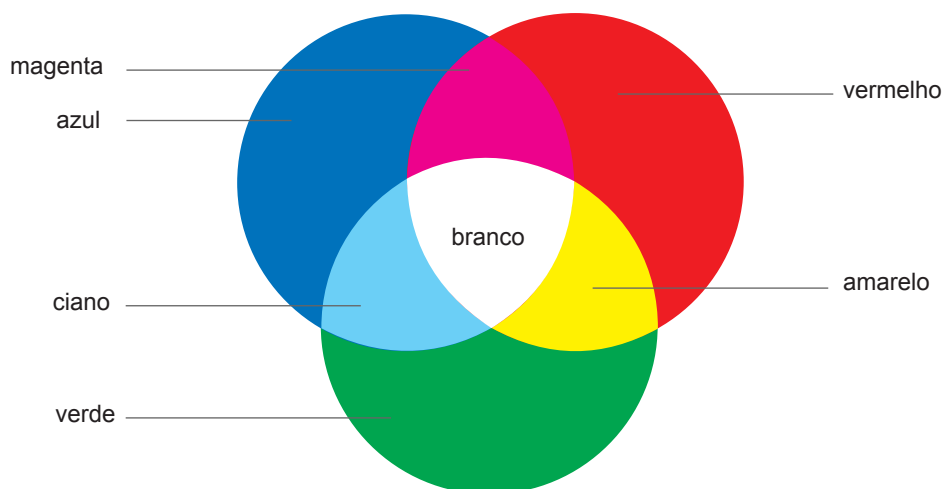


Figura 7 – Soma de luzes coloridas.

A idéia é possibilitar que os alunos observem 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. Por isso, chamamos essas três cores-luz de cores primárias. Por meio da “soma” dessas luzes pode-se obter todas as outras. Caso esta experiência seja feita com as lâmpadas de LED, é possível a obtenção do branco. De outra forma, fica bem mais complicado. No entanto, basta mostrar que essa combinação tende ao branco para que a demonstração cumpra seus objetivos.

É preciso ressaltar que este processo, chamado de adição de cores, pode induzir a um erro comum: por se tratar de ondas eletromagnéticas, pode-se facilmente interpretar essa “soma” de luzes como uma superposição de ondas, como ocorre no processo de interferência. Assim, de modo equivocado, expli-

ca-se que quando a luz vermelha se superpõe à verde ocorre uma soma de frequências, de modo que a resultante é a luz amarela. Não é nada disso que ocorre. Ainda que relacionada às propriedades físicas da luz, a percepção das cores é um processo neurofisiológico, de forma que o amarelo surge somente no cérebro, como será aprofundado na próxima Situação de Aprendizagem. Aqui o importante é ficar claro que não se trata de interferência.

Para sistematizar a atividade, peça aos alunos que vejam como 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 eles já ouviram o termo RGB, ao trabalharem 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 pedir aos alunos que abram a paleta de cores de qualquer programa de edição de texto. Ao escolher RGB, pode-se variar a porcentagem de cada cor e ver na tela a cor resultante.

Roteiro 2.3 – 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 varia 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 impressora colorida? Como se obtém a impressão de uma figura preta? E uma rosa? Nesta experiência vamos identifi-

car as cores básicas de tintas utilizadas para obter as mais variadas cores que observamos ao nosso redor.

Material: 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). 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. Observe as regiões onde as tintas se misturaram

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

- Escolha outras duas cores (magenta e amarelo e, depois, amarelo e ciano) e repita o procedimento do item anterior.
- Você já deve ter ouvido que as três cores-pigmento primárias são: magenta, ciano

e amarelo. Misture-as. Observe e anote a cor obtida com essa mistura.

- Utilizando as cores magenta, ciano e amarelo, tente obter a cor verde-clara. Como você obteve essa cor?
- Como são impressas as figuras coloridas em jornais, livros e revistas? Será de forma semelhante ao processo de impressão caseira com os cartuchos magenta, ciano e amarelo?

Encaminhando a ação

Ressaltamos que embora esta experiência tenha sido proposta para a 8ª série, ela deve ser realizada novamente, pois além de ser bastante simples, as questões a serem analisadas aqui são bem mais amplas e aprofundadas. A idéia é comparar os resultados obtidos na mistura das cores-pigmento com aqueles obtidos na mistura das cores-luz. Os resultados serão diferentes.

Agora, como os alunos já terão misturado as tintas, é fácil mostrar que ao misturar três pigmentos quaisquer não há como obter branco. No caso dos pigmentos, as cores primárias são o **ciano** (uma tonalidade azul-esverdeada), o **amarelo** e o **magenta** (um tipo de rosa-*pink* forte). Por meio da mistura dessas três cores-pigmentos pode-se obter qualquer cor do espectro. Assim, ciano + magenta = azul; ciano + amarelo = verde; amarelo + magenta = vermelho.

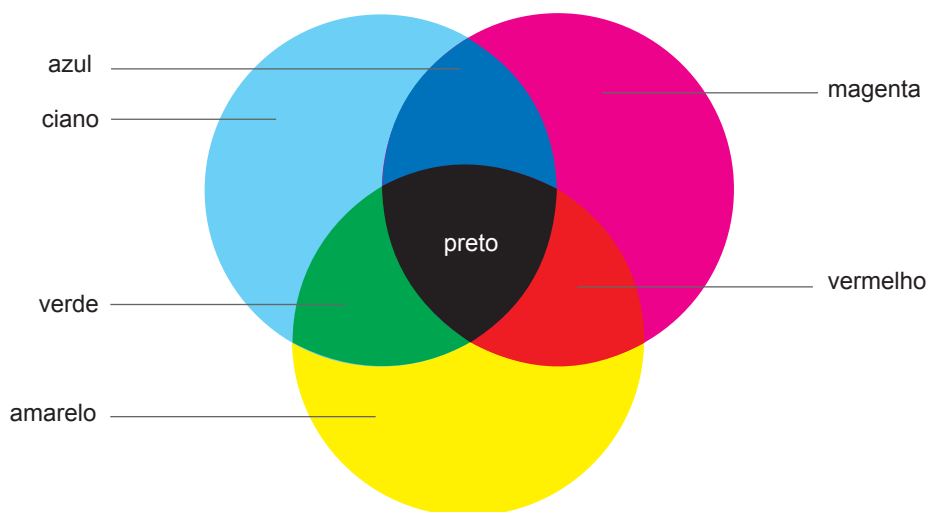


Figura 8 – Mistura de tintas coloridas.

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. Assim, variando as quantidades de magenta, ciano e amarelo, podemos obter verde-claro.

Para ampliar a aplicação dos conceitos aqui apresentados, faça os alunos usarem tais conhecimentos para entender processos que ocorrem no dia-a-dia. Para isso, peça a eles que levem para a sala de aula algumas fotografias coloridas de revistas ou jornais. Pergunte como acham que as cores das fotos são geradas. *Será que existe um cartucho de tinta para cada cor?* Após essa sensibilização, explique que uma gráfica imprime desenhos ou fotos coloridas usando basicamente quatro pigmentos coloridos. Isso pode ser facilmente constatado em cartuchos de tinta de impressoras coloridas. Caso seja possível, observe as fotografias atentamente com uma lupa e veja os “pontinhos” ciano, amarelo, magenta e preto. Se quiser, consiga alguns rótulos de cartuchos e leve-os para a sala de aula. Pode-se notar que as impressoras geralmente precisam de dois cartuchos: um colorido (com ciano, amarelo e magenta) e outro com tinta preta. Este último é usado porque a combinação das três cores primárias fornece uma cor muito escura, mas que não serve

como preto para a obtenção de melhores resultados visuais.

É a partir dessa discordância (mistura de pigmento x mistura de luzes) que os conceitos físicos poderão ser aprofundados, contribuindo para a construção do modelo explicativo da luz como onda eletromagnética e sua interação com a matéria.

Os pigmentos são constituídos por partículas capazes de absorver cores específicas. Assim, uma superfície pintada por uma cor qualquer, quando iluminada por uma luz branca, absorve uma série de freqüências e reflete outras. Por exemplo, um determinado pigmento absorve bem na faixa do vermelho, do amarelo e do verde. Logo, quando a luz branca incide sobre ele, absorve essas cores e reflete o restante (basicamente na faixa do azul e do violeta). *E o que acontece?* Quando a luz branca perde esses componentes, nós a percebemos azul. Por isso, esse processo é chamado de **subtrativo**, visto que algumas freqüências são “subtraídas” da luz incidente. Usando tal modelo explicativo, é fácil entender por que obtemos preto quando misturamos vários pigmentos. Se os pigmentos absorvessem todas as cores que neles incidem, nenhuma faixa de cor da luz branca conseguiria escapar. Você pode encontrar esse assunto em vários livros didáticos. Faça uso daquele que achar melhor para elaborar sua aula.

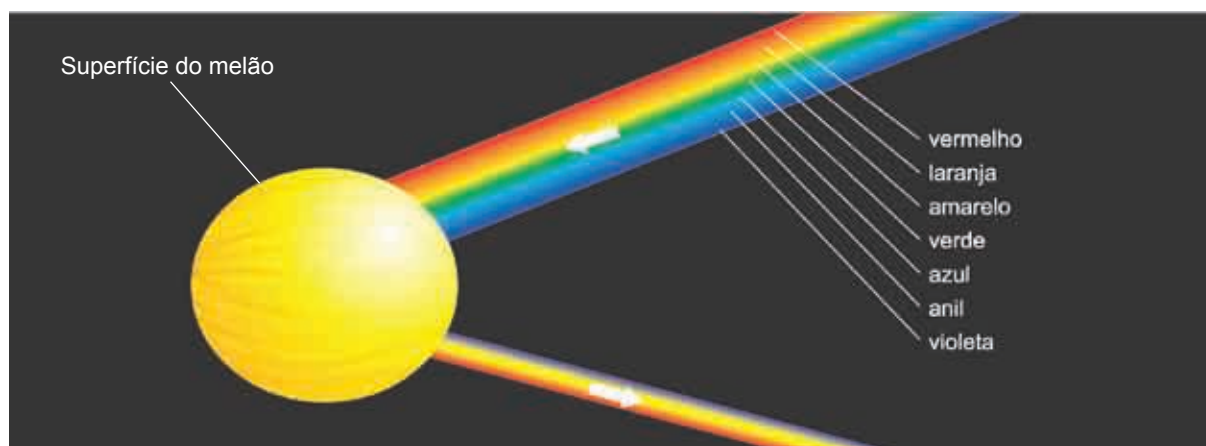


Figura 9 – Reflexão seletiva na superfície de um melão.

Para sistematizar esta atividade, apresente um objeto de cor característica bem conhecida. Leve um objeto colorido para a sala ou peça aos alunos que imaginem, por exemplo, um melão sendo iluminado pela luz do sol ou de uma lâmpada incandescente. Pergunte: *como o melão se apresenta amarelo se a luz que o ilumina é branca?* Em seguida, explique que a coloração amarela é resultado do processo de reflexão seletiva de sua casca. Use o esquema da Figura 9.

Pergunte aos alunos o que ocorreria com o melão caso a luz fosse vermelha pura ou verde. Assim, quando vemos um objeto vermelho, como uma camisa, na luz do dia, significa que nele chegam todas as cores que compõem a luz branca, mas somente a luz vermelha é refletida. Assim, descreva o que ocorre em termos de absorção, transmissão e reflexão da luz.

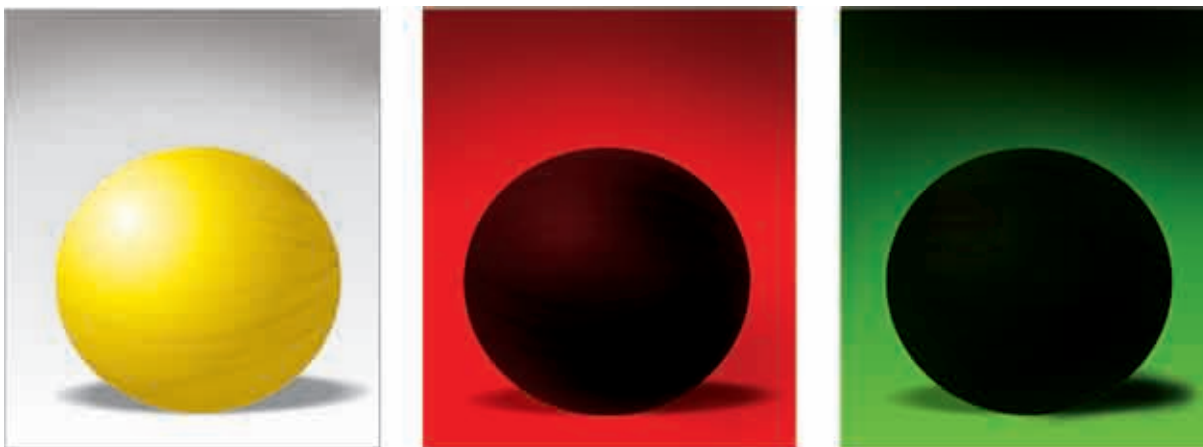


Figura 10 – a) Melão iluminado por luz branca; b) Melão iluminado por luz vermelha; c) Melão iluminado por luz verde.

A idéia é mostrar que cada superfície interage com a luz de maneira diferente, podendo então absorver, transmitir ou refletir as cores (frequências da luz visível). Para algumas, quase não há reflexão, de modo que a cor é transmitida ou absorvida (como ocorre em um filtro ou vidro colorido). Assim, quando iluminado pelas luzes vermelha ou verde, o melão é percebido como se fosse de uma cor escura, quase preta. Isso ocorre porque sua superfície não reflete essas cores.

Finalize esta parte da Situação de Aprendizagem pedindo aos estudantes que escrevam suas explicações para a cor do melão em termos de reflexão seletiva da luz branca. Isso

pode ser feito em classe ou como atividade para casa.

Encaminhando a continuidade / para casa

A Situação de Aprendizagem seguinte fará uso do conjunto de lâmpadas coloridas, o mesmo usado na Situação de Aprendizagem 2, para a realização de uma atividade experimental demonstrativa. Você verá que a demonstração é muito simples, mas sua explicação nem tanto. Dessa forma, prepare suas aulas cuidadosamente para que as eventuais dúvidas dos alunos possam ser sanadas. Lembre-se de consultar o livro didático que julgar mais adequado.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

SOMBRAS DE VÁRIAS CORES

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: interação física entre a luz e a matéria; processo de percepção das cores pelo olho humano; cones como fotossensores; processamento das cores pelo cérebro.

Competências e habilidades: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de sombras de luz coloridas; ler e interpretar gráfico de sensibilidade luminosa dos cones receptores de luz; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de experimento qualitativo sobre sombras coloridas e interpretação de gráficos utilizando esquemas e linguagem científica; associar diferentes características de cores com a iluminação e com sua percepção pelo olho humano reconhecendo a função especializada dos cones.

Estratégias: realização de atividade experimental em grupo; elaboração de hipóteses sobre resultados da experiência e análise dos resultados e discussão com a classe; leitura e compreensão de gráficos para a solução de problemas em grupo e discussão geral das respostas às questões apresentadas; síntese das análises dos resultados.

Recursos: roteiro da Situação de Aprendizagem 3 visando à realização do experimento e material experimental descrito no roteiro.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser considerados: as respostas às questões contidas no roteiro e apresentadas pelo professor no encaminhamento da análise do gráfico da sensibilidade dos cones; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento e sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

Objetivo / Contexto

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é criar uma oportunidade de discutir os processos de emissão de luzes coloridas por

lâmpadas e o processo de percepção das cores, relacionado às três cores primárias (vermelho, verde e azul).

Roteiro 3 – Sombras coloridas

Material: Três lâmpadas de LED², nas cores vermelho, verde e azul; soquete, fio e tomada para as lâmpadas; parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo.

Mãos à obra!

Disponha as três lâmpadas de modo que projetem na parede partes que se superpõem e partes que não se misturam. Agora, coloque um objeto na frente das lâmpadas.

Pode ser a sua própria mão. Vá mudando de posição e observando as cores que se formam no anteparo.

Em seguida, avalie a cor da sombra para as seguintes situações:

1. Com as três lâmpadas iluminando o objeto.
2. Apenas com a lâmpada azul; apenas com a lâmpada verde; apenas com a lâmpada vermelha.
3. Com uma das três lâmpadas encoberta.

Encaminhando a ação

Inicie a aula retomando a idéia de que cada onda eletromagnética possui uma frequência de modo que é possível associá-la a uma determinada cor. Remeta à experiência da mistura de luzes, na qual os alunos puderam observar que se trata de um processo diferente da mistura de tintas. Após essa conversa, inicie a atividade demonstrativa presente no Roteiro 3. Peça aos alunos que apresentem suas respostas sobre a cor da sombra em cada uma das situações anteriores. Não haverá problema no caso de explicar a cor das sombras quando o objeto for iluminado apenas por uma das lâmpadas coloridas. Porém, quando houver mais de uma cor iluminando o objeto, haverá combinação de cores.

Assim, o objetivo do experimento é mostrar que com essas três luzes pode-se fazer sombras de sete cores diferentes: azul, vermelho, verde, preto, ciano (uma mistura de azul e verde), magenta (uma mistura de azul e vermelho) e amarelo (uma mistura de vermelho e verde). Os alunos deverão perceber que, ao bloquear duas das três luzes, obtém-se uma sombra da

terceira cor. Por exemplo, ao bloquear as luzes vermelha e verde tem-se uma sombra azul. Ao bloquear todas as três luzes tem-se uma sombra escura, quase preta.

O interessante é mostrar que, ao se bloquear uma das três luzes, obtém-se uma sombra cuja cor é uma mistura das duas outras cores. Assim, ao desligar a luz vermelha, deixando apenas as luzes azul e verde ligadas, em seu anteparo irá aparecer o ciano. Ao se colocar um objeto em frente ao ciano, pode-se ver duas sombras: uma azul e uma verde. Ou seja, olhando de um lado, o objeto bloqueia a luz proveniente da lâmpada verde, deixando, portanto, uma sombra azul. Olhando de outro lado, ele bloqueia a luz azul, fazendo assim uma sombra verde. Se for possível aproximar o objeto de modo que ele bloqueie a luz das duas fontes, uma sombra muito escura será projetada. O mesmo ocorre quando se desliga a luz verde. No anteparo irá aparecer a cor magenta, uma mistura de vermelho e azul. Da mesma forma, quando se desliga a luz azul, deixando acesas as luzes vermelha e verde, aparecerá no anteparo a luz amarela.

² Devem ser usadas as mesmas lâmpadas pedidas no Roteiro 2.2. É possível o uso de lâmpadas incandescentes coloridas, embora a qualidade dos resultados da experimentação não seja tão boa.



Figura 11 – Sombras coloridas.

As discussões que surgem nesta atividade servem para aprofundar a compreensão acerca da percepção das cores. Faça a seguinte pergunta: *como o amarelo surge no experimento das sombras coloridas?* Essa questão pode gerar uma discussão interessante com os alunos. Para respondê-la, será preciso discutir o processo de percepção das cores pelo cérebro. *Ou seja, o que deve ocorrer para que seja possível “ver” uma luz de cor amarela quando não há uma lâmpada amarela iluminando o objeto?*

Dessa forma, a cor é o resultado da luz enviada pelos corpos somada à percepção e decodificação pelos nossos olhos e cérebro³. Para iniciar a construção das respostas a essas questões, os alunos deverão aprender que na

retina há células sensíveis à luz, os cones e os bastonetes. Elas contêm 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. Os cones diferenciam luzes coloridas enquanto os bastonetes são ativados com baixas intensidades luminosas, estando assim associados à discriminação de luminosidade. Durante muito tempo pensou-se que cada receptor celular era sensível exclusivamente a uma única cor. Porém, os estudos de T. Young (cientista inglês dos séculos XVIII e XIX) e Helmholtz (cientista germânico do século XIX) mostraram que esses receptores têm sensibilidade variável, tendo sua sensibi-

³ Vale destacar que a explicação completa sobre a combinação/mistura de luzes coloridas necessita da compreensão do princípio de percepção das cores pelo olho humano. Este tema será tratado mais adiante.

lidade máxima em uma de três cores. Esses receptores celulares são chamados de **cones**. Eles se diferenciam pela sensibilidade à luz visível, conforme o gráfico a seguir:

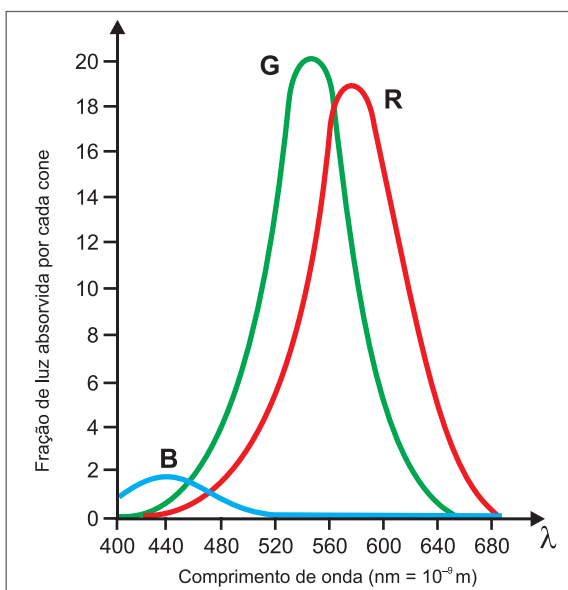


Gráfico 1 – Curva de sensibilidade de cones. Fonte: C. A. Bertulani. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>>. Acesso em: 9 set. 2008.

O Gráfico 1 indica a existência de três tipos de cones, cada um sensível a uma faixa de comprimento de onda (ou frequência). Como esse gráfico é de difícil leitura, ajude os alunos a interpretá-lo. Para isso, peça que identifiquem as grandezas envolvidas na sensibilidade dos cones. O eixo vertical apresenta a fração da luz absorvida por cada cone. Faça os alunos notarem 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). Faça-os perceber que esses cones respondem a uma faixa de comprimentos de onda, contudo têm picos de absorção. Assim, por exemplo, um cone azul é responsivo dentro da 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.

Peça aos alunos que, em grupos, façam o estudo desse gráfico. Esta é uma excelente oportunidade para desenvolver habilidades relacionadas à competência de leitura de linguagem gráfica e símbolos científicos. Após a análise da curva de sensibilidade dos cones, pergunte como eles podem explicar a percepção da cor amarela (580 nm) de uma lâmpada de sódio (aquela muito utilizada em iluminação de rodovias). Neste caso, os cones receptores do vermelho e do verde seriam mais sensibilizados que o terceiro (mostre isso no Gráfico 1). Agora, retome a pergunta sobre a percepção do amarelo surgida no experimento da soma de luzes. Ou seja, 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 essa informação e a decodifica, interpretando-a como um objeto amarelo. Ou seja, o olho está na verdade recebendo ondas eletromagnéticas com frequência na faixa do vermelho ($4,5 \times 10^{14}$ Hz) e na faixa do verde ($5,5 \times 10^{14}$ Hz). Contudo, os cones são excitados de forma que o cérebro interpreta esse sinal como 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.

Apresente aos alunos outras situações de tal modo que eles possam exercitar o modelo tricromático de detecção das cores. Perguntas interessantes são: *qual é a frequência associada à cor Rosa-Pink⁴? Como você explica a percepção dessa cor? Na falta de uma fonte de luz Laranja, como poderíamos produzi-la com o uso de três fontes de luz primárias?*

⁴ Não há frequência luminosa associada a essa cor.

Os alunos devem então compreender que as cores são sempre o resultado da interpretação pelo cérebro de informações provenientes dos três grupos de cones. Como dito anteriormente, é preciso que fique claro aqui que não se trata de uma superposição de ondas na retina, no sentido da Física Ondulatória, comumente associada à interferência. Talvez aqui esteja a parte mais interessante de tudo isso: este é um processo neurofisiológico. Ou seja, as cores só existem em nosso cérebro, por mais estranho que isso pareça.

Assim, ao se tratar da percepção das cores, o cérebro tem um papel importantíssimo em tudo que vemos. Com isso, 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.

Caso haja tempo, há uma série de ilusões de óptica tradicionalmente conhecidas que pode ser trabalhada como fruto da maneira como nosso cérebro decifra as informações que vêm do mundo. As “cores complementares”, o “furtacor” de algumas espécies animais etc. são temas que podem ser trabalhados⁵. Entretanto, deve-se ter conhecimento de que grande parte delas ainda não tem seu processo completamente entendido e, quando isso ocorre, a Física pouco tem a dizer. Além disso, é interessante discutir os problemas na percepção das cores, dentre os quais o daltonismo é o mais conhecido.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 QUAL LÂMPADA EU USO?

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: espectro de emissão de lâmpadas variadas; absorção e reflexão da luz.

Competências e habilidades: ler e interpretar gráficos que representam espectro de emissão de variadas lâmpadas e de reflexão da luz por diferentes objetos; identificar e relacionar valores de dois gráficos para solucionar problemas de iluminação; relacionar mudanças de cor de objetos com o padrão de emissão das fontes de iluminação; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de análises de interpretação de gráficos, utilizando linguagem científica adequada.

Estratégias: realização de atividades em grupo; leitura do roteiro de execução da atividade e identificação da situação-problema apresentada; leitura e compreensão dos gráficos que caracterizam diferentes lâmpadas e os diferentes objetos com relação às propriedades luminosas; resolução do problema; redação de uma síntese do processo de solução do problema de iluminação.

Recursos: roteiro da Situação de Aprendizagem 4.

Avaliação: como elementos de avaliação podem ser considerados: a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização da atividade em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento e sua compreensão conceitual na solução do problema que relaciona padrão de emissão da fonte de luz e reflexão da luz pelo objeto iluminado; o uso correto de conceitos físicos e da linguagem culta e científica nas respostas às questões contidas no roteiro e na elaboração de síntese do processo de resolução do problema apresentado.

⁵ Uma busca na internet revela diversos *sites* com imagens e situações de interesse.

Objetivo / Contexto

Esta Situação de Aprendizagem visa a tratar as fontes de iluminação a partir do padrão de emissão do espectro de cores. A atividade tomará como contexto a escolha de lâmpa-

das a serem utilizadas para iluminar diferentes produtos de consumo. O objetivo é que os alunos possam relacionar as características ondulatórias da luz para realizar a análise do problema e a escolha das fontes.

Roteiro 4 – Qual lâmpada eu uso?

A iluminação é muito importante em um estabelecimento comercial, tornando-se muitas vezes um dos fatores para o sucesso do negócio. Será que o tipo de luz pode influenciar na venda de um produto? Cite algumas situações vivenciadas por você ou por uma pessoa conhecida em que isso ocorreu. Ou seja, você comprou uma determinada peça de roupa, por exemplo, e quando chegou em casa percebeu que a cor estava diferente, não tão bonita quanto na loja. O mesmo pode ocorrer quando se compram verduras no supermercado. Ao chegar em casa, muitas vezes, elas não estão tão verdinhas como quando foram compradas. Para verificar se a iluminação é determinante para o ambiente, valorizando os produtos e suas cores, são apresentadas duas situações-problema para você analisar.

Situação-problema 1: No Gráfico 2 estão apresentadas as curvas de reflexão de três produtos: manteiga, tomate e alface. Se você deseja realçar o vermelho do tomate, o amarelo da manteiga e o verde da alface, com que tipo de lâmpada você iluminaria cada um deles?

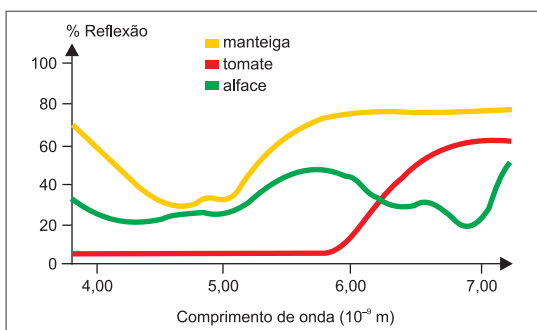


Gráfico 2 – Curvas de reflexão da manteiga, do tomate e da alface.

Mãos à obra!

De posse das especificações de algumas lâmpadas, apresentadas no final do Roteiro, você deverá decidir qual lâmpada deverá ser utilizada para iluminar cada um dos diferentes produtos para realçar a cor desejada.

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 para verde. Em outras palavras, desapareceu o tom de azul. O que pode ter ocorrido?

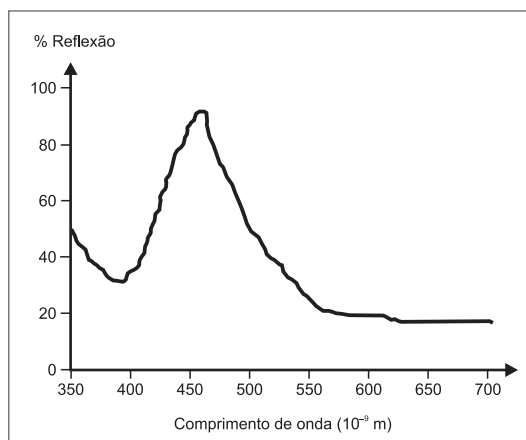


Gráfico 3 – Curva de reflexão de um determinado tecido.

Mãos à obra!

Utilizando o espectro de reflexão do tecido apresentado no Gráfico 3 e as especificações das lâmpadas no final do Roteiro, levante uma hipótese sobre o que pode ter ocorrido com a cor da roupa.

Agora, elabore um texto sobre as soluções das situações-problema 1 e 2, justificando-as.

Especificações técnicas das lâmpadas

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

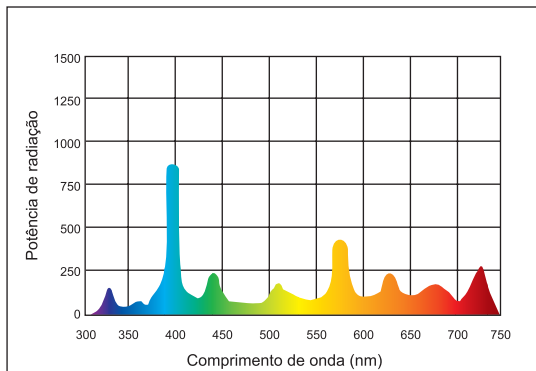


Gráfico 4 – Lâmpada 1.

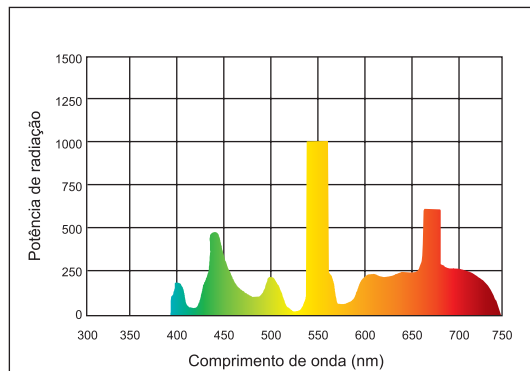


Gráfico 5 –Lâmpada 2.

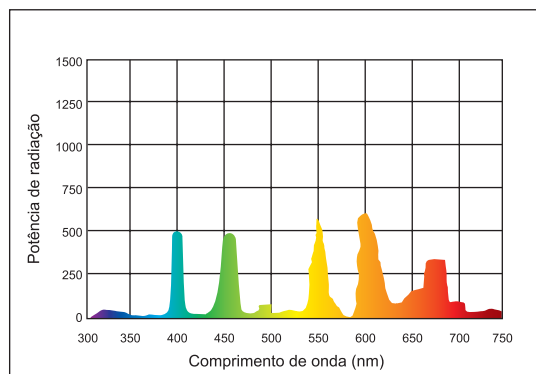


Gráfico 6 –Lâmpada 3.

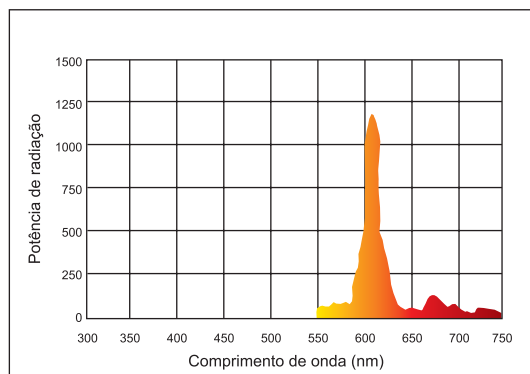


Gráfico 7 –Lâmpada 4.

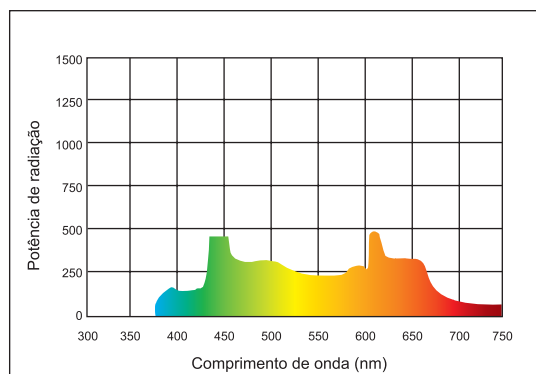


Gráfico 8 –Lâmpada 5.

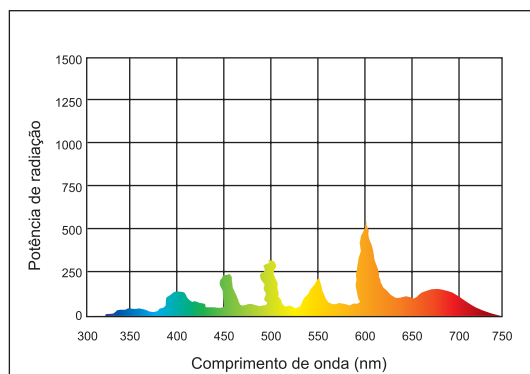


Gráfico 9 –Lâmpada 6.

Ao término de sua análise, você deverá fazer um relatório apresentando suas considerações. É necessário que você apresente os detalhes técnicos e o conhe-

cimento teórico que utilizou para decidir qual lâmpada deverá ser usada na situação-problema 1 e na hipótese sobre a situação-problema 2.

Encaminhando a ação

Inicie a aula falando de iluminação de lojas. Pergunte se os alunos acham que o tipo de luz pode influenciar na venda de um produto. É bastante comum que muitos alunos citem situações por eles vivenciadas em que isso ocorreu. Verifique se as situações apresentadas no início do Roteiro 4 fazem parte do conhecimento dos alunos. É interessante que eles possam reinterpretar fatos tão corriqueiros por meio da Física. A partir desse bate-papo inicial, divida a turma em grupos de no máximo cinco alunos e apresente o Roteiro 4.

É preciso ficar claro que um projeto de iluminação profissional envolve uma série de especialistas, como *designers*, arquitetos, engenheiros de iluminação etc. Além da curva espectral, conceitos como temperatura e foco são considerados a fim de possibilitar um ambiente adequado para cada situação de iluminação. O objetivo principal desta atividade é fazer os alunos sistematizarem o modelo que permite tratar cada cor como uma onda eletromagnética, com frequência e comprimento de onda determinados, bem como o modelo de visão colorida proposto aqui. Assim, a idéia principal não é “acertar” o exercício, mas discutir a adequação das lâmpadas de acordo com o espectro de emissão. Então, faça-os comparar as frequências de pico na emissão das lâmpadas com a curva de reflexão dos produtos.

É possível entender que iluminar tomates com a lâmpada 4, com pico de emissão na faixa do amarelo/laranja, por exemplo, é pedir que eles vendam menos, já que tal lâmpada não irá realçar o vermelho do produto, porque emite mais na faixa do amarelo, de modo que haverá uma enorme redução na luz refletida pelos tomates, podendo até fazê-los perder a aparência de frescos. Assim, as lâmpadas 1 e 3 seriam as mais adequadas, pois elas emitem com intensidade do amarelo ao vermelho. Na iluminação da manteiga as duas mais adequadas para realçar fortemente a cor amarela seriam as lâmpadas 2 e 6, pois têm pico de

intensidade no amarelo. Na iluminação da alface, nenhuma das lâmpadas apresentadas seria adequada, pois não há uma que emita o verde com bastante intensidade e pouca luz amarela e vermelha. Entretanto, a mais adequada entre as apresentadas seria a lâmpada 5, pois a cor verde é intensa e a emissão do vermelho é razoavelmente baixa.

Com relação à cor da peça de roupa, uma hipótese razoável é que a loja está utilizando a lâmpada 3, que tem o verde pouco intenso e um pico no azul. E em sua casa a iluminação pode estar sendo realizada pela lâmpada 5, em que o verde é mais intenso e, embora ela tenha pico no azul, esta cor é menos intensa que a da lâmpada 3.

Aproveite esta atividade para mostrar aos alunos a necessidade de observar a iluminação dos estabelecimentos quando desejam comprar alguma coisa. Por exemplo, é bastante comum comprar carnes em supermercados, mas, ao chegar em casa, elas nem sempre estão com a mesma aparência do momento da compra. O mesmo pode ocorrer na compra de móveis, calçados etc.

Em diversos *sites* de empresas de iluminação podem-se encontrar materiais gratuitos que servem de subsídio para a preparação das aulas. Além disso, é interessante perceber como o mercado considera importante a influência da luz e das cores nas estratégias de venda. Ao final, incentive os alunos a se reportarem, trabalhando as capacidades de argumentação e de organização de dados, contribuindo assim para o desenvolvimento da linguagem gráfica.

Com a Situação de Aprendizagem 4 terminamos a parte que trata de Óptica Física. Este estudo permite que os alunos compreendam diferentes fenômenos luminosos por meio de uma interpretação eletromagnética da luz. Este é o início de discussões mais profundas acerca da natureza da luz e sua interação com a matéria, que será tratado ainda neste bimestre, e, sobretudo, na 3ª série.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Indicadores de Aprendizagem
1	Apresentação de relato de um experimento fenomenológico por meio de uma ficha de observação na qual está explícita a compreensão do aluno sobre a necessidade de considerar a cor da fonte da luz na percepção da cor de um objeto e/ou reconhecer a influência da iluminação na identificação das cores de objetos.
2	Utilização adequada da linguagem escrita e compreensão de conceitos científicos em um relato de experiência sobre dispersão da luz branca no qual está presente a relação entre cor, frequência e refração da luz. Apresentação escrita ou oral de relato de resultados de experimentos qualitativos sobre composição de cores, na qual são explicitadas a produção de cores pela mistura de luz e de pigmento, o entendimento das três cores primárias, o processo de reflexão seletiva de cores pelos pigmentos e a associação das cores da luz com a manifestação de sua natureza ondulatória.
3	Uso correto da linguagem e dos conceitos científicos na apresentação escrita da análise do gráfico de sensibilidade luminosa dos cones receptores de luz e do processo de percepção das cores pelo olho humano por meio dos cones.
4	Interpretação correta de gráficos que representam espectro de emissão de luz de diferentes lâmpadas e de reflexão da luz por objetos. Apresentação escrita ou oral do relato sobre o processo e a solução do problema de iluminação, envolvendo relação entre mudanças de cor de objetos com o padrão de emissão das fontes de iluminação.

PROPOSTA DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. O Gráfico a seguir apresenta a curva de sensibilidade relativa do olho humano em função dos comprimentos de onda do espectro visível, dados em nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). E na Tabela a seguir têm-se as faixas de

freqüência correspondentes a cada cor que compõe esse espectro. Assim, sabendo que o valor da velocidade da luz no vácuo é de $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$, determine qual é a cor à qual o olho humano é mais sensível.

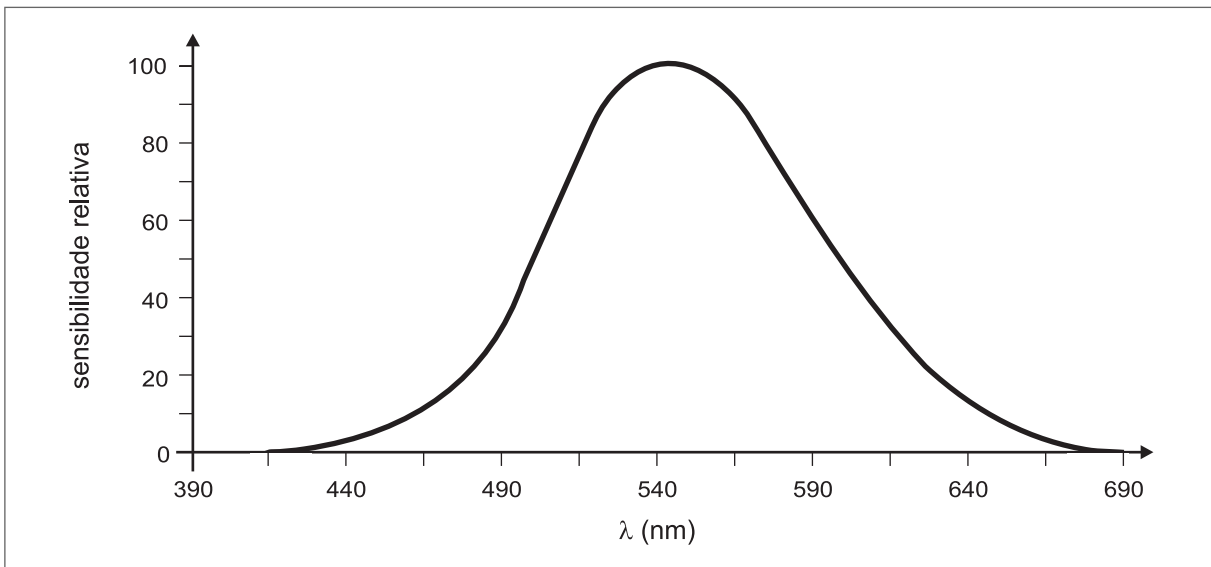


Gráfico – Curva de sensibilidade do olho humano em função dos comprimentos de onda do espectro visível em nm.

Cor	Freqüência (10^{14} Hz)
Violeta	6,7 a 7,5
Anil	6,0 a 6,7
Azul	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7
Amarelo	5,0 a 5,3
Laranja	4,8 a 5,0
Vermelho	4,0 a 4,8

Tabela – Faixa de freqüência correspondente a cada cor.

A solução é obtida por meio da equação $v = \lambda f$. Temos: $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (velocidade da luz no vácuo) e, a partir do gráfico, sabemos que o pico de absorção se dá

em $\lambda = 540 \times 10^{-9} \text{ m}$. Assim, substituindo os valores, temos que $f = 555 \times 10^{14} \text{ Hz}$, ou seja, a **resposta correta é a cor verde**.

2. A Figura a seguir mostra a curva de radiação solar. A partir dela, pode-se perceber que as cores mais intensamente emitidas

estão entre o amarelo e o verde. Então, por que vemos o Sol “esbranquiçado”, em vez de vê-lo amarelo e verde?

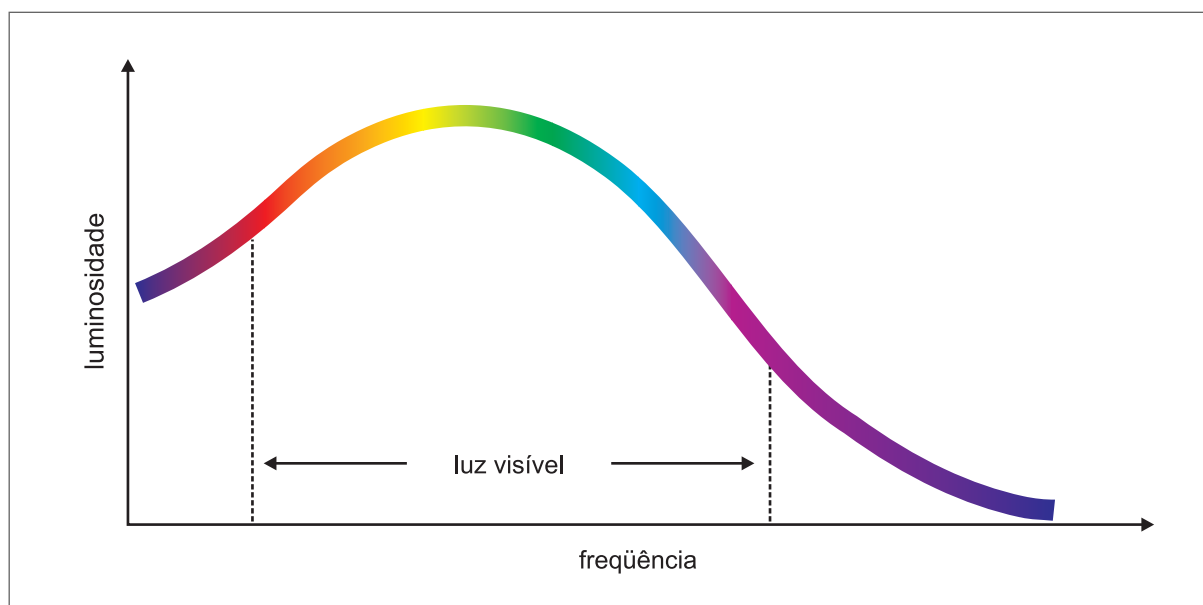


Figura – Intensidade, luz visível e frequência.

Nossos olhos têm “sensores” (os cones) que captam as luzes cores vermelha, azul e verde. Ainda que o pico de emissão da luz solar esteja na faixa do amarelo e do verde, o vermelho e o azul também são emitidos, de modo que, juntas, essas três cores, quando incidem em nossa retina, são percebidas pelo cérebro como a luz branca que vemos.

3. Relembre as cores primárias e os cones em nossa retina, que nos permitem 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 à luz solar? O que enxergaríamos se um

objeto amarelo à luz do sol fosse exposto apenas ao nosso conjunto de raios?

As luzes vermelha, verde e azul, quando incidem em nossa retina, ativam os cones de modo que o cérebro interpreta como se estivéssemos diante de uma luz branca. Um objeto percebido como azul à luz solar continuará sendo percebido como azul ao ser iluminado por esse conjunto de lâmpadas. Isso porque ele tem em sua superfície um pigmento capaz de refletir o componente azul da luz que o ilumina, presente tanto na luz solar quanto nesse conjunto de três cores. Já o objeto percebido como amarelo quando exposto à luz do sol nos pareceria escuro, quase preto, quando exposto às três cores. Isso porque, neste caso, não há luz amarela para ser refletida.

4. Em um belo dia de sol, ao comprar um vestido, Aline faz um pequeno “alvorço” em uma loja: ela percebe que todo o estabelecimento é iluminado com lâmpadas fluorescentes, e pede à vendedora que leve o vestido para fora da loja. A vendedora acha que é uma bobagem, que não fará diferença alguma. Aline insiste e diz que só efetuará a compra após levar o vestido para ser visto sob a luz solar. Explique se, fisicamente, Aline está certa ou não de fazer tal exigência.

Aline está certa, pois queria ver as cores do vestido à luz do dia. Isso porque a iluminação fluorescente emite predominantemente frequências mais altas, acentuando, por exemplo, as cores azuladas e “apagando” as avermelhadas. Ou seja, numa situação como essa, as cores do vestido dentro da loja irão

parecer bem diferentes quando expostas à luz solar.

5. Imagine que você está organizando uma recepção para o embaixador da Bélgica em um grande salão iluminado 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 A), e você não tem mais tempo para arranjar a bandeira correta (Figura B). Tendo apenas folhas de várias cores de papel celofane, o que você poderia fazer para remediar essa situação?

Para que a bandeira da Romênia fique idêntica à da Bélgica, será preciso iluminá-la apenas com luz amarela e vermelha. Assim, a listra azul não irá refletir cor alguma, sendo então percebida como preta.



Figura A – Bandeira da Romênia.



Figura B – Bandeira da Bélgica.

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno é fazer os estudantes compreenderem o processo de percepção das cores por meio do entendimento das propriedades ondulatórias da luz. Assim, aos poucos, o modelo eletromagnético da luz vai sendo inserido, culminando na idéia de associar cada cor com uma determinada frequência de luz. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos seis devem ser garantidas para a continuidade do estudo:

1. Diferenciar a mistura de pigmentos da mistura de luzes coloridas.
2. Identificar a luz branca como luz policromática.
3. Compreender o sistema de percepção de cores pelo olho humano por meio das três cores primárias (vermelho, verde e azul).
4. Associar cada uma das cores a uma determinada faixa de frequência da onda eletromagnética.
5. Compreender os processos de reflexão seletiva e dispersão da luz por um prisma.
6. Identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

Caso essas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos três estratégias para recuperação:

- ▶ **Desenvolvimento de uma atividade experimental:** O aluno deverá refazer a atividade presente na Situação de Aprendizagem 1, contudo explicando agora fisicamente o que está ocorrendo.
- ▶ **Seleção de questões:** Selecione pelo menos três questões propostas em cada um dos temas anteriores e refaça com os alunos que apresentaram dificuldades. Se achar conveniente, faça uma lista de questões/exercícios semelhantes, que podem ser facilmente obtidos em livros didáticos ou na internet.
- ▶ **Pesquisa sobre diferentes tipos de lâmpadas e técnicas de iluminação de ambientes:** Peça ao aluno que elabore uma pesquisa sobre o funcionamento de diferentes tipos de lâmpadas, contendo seus dados técnicos, aplicações etc. Ele deverá também relacionar o uso das lâmpadas em diversos ambientes diferentes (como lojas, hospitais, galerias de arte, apartamentos ou escolas), discutindo a importância da iluminação na hora de compor um ambiente.

TEMA 2 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E TRANSMISSÕES ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. Como visto nas aulas anteriores, enxergamos o mundo por meio de uma dessas ondas, a luz. Além disso, a imensa maioria dos equipamentos elétricos que nos cerca tem seu funcionamento baseado em sua existência. Qualquer aparelho sem fio só pode transmitir energia e informação por meio de ondas eletromagnéticas. Dessa forma funcionam os telefones celulares, os satélites de comunicação, as rádios etc. Neste tema, iremos aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas, compreendendo sua propagação e detecção. Além de discutir o espectro eletromagnético, os alunos deverão reconhecer a evolução dos equipamentos que têm seu funcionamento baseado nessas ondas, percebendo as influências sociais, econômicas e culturais envolvidas nas mudanças.

Em decorrência de suas características ondulatórias, como amplitude, comprimento de onda e frequência, os alunos deverão situar no espectro eletromagnético os diferentes tipos de onda, bem como suas aplicações. Por fim, deverão ser capazes de reconhecer mudanças na velocidade de transmissão e capacidade de armazenamento de informações por meios eletromagnéticos.

As Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno trazem, em sua maioria, atividades experimentais e resolução de problemas que procuram desenvolver competências como: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de produção, captação e bloqueio de ondas eletromagnéticas; identificar as situações do cotidiano que envolvem conhecimentos físicos estudados nas atividades realizadas; elaborar esquema que representa a “linha de frequência” identificada pela frequência de

aparelhos tecnológicos do cotidiano; associar as características do espectro eletromagnético com o funcionamento dos equipamentos de telecomunicação; associar a evolução nos meios de comunicação ao papel dos equipamentos de telecomunicação na sociedade moderna; redigir um texto com a utilização de linguagem e conceitos científicos corretamente, identificando as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que os aparelhos de comunicação tiveram e ainda têm; elaborar esquemas que representam evolução dos meios de comunicação utilizando linha do tempo; avaliar os benefícios e os malefícios do uso de aparelhos de comunicação.

Para aprofundar a compreensão das ondas eletromagnéticas, serão realizadas atividades experimentais simples, que permitem utilizar o modelo de propagação das ondas eletromagnéticas e entender o princípio básico do funcionamento de uma série de aparelhos eletrônicos. Para que os alunos aprofundem o estudo deste tema, deverá ser realizada uma pesquisa sobre o espectro eletromagnético, associando-o aos diferentes aparelhos eletrônicos. Por fim, pede-se a construção de uma linha do tempo, a fim de situar historicamente a evolução dos meios de comunicação e da velocidade de transmissão de informação, bem como avaliar seus impactos na sociedade.

Em todas as Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno, enfatiza-se a ação do aluno e propõe-se a produção de trabalhos concretos, seguindo uma série de etapas nas quais o professor tenha condições de acompanhar não apenas a participação dos estudantes, mas também o nível de compreensão conceitual e as habilidades e competências envolvidas. Entre os tipos de produção solicitados aos estudantes estão a realização de pesquisas, a elaboração de relatórios-síntese, a exposição oral, a participação em discussões, entre outras.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 FAZENDO ONDA... BLOQUEANDO ONDA

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo e temas: situações, fenômenos e processos que envolvam ondas eletromagnéticas; propagação de ondas eletromagnéticas; emissão e detecção de ondas eletromagnéticas.

Competências e habilidades: ler, interpretar e executar corretamente um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de produção, captação e bloqueio de ondas eletromagnéticas; elaborar comunicação escrita e relatar oralmente resultados de experimentos qualitativos sobre ondas eletromagnéticas; identificar no cotidiano as situações que envolvem conhecimentos físicos estudados nas atividades realizadas.

Estratégias: atividade experimental acompanhada de questões que problematizam as observações experimentais; síntese da observação e ampliação do conhecimento com identificação do fenômeno no cotidiano; respostas; discussão em pequenos/grandes grupos; apresentação oral de textos redigidos em grupo; sistematização em grande grupo.

Recursos: roteiros da Situação de Aprendizagem 5 visando à realização do experimento e material experimental descrito nos roteiros.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser considerados: a execução das experiências propostas; respostas às questões contidas no roteiro; redação e apresentação de pequenos textos sobre a produção e captação de ondas eletromagnéticas no cotidiano; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento e sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

Objetivo / Contexto

Ainda que extensamente presente no cotidiano, a imensa maioria dos alunos não compreende como uma onda eletromagnética é produzida, tampouco sabe como as informações são transmitidas e captadas pelos aparelhos eletrônicos que os cercam. Assim, o objetivo desta Situação de Aprendizagem é fazer os alunos perceberem e interpretarem por meio de fenômenos eletromagnéticos a propagação de “algo” entre dois dispositivos.

Para isso, esta Situação de Aprendizagem está dividida em duas partes: a primeira contém a atividade “Fazendo onda” e a segunda, a atividade “Bloqueando onda”. É preciso ressaltar que experiências semelhantes foram propostas na 8ª série. Contudo, neste Caderno, por ser dirigido ao Ensino Médio, a abordagem é diferente e os conceitos físicos são trabalhados de maneira mais profunda, visto que são discutidas a produção e as propriedades de propagação e interação da onda eletromagnética com a matéria.

Roteiro 5.1 – Fazendo onda

Nas Situações de Aprendizagem anteriores foi bastante comum o uso do termo “luz visível”. Por que a luz ganha esse nome? Será que existe luz invisível? Como você já sabe, 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 a outras perguntas, você deverá realizar o experimento aqui descrito.

Materiais: uma moeda; bateria de 9 v; rádio AM.

Mãos à obra!

Ligue o rádio e coloque-o em uma “estação vazia”, ou seja, não sintonize nenhuma frequência ocupada por qualquer estação. Você deverá ouvir o chiado típico dessa situação.

Aproxime-se do rádio e apenas encoste a moeda nos terminais da bateria, “fechando um circuito”. Note que, ao fazer isso, é possível ouvir no rádio um pequeno estalo. Você acaba de produzir uma onda eletromagnética. Repita essa operação inúmeras vezes. Preste atenção e verifique se ocorre

também um pequeno estalo quando a moeda é separada da pilha, isto é, quando se “abre o circuito”. Agora, responda:



© Fernando Favoretto

Figura 12 – Fazendo onda: bateria 9v e moeda.

1. Onde e como se formou a onda eletromagnética?
2. Por que o rádio deu um pequeno estalo? Por que ocorre o estalo quando fechamos e abrimos o circuito?
3. Identifique em seu cotidiano situações em que você produz ondas eletromagnéticas. Elabore um pequeno texto explicando como cada uma dessas ondas é produzida.

Encaminhando a ação

Proponha a realização da experiência em grupos de quatro ou cinco alunos. O objetivo desta atividade é aprofundar o conceito de onda eletromagnética abordado nas aulas anteriores. A idéia é fazer os alunos perceberem que “algo” sai do sistema pilha-moeda e, ainda que não o vejamos, pode ser captado pelo rádio. Peça aos alunos que encostem a moeda em apenas um dos pólos e faça-os notar que nada acontece. Com isso, re-

meta à idéia de que uma carga acelerada emite uma onda eletromagnética. Por isso, é necessário encostar nos dois terminais, a fim de fechar o circuito fazendo então que haja um movimento de cargas elétricas no interior da bateria e, conseqüentemente, a geração e a propagação de uma onda eletromagnética no espaço. O mesmo ocorre quando o circuito é interrompido, visto que agora há uma desaceleração das cargas elétricas. Cabe à antena dos aparelhos fazer a emissão e a captação dessas ondas (no caso do experimento

5.1, a antena do rádio só recebe a onda gerada pelo curto na bateria). Neste momento pode-se então falar de como estamos imersos em um mundo repleto de ondas eletromagnéticas que não somos capazes de perceber.

Após essa discussão, peça aos alunos que identifiquem situações do cotidiano em que eles produzem ondas eletromagnéticas (questão 3). Peça a cada grupo que leia para a classe o pequeno texto sobre a produção de ondas no cotidiano. Espera-se que as respostas a essa questão envolvam situações nas quais os alunos ligam ou desligam aparelhos elétricos. A idéia é perceber que, ao fazer isso, eles estão gerando ondas eletromagnéticas. Muitas vezes, quando se está ao telefone,

e este se encontra bem próximo de um liquidificador, pode-se ouvir um “estalo” quando o eletrodoméstico é ligado ou desligado. Assim, é possível que os alunos relacionem tal fato com o que ouviram no rádio ao fechar o curto na bateria. As explicações para isso devem ser dadas em termos de produção, transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas. Entretanto, ao discutir as respostas com os alunos, é preciso ressaltar que, neste caso, na verdade, são gerados pulsos desordenados de onda, semelhantes a um “ruído” de uma onda sonora, como visto no 3º bimestre. Se quiser, faça uma analogia com o “ruído” do som, ou seja, impulsos desordenados, trabalhados no 3º bimestre.

Roteiro 5.2 – 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 a outras perguntas, você deverá realizar o experimento aqui descrito.

Material: 2 telefones celulares; papel-alumínio (pode ser uma embalagem de papel-alumínio); radinho de pilha.



Figura 13 – Bloqueando a onda: celular enrolado no papel-alumínio.

Mãos à obra!

1. Com a permissão de seu professor, ligue para o celular de algum amigo de sua classe. É preciso que todos tenham ouvido a chamada claramente. Por que é exatamente o telefone dele que toca e não outro?
2. Em seguida, enrole o celular de seu amigo no papel-alumínio e ligue novamente para ele. Nessa situação não se ouve mais o som de ligação. O que você acha que aconteceu? Levante hipóteses.
3. Agora, sintonize uma estação no radinho de pilha. A seguir, cubra-o com papel-alumínio. O que aconteceu? Observe e responda. Você viu que tanto o celular quanto o rádio “não funcionam” quando embrulhados no papel-alumínio. Os dois aparelhos são idênticos? Quais são suas semelhanças e diferenças?
4. Em quais situações do cotidiano você pode observar fenômenos semelhantes a esses?

5. Para sistematizar o que foi aprendido, redija um pequeno texto explicando como se dá a produção e a captação de ondas eletromagnéticas nos seguintes casos:
- Transmissão do “estalo” entre a bateria e o rádio, como feito no experimento 5.1.
 - Transmissão de uma música, entre a estação de rádio e seu aparelho. Além disso, explique, com suas próprias palavras, o que ocorre quando se bloqueia a recepção de uma onda eletromagnética.

Encaminhando a ação

É uma experiência bastante simples e com um apelo muito forte entre os alunos. Certifique-se de que tudo dará certo fazendo os testes previamente. A experiência também pode ser realizada com latas de achocolatado. Caso queira aprofundar um pouco mais o assunto, use outros materiais para blindar, como plástico ou vidro. Peça a cada grupo que leia para a classe o texto redigido no questão 5 do experimento 5.2. Os alunos sempre trazem à tona discussões sobre como evitar que celulares funcionem nos presídios. Assim, caso queira tornar a aula mais rica, procure nos *sites* de grandes jornais matérias sobre o assunto e leve-as para a sala. Com tudo isso, pode-se aprofundar ainda mais o conceito de onda eletromagnética, discutindo suas diferentes interações com diferentes materiais.

A explicação mais adequada para o bloqueio das ondas eletromagnéticas observado nas experiências anteriores é em termos da Gaiola de *Faraday*. A idéia fundamental é que os elétrons que constituem um material condutor, ao captarem uma onda eletromagnética, interagem com esta e passam a gerar uma nova configuração de seus campos eletromagnéticos, que acaba por minimizar ou mesmo anular a onda que fluiria pelo metal. Dessa forma, uma superfície condutora funciona como uma blindagem às ondas eletromagnéticas. A eficiência dessa blindagem depende do comprimento de onda da onda eletromagnética. Como os campos elétricos e magnéticos serão trabalhados de maneira aprofundada somente na 3ª série, pode-se explicar a absorção e a

reflexão da luz e das cores remetendo-se ao modelo usado no bimestre passado. A idéia é dizer que os elétrons da superfície do papel-alumínio passam a vibrar ao captar a onda eletromagnética de tal forma que eles reemitem uma parte e absorvem outra, de modo que nada é transmitido.

Quanto ao bloqueio de telefones celulares, assunto extensamente veiculado na mídia após a disseminação de ligações com falsos seqüestros, é preciso apenas um aparelho que transmita na frequência correta. Um aparelho bloqueador, como os que são usados em alguns presídios no país, emite ondas eletromagnéticas na mesma frequência que a do telefone celular, mas com uma potência suficiente para que as duas ondas se encontrem e se anulem. Assim, retome o conceito de interferência trabalhado no bimestre anterior para sistematizar a explicação.

Na seqüência, questione o que ocorre quando um telefone chama outro. *Por que somente aquele cujo número foi discado toca?* Com uma explicação semiclássica, você pode retomar a idéia de ressonância trabalhada no bimestre anterior. O mesmo fenômeno ocorre quando sintonizamos um rádio. *Por que ouvimos uma estação e não outra?* A idéia é colocar em evidência a frequência da onda eletromagnética, discutindo as relações entre o emissor e o seu receptor.

Aos poucos, pode-se ir aprofundando o modelo ondulatório da luz, apresentando os diversos tipos de onda eletromagnética. Retome a equação $v = \lambda f$, vista no contexto das

ondas mecânicas, quando do estudo do som no bimestre passado. Ressalte que, neste caso, o v é a velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8$ m/s, no vácuo) e que as ondas eletromagnéticas, diferentemente das ondas mecânicas, se propagam sem o auxílio de um meio material. Por isso a luz do sol é capaz de chegar até a Terra, atravessando o vácuo espacial.

Faça o fechamento do tema, encaminhando a discussão para o espectro eletromagnético. Ou seja, existem infinitos tipos de ondas eletromagnéticas, cuja diferença pode ser dada por meio de suas frequências. Dependendo da frequência, o tipo de onda e a maneira como

as percebemos sofrem alterações. Este assunto está presente na maioria dos livros didáticos. Faça uso daquele que achar melhor para preparar as discussões.

Encaminhando a continuidade / para casa

Na aula seguinte, os alunos deverão fazer uma pesquisa sobre o espectro eletromagnético e o funcionamento de diferentes tipos de aparelhos eletrônicos. Leia-a com antecedência para adequá-la à sua realidade. Caso ache conveniente, peça antecipadamente que a façam em casa e trabalhe com eles o resultado.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: caracterização do espectro eletromagnético; princípio de funcionamento de equipamentos de telecomunicação.

Competências e habilidades: elaborar esquema que representa a “linha de frequência” identificada pela frequência de aparelhos tecnológicos do cotidiano; associar as características do espectro eletromagnético com o funcionamento dos equipamentos de telecomunicação; utilizar adequadamente fontes de pesquisa como bibliotecas, enciclopédias e internet; redigir síntese de pesquisas.

Estratégias: leitura do roteiro de atividades e respostas às questões em grupo; discussão com a classe das respostas às questões propostas no roteiro; realização de pesquisa em grupo em várias fontes sobre transmissão de informações; análise e discussão com a classe dos resultados das pesquisas.

Recurso: roteiro da Situação de Aprendizagem 6.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser considerados: a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na solução das questões apresentadas; sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos nas atividades; os textos elaborados em grupo, analisando a redação e a compreensão do aluno sobre os equipamentos de telecomunicação.

Objetivo / Contexto

A atividade presente nesta Situação de Aprendizagem visa a trabalhar o processo de transmissão de informações a longas dis-

tâncias. Assim, por meio de pesquisas, os alunos deverão coletar informações de diferentes dispositivos eletrônicos de comunicação, a fim de discutir a transmissão e a captação das ondas eletromagnéticas.

Roteiro 6 – O espectro eletromagnético

Hoje em dia, transmitimos facilmente músicas, fotos, vídeos e até conversas de um canto a outro do mundo, pelo ar, por meio das ondas eletromagnéticas. Embora não sejamos capazes de enxergar essas ondas, toda a tecnologia atual faz uso dessas “redes sem fio”, que têm seu funcionamento baseado nessas ondas invisíveis. No bimestre passado, 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? Ou

seja: o que essas ondas têm de semelhante e o que têm de diferentes? Para responder a essas perguntas, inicialmente, você deverá fazer uma pesquisa que contemple os seguintes itens:

1. Liste 15 aparelhos presentes no cotidiano 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, conforme o exemplo.

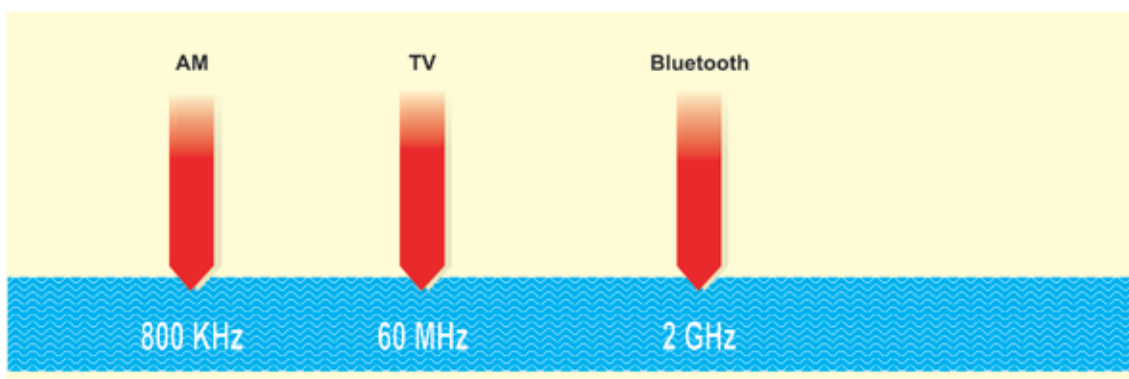


Figura 14 – Linha de frequência.

4. O que difere um celular de um rádio? E um rádio de uma lanterna? Levante hipóteses.
5. O que significa AM e FM?
6. 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, *sites* da internet etc. Você deverá elaborar uma síntese de sua pesquisa e apresentá-la para o professor, indicando as fontes que utilizou para realizá-la.

Encaminhando a ação

Separe seus alunos em grupos de no máximo cinco integrantes para a realização desta atividade. O objetivo é que eles façam uma apresentação de sua pesquisa na aula. Assim, você pode pedir que construam a faixa antecipadamente para que todos os grupos possam expô-las pela classe. Para isso, é necessário que o Roteiro 6 seja discutido e entregue com certa antecedência. Esta atividade propicia uma contextualização excelente para aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas e iniciar o estudo da transmissão de informações a longas distâncias.

A lista produzida pelos alunos pode conter: telefones celulares e sem fio, transmissões de TV, redes sem fio, GPS, fornos de microondas, rádios da polícia, portões automáticos de garagem etc. Os mais variados tipos de aparelhos eletrônicos podem ser pesquisados. Hoje é bastante comum termos aparelhos com *Bluetooth*, *WiFi*, *wireless* etc. A tecnologia sem fio torna-se realidade cada vez mais rápido. Assim, é importante que os alunos possam entendê-las e interpretá-las em termos de recepção de ondas eletromagnéticas. As características ondulatórias, como frequência e comprimento de onda, surgem para trazer a compreensão do que ocorre nesses equipamentos.

Estamos “inundados” de ondas eletromagnéticas transmitidas pela TV, por rádio AM e FM, conversas por celular, dados em redes *WiFi* etc. Cada uma dessas ondas possui frequências diferentes, de modo que os sinais podem ser todos separados. Como foi visto na Situação de Aprendizagem 5, pode-se facilmente transmitir ruído. *Mas e para transmitir dados, músicas e imagens?* Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação 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 irá transmiti-la. Contudo, essas correntes elétricas têm frequências muito baixas e, por isso, não são apropriadas para serem 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 uma determinada estação de rádio. Por exemplo, na Figura 15a temos a representação de uma onda sonora já transformada em sinal elétrico. Na Figura 15b temos uma onda senoidal, que será a onda que irá “carregar” o sinal elétrico gerado pela onda sonora. Assim, quando se ouve uma transmissão de rádio FM, 98.6 MHz por exemplo, 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.

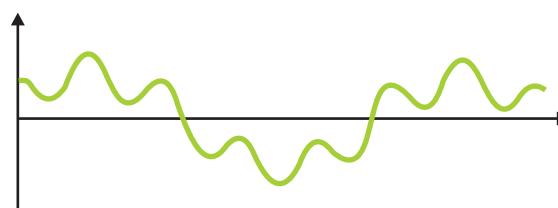


Figura 15a – Onda sonora

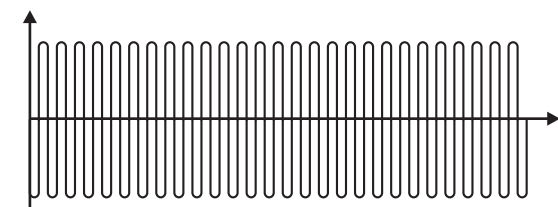
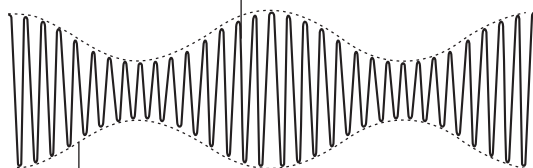


Figura 15b – Onda portadora.

É interessante discutir com os alunos os termos AM e FM (Figuras 16a e 16b). Isso porque, na verdade, uma onda senoidal não contém qualquer informação. Para que isso aconteça, 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. E as duas formas mais comuns de modulação são justamente a AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada).

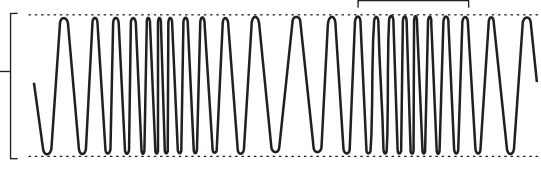
Onda portadora (frequência constante)



Envelope (amplitude variando)

Figura 16a – AM: Amplitude modulada

Frequência variando



Anplitude constante

Figura 16b – FM: Frequência modulada

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

Com a energia que essas ondas eletromagnéticas transportam, elas são capazes de fazer os elétrons das antenas que as recebem passarem a oscilar, gerando assim uma corrente elétrica, que varia na mesma frequência da onda. Sintonizar um rádio, TV ou 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 e ter a sua informação decodificada, tornando-a acessível. É por isso que uma ligação de celular “aciona” somente um determinado aparelho telefônico, visto que os elétrons de sua antena estão “aptos” a vibrar somente em uma frequência bem determinada. Por isso, somente o celular para o qual você está ligando toca. Da mesma forma, não se pode controlar uma TV com uma lanterna. Ainda que a luz seja uma onda eletromagnética, sua frequência não corresponde à frequência de oscilação do circuito eletrônico presente no aparelho de TV.

Após essa discussão, apresente aos alunos uma figura do espectro eletromagnético (disponível em: Anatel <<http://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/Consulta.asp?SISQSm modulo=1068>>). Neste endereço também é possível encontrar a distribuição das faixas de frequência das ondas de rádio no Brasil. Caso ache conveniente, você pode pedir aos alunos que montem um espectro da radiodifusão com base nas informações retiradas do *site*. Existem disponíveis na internet inúmeras figuras de espectros com suas faixas de frequência e os respectivos aparelhos eletrônicos, bem como as diferentes interações radiação-matéria.

O objetivo aqui é fazer os alunos perceberem que a compreensão do espectro eletromagnético é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos. Em termos de interação, ressalte que captamos muito pouco do espectro eletromagnético com nossos sensores naturais. É interessante iniciar a sistematização desta atividade por meio do que podemos enxergar. A faixa do visível é bem pequena, e todo um universo fica invisível para nós. Assim, diferentes espécies se relacionam de maneira diferente com o mesmo mundo, de acordo com os sensores que possuem. Cite exemplos de diversos animais, como a cobra, que capta o infravermelho e, assim, diferentemente de nós, ela “enxerga” pelo calor. Somos capazes de senti-lo na pele, mas não podemos vê-lo. Contudo, o ser humano é capaz de criar sensores que podem “ver” aquilo que normal-

⁶ Caso queira enriquecer esta parte inicial, é possível encontrar na internet uma série de vídeos que fazem uso de câmeras que captam o infravermelho, possibilitando que enxerguemos no escuro.

mente não podemos enxergar⁶. A idéia aqui é justamente discutir com os alunos a capacidade da Ciência de ampliar os horizontes daquilo que podemos conhecer.

Assim, as discussões podem ser feitas em termos de interação com o universo, bem como servir para evidenciar diferentes relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Ainda que o assunto seja tratado posteriormente, aqui os alunos já podem vislumbrar os avanços no campo da Física Médica, no combate a diferentes doenças. Da mesma forma, os efeitos nocivos da radiação surgem, explicitando a complexa e intrincada relação entre essas áreas. Com isso, possibilita-se que os alunos trabalhem sua capacidade de tomar decisões e se posicionem de maneira crítica com relação às novas tecnologias.

É fácil perceber que se trata de um tema bastante rico e que pode propiciar aulas bastante instigantes. Revistas de divulgação, diferentes *sites*, bem como diversos livros didáticos trazem uma infinidade de materiais que podem auxiliá-lo no preparo e na condução dessas aulas. Utilize os recursos que julgar necessários para subsidiá-lo.

Encaminhando a continuidade / para casa

Na Situação de Aprendizagem 6, os alunos deverão elaborar uma linha do tempo que represente a evolução dos diferentes meios e da velocidade de transmissão de informações. Para isso, distribua antecipadamente o Roteiro 7.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 EVOLUINDO CADA VEZ MAIS...

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: evolução dos meios de comunicação; história da técnica e da tecnologia ligada à comunicação.

Competências e habilidades: associar a evolução dos meios de comunicação ao papel dos equipamentos de telecomunicação na sociedade moderna; redigir, utilizando linguagem e conceitos científicos corretamente, um texto identificando as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que os aparelhos de comunicação tiveram e ainda têm; elaborar esquemas que representem a evolução dos meios de comunicação utilizando uma linha do tempo; avaliar os benefícios e os malefícios do uso de aparelhos de comunicação.

Estratégias: leitura do roteiro de atividades; discussão, em grupo, das questões propostas; elaboração de esquemas gráficos representativos; redação de textos em grupo; discussão e sistematização com a classe.

Recurso: roteiro de Situação de Aprendizagem 7.

Avaliação: como elementos de avaliação, podem ser considerados: a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro; sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; a redação de textos sobre a evolução dos equipamentos de telecomunicação e relato sobre ganhos e perdas com a invenção e uso de tais equipamentos; as representações em esquemas gráficos da evolução dos meios de comunicação.

Objetivo / Contexto

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é fazer os alunos situarem historicamente

e reconhecerem a evolução dos meios e da velocidade de transmissão de informações, além de avaliarem seus impactos sociais, econômicos e culturais.

Roteiro 7 – Evoluindo cada vez mais...

Quanto tempo levava para uma carta ir de São Paulo ao Japão em 1950? E em 1980? Imagine como deveria 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? Essas perguntas mostram o quanto a tecnologia dos equipamentos eletrônicos avança, mudando hábitos e costumes.

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 dos 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 pedir que recordem mudanças que, por acaso, tenham vivenciado.

Encaminhando a ação

Uma boa forma de iniciar a aula é perguntar aos alunos sobre o uso do telefone celular. Pergunte quantos deles têm, quanto tempo utilizam, como o usam, com qual frequência etc. Muitos alunos chegam a afirmar que não poderiam viver sem ele.

Assim, após essa conversa inicial, separe seus alunos em grupos de no máximo cinco integrantes

para a realização da atividade. O objetivo é que eles façam uma apresentação da linha do tempo que construíram. Para isso, é necessário que o Roteiro 7 seja discutido e entregue com certa antecedência. Quanto à apresentação, cada grupo poderá mostrar a sua; ou, então, ajude-os a compor uma linha do tempo da classe. Para isso, faça uma faixa bem longa de papel e coloque em seu centro um eixo do tempo que vai de 1500 até 2008. O modelo aqui sugerido tem intervalos de 100 anos, até o ano 2000.

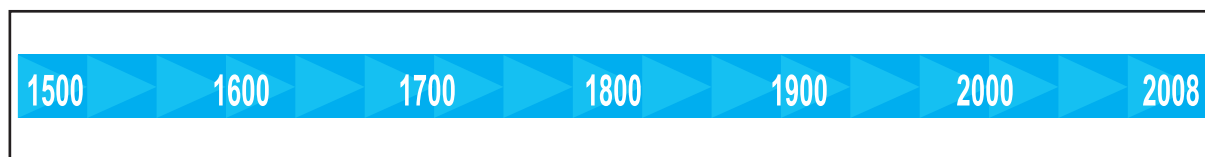


Figura 17 – Modelo sugerido para a construção de uma linha do tempo.

Contudo, escolha os intervalos da maneira que achar mais conveniente. Caso tenha tempo, discuta com os alunos e decida com eles o tamanho desses intervalos. A ideia é que, ao final, cada grupo cole na linha do tempo as fi-

guras dos aparelhos encontrados na pesquisa, bem como situações que os envolvam. Além disso, procure anexar à faixa pequenos textos elaborados pelos alunos.

Uma série de equipamentos pode ser pesquisada. É possível traçar uma linha temporal que vai da carta ao *e-mail*, da televisão a válvulas à televisão digital, do disquete ao HD de estado sólido (SSD – sigla para *Solid State Drive*), do *mainframe* ao *macbook air*, do *walkman* ao *iPod*, do telefone ao *Skype*... Enfim, há uma infinidade de coisas a serem tratadas. Deve-se ressaltar que os alunos precisam ir além da evolução tecnológica, buscando considerar as influências econômicas e sociais envolvidas nessa evolução.

ANO	Dispositivo	Capacidade
1973	Disquete	256 kB
1983	CD-ROM	540 MB
1985	CD-ROM	750 MB
1995	DVD	4.7 GB
2005	HD-DVD	54 GB
2007	<i>Time Capsule</i>	1 TB

Tabela 2 – Evolução temporal da capacidade de armazenagem de dados.

A partir da pesquisa e da construção da faixa, peça aos alunos que construam gráficos que traduzam a evolução temporal de aspectos como velocidade de transmissão ao longo dos anos, capacidade de armazenagem e tamanho. Por exemplo, pegue as informações acerca da capacidade de armazenagem de dados, como representado na Tabela 2, ou da velocidade de processamento. Essas tabelas podem ser facilmente montadas com informações retiradas da internet. Com isso, é possível plotar tais dados e ver a curva de evolução temporal. O eixo horizontal pode ser o eixo do tempo, com intervalos de 5 anos. No eixo vertical, coloque a velocidade, deixando clara a unidade escolhida. Caso seja possível, construa o gráfico em um editor de planilhas eletrônicas ou faça-o no papel milimetrado. No caso específico da evolução da capacidade de armazenagem, é preciso tomar cuidado com a escala,

pois a variação é brutal, sendo melhor o uso da escala Log-Log. Com isso, ajude os alunos, fazendo-os perceber como essa variação pode ser interpretada pela mudança na curva do gráfico. Procure explorar ao máximo as mais diferentes formas de linguagem que esta atividade propicia.

É importante que os alunos sejam capazes de situar as mudanças que vivenciam e que têm ligação com a tecnologia. Talvez o exemplo mais marcante seja o da telefonia móvel. É fácil perceber que o uso do celular tornou-se um hábito, uma presença constante na vida de centenas de milhões de pessoas no mundo todo. Basta andar em qualquer rua de uma cidade de médio porte para ver a quantidade de pessoas que o utilizam. O celular passou a ser considerado um objeto imprescindível na vida moderna. Curiosamente, trata-se de um equipamento recente. No Brasil, há cerca de 15 anos seu uso não era tão difundido. Cabe então fazer perguntas do tipo: *se se trata de algo tão essencial, como as pessoas viviam sem ele? O que se perdeu e ganhou com a telefonia celular?* O interessante aqui é trabalhar as diversas questões envolvidas na aquisição de uma tecnologia. Neste momento, é interessante propor a cada aluno que escolha um equipamento de comunicação e elabore um texto de reflexão que avalie os ganhos e as perdas com a invenção desse equipamento.

Faça o fechamento do tema com uma reflexão sobre esse ponto. Certamente muitos aparelhos proporcionam melhorias na qualidade de vida das pessoas, trazem conforto, segurança etc. Mas, por outro lado, trazem também insegurança, como o medo da exposição à radiação eletromagnética dos celulares e redes de alta-tensão, revelando o lado negativo do avanço tecnológico. Esta discussão é fundamental para que os alunos possam desenvolver a capacidade de se posicionar de forma crítica perante as mudanças no mundo.

Além disso, faça-os perceber que diversos fatores influenciam na compra de um desses

aparelhos. Há uma parcela enorme de propaganda, um forte apelo de reconhecimento dentro de um determinado grupo, uma relação de *status* etc. Enfim, há diversos valores sociais, econômicos e culturais presentes nesta discussão. Assim, incentive os alunos a falar sobre esses aspectos, evitando que foquem apenas nos avanços da tecnologia.

Com a atividade proposta na Situação de Aprendizagem 7, terminamos o estudo das

ondas e transmissões eletromagnéticas. Este estudo possibilitará aos alunos compreender que boa parte de nossa interação com o universo pode ser entendida por meio das ondas eletromagnéticas. A partir da compreensão da propagação dessas ondas, os alunos podem entender o funcionamento básico de inúmeros aparelhos eletrônicos presentes em seu cotidiano, bem como refletir sobre as influências que tais tecnologias têm sobre nós.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Indicadores de Aprendizagem
5	Apresentação de relato de experimentos fenomenológicos por meio de respostas a perguntas contidas nos roteiros nas quais está explícita a compreensão do aluno sobre a geração, a propagação e a recepção das ondas eletromagnéticas.
6	Apresentação escrita de resultados de pesquisa em fontes como livros, enciclopédias e <i>sites</i> da internet sobre as diferentes formas de transmissão de informações. Construção da linha de frequências com identificação e especificação de aparelhos de comunicação utilizados no cotidiano.
7	Redação de textos sobre a evolução dos equipamentos de telecomunicação e relato sobre ganhos e perdas com a invenção e uso desses equipamentos. Apresentação de uma linha do tempo que expressa a evolução dos meios de comunicação em função da velocidade de transmissão e da capacidade de armazenamento da informação.

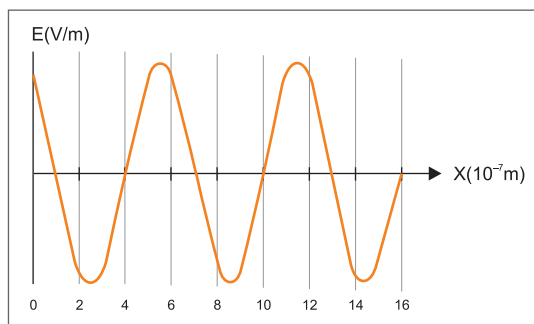
PROPOSTA DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. (Fuvest-SP) Radiações como raios X, luz verde, luz ultravioleta, microondas ou ondas de rádio são caracterizadas por seu comprimento de onda (λ) e por sua frequência (f). Quando essas radiações propagam-se no vácuo, todas apresentam o mesmo valor para:

- a) λ
- b) f
- c) $\lambda \cdot f$
- d) λ/f
- e) λ^2/f .

Por serem ondas eletromagnéticas, elas têm em comum o fato de se propagarem no vácuo com a velocidade da luz.

2. (Vunesp-SP) A Figura representa, num determinado instante, o valor (em escala arbitrária) do campo elétrico E associado a uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo, ao longo do eixo x correspondente a um raio de luz de cor laranja. A velocidade da luz no vácuo vale $3,0 \times 10^8$ m/s. Podemos concluir que a frequência dessa luz de cor laranja vale, em hertz, aproximadamente:



- a) 180
- b) $4,0 \times 10^{-15}$
- c) $0,25 \times 10^{15}$
- d) $2,0 \times 10^{-15}$
- e) $0,5 \times 10^{15}$.

A partir do gráfico, pode-se constatar que $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$ m. Por meio da equação $v = \lambda f$, temos que: $3 \cdot 10^8 = (6 \cdot 10^{-7})f$. Logo, $f = 5 \cdot 10^{14}$ Hz.

3. Quais são as semelhanças e as diferenças entre a luz visível e as ondas de rádio?

Semelhanças: são ondas eletromagnéticas; são geradas e absorvidas por cargas oscilantes; propagam-se no vácuo com a mesma velocidade (c).

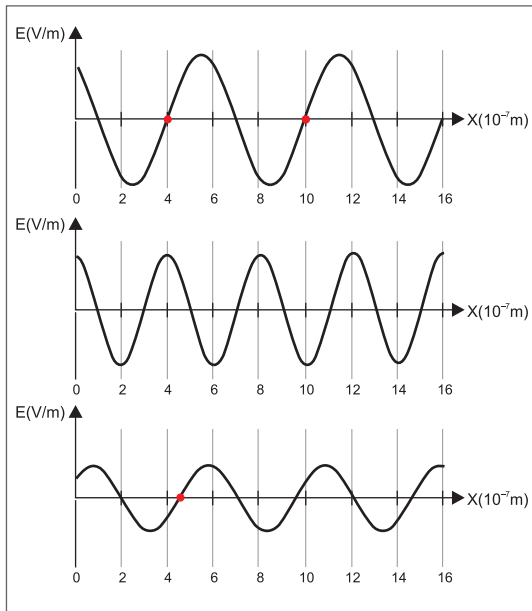
Diferenças: possuem frequências e comprimentos de onda diferentes.

4. O que você pode dizer sobre a frequência de uma onda eletromagnética em comparação com a oscilação dos elétrons de uma antena que a capta?

No modelo aqui apresentado, se a onda eletromagnética está sendo captada, isso significa que a frequência de oscilação dos elétrons da antena é exatamente a mesma frequência da onda portadora.

5. (Vunesp-SP) Cada Figura seguinte representa, num dado instante, o valor (em escala arbitrária) do campo elétrico E associado a uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo ao longo do eixo x , correspondente a uma determinada cor. As cores representadas são violeta, verde e

laranja, não necessariamente nesta ordem. Sabe-se que a frequência da luz violeta é a mais alta dentre as três cores, enquanto a da luz laranja é a mais baixa. Identifique a alternativa que associa corretamente, na ordem de cima para baixo, cada cor com sua respectiva representação gráfica:



- a) laranja, violeta, verde
- b) violeta, verde, laranja
- c) laranja, verde, violeta
- d) violeta, laranja, verde
- e) verde, laranja, violeta

A partir do gráfico podemos determinar os comprimentos de onda. Como são ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo, elas têm a mesma velocidade. Assim, quanto maior for o comprimento de onda, menor será a frequência.

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

As Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno se referem ao uso do modelo eletromagnético para a compreensão da luz e do funcionamento de diversos aparelhos eletrônicos presentes na vida dos alunos. O principal objetivo é discutir aspectos fenomenológicos das ondas eletromagnéticas, fazendo os estudantes associarem os diferentes tipos de radiação às frequências das ondas. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos quatro devem ser garantidas para a continuidade do estudo:

1. Caracterizar ondas eletromagnéticas por meio de conceitos como comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação.
2. Compreender aspectos fenomenológicos envolvidos em sua geração, propagação e detecção.
3. Associar as características ondulatórias da luz para estabelecer e compreender o espectro eletromagnético.
4. Situar historicamente e reconhecer a evolução dos meios de comunicação e da veloci-

dade de transmissão de informações, além de avaliar seus impactos sociais, econômicos ou culturais.

Caso essas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos três estratégias para recuperação:

- ▶ **Desenvolvimento de uma atividade experimental:** O aluno deverá refazer os experimentos dispostos no Roteiro 5, redigindo um relatório que sintetize suas observações e o que aprendeu.
- ▶ **Seleção de questões:** Selecione pelo menos três questões propostas em cada um dos temas acima e refaça-as com os alunos em dificuldade. Se achar conveniente, faça uma lista de questões/exercícios semelhantes, que podem ser facilmente obtidos em livros didáticos ou na internet.
- ▶ **Pesquisa sobre a evolução do modelo eletromagnético da luz:** Peça ao aluno que elabore uma pesquisa sobre a evolução histórica dos modelos de representação da luz.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

O material sugerido a seguir dá um tratamento diferenciado da maioria dos livros didáticos de partes específicas aos temas propostos neste Caderno. Dessa forma, fornece subsídios para o aprofundamento conceitual, o que pode auxiliá-lo na elaboração e no planejamento das aulas.

BARTHEM, Ricardo. *A luz*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/SBF, 2004. (Coleção Temas Atuais de Física).

DORIA, Mauro M.; MARINHO, Francioli. *Ondas e bits*. São Paulo: Ed. Livraria da Física/SBF, 2006. (Coleção Temas Atuais de Física).

FIGUEIREDO, Aníbal; PIETROCOLA, Mauricio. *Física – um outro lado. Luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Física 2 – Física térmica e óptica*. São Paulo: Edusp, 1991.

GRAF – Versão eletrônica. Disponível em: <http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 20 ago. 2008.

HOROWICZ, Ricardo J. *Luz, cores e ação: a óptica e suas aplicações tecnológicas*. São Paulo: Moderna, 1999.

PRÓ-UNIVERSITÁRIO. Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/homedefisica/index.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

NuPIC. Disponível em: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/pcsp>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

BIBLIOTECA VIRTUAL LEITE LOPES. Disponível em: <<http://www4.prossiga.br/Lopes/prodcien/fisicanaescola/cap21-1.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a proposta da última Situação de Aprendizagem, que explora a compreensão da evolução dos meios de comunicação, terminamos o estudo de Física Óptica e da transmissão de informações a longas distâncias. A fim de tornar as aulas mais significativas e estimulantes, as atividades propostas sempre buscaram considerar o cotidiano do aluno. O intuito foi fazer com que o ensino da Física seja capaz de fornecer elementos que permitam a construção de uma nova leitura do mundo, apresentando aos alunos uma forma de olhar para os fenômenos presentes no cotidiano de maneira bastante diversa da que estão acostumados.

O caminho conceitual traçado ao longo deste Caderno, aprofundando o estudo da Óptica e do Eletromagnetismo, além de fornecer elementos essenciais para uma leitura do mundo da comunicação e da informação, conduz para a introdução e discussão de modelos microscópicos da matéria. Dessa forma, criam-se as condições necessárias para se aprofundar o conhecimento acerca da natureza da luz e sua interação com os meios materiais, por meio do estudo dos modelos semiquânticos de absorção e emissão de energia pelos átomos, tema a ser trabalhado na 3ª série. Logo, este Caderno permite construir a

ponte para o tratamento da Física Moderna e Contemporânea, fundamental para a abordagem quântica da estrutura da matéria, com possibilidade de trabalhar modelos que possibilitam o entendimento de toda a beleza envolvida no mundo subatômico.

Caso perceba que os experimentos são de difícil acesso para os alunos, sendo impossível que cada grupo disponha dos materiais necessários para a realização das atividades, faça-os, em último caso, de maneira demonstrativa. Todavia, lembre-se sempre de fazê-los de modo que todos os alunos possam observar e entender todo o processo experimental, desde o porquê do arranjo e o levantamento de hipóteses até a análise dos resultados e síntese das observações. Até nessa situação de demonstração as competências leitora e escritora devem ser almejadas.

Por fim, é preciso ficar claro que as atividades propostas neste Caderno devem, necessariamente, ser adaptadas às condições de sua escola e turma. Além disso, como qualquer material didático, este Caderno não é auto-suficiente e necessita ser complementado por outros materiais de apoio ao professor, como os livros didáticos de sua preferência.

 Anotações

Lined writing area with spiral binding on the left side.

