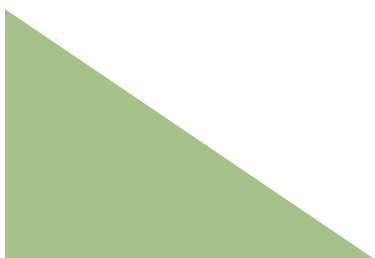




ensino médio
2ª SÉRIE
3º bimestre - 2008



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 Padula

Coordenador de Estudos e Normas
Pedagógicas
José Carlos Neves Lopes

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 Namó de Mello
Lino de Macedo
Luís 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 Célia Corrêa
de 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 Thomaz
Micheletti Neto, Maíra 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 Morais 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, Miriam
Celeste Martins e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges,
Alzira da Silva Shimoura, Livia 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.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

S239c Caderno do professor: física, ensino médio – 2ª série, 3º 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 978-85-7849-049-2

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 – Som: fontes, características físicas e usos	9
Situação de aprendizagem 1 – isso é barulho ou música	10
Situação de aprendizagem 2 – Uma entrevista musical	12
Situação de aprendizagem 3 – Uma aula do barulho	16
Situação de aprendizagem 4 – Fazendo um som	20
Situação de aprendizagem 5 – Uma entrevista do barulho	25
Grades de Avaliação dos Produtos das Situações de Aprendizagem	28
Proposta de questões para aplicação em avaliação relativas ao tema	29
Proposta de Situações de Recuperação	30
Tema 2 – Luz: fontes e características físicas	32
Situação de aprendizagem 6 – Vendo o mundo	33
Situação de aprendizagem 7 – A Câmara escura	35
Situações de aprendizagem 8 e 9 – Refletindo	38
Situação de aprendizagem 10 – Refratando	41
Grades de avaliação dos produtos das Situações de Aprendizagem	44
Proposta de questões para aplicação em avaliação relativas ao tema	45
Proposta de Situações de Recuperação	46
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	47
Considerações Finais	48

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

Som, imagem e comunicação

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	2ª
Período letivo:	3º bimestre de 2008
Aulas semanais:	2
Semanas previstas:	8
Aulas no bimestre:	16
Temas e conteúdos:	Som: fontes, características físicas e usos; Luz: fontes e características físicas
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 Thomaz Micheletti Neto, Maíra 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 Luis de Souza, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteadó Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Caro(a) professor(a),

A compreensão dos meios atuais de informação e comunicação requer conhecimentos relativos à produção e à propagação de sons e imagens. Identificar diferentes fontes sonoras ou luminosas, discriminar e caracterizar diferentes tipos de sons ou imagens, compreender a forma como são transmitidos, recebidos e registrados, familiarizar-se com equipamentos tecnológicos presentes no cotidiano - como instrumentos musicais, aparelhos de som, sistemas que melhoram ou ampliam a visão, máquinas fotográficas, aparelhos de TV, computador, entre outros - são competências que permitem que nos situemos no mundo contemporâneo.

Nessa perspectiva, propõe-se para esse bimestre dez situações de aprendizagem que dão início aos estudos sobre “som” e “luz”, após um primeiro contato no ensino de ciências em nível fundamental. No próximo bimestre, bem como na terceira série, os alunos terão oportunidade de ampliar e aprofundar alguns desses conhecimentos.

O caderno está dividido em duas partes, que contemplam os temas “Som: fontes, características físicas e usos” e “Luz: fontes e características físicas”. Na primeira parte serão explorados conceitos de física ondulatória que dão base à compreensão e caracterização das ondas sonoras. Já na segunda parte, o enfoque será sobretudo na óptica geométrica, onde serão tratados fenômenos de propagação e interação da luz com a matéria, como a propagação retilínea da luz, a reflexão e a refração, bem como os sistemas que melhoram ou ampliam a visão.

Assim, o objetivo central do trabalho nesse bimestre é a aquisição de conhecimentos, habilidades e competências que permitam ao aluno uma percepção dos fenômenos sonoros e luminosos de seu cotidiano, propiciando meios para acompanhar as transformações que resultaram no domínio tecnológico dos meios de informação e comunicação.

Bom trabalho!

TEMA 1 – SOM: FONTES, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E USOS

Ainda que todos nós tenhamos uma idéia intuitiva do que seja o som, sua compreensão não é tão simples, já que ele é percebido de maneira distinta por diferentes indivíduos, em diferentes situações. O som é um estímulo que chega ao corpo e é levado ao cérebro, onde é interpretado. Vale dizer que a percepção do som é fortemente dependente da estrutura fisiológica; não chegando a ser percebido por alguns seres vivos, por exemplo. Assim, ainda que capaz de sentir e identificar os sons, a maioria dos alunos não conhece exatamente seus meios de produção, propagação e controle.

Para isso, se faz necessário o uso de conceitos da física ondulatória de modo que sejam reconhecidas e comparadas as características físicas dos sons, como altura, intensidade, timbre e escalas musicais.

Apresentação da proposta

Tendo em vista o objetivo de possibilitar aos alunos uma percepção dos fenômenos sonoros de seu mundo cotidiano, são propostas aqui cinco situações de aprendizagem que terão como foco principal o universo musical, intensamente presente no mundo vivencial dos alunos.

Na primeira situação de aprendizagem é proposta uma atividade de sensibilização, em que se espera que os alunos reconheçam o caráter subjetivo e cultural envolvido na avaliação de diferentes tipos de sons e a conseqüente necessidade de se utilizar parâmetros físicos que tornem essa avaliação “quantificável” e mais objetiva. Com esse ponto de partida, são propostas uma série de outras atividades envolvendo o estudo dessas características, tendo como pano de fundo a música:

A Situação de Aprendizagem 2 propõe uma entrevista com um músico para aprofundar o conhecimento das fontes sonoras. Na Situação

de Aprendizagem 3, faremos uso de atividades de audição musical e de outros sons para caracterizá-los em termos ondulatórios. Para o aprofundamento desses aspectos, na Situação de Aprendizagem 4 são propostas atividades práticas envolvendo a construção, observação e análise de instrumentos musicais simples. Por fim, na Situação de Aprendizagem 5, para que ampliem as conexões desse estudo com problemas da sociedade moderna, é proposta uma consulta a especialistas/especialidades sobre a audição e a poluição sonora.

Conhecimentos priorizados

Serão priorizados conhecimentos que possibilitem aos alunos perceber as relações do universo sonoro e musical que nos cerca com os fundamentos da Física Ondulatória, como: propriedades das ondas mecânicas e suas relações (frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, amplitude); fenômenos e características do som (como intensidade, timbre e ressonância); instrumentos e escalas musicais; audição humana e poluição sonora.

Competências e habilidades

Pretende-se, ao longo do desenvolvimento do tema, promover as seguintes habilidades e competências diante de um fenômeno envolvendo som:

1. Identificar fontes, processos envolvidos e grandezas relevantes.
2. Reconhecer e utilizar modelos da Física Ondulatória para interpretação de fenômenos sonoros; elaborar hipóteses.
3. Organizar e interpretar resultados de observações e experimentos envolvendo sons.
4. Ler, articular e utilizar símbolos, diagramas, gráficos e equações em situações que envolvem fenômenos sonoros.

5. Buscar informações de especialistas para a aquisição de conhecimentos específicos.

6. Argumentar sobre problemas decorrentes da poluição sonora.

Metodologia e estratégias

Para o desenvolvimento dessas competências e habilidades, as atividades propostas envolvem uma diversidade de estratégias, como momentos de sensibilização ao tema, atividades experimentais, entrevistas com especialistas, leitura e interpretação de figuras e gráficos, construção de instrumentos musicais e resolução de problemas.

Contudo, o professor pode fazer adaptações às seqüências ou estratégias propostas de acordo com interesses, necessidades e condições de suas turmas, sempre tendo em vista estimular o papel ativo dos alunos no

processo de aprendizagem, com momentos de reflexão, de elaboração de hipóteses, discussões e debates, atividades práticas e uso de diferentes linguagens.

Avaliação

Em todas as Situações de Aprendizagem propostas neste material, enfatiza-se a ação do aluno e propõe-se a produção de trabalhos concretos, seguindo etapas nas quais o professor tenha condições de acompanhar não apenas a participação dos estudantes mas também seu nível de compreensão conceitual e as habilidades e competências envolvidas. O professor tem nessas ações e nos seus respectivos produtos oportunidades variadas para avaliar os alunos, que podem ser complementadas por outras formas, como a execução de exercícios, problemas, relatos, sínteses e análises de experimentos, entre outras.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 ISSO É BARULHO OU MÚSICA?

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: diferenças físicas entre ruídos e sons harmônicos; fontes de produção de sons; características fisiológicas do som.

Competências e habilidades: perceber a constante presença das ondas sonoras em nosso dia-a-dia, identificando objetos, fenômenos e sistemas que produzem sons; reconhecer influências culturais na forma de apreciação dos sons; estabelecer relações e regularidades entre os diversos sons presentes no cotidiano.

Estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir da discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em um grande grupo.

Recursos: roteiro da atividade visando identificar fontes de produção de sons, suas diferenças e semelhanças e fenômenos que envolvem o som.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos, bem como sua capacidade de organizá-las em categorias, em função de suas características.

Objetivo / Contexto

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é sensibilizar os estudantes para o estudo do

som. A idéia é fomentar discussões sobre o que é som, como ele é produzido, como o ouvimos etc., além de questionar se qualquer tipo de som pode ser compreendido como música.

Roteiro 1 - Isso é barulho ou música?

O tempo todo, ouvimos os mais diferentes tipos de sons: o barulho dos carros, a sirene da ambulância, o choro do filho do vizinho, o grito da mãe, a palavra carinhosa da namorada, a risada do amigo, a bateria do filho do vizinho... Estamos cercados pelos mais variados tipos de sons. A pergunta que irá guiar toda esta parte do estudo da Física é: *O que é o som?* Para começar a responder, faça uma lista de pelo menos 20 situações que envolvem o som.

1. Terminada a lista, classifique as situações listadas em dois grupos distintos:

a) sons agradáveis e

b) sons desagradáveis.

Agora, você deverá fazer uma nova classificação:

2. Das situações que listou, quais você associa a música e quais associa a barulho? Faça uma tabela de duas colunas e coloque na primeira os sons que correspondem a música, e na segunda, aqueles que correspondem a barulho.
3. Quais características do som possibilitaram a você associá-lo ao barulho? Quais características possibilitaram associá-lo à música?

Encaminhando a ação

Nesta primeira aula sobre o tema, a idéia é sensibilizar os alunos e trazer alguns desafios para o estudo. Assim, convide-os a falar sobre questões ligadas ao som. Uma boa forma de começar é pedindo que se lembrem dos sons que ouviram desde a hora que acordaram até o momento presente. Peça que relatem esses sons, anotando-os na lousa. Se for possível, solicite a todos que se mantenham em silêncio por dois minutos. Feche a porta da sala e oriente-os a tomar nota de tudo o que conseguem ouvir. Sugira a eles que atentem aos sons que ouvem quando, finalmente, ficam quietos. É interessante fazê-los perceber o quanto deixamos de sentir o mundo ao redor quando não estamos em um ambiente silencioso.

Após esta conversa inicial, disponha os alunos em pequenos grupos (de até cinco integrantes), distribua a eles o roteiro da Situação de Aprendizagem 1 e peça que respondam às perguntas ali contidas. Ao término do tempo de realização da tarefa (cerca de 15 minutos), peça que digam as situações que conseguiram listar e anote-as na lousa, complementando o levantamento inicial. Note que, mais que o en-

volvimento dos alunos neste levantamento, a idéia é permitir que os conteúdos a serem trabalhados nas aulas estejam relacionados a elementos retirados do seu próprio universo.

Trabalhe inicialmente classificando os sons em duas grandes categorias:

a) Sons agradáveis e

b) Sons desagradáveis.

Por exemplo:

Sons Agradáveis	Sons Desagradáveis
Som da flauta	Sirene
Sertanejo	Unha passada na lousa
“Barulho” da chuva	Sertanejo
<i>Heavy metal</i>	<i>Heavy metal</i>

Esta classificação não pretende ser única. É possível estabelecer outras formas de categorização. A sugestão é instigar os alunos a pensar, desde o momento inicial, que existem distinções

entre os sons e que eles podem ser classificados com base em diferenciações. Note que, no exemplo da tabela anterior, há elementos que podem ser considerados “sons desagradáveis” para alguns, como o *Heavy metal*, e “sons agradáveis” para outros. Toda essa discussão, que será esclarecida ao longo das aulas, deve ser iniciada agora. Assim, caso ela não surja explicitamente, apresente-a para os alunos. O objetivo é levá-los a perceber que há uma diferença entre o processo físico do som e a sensação que ele causa em nós. Como esta atividade envolve muitos elementos, e para categorizá-los é preciso relacionar muitas variáveis, várias delas subjetivas, as classificações certamente não coincidirão.

Neste instante, o objetivo da atividade torna-se claro: como extrair de cada categoria um conjunto de “elementos” com características menos subjetivas. Comece então a “afinar” a turma. Assim, as categorias “Sons desagradáveis” e “Sons agradáveis” podem se transformar em “Ruídos” e “Sons musicais”, na tentativa de diminuir a interferência das preferências individuais por determinado estilo sonoro. Ainda que esta nova categorização possua características comuns, que podem ser classificadas sob um caráter subjetivo (*Heavy metal é ruído ou som musical?*), podemos selecionar alguns sons e chamá-los de ruído: ronco, trovão, arranhão na lousa... *O que então os distingue dos sons musicais?* Alguns elementos que podem ser identificados como ca-

racterísticas de ruído: não se repete no tempo, não tem ritmo nem harmonia. Para que o gosto pessoal não seja um critério novamente, deve-se buscar as características físicas do som. Por meio da Física Ondulatória, podem-se elaborar critérios que prescindam da predileção por determinados estilos musicais. A pergunta por trás de tudo isso passa a ser, então: *O que afinal de contas é o som?* Assim, levanta-se aqui a possibilidade de estudá-lo de modo mais rigoroso. A intenção não é, neste momento, explicar os fenômenos sonoros; é fornecer condições para que a Física Ondulatória seja utilizada como um instrumento de compreensão do mundo, visto que ela pode fornecer características para a análise, a classificação e a posterior compreensão dos sons. Possíveis questões acerca dos diferentes sons, dos instrumentos musicais e outros questionamentos, que requeiram mais conhecimento teórico, devem ser anotadas para que, posteriormente, sejam trabalhadas.

Encaminhando a continuidade

Depois de ter realizado a Situação de Aprendizagem 1, distribua o roteiro da Situação de Aprendizagem 2, que será uma entrevista com um músico. Peça aos alunos que a façam e a entreguem na aula seguinte. A partir desta nova Situação de Aprendizagem, você poderá iniciar a próxima aula e continuar a discussão acerca das características do som.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 UMA ENTREVISTA MUSICAL

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: diferenças físicas entre ruídos, sons harmônicos e timbre, e suas fontes de produção.

Competências e habilidades: buscar informações de especialistas para reconhecer escalas musicais e o princípio de funcionamento de alguns instrumentos; utilizar linguagem escrita para relatar informações obtidas em entrevista que evidenciem relações entre procedimentos práticos e características dos sons e da música; ler e interpretar gráficos que caracterizam as propriedades do som.

Estratégias: realização de uma entrevista com um músico; análise dos resultados obtidos; trabalho em grupo; discussão com a classe.

Recursos: roteiro de atividade para entrevista.

Avaliação: avaliar a qualidade das respostas às questões contidas no roteiro; avaliar o relatório-síntese e o da entrevista; avaliar a compreensão do aluno em relacionar as respostas fornecidas pelo especialista e as características dos sons; avaliar sua compreensão das principais características do som e de suas diferentes formas de representação gráfica.

Objetivo / Contexto

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo fazer o aluno entrar em contato com “o mundo da música” de modo mais formal, investigando o funcionamento de diferentes instrumentos musicais; aprendendo

como se afina determinado instrumento; o que os diferencia; o que diferencia dois cantores etc. Os processos físicos essenciais subjacentes ao que será encontrado neste universo musical darão suporte para a formalização conceitual dos fenômenos ondulatórios.

Roteiro 2 - Uma entrevista musical

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

- 1) Quais as partes essenciais de seu instrumento musical? Como ele funciona? Qual a diferença entre uma nota tocada

nele e a mesma nota tocada em outro instrumento? Como você as distingue? O que você utiliza para afiná-lo?

- 2) O que é a afinação de um instrumento musical?
- 3) O que é uma escala musical? Existe mais de uma?
- 4) Qual a diferença entre música e ruído?

Essas perguntas devem guiar sua entrevista, mas fique à vontade para fazer outras que achar interessante. Após a realização da entrevista, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu. Além das respostas às questões da entrevista, o relatório deve conter o nome do entrevistado, o instrumento musical que ele toca e seu tempo de experiência como músico. No final, entregue uma cópia da entrevista que realizou ao professor.

Encaminhando a ação

Comece retomando um pouco da aula anterior, principalmente a idéia de como encontrar parâmetros objetivos para classificar um som como ruído ou som musical. Para o encaminhamento das discussões que podem surgir com a entrevista, faça inicialmente um levantamento dos instrumentos musicais citados. Como os alunos deverão observar um grande universo musical, você deverá ter uma diversidade de instrumentos. A idéia é tentar agrupá-los em: “instrumentos de corda”, “instrumentos de sopro”, “instrumentos de percussão” e “instrumentos eletrônicos”. Após essa seleção, forme grupos de alunos de acordo com o instrumento musical trabalhado na entrevista. Assim, forme grupos “corda”, “sopro”, “percussão” etc. Cada grupo deverá fazer um resumo das respostas obtidas nas entrevistas e anotar as perguntas e dúvidas que tiveram na elaboração da síntese. Ao final, os grupos devem apresentá-lo para a classe.

Ao término das apresentações, mostre aos alunos a relação entre as questões levantadas nas entrevistas e as Situações de Aprendizagem que virão a seguir. O intuito neste momento é fazer uso do conteúdo das repostas trazidas pelos alunos como ponto de partida para as discussões e para a introdução dos conceitos da Física Ondulatória. Assim, respostas sobre *Quais as partes essenciais de seu instrumento musical?* podem servir para que os alunos percebam a presença de elementos vibrantes e ressonantes em diferentes instrumentos. Da mesma forma, respostas para *Qual a diferença entre uma nota tocada nele e a mesma nota tocada em outro instrumento?* poderão ser usadas para tratar ressonância e timbre. Observe que os conceitos envolvidos nas respostas a essas perguntas serão construídos ao longo do curso. Assim, neste momento, eles não deverão ser trabalhados. A idéia é aguçar a curiosidade, guiar o olhar do aluno para aspectos que antes, certamente, passavam despercebidos.

A partir da discussão, deve-se então levá-los a pensar: *O que é o som? Como cada um*

desses instrumentos o produz? O que eles têm em comum? O que têm de diferente? Com isso, é possível ordenar o que a experiência cotidiana nos mostra: que todo som depende fundamentalmente da fonte que o produz. O objetivo principal de explorar as semelhanças e as diferenças entre os instrumentos, neste momento inicial, é ressaltar a presença de um elemento que vibra, a fim de começar a discussão sobre o modo como se dá a produção do som.



Figura 1 – Produção de som – lâmina vibrante

Pergunte aos alunos o que é preciso fazer para produzir som em um violão, em uma gaita, em um atabaque etc. Responda fazendo vibrar pequenas placas flexíveis, como uma régua (Figura 1) ou mesmo um serrote ou um pedaço de fio de *nylon* tensionado (como o cordão de um violão). Mostre que, se o corpo for pouco elástico, o som diminui muito ou mesmo desaparece. Uma maneira de fazer isso é trocar a régua por uma haste bem rígida de ferro, ou o fio de *nylon* por um fio de cobre grosso. Procure também levá-los a pensar sobre como é possível perceber um som produzido a certa distância. Peça a eles que digam

como imaginam que o som “viaje” desde sua fonte até aos nossos ouvidos. Eles deverão compreender que, por exemplo, quando uma das cordas de um violão é tangida, sua vibração faz com que as moléculas de ar ao seu redor também vibrem, criando regiões cuja pressão passa a variar de acordo com essa vibração. Como o ar é um meio elástico, essas variações de pressão se propagarão a partir da corda vibrante e serão transmitidas de molécula em molécula, criando o que chamamos de onda sonora, que chega aos nossos ouvidos. Por necessitar de um meio elástico para se propagar, as ondas sonoras são chamadas de Ondas Mecânicas.

A formalização dos conceitos que caracterizam as ondas pode começar aqui. Inicie retomando os diferentes sons produzidos pelos instrumentos identificados pelos alunos. O som de um violão difere muito do som de uma flauta ou de um espirro. Então, sons diferentes são ondas diferentes? *Quais serão seus elementos? O que as distingue?* Desta forma, pode-se então caracterizar uma onda sonora. Para isso, faça a análise da Figura 2. Procure propor aos alunos, como atividade em grupo, a leitura dos elementos da figura ou represente-a na lousa, discutindo-a com toda a turma.

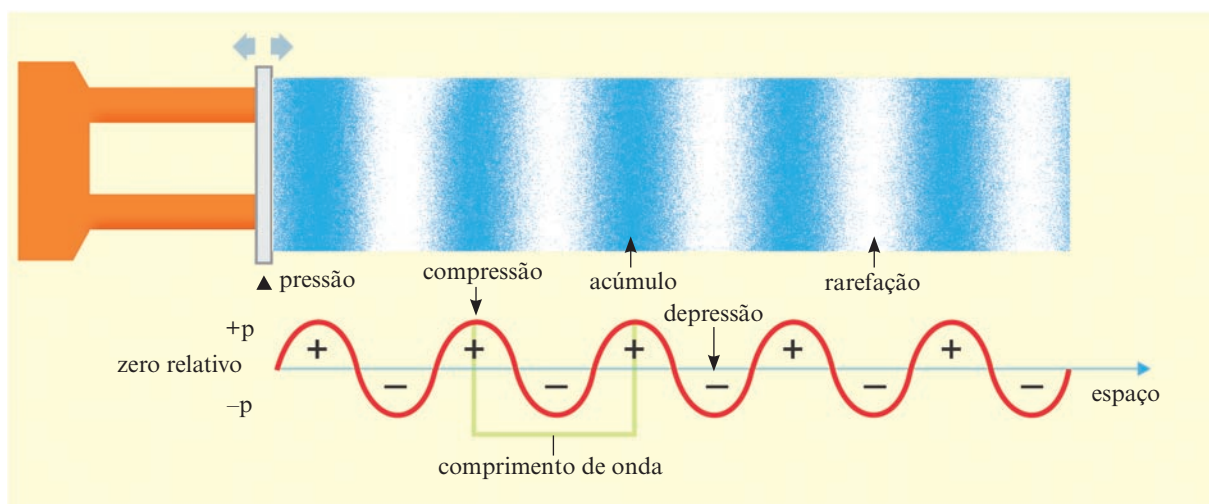


Figura 2 – Elementos de uma onda sonora se propagando no ar

Para auxiliar a leitura e a análise da figura, sugerimos as seguintes questões:

1. O que representam os pontos mais espaçados? E os menos espaçados?
2. Observe o gráfico em vermelho. Qual é a grandeza que está sendo representada no eixo vertical? E no eixo horizontal?
3. Como está relacionada a figura dos pontinhos com o gráfico de $p \times$ espaço?
4. O que significa o termo “comprimento de onda” indicado no gráfico?
5. A partir do gráfico pressão \times espaço, é possível determinar a frequência de vibração da fonte sonora?
6. A partir do gráfico pressão \times espaço, é possível determinar a amplitude da onda?
7. A partir do gráfico pressão \times espaço, é possível determinar a velocidade de propagação do som?

Note que as três primeiras questões estão diretamente relacionadas com a formação de competências em leitura e na compreensão de gráficos. Sendo assim, é preciso tra-

balhá-las com cuidado, ensinando os alunos como efetuar essa leitura, visto que não se trata de algo óbvio para eles. Na questão 1, faça-os perceber que os espaçamentos dos pontinhos representam regiões nas quais o ar encontra-se ora mais rarefeito, ora mais comprimido. A questão 2 traz a representação gráfica do fenômeno físico que ocorre, relacionando a pressão do ar (eixo vertical) com a localização no espaço (eixo horizontal). Assim, a questão 3 sintetiza as duas anteriores, visto que relaciona a pressão positiva com as áreas comprimidas e a pressão negativa com as áreas rarefeitas.

As outras questões seguem com a identificação dos parâmetros relevantes para a caracterização das ondas. Esses parâmetros serão aprofundados ao longo das outras Situações de Aprendizagem, quando propiciarem a compreensão de diferentes características dos sons, como altura e intensidade. Contudo, é possível iniciar aqui a construção desses conceitos. Assim, por meio da leitura da figura, pode-se explicar que o significado de comprimento de onda está relacionado à distância entre valores repetidos num padrão ondulatório. Numa onda senoidal, por exemplo, o comprimento de onda é a distância entre os picos (ou máximos). Usualmente, ele é representado pela letra grega *lambda* (λ).

Por meio da figura, pode-se determinar a amplitude ($P+$ e $P-$), mas não a velocidade, nem a frequência. Isso porque uma onda é algo dinâmico, que se move no tempo. Por meio de um filme, por exemplo, isto seria possível, mas

não em uma figura como esta. É importante ressaltar esta parte, visto que muitos alunos passam a associar a onda com algo estático, como sua representação gráfica. Nas próximas Situações de Aprendizagem, estes conceitos serão aprofundados, mas, neste momento, faça-os perceber que a frequência depende da fonte que produz o som. Da mesma forma, explique que a velocidade de propagação depende da densidade do meio. Ou seja, quanto mais denso o meio, maior será a velocidade. Como exemplo, pode-se mostrar que quando se coloca a orelha na extremidade de uma mesa e bate-se na outra extremidade, dois sons são ouvidos: o primeiro – que se propaga através da madeira – e outro (depois) – que se propaga pelo ar.

Por fim, apresente as relações entre comprimento de onda, velocidade e frequência. Existe uma relação direta entre a velocidade de uma onda e sua frequência, dada por: $v = \lambda \cdot f$, onde v é a velocidade de propagação da onda, λ é seu comprimento de onda e f é a frequência. Esta parte inicial do estudo das ondas pode ser encontrada na maioria dos livros didáticos. Faça uso daquele que mais lhe agrada para preparar esta aula.

Encaminhando a continuidade

Nas Situações de Aprendizagem seguintes, as principais características das ondas serão apresentadas por meio de diferentes sons e músicas. Leia atentamente o roteiro 3 para prepará-las. Como é necessária a escolha de CDs variados, prepare-as antecipadamente.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 UMA AULA DO BARULHO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: caracterização física de ondas sonoras por meio dos conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação.

Competências e habilidades: associar diferentes características de sons a grandezas físicas, como frequência e intensidade; caracterizar ondas mecânicas, por meio de conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação, a partir de exemplos retirados de músicas e sons cotidianos; ler e interpretar gráficos que caracterizam as propriedades do som; utilizar gráficos e esquemas para representar propriedades do som.

Estratégias: realização de atividades em grupo ou demonstrativas; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: aparelhos de som, instrumentos musicais e músicas diversas.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor; avaliar a compreensão do aluno ao relacionar sons musicais e características físicas como amplitude, intensidade, frequência etc.

Objetivo da Situação de Aprendizagem

Esta Situação de Aprendizagem, a ser trabalhada em duas aulas, tem por objetivo apresentar as principais características das ondas. Conceitos fundamentais como frequência, amplitude e intensidade serão trabalhados a partir de exemplos sonoros, retirados de músicas e sons cotidianos.

Roteiro 3 - Uma aula do barulho

Material: Um tocador de CD, CDs com músicas tocadas em diferentes instrumentos, CDs de cantores de voz aguda (Tetê Espindola, Massacration, por exemplo) e de cantores de voz grave (Tim Maia, Seu Jorge, por exemplo).

Encaminhando a ação

Inicie a aula a partir de uma conversa com os alunos, retomando a discussão sobre música e ruído. Ao exemplificar ruídos, tente envolver ao máximo os alunos. Peça a eles que tussam, imitem roncos etc. Em seguida, comece a tocar trechos das músicas dos CDs. A idéia é apresentar diferentes sons que

possam exemplificar as características das ondas que deseja ensinar. Provavelmente, algum aluno toque algum instrumento musical. Peça sua ajuda para enriquecer essas aulas. Por se tratar de aulas “musicais”, abre-se um leque de oportunidades. Lembre-se de que o objetivo é entender o som, e o meio é ensinar as características ondulatórias da matéria. Logo, recheie a aula com diferentes instrumentos e sons. Use a ludicidade para enriquecer as aulas. Contudo, não se esqueça de que o objetivo é ensinar, de modo que tudo isso deverá ser sistematizado ao final, transformando esses momentos divertidos em conhecimento, para que não se limitem a meras brincadeiras.

A partir dessa conversa inicial, mostre que agora eles serão apresentados às características quantitativas dos sons, que nos permitem classificá-los e distingui-los. A primeira característica quantitativa que será trabalhada é frequência de onda. Para isso, apresente dois conjuntos diferentes de sons: um agudo e outro grave. Podem ser sons de diferentes instrumentos musicais ou vozes.

A relação entre graves e agudos, uma relação entre frequências, é chamada de altura do som. Deste modo, quanto maior a frequência de um som musical, mais agudo ele soará, portanto maior será sua altura. Da mesma forma, quanto menor for sua frequência, mais grave

ele soar, portanto menor será sua altura. Ressalte que no dia-a-dia o termo “altura de um som” é utilizado de outra forma. Cotidianamente, dizemos que um som é alto quando seu volume, sua intensidade, é grande.

Figura A – Representação de um som agudo

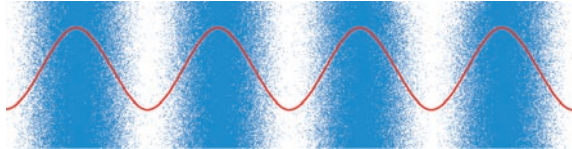
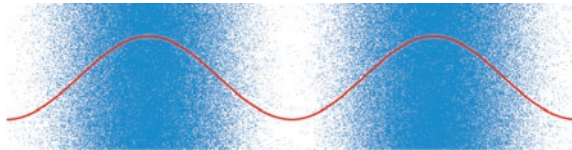


Figura B – Representação de um som grave



Pode-se agora aprofundar a formalização dos conceitos de frequência e amplitude. Para isso, faça a análise das Figuras A e B. Procure propor aos alunos, como atividade em grupo, a leitura dos elementos das figuras ou sua representação na lousa, discutindo-as com toda a turma. Para auxiliar a leitura e a análise da figura, sugerimos as seguintes questões:

Em cada uma das figuras estão apresentadas duas representações da onda sonora: uma em azul e outra em vermelho. Descreva com suas palavras a relação entre elas.

1. Qual delas é melhor para representar uma onda? Por quê?
2. Quais as diferenças e semelhanças entre as duas ondas sonoras representadas pelas figuras A e B?
3. Comparando as ondas representadas nas figuras A e B, você pode identificar a mais aguda? Justifique.

A primeira questão trabalha a competência de leitura e a utilização da linguagem gráfica.

Ressalte que cada representação traz aspectos diferentes do mesmo fenômeno. Assim, o que determina se uma é melhor que a outra são justamente os dados que elas fornecem. Por exemplo, para uma análise quantitativa, a representação em vermelho é mais adequada, pois podemos comparar a intensidade das amplitudes em cada posição da onda. Entretanto, para uma análise fenomenológica, a representação em azul é mais indicada, já que ela permite visualizar diretamente a compressão e rarefação do ar. Ou seja, as diferentes representações nos auxiliam na leitura e no entendimento daquilo que estudamos.

Já na segunda questão, o objetivo é levar os alunos a perceber que as ondas têm amplitudes iguais e frequências diferentes. Para a resposta da terceira questão, é preciso elaborar a hipótese de que as duas ondas se propagam no mesmo meio, ou seja, suas velocidades são iguais. Pode-se também retomar a fórmula $v = \lambda \cdot f$ e verificar que quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência.

Como veremos, a intensidade de um som está ligada à sua amplitude, enquanto a altura está ligada à sua frequência. Ao se trabalhar todos os elementos de uma onda, essas distinções tornam-se claras. É preciso ressaltar que as figuras apresentadas até agora representam sons de uma única frequência. Neste ponto, pode-se obter uma diferença objetiva entre ruído e som musical. Quando um objeto vibra de forma desordenada, ele produz um som que é a mistura de um número muito grande de frequências. A frequência pode então ser uma medida objetiva utilizada para categorizar os sons. Assim, o som produzido por esta vibração desordenada é chamado de ruído, como o barulho de um trovão ou de um ronco. Isso pode ser visto na Figura 3. É interessante pedir aos alunos que façam a representação gráfica de um ruído. Sugira a eles que escolham determinado ruído e façam o gráfico correspondente. A idéia aqui não é que ele represente exatamente como seria a onda formada por um espirro, por exemplo; pretende-se que ele represente o ruído como um conjunto irregular, desordenado de vibrações, algo como apresentado na parte superior da Figura 3.

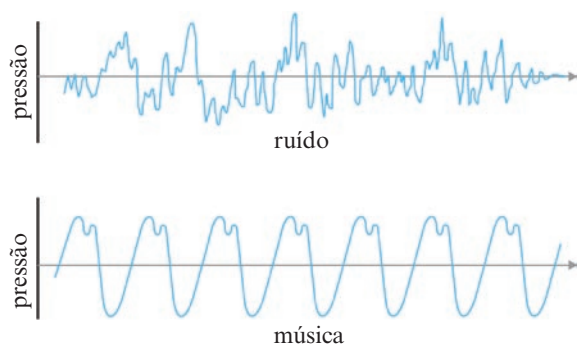


Figura 3 – Ruído e música

Neste momento, é possível fazer uma problematização importante, que posteriormente pode ser explorada nas discussões seguintes, sobre harmônicos e timbre. Pergunte aos alunos como eles acham que seria a onda sonora emitida por um violão. *Será que os sons musicais são do tipo que desenhamos até agora? Serão tão simples assim?* A idéia é que um instrumento musical também pode produzir grande número de freqüências; contudo a diferença é que os sons musicais utilizam apenas algumas dentre as inúmeras freqüências possíveis. Essas freqüências, estabelecidas por convenção, constituem as notas musicais. Assim, uma nota musical pura tem sempre a mesma freqüência, qualquer que seja o instrumento que a produz. Apresente uma escala musical, revelando a freqüência de cada nota. Caso haja algum aluno músico na sala, peça a ele que a toque.

Quando dizemos que um instrumento está desafinado, significa dizer que ele está produzindo freqüências diferentes pertencentes a uma escala convencional. Afinar um instrumento significa então ajustá-lo de modo a emitir ondas sonoras com essas determinadas freqüências. Não é simples falar de escala musical. Existe uma complexidade relacionada às freqüências que determinam os intervalos musicais, tons, semitons etc. A idéia é apenas apresentar aos alunos a relação entre freqüência e altura.

Discuta agora a relação da onda com a energia que ela carrega. Utilize o exemplo do volume para apresentar outra característica ondulatória importante: a amplitude. Nossos ouvidos percebem claramente diferenças de intensidade, de modo que facilmente podemos classificar um som como muito ou pouco intenso. Isso ocorre quando mexemos no botão de volume de um aparelho de som. Essa característica está associada à amplitude da onda. Assim, é possível compreender o uso inadequado dos termos “som baixo” e “som alto” no dia-a-dia, já que a altura está, no âmbito da Física, relacionada à freqüência. O que cotidianamente chamamos de som “baixo ou alto” corresponde ao volume da onda sonora, que tem relação com sua intensidade. A relação entre intensidade e amplitude pode ser discutida por meio do exemplo de alguns instrumentos musicais. Pergunte aos alunos o que se deve fazer para produzir um som mais intenso (mais alto, na linguagem cotidiana) quando se toca um atabaque ou um pandeiro. É fácil perceber que para modificar a intensidade do som produzido é preciso utilizar mais energia no momento de tocá-los. Da mesma forma, para que um som mais intenso seja gerado em um violão, é necessário tanger suas cordas com mais força, aumentando assim seus deslocamentos, liberando então mais energia. Assim, é possível associar as mudanças na intensidade de uma onda com a quantidade de energia utilizada em sua produção¹.

Figura C – Som intenso

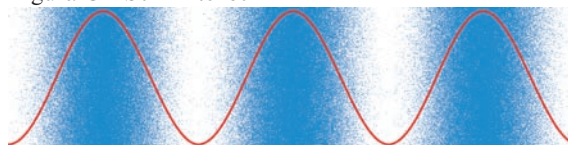
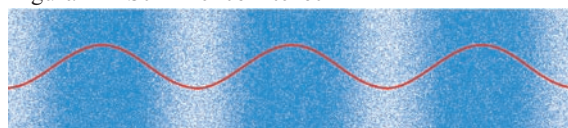


Figura D – Som menos intenso



¹ Em um aparelho eletrônico, como um teclado, para produzir um som mais intenso é preciso mexer no botão de volume, que simplesmente faz com que o circuito elétrico do aparelho tenha sua potência de saída aumentada.

Como feito anteriormente, aprofunde a formalização dos conceitos apresentados por meio da análise das Figuras C e D. Para auxiliar a leitura gráfica, mostre aos alunos as representações dessas duas ondas e peça a eles que identifiquem semelhanças e diferenças. A idéia é fazer com que eles identifiquem que ambas têm a mesma frequência, mas possuem amplitudes diferentes. Por meio da análise da figura, eles devem concluir que amplitude maior significa compressão e descompressão maiores. Isso fica claro quando se compara as relações entre as representações em azul e em vermelho. Após esta análise inicial, peça a eles que indiquem qual desses sons é o mais intenso.

A partir deste momento, há condições de apresentar aos alunos os fenômenos de reflexão, refração e difração de ondas mecânicas. Cite exemplos cotidianos, como o uso do ultra-som para gerar imagem de fetos, que trabalha a reflexão e a refração do som.

Encaminhando a continuidade

Nas Situações de Aprendizagem seguintes serão analisados alguns instrumentos musicais. Como serão utilizados instrumentos caseiros, sugerimos que eles sejam montados antecipadamente, para garantir o bom andamento das aulas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 FAZENDO UM SOM

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: caracterização física de sons musicais; princípios físicos no funcionamento de instrumentos musicais; escalas musicais, harmônicos, timbre; ressonância sonora.

Competências e habilidades: explicar, reproduzir, avaliar e controlar a emissão de sons por instrumentos musicais e outros sistemas; reconhecer o princípio de funcionamento de alguns instrumentos; relacionar mudanças em parâmetros físicos, como velocidade, tensão e comprimento, com as variações sonoras.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo ou demonstrativas; leitura do roteiro de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe; utilização de linguagens gráficas e algébricas na análise de propriedades sonoras em instrumentos musicais.

Recursos: roteiro de atividade para discussão em grupo; materiais diversos para construção de instrumentos musicais artesanais (ver relação no roteiro).

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor, e de seu envolvimento na realização e análise dos experimentos; avaliar sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; avaliar a compreensão do aluno ao relacionar sons produzidos por instrumentos musicais a características físicas, como altura, harmônicos; avaliar o uso de gráficos e relações matemáticas na solução de problemas que envolvem propriedades de sons em instrumentos musicais.

Objetivo / Contexto

Nesta Situação de Aprendizagem, a idéia é que os alunos reconheçam a relação entre

alguns fenômenos ondulatórios e os sons musicais, bem como sua influência no funcionamento de determinados instrumentos musicais.

Roteiro 4 – Fazendo um som

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

Violão genérico

Material: 50 cm de fio de *nylon*, dois lápis ou pregadores de roupa, uma lata de leite em pó ou achocolatado.

Mãos à obra!

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

Xilofone de água

Material: Diversas garrafas, ou copos de vidro, de mesmo tamanho e formato; água; corante alimentício.

Mãos à obra!

Coloque diferentes volumes de água nas garrafas. O corante tornará mais fácil

a diferenciação visual dos níveis de água. Agora, soprando por cima do gargalo da garrafa, faça vibrar o ar em seu interior. Você também pode fazer isso batendo na garrafa, ou nos copos, com uma colher ou um lápis. Toque o xilofone e disponha as garrafas de modo a obter uma ordem crescente de freqüências.

Gaita genérica

Material: Uma mangueira flexível com ranhuras (conduite) de 80 cm de comprimento.

Mãos à obra!

Segure uma ponta da mangueira com uma das mãos e comece a girá-la sobre sua cabeça. Fazendo variar a velocidade, pode-se obter freqüências diferentes, produzindo sons diferentes.

Mini-atabaque genérico

Material: Papelão interno de um rolo de papel-toalha, uma bexiga, elásticos.

Mãos à obra!

Segure, com uma das mãos, a bexiga esticada (como a pele de um tambor) numa extremidade do rolo e prenda-a com vários elásticos, para não deixá-la escapar. Agora é só usar os dedos para efetuar a percussão na bexiga. Experimente deixá-la mais esticada ou menos esticada para variar a sonoridade.

Encaminhando a ação

Inicie falando sobre os diferentes instrumentos musicais. Faça perguntas do tipo: *Vimos anteriormente que a altura de um som está ligada à sua frequência. Então, em um instrumento musical, como um violão, como se deve fazer para emitir uma nota mais aguda? E uma mais grave?* Retome a idéia de que uma nota musical tem frequência bem determinada, independentemente do instrumento que a emite. *Sendo assim, por que conseguimos diferenciar o som do violão do som do piano?* Tais perguntas criam o ambiente para a demonstração dos instrumentos caseiros.

Faça uma das atividades² e discuta a fórmula matemática que relaciona a frequência da onda com o comprimento e a tensão na corda do violão, como está descrito a seguir. Ao explicar o que ocorre quando se tange a corda de um violão, tem-se um bom momento para falar de interferência. Este fenômeno, tipicamente ondulatório, é abordado na maioria dos livros didáticos. A interferência é importante para a compreensão do que acontece nas cordas do violão, já que ocorre a formação de ondas estacionárias, também tratadas nos livros didáticos. O objetivo é explicar aos alunos o que acontece no violão. Uma extremidade de sua corda está presa na tarraxa (lado esquerdo de

quem toca), enquanto a outra extremidade está presa próxima à boca do violão (lado direito de quem toca). Assim, apenas algumas ondas com frequências bem determinadas podem se formar nas cordas. Como as extremidades das cordas são fixas, qualquer onda que se forme deverá sempre ter nodos nas extremidades, ou seja, nesses pontos não há oscilação. Logo, as ondas produzidas ao se tanger as cordas interferem com as ondas refletidas nas extremidades, originando ondas estacionárias para determinadas frequências, chamadas de frequência de ressonância³.

Assim, utilize o violão genérico para falar sobre as características envolvidas na altura de uma nota. Como um berimbau, um cavaquinho ou um violão, temos aqui o caso de uma corda, de comprimento L e densidade linear μ (massa por unidade de comprimento), presa em seus extremos. Esta corda é mantida esticada por uma certa força T , que pode ser variada à vontade.

Ao tanger a corda, pulsos ondulatórios começam a se propagar, afastando-se da região de perturbação inicial com uma velocidade dada por: $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. Note que a velocidade dos pulsos depende da tensão aplicada e da densidade da corda, mas não depende da intensidade com que ela é tangida.

² Sugerimos que comece pelo violão genérico.

³ A ressonância, fenômeno tipicamente ondulatório, pode ser mais bem explorada ao se falar de timbre, como será feito posteriormente.

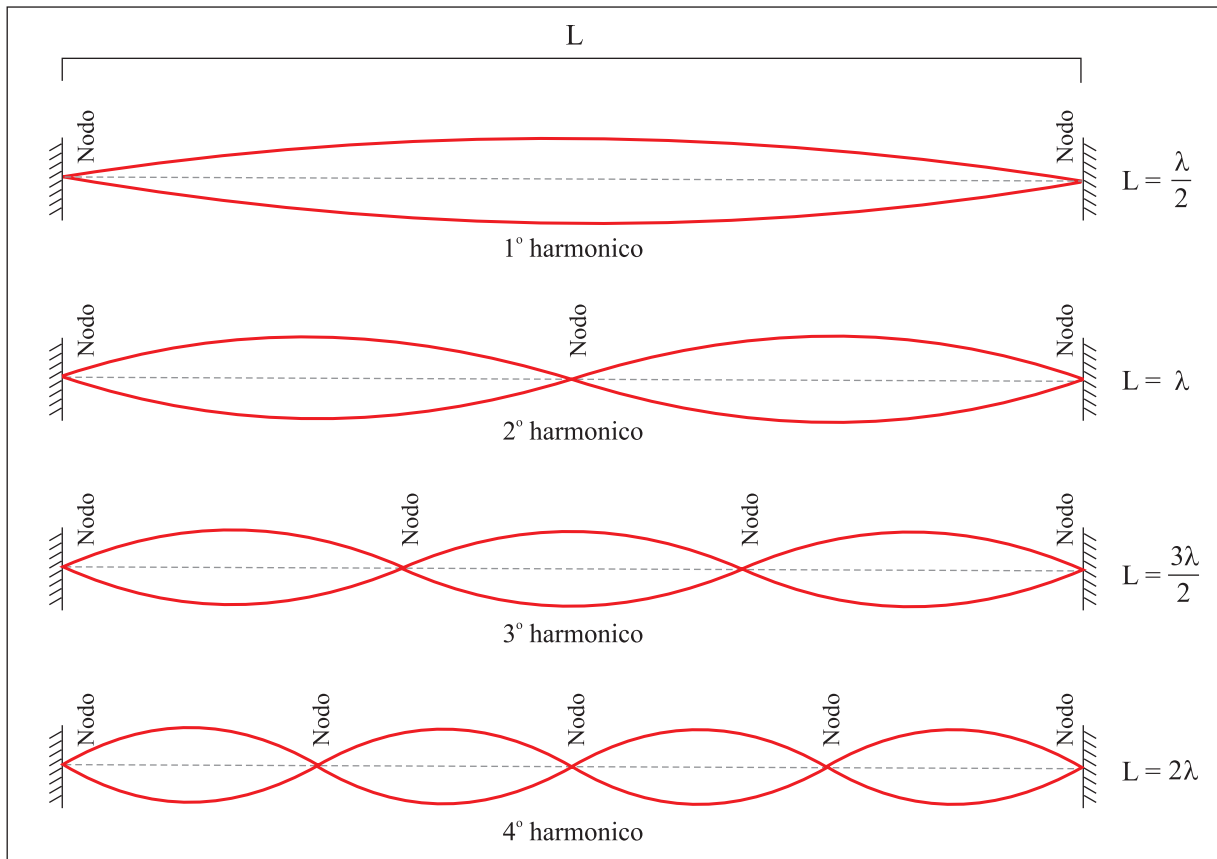


Figura 4 – Representação das harmônicas em uma corda fixa nas extremidades

O fato de as extremidades estarem fixas gera uma condição de contorno na qual a onda estacionária é, matematicamente, a única forma estável possível de vibração para a corda. Assim, entre todas as formas imagináveis de ondas estacionárias, só aquelas cujos nós estejam nas extremidades são possíveis, chamadas de harmônicos ou frequências naturais de vibração do sistema. Como qualquer um dos harmônicos é produzido na mesma corda, todos possuem a mesma velocidade de propagação. Além disso, cada um dos harmônicos possíveis tem uma frequência que é um múltiplo da frequência do primeiro harmônico, também chamado de harmônico fundamental. Como $v = \lambda \cdot f$, logo o harmônico fundamental tem frequência $f_1 = \frac{v}{2L}$. Assim, para qualquer outro harmônico n , temos que $f_n = n \cdot \frac{v}{2L}$. Por fim, como $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, temos que

$f_n = \frac{n}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. Essa relação matemática também é encontrada nos mais variados livros de Física. Faça com que o aluno estabeleça relação entre a representação da Figura 4 e a equação da determinação das frequências dos harmônicos.

Use o violão genérico para ilustrar o que ocorre quando se muda apenas a tensão na corda. Faça a tensão variar e mostre como a altura das notas muda. Essa é a função da cravelha no violão. Aumentando a tensão na corda, produzirá notas mais agudas. Quando um violonista deseja produzir notas mais agudas, ele também pode fazer variar o comprimento da corda. Para isso, ele muda a posição dos dedos, trazendo-os para mais perto da boca do instrumento, de modo que estes passam a ser uma extremidade fixa, diminuindo o valor de L . A outra forma de variar a frequência é

mudando a densidade linear das cordas. Para isso, utilizam-se cordas mais grossas, que produzem notas mais graves que as mais finas.

A fim de aprofundar o estudo da Física dos instrumentos musicais e, ao mesmo tempo, desenvolver competências de leitura em seus alunos, proponha, como atividade para casa, que eles procurem em livros didáticos as representações das harmônicas e da equação das frequências das fundamentais de outros instrumentos apresentados na Situação de Aprendizagem 4 (o xilofone de água como um tubo aberto em uma extremidade e a gaita como tubo aberto nas duas extremidades). Assim, da mesma forma que foi feito com os instrumentos de corda, peça que expliquem a relação entre as diferentes representações.

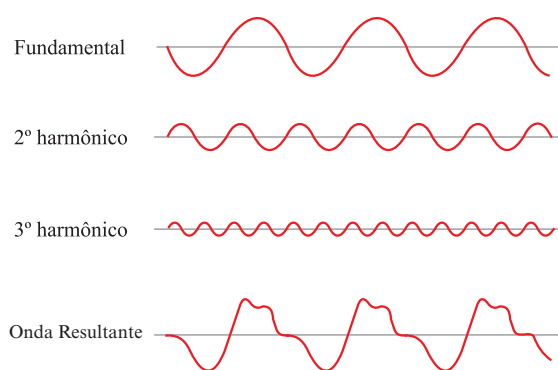


Figura 5 – Representação da soma de amplitudes de diferentes harmônicos

Retome a pergunta feita no início das discussões: *Se cada nota pura emite a mesma frequência, como distinguimos um cavaquinho de uma flauta doce?* Podemos facilmente distinguir um mesmo som quando produzido por instrumentos diferentes. Essa diferença se deve a uma característica chamada timbre, uma espécie de assinatura, identidade de cada instrumento musical, de cada fonte sonora. Ao superpormos as amplitudes dos diferentes harmônicos à amplitude da frequência fundamental, gera-se uma onda irregular cheia de cristas e vales. Assim, na Figura 5, a última onda representa justa-

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

Por fim, apresente aos alunos outro fenômeno ondulatório: a ressonância. Inicie falando sobre as vibrações forçadas: pegue um celular e coloque-o no modo em que ele somente vibra. Segure-o pela mão e ponha-o a vibrar. Certamente, ninguém conseguirá ouvi-lo. A seguir, faça a mesma coisa, mas apóie-o sobre a mesa. Facilmente ele poderá ser ouvido (esta experiência será mais bem realizada caso você possa trocar o celular por um diapasão). Isso ocorre porque o tampo da mesa é forçado a vibrar com o celular. Como sua superfície é mais extensa, ela colocará uma maior quantidade de ar para vibrar, aumentando a intensidade do som. Ou seja, o tampo da mesa foi forçado a vibrar. Logo, o corpo de um instrumento musical, como o violão, é uma caixa de ressonância.

A ressonância está presente na maioria dos livros didáticos, trabalhe com aquele que preferir para preparar sua aula. Este é um tema bastante rico e extenso. As idéias e sugestões aqui apresentadas devem ser trabalhadas de acordo com a realidade de cada turma. Vale dizer que o tempo pode ser um oponente de “peso” nesta atividade. Uma forma de contornar isso pode ser levar um material com expressões, fórmulas matemáticas, definições, conceitos fundamentais e ilustrações já prontas e distribuí-lo em gru-

pos para que os alunos acompanhem toda a atividade e não gastem tempo desnecessário copiando da lousa.

Encaminhando a continuidade

Nas duas últimas aulas desse tema, serão discutidos os processos de audição e os problemas ocasionados pela poluição

sonora. Assim, distribua antecipadamente o roteiro da Situação de Aprendizagem 5, que será uma entrevista com médicos otorrinolaringologistas e órgãos públicos de fiscalização, como PSIU ou INMETRO. Peça aos alunos que as entregue na aula seguinte. A partir dessa atividade, você poderá iniciar a próxima aula e fechar o tema sobre o som.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 UMA ENTREVISTA DO BARULHO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: problemas do cotidiano que envolvem conhecimento de propriedades dos sons; elementos que compõem o sistema de audição humana; os limites de conforto e a relação com os problemas causados pela poluição sonora.

Competências e habilidades: explicar o funcionamento da audição humana para monitorar limites de conforto, deficiências auditivas e poluição sonora; reconhecer e argumentar sobre problemas decorrentes da poluição sonora para a saúde humana, e possíveis formas de controlá-los.

Estratégias: atividade de organização dos conhecimentos a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em um grande grupo.

Recursos: roteiro de atividade para entrevista; lista com fontes de especialista e especialidades para a realização da atividade.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor, e de seu envolvimento na realização e análise da entrevista com especialista; avaliar sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; avaliar a compreensão do aluno sobre o funcionamento básico da audição e dos diferentes problemas relacionados à poluição sonora.

Objetivo / Contexto

Nesta Situação de Aprendizagem, a ideia é que os alunos compreendam como se dá o funcionamento básico da audição e que possam levantar

e discutir os diferentes problemas relacionados à poluição sonora, bem como seus direitos e deveres como cidadãos. Se houver tempo, as perguntas presentes no Roteiro 5 podem ser obtidas a partir de uma discussão prévia com os alunos.

Roteiro 5 – Uma entrevista do barulho

A Organização Mundial de Saúde (OMC) estima que maioria da população mundial esteja regularmente exposta a índices de ruído acima da intensidade adequada para a manutenção de uma vida saudável. Centenas de milhões de pessoas são afetadas pela poluição sonora, que cresce cada vez mais com o estilo de vida moderno. Há uma grande preocupação por parte das autoridades com relação à poluição do ar, que vem estabelecendo níveis de emissões cada vez mais baixos e impondo menores índices de poluentes para os veículos. Contudo, a poluição sonora vem sendo negligenciada. A partir deste cenário, você deverá entrevistar especialistas que se dedicam a esse tema (médicos, organizações não-governamentais, órgão públicos de fiscalização, como INMETRO e PSIU, advogados etc.). Faça perguntas como:

Ao otorrino:

- 1) Como ouvimos os sons?
- 2) O que causa a perda auditiva?
- 3) O hábito de ouvir música com o volume alto pode comprometer a audição?
- 4) Quais são os tipos de prevenção para quem é obrigado a trabalhar em lugares barulhentos?
- 5) Se uma pessoa passar por um período de descanso em um ambiente tranquilo, sem ruídos, após entrar em contato com um barulho muito intenso, de 90 decibéis, por exemplo, pode se recuperar do dano?
- 6) Ouvir “MP3 player” pode deixar alguém surdo?

- 7) Quais são os efeitos da poluição sonora sobre a saúde humana?
- 8) Quais doenças estão associadas ao excesso de exposição a sons muito intensos?
- 9) Como posso saber se estou com algum problema auditivo?
- 10) Quais as recomendações para se ter uma audição sadia?

Aos Órgãos públicos, ONGs e advogados:

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

Essas são perguntas que devem guiar sua entrevista, mas faça quaisquer outras que quiser. Após a realização da atividade, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu. Além das questões acima, o relatório deve conter o nome do entrevistado, o local em que trabalha e a função que desempenha. Entregue uma cópia da entrevista que realizou ao seu professor.

Encaminhando a ação

A atividade pressupõe a realização de uma entrevista com especialistas. Caso avalie que ela está fora das possibilidades da turma, substitua-a por uma consulta a outras fontes. Para tanto, indique o uso da biblioteca da escola, do bairro, do centro comunitário etc.

A consulta à internet, com orientação de sites específicos e adequados, pode ser outra opção.

Inicie a aula perguntando aos alunos quanto tempo ouvem música por dia, se o volume é intenso, se existe ruído perto de suas casas etc. A idéia é criar um ambiente propício a relatos das entrevistas feitas. Escolha grupos que en-

trevistaram especialistas diferentes. Aproveite as entrevistas feitas com órgãos públicos para falar sobre os direitos e, principalmente, os deveres que todos temos como cidadãos no que diz respeito ao som. Com base nas entrevistas com médicos, reforce os cuidados que devemos tomar para manter uma audição sadia. Comece, a partir do que foi dito pelos médicos, a discutir a Física necessária para a compreensão do processo auditivo. A orelha (antes chamada de ouvido) é um órgão extremamente sensível, que capta os sons do meio exterior e traduz essa informação para o cérebro. Todo o processo de captação sonora se dá de maneira mecânica. Os alunos já viram que o som é a energia se propagando através de um meio elástico, como o ar. Os detalhes do processo de interpretação

da audição podem ser facilmente encontrados na maioria dos livros didáticos.

Ao discutir a audição, é interessante trabalhar com os alunos o espectro sonoro. Um ouvido normal consegue ouvir uma faixa de frequências que varia aproximadamente entre 20 e 20000 Hz. Espécies diferentes percebem os sons de modo diferente, tal que alguns animais podem ouvir o que nós, humanos, não conseguimos, como cães e morcegos. Como a orelha é um órgão extremamente sensível, ela pode captar sons com enormes diferenças de intensidade, desde a queda de uma agulha no chão até o barulho do motor de um avião. Para medir o nível de intensidade sonora (β), utiliza-se, então, o decibel (dB).

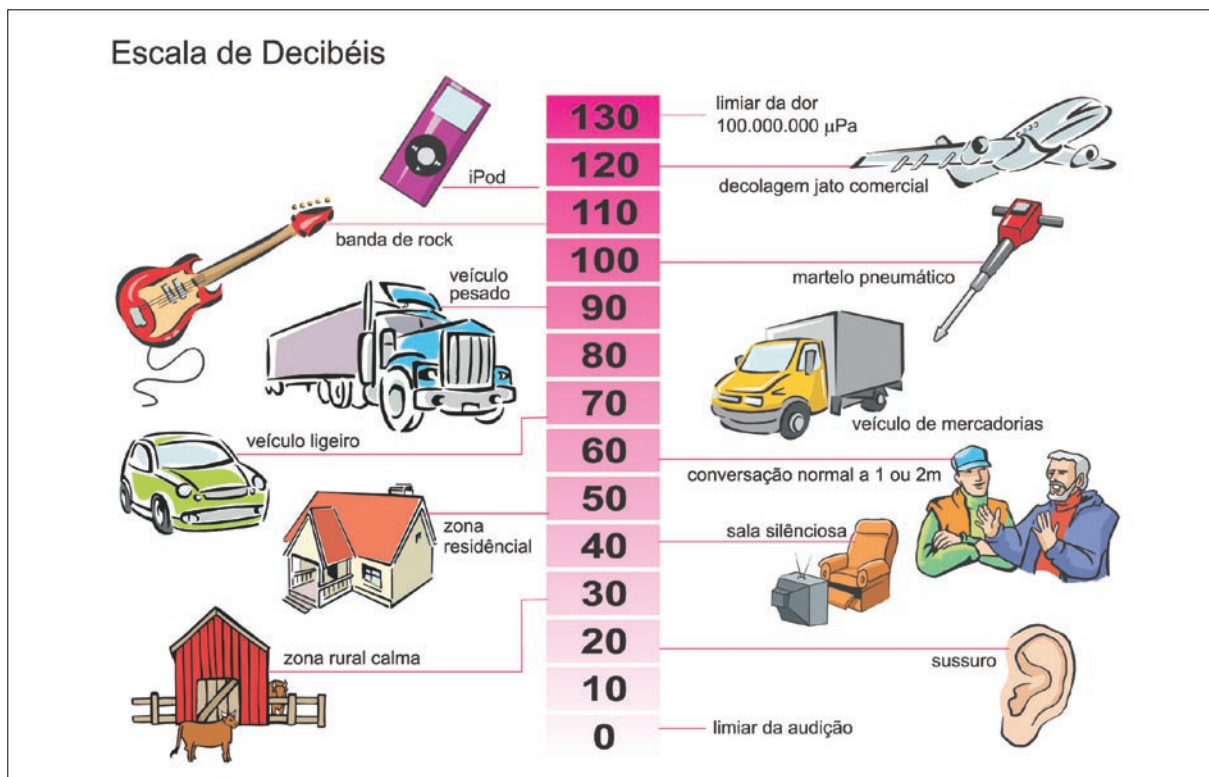


Figura 6 – Escala decibéis

Para o fechamento do tema, retome a pergunta inicial, sobre barulho e música. *Será possível fazer música com barulho?* A idéia é mostrar que toda música também precisa de

ritmo e melodia, características subjetivas, altamente influenciadas pela cultura. Variações culturais originam ritmos diferentes, que podem agradar a alguns e desagradar a outros.

GRADES DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DAS SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

Situação de Aprendizagem	Indicadores de Aprendizagem
1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Em situação que envolve diferentes sons, músicas e ruídos, perceber que há diferença entre o processo físico do som e a sensação de agradável e desagradável que ele nos causa em função do gosto pessoal.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Apresentar relatório de síntese da entrevista com o músico, contendo repostas às questões propostas. ▶ Identificar o fenômeno sonoro como resultado da compressão e descompressão do ar. ▶ Descrever e interpretar representações de sons realizadas através de esquemas e gráficos da pressão atmosférica em função do espaço. ▶ Identificar amplitude, frequência, comprimento de onda e velocidade como características e propriedades físicas das ondas sonoras e compreender as relações entre elas.
3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Discriminar sons altos e baixos produzidos por instrumentos musicais e outras fontes sonoras e identificá-los a diferentes frequências. ▶ Descrever e interpretar representações de sons de diferentes alturas por meio de esquemas e gráficos. ▶ Calcular frequência de som utilizando a equação que a relaciona com velocidade de propagação e comprimento de onda.
4	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Analisar sons produzidos por instrumentos de cordas, por meio de parâmetros como tensão, densidade e comprimento dos fios. ▶ Relacionar as representações gráficas e matemáticas dos harmônicos em instrumentos musicais. ▶ Calcular e representar por esquemas as frequências harmônicas ou naturais de vibração de instrumentos musicais. ▶ Identificar que a diferença entre sons de diferentes instrumentos é dada pelo timbre.
5	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Buscar informações de especialistas para aquisição de conhecimentos específicos sobre o funcionamento da audição humana e a poluição sonora. ▶ Reconhecer a diminuição da acuidade sonora com a idade, representada por gráficos e esquemas. ▶ Ler gráficos e esquemas que revelam a intensidade sonora de situações do cotidiano. ▶ Tecer argumentos sobre problemas decorrentes da poluição sonora.

PROPOSTA DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO RELATIVAS AO TEMA

1. As frequências mais altas captadas pelo ouvido humano estão por volta de 20.000 Hz. A esta frequência, qual é o comprimento de onda do som no ar? Já os sons mais baixos que o ser humano pode escutar estão na faixa de 20 Hz. Neste caso, qual será o comprimento de onda do som no ar?

Podemos considerar a velocidade do som como 340 m/s. Sendo assim, temos que: Sons mais altos: $y = \lambda \cdot f$, logo: $\lambda = \frac{340}{20000}$. Assim, para a frequência maior, $\lambda = 0,017 \text{ m}$. Sons mais baixos: $v = \lambda \cdot f$, logo: $\lambda = \frac{340}{20}$. Assim, para a frequência menor, $\lambda = 17 \text{ m}$.

2. Em um violão, pode-se alterar três parâmetros de suas cordas: 1 – comprimento da corda; 2 – espessura ou massa da corda; e 3 – tensão na corda. Assim, explique o que pode ser feito quando se deseja baixar e aumentar a altura de uma nota variando esses parâmetros.

A fórmula matemática que relaciona esses parâmetros com a altura das notas é $f_n = \frac{n}{2L} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu}}$. Logo, temos que:

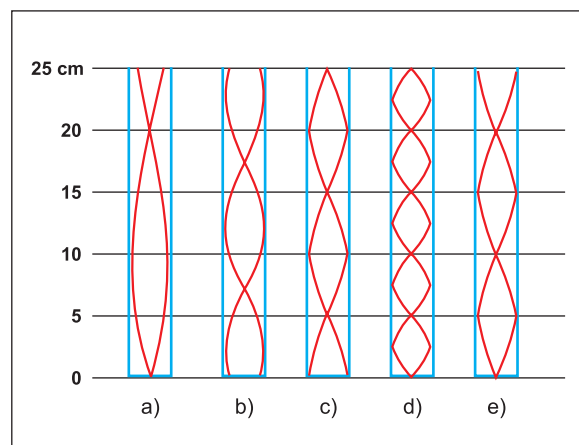
Para aumentar a altura (notas mais agudas) é necessário aumentar a frequência. Assim, para 1 – diminuir o comprimento da corda; 2 – colocar uma corda mais fina; 3 – aumentar a tensão na corda.

Para diminuir a altura (notas mais graves), é necessário diminuir a frequência. Assim, para 1 – aumentar o comprimento da corda; 2 – colocar uma corda mais grossa; 3 – diminuir a tensão na corda.

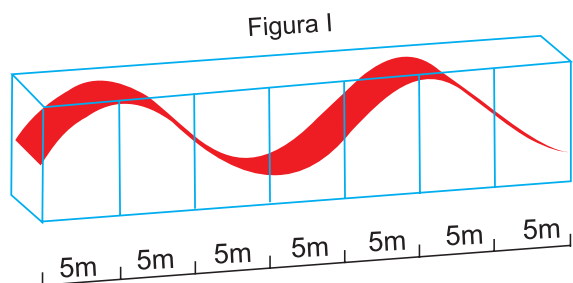
3. Por que, ao voar, o pernilongo emite um som agudo e o beija-flor emite um som grave?

O aluno deve notar que a altura dos sons emitidos pelo pernilongo e pelo beija-flor está associada à frequência com que batem suas asas. Assim, por emitir um som mais agudo, a frequência com que o pernilongo bate suas asas é muito maior que a do beija-flor (a saber: a frequência do pernilongo é de 15kHz e a do beija-flor é de 80 Hz).

4. (Fuvest) Um músico sopra a extremidade aberta de um tubo de 25 cm de comprimento, fechado na outra extremidade, emitindo um som na frequência $f=1.700 \text{ Hz}$. A velocidade do som no ar, nas condições do experimento, é $v=340\text{m/s}$. Dos diagramas abaixo, aquele que melhor representa a amplitude de deslocamento da onda sonora estacionária, excitada no tubo pelo sopro do músico, é:



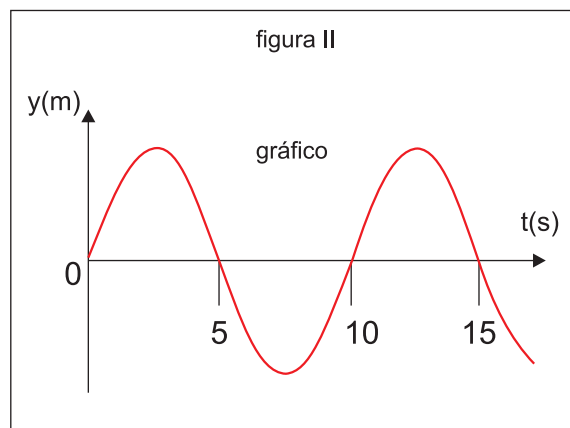
Para tubos como o da figura, temos que $f_n = n \frac{v}{4L}$. Logo, $1700 = n \frac{340}{4(0,25)}$. Assim, $n = 5$, que corresponde à alternativa e



5. (Fuvest) Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite visualizar, na superfície da água, uma onda que se propaga. A Figura I representa o perfil de tal onda no instante T_0 . Durante sua passagem, uma bóia, em dada posição, oscila para cima e para baixo e seu deslocamento vertical (y), em função do tempo, está representado no gráfico (Figura II). Com essas informações, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade, aproximadamente, de

- a) 2,0 m/s.
- b) 2,5 m/s.

- c) 5,0 m/s.
- d) 10 m/s.
- e) 20 m/s.



Pela figura I pode-se ver que $\lambda = 20m$, e pela figura II temos que $T = 10s$.

Assim, como $v = \lambda f$ e $\lambda = \frac{v}{f}$, temos que: $v = \frac{20}{10}$; ou $v = 2m/s$.

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno é fazer com que os estudantes possam entender o som por meio do entendimento de suas propriedades ondulatórias. A partir das características físicas das ondas mecânicas, como frequência, amplitude e velocidade, são feitas aplicações no funcionamento de instrumentos musicais, nas músicas em geral e na percepção auditiva. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos quatro devem ser garantidas para a continuidade de estudos:

- ▶ Diferenciar ruído de som musical.
- ▶ Caracterizar ondas mecânicas, por meio de conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação e ressonância, a partir de associações com diferentes características de sons musicais e sons cotidianos.
- ▶ Relacionar mudanças em parâmetros físicos, como velocidade, tensão e comprimento, às variações sonoras.

- Reconhecer problemas decorrentes da poluição sonora para a saúde humana e argumentar sobre possíveis formas de controlá-la.

Caso essas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos algumas Situações de Recuperação.

Desenvolvimento de uma atividade experimental

O aluno deverá ele mesmo construir os instrumentos sonoros genéricos apresentados no roteiro 4. A partir disso, ele deverá relacionar os sons por eles emitidos com as diferentes fórmulas matemáticas que explicitam as frequências dos diferentes tipos de instrumentos.

Seleção de questões

Selecione pelo menos duas questões propostas em cada um dos três temas acima e refaça-as 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 a audição e a poluição sonora

Peça ao aluno que elabore uma pesquisa sobre o funcionamento da orelha, associando-o às características ondulatórias discutidas em sala de aula. Da mesma forma, peça a ele que pesquise sobre os efeitos da poluição sonora no organismo.

TEMA 2 – LUZ: FONTES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Grande parte das informações que obtemos do mundo chegam até nosso cérebro por meio dos processos envolvidos na visão. Por meio de nossos olhos, captamos sinais luminosos que, traduzidos e decodificados pelo cérebro, permitem uma percepção do mundo em suas mais diversificadas formas, cores e significados. Por outro lado, com o auxílio de instrumentos, desde os mais simples como lupas até os mais sofisticados como grandes telescópios, temos acesso tanto ao mundo do muito pequeno, dos microrganismos e células, como do muito distante, das estrelas e galáxias no Universo.

Para o entendimento de inúmeros fenômenos naturais e equipamentos tecnológicos, bem como da forma como construímos nossas representações sobre o mundo, é preciso compreender como a luz é produzida, se propaga e interage com a matéria.

Tais conhecimentos fazem parte da Óptica e permitem responder questões como: *De onde vem a luz? Como é produzida? Como se propaga? Como se formam as imagens em espelhos ou lentes? Como ocorre o processo da visão?*

Apresentação da proposta

Nesse bimestre trataremos de uma parte do estudo da luz, enfocando especialmente fenômenos e conceitos relacionados à Óptica Geométrica. Serão discutidas e analisadas situações que se referem à descrição da trajetória da luz ao atravessar diferentes meios. O estudo da propagação da luz será feito com base em alguns postulados simples, de modo que não sejam necessárias grandes discussões sobre a natureza da luz. Fundamentalmente, serão estudados os fenômenos da reflexão, por meio da análise dos espelhos, e da refração da luz, por meio do estudo das lentes.

Nesse sentido, diferente do que muitas vezes se faz no ensino desta parte da Física, o traçado dos raios de luz não deve ser entendido como algo real, com significado próprio, mas apenas como uma ferramenta para a compreensão do processo de formação de imagens.

Para iniciar o estudo, a Situação de Aprendizagem 6 propõe um levantamento acerca de elementos, situações, fenômenos e processos que podem ser associados à visão e à luz, criando assim o cenário ideal para o tratamento do tema. Com o intuito de compreender a formação de imagens, será apresentado o modelo de propagação retilínea da luz, estabelecendo relações geométricas entre o objeto e sua imagem. Para isso, a Situação de Aprendizagem 7 será dedicada à construção de uma câmara escura. Nas Situações de Aprendizagem 8 e 9, será trabalhado o fenômeno da reflexão da luz, por meio do estudo dos espelhos. De modo semelhante, a Situação de Aprendizagem 10 tratará da refração com a aplicação em óculos de correção dos defeitos de visão.

Conhecimentos priorizados

O estudo da Óptica começará por discussões que envolvam a formação de imagens e, conseqüentemente, a trajetória da luz em diferentes meios. Fenômenos corriqueiros, como a obtenção de uma imagem aumentada quando se olha em um espelho côncavo, a percepção de que um objeto imerso na água encontra-se acima de sua posição real, bem como o entendimento de diversos problemas de visão, podem ser compreendidos por meio do estudo da Óptica Geométrica.

Competências e habilidades

Pretende-se, ao longo do desenvolvimento do tema, promover as seguintes habilidades e

competências diante de um fenômeno envolvendo visão:

1. Identificar a fonte de luz como o elemento fundamental
2. Reconhecer e utilizar modelo da propagação retilínea para interpretar fenômenos que envolvem espelhos e lentes
3. Elaborar hipóteses, organizar e interpretar resultados de observações e experimentos envolvendo luz
4. Ler guias de experimentos e construir arranjos que possibilitam a análise de fenômenos como a reflexão e a refração da luz
5. Ler, articular e utilizar símbolos, diagramas, gráficos e equações em situações que envolvem fenômenos luminosos
6. Reconhecer em situações do cotidiano sistemas que envolvem refração e reflexão da luz, identificando as principais características desses fenômenos.

Metodologia e estratégias

Uma vez que os princípios e conceitos básicos desse tema são encontrados na maioria dos livros didáticos, temos como estratégia principal atividades práticas a serem realizadas em sala de aula.

Conforme descrito na apresentação da proposta, parte-se de uma atividade inicial de sensibilização, onde são feitos levantamentos acerca de fenômenos, processos e objetos envolvendo a luz, com base nos quais o professor pode propor trocas de informações e conhecimentos iniciais, problematizá-los e sistematizá-los.

Além da realização de experimentos, também são propostas pesquisas, elaboração de relatórios-síntese, exposição oral, participação em discussões.

Nessas atividades, tão importante quanto apreender os conceitos envolvidos, é a participação dos alunos de modo que compreendam o objetivo da atividade, o significado dos materiais e procedimentos envolvidos, a criação de hipóteses iniciais a serem verificadas posteriormente, a interpretação, comparação e debate sobre os resultados obtidos. Assim, sugere-se que sempre que possível o professor apresente questões para a reflexão e avaliação da prática realizada, que estimule o trabalho solidário em equipe, ao mesmo tempo que avalie o aprendizado individual de cada aluno.

Avaliação

Em todas as Situações de Aprendizagem propostas neste material, 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. Para isso, para além de avaliar produtos e resultados, é importante que esteja atento e acompanhe os processos: de que forma encaminharam e realizaram as atividades, como as relataram, registraram ou sistematizaram, onde foram buscar informações para pesquisa e como foram apresentadas, a quais conclusões chegaram, como explicam as respostas a questões ou exercícios propostos para avaliação etc.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 VENDO O MUNDO

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: situações, fenômenos e processos que envolvam a luz e a visão; fontes luminosas e detetores.

Competências e habilidades: identificar objetos, sistemas e fenômenos que envolvam a produção de luz e instrumentos ligados à visão no cotidiano; reconhecer a importância da classificação desses elementos, identificando critérios adequados para o estudo de fenômenos luminosos.

Estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de uma discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em um grande grupo.

Recursos: roteiro da atividade visando identificar fontes de luz e equipamentos/instrumentos ligados à visão.

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos, bem como sua capacidade de organizá-las em categorias em função de características inferidas.

Objetivo / Contexto

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é levantar elementos que possibilitem a introdu-

ção do estudo da Óptica. Para que esse estudo seja significativo para os alunos, eles deverão listar diferentes elementos, situações, fenômenos e processos que envolvam a luz e a visão.

Roteiro 6 – Vendo o mundo

Grande parte das informações que temos do mundo nos chega por meio da luz. A visão tem papel fundamental na construção de nosso universo particular. *Mas o que é a luz? Como vemos as coisas?* Estas e outras perguntas serão respondidas ao longo do tratamento desse tema. São inúmeros os fenômenos que envolvem a luz e, pouco a pouco, você tomará contato com eles. Inicialmente, é preciso reconhecer algumas características que estão presentes quando falamos de luz. Assim, discuta com os outros integrantes do grupo as questões abaixo.

- 1) Quais coisas produzem luz?
- 2) Quais coisas emitem luz?
- 3) Quais coisas são sensíveis à luz?
- 4) Quais coisas bloqueiam a luz?
- 5) Quais coisas permitem a passagem da luz?

Terminada a discussão, o grupo deve eleger 20 “coisas” (entre instrumentos, situações, fenômenos e processos) associadas à luz e à visão.

Encaminhando a ação

Nesta primeira aula sobre luz e imagens, a idéia é atrair e motivar os alunos para o estudo. Inicie propondo que façam o levantamento das “coisas” que associam à visão e à luz. Em seguida, vá anotando no quadro o que os alunos listaram e, se necessário, colabore.

Após este levantamento inicial, distribua aos grupos o roteiro da Situação de Aprendizagem 6 e peça a eles que a façam. Ao término do tempo de realização da tarefa (cerca de 15 min.), peça a eles que digam as “coisas” que

listaram e vá anotando-as na lousa, complementando o levantamento inicial. Com esse levantamento, é possível criar uma classificação, evidenciando assim características essenciais que podem ser compreendidas por meio da Óptica. Sugerimos quatro grandes categorias:

- 1) Produtores ou fontes de luz.
- 2) Refletores (que devolvem luz).
- 3) Refratores (que deixam passar luz).
- 4) Absorvedores (que transformam energia luminosa em outras formas de energia).

Produtores ou fontes de luz	Refletores	Refratores	Absorvedores
Lâmpada	Espelho	Lente	Filme fotográfico
Sol	Lua	Atmosfera	Objetos escuros
Fogo	Objetos	Vidro	Plantas
Flash	Tela de cinema	Água	Atmosfera
Vela	Vidro	Óculos	

É possível estabelecer outras formas de classificação. As categorias aqui sugeridas permitem uma investigação fenomenológica dos processos que as nomeiam, possibilitando o entendimento de diferentes instrumentos ópticos e fenômenos que envolvem a luz. A categoria “Produtores ou fontes de luz”, por exemplo, permite iniciar a discussão sobre o processo de visão, trabalhando a idéia de que nossos olhos são sensíveis à luz, assim como nossas orelhas são sensíveis ao som – conforme visto anteriormente. Dessa forma, caso não haja nenhuma fonte emitindo luz, não há nada que nossos olhos possam captar. Para enxergar é preciso que os objetos sejam luminosos ou iluminados, ou seja, eles devem emitir ou refletir a luz para que possam ser vistos.

Sistematize com os alunos essa classificação, construindo um quadro coletivo que possa ser retomado em diferentes momentos pela turma ao longo do tratamento desse tema.

Encaminhando a continuidade

Após a Situação de Aprendizagem 6, distribua o Roteiro da Situação de Aprendizagem 7, que será a construção de uma câmara escura. Peça aos alunos que tragam o material para sua confecção na aula seguinte. Peça que tragam caixas de papel de tamanhos variados. A partir desta nova atividade, você poderá iniciar a próxima aula e continuar a discussão acerca da formação de imagens.

AVISO: Nesta e em outras atividades ao longo das próximas aulas, será utilizada uma vela acesa para criar a imagem a ser projetada. Oriente os alunos a manuseá-la com responsabilidade. Avalie a possibilidade de utilizar esse material com segurança. Caso contrário, utilize uma lanterna e ilumine um objeto qualquer.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 A CÂMARA ESCURA

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdo e temas: processos de formação de imagem e propagação retilínea da luz; relação entre tamanhos e distâncias do objeto e da imagem em uma câmara escura.

Competências e habilidades: ler e executar procedimentos experimentais; analisar e elaborar hipóteses sobre resultados experimentais; associar as características de obtenção de imagens a propriedades físicas da luz para explicar a qualidade das imagens produzidas; utilizar adequadamente a relação matemática que expressa a relação entre tamanhos e distâncias de objeto e imagem em uma câmara escura.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução do experimento; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: roteiro de atividade experimental e para discussão em grupo; material para atividade experimental (ver relação no roteiro).

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor, e de seu envolvimento na realização e análise dos experimentos; avaliar sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; avaliar a compreensão do aluno sobre a formação da imagem em função de parâmetros como distância do objeto e tamanho do furo.

Objetivo Contexto

Por meio desta Situação de Aprendizagem será possível discutir o processo de formação de ima-

gens. A partir do uso de uma câmara escura, os alunos poderão compreender, por exemplo, o funcionamento de máquinas fotográficas e a formação da imagem na retina, no processo da visão.

Roteiro 7 – A câmara escura

Material: Uma caixa de papelão com tampa (pode ser de sapatos), fita-crepe, cartolina preta, papel vegetal, papel-alumínio, tesoura, alfinete, vela, fósforos.

Mãos à obra!

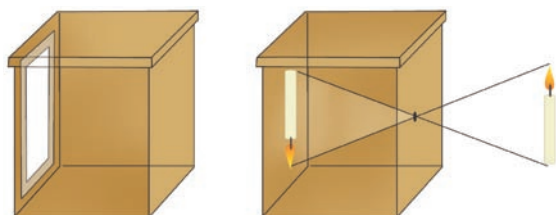


Figura 7 Câmara escura

Forre a caixa de papelão com a cartolina preta, inclusive a tampa. Corte, no centro de uma de suas faces, um pequeno quadrado, como se fosse uma janela. Cubra-o então com um pedaço de papel-alumínio. Com um alfinete, faça um pequeno furo no centro do papel-alumínio. Na face diametralmente oposta, recorte um quadrado de 10 ou 15 cm de lado, na mesma direção do furo. “Tampe” esse buraco com um pedaço de papel vegetal, fixando-o com a fita-crepe. Para garantir que a luz entre na caixa somente por seu orifício, vede todas suas emendas com fita-crepe. Pronto, está feita a câmara escura. Acenda a vela e observe sua imagem

formada na câmara. Para isso, basta olhar a face com o papel vegetal. *Como é a imagem que você viu? O que tem de diferente em relação à vela? Como você explica a imagem observada?* Agora, apóie sua câmara sobre a mesa e faça o que se pede abaixo:

1. Coloque a vela em uma determinada distância em relação à sua câmara e anote-a. Veja o tamanho da imagem e anote-a também.
2. Agora, aproxime a vela da câmara. Veja o que acontece com o tamanho da imagem. Anote os valores da nova distância e do novo tamanho da imagem.
3. Repita o que fez anteriormente, desta vez afastando a vela da câmara.
4. Troque sua câmara escura por outra, com tamanho diferente. Coloque-a nas mesmas distâncias que usou anteriormente e anote os tamanhos das imagens.
5. Relacione o tamanho da imagem com as dimensões da câmara escura e o seu distanciamento da vela.
6. Aumente o furo da câmara que você construiu e descreva as mudanças que observa. O que ocorre com a nitidez da imagem? Como você explica isso?

Encaminhando a ação

Comece retomando um pouco da aula anterior, discutindo a idéia de que para vermos alguma coisa é necessário que ela esteja emitindo ou refletindo a luz. Após essa discussão, disponha os alunos em pequenos grupos (de até cinco integrantes) e peça que realizem a montagem da câmara escura. Caso avalie que o tempo previsto de uma aula não seja suficiente, proponha a atividade na aula anterior e peça aos alunos que tragam parte da montagem pronta.

Ainda que seja bastante simples, ajude-os na montagem, reforçando que a luz deve entrar na câmara somente pelo orifício feito com o alfinete. É interessante fazer com que os alunos elaborem hipóteses acerca da quantidade de luz que entra na câmara através do orifício. Antes de realizarem o que é pedido no item 6, peça a eles que discutam o que deve ocorrer com a imagem quando o tamanho do furo variar. A idéia aqui é fazer com que percebam a necessidade de controlar a entrada de luz. Muita luz faz com que a imagem fique mais intensa, contudo perde-se a nitidez. Pouca luz gera uma imagem mais nítida, contudo menos intensa. Assim, a quantidade de luz no interior da câmara é essencial para determinar a qualidade da imagem. Posteriormente, os alunos terão oportunidade de ver o papel de uma lente, para ajustar o foco da imagem. Assim, ainda que não seja o objetivo agora, essa discussão pode ser retomada nas próximas Situações de Aprendizagem, a fim de discutir profundamente os processos de formação de imagens.

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

É preciso ficar claro que este modelo de propagação retilínea permite estabelecer relações geométricas entre os tamanhos do objeto, da câmara escura e da imagem. Diferentemente do que tradicionalmente se faz no ensino desta parte da Física, o traçado dos raios de luz não tem significado próprio, ou seja, não deve ser entendido como algo real. É apenas uma ferramenta para a compreensão do processo de formação de imagens.

Processos análogos ocorrem em câmaras fotográficas e também em nossa retina. Faça os alunos notarem que existem semelhanças entre o olho humano e a máquina fotográfica. O intuito é que eles percebam a existência de três elementos essenciais para a formação da imagem: um orifício que regula a entrada da luz, uma lente para focalizar a luz e produzir uma imagem nítida, e um elemento capaz de registrá-la. Nos olhos, tais elementos são a íris, o cristalino e a retina. Assim, discuta com os alunos, apresentando as semelhanças e diferenças entre a câmara escura, a câmara fotográfica e o olho.

Discuta a relação geométrica com os alunos. Tomando os devidos cuidados, pode-se chegar à relação $\frac{o}{d_o} = \frac{i}{d_i}$, onde O é o tamanho do objeto, d_o é sua distância até o orifício, i o tamanho da imagem e d_i é a profundidade da câmara.

A maioria dos livros didáticos traz exemplos do funcionamento do olho e da câmara fotográfica. Utilize o que considerar melhor para preparar suas aulas.

Encaminhando a continuidade

As Situações de Aprendizagem 8 e 9 trabalharão a reflexão da luz. Serão utilizados espelhos planos e esféricos, ponteiros *laser* ou lâmpadas. Procure dispor do material antecipadamente. Por se tratar de uma atividade experimental, é necessário que ela seja testada anteriormente, para que seja possível checar eventuais problemas em sua montagem e execução.

SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM 8 E 9 REFLETINDO

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdo e temas: propriedades da luz na reflexão em superfícies planas e esféricas; leis da reflexão em espelhos planos e esféricos; formação de foco e de imagens em espelhos planos e esféricos.

Competências e habilidades: ler e executar procedimentos experimentais; analisar e elaborar hipóteses sobre resultados experimentais; identificar e utilizar adequadamente a expressão matemática que expressa a relação entre distâncias de objeto, sua imagem e o foco, em espelhos planos e esféricos; associar as características de obtenção de imagens a propriedades físicas da luz, em situações que envolvem espelhos planos e esféricos.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo, leitura do guia de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Recursos: roteiro de atividade experimental e para discussão em grupo; material para atividade experimental (ver relação no roteiro).

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor, e de seu envolvimento na realização e análise dos experimentos; avaliar sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; avaliar a compreensão do aluno sobre as leis da reflexão em superfícies planas e esféricas e sobre a formação de imagens.

Objetivo / Contexto

O objetivo destas Situações de Aprendizagem é trabalhar com os alunos a reflexão da luz. Para isso, serão usados espelhos planos e esféricos. O intuito é relacionar o que for observado nos experimentos com fatos corriqueiros do dia-a-dia, como as diferenças na imagem quando refletida por diferentes espelhos.

AVISO: Estas atividades utilizam uma ponteira laser. oriente os alunos para que não focalizem o laser nos olhos, pois isso pode ser prejudicial à visão.

Roteiro 8 – Refletindo: espelhos planos

Espelhando (o espelho mágico)

Material: Uma lâmina de vidro, uma folha de papel, lápis, régua, dois objetos idênticos (duas borrachas, duas velas etc.).

Mãos à obra!

Coloque a folha de papel sobre a mesa. No centro da folha, segure a lâmina de vidro por um de seus lados, deixando-a perpendicular ao plano da folha. Coloque um dos objetos a 10 cm de distância da lâmina.

Cuidadosamente, sem movimentar a lâmina, coloque o outro objeto exatamente na posição da imagem que você vê refletida na lâmina de vidro. Ou seja, faça com que o objeto que você coloca agora atrás da lâmina fique superposto à imagem que você observa. Agora, meça a distância a que este objeto se encontra da lâmina.

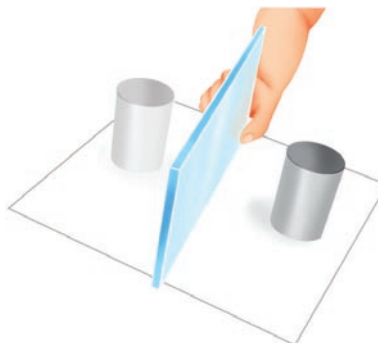


Figura 8 – Reflexão na lâmina de vidro.

Roteiro 9 – Refletindo: espelhos esféricos

Montagem dos espelhos esféricos caseiros

Material: Folha de papel laminado; um pote redondo com diâmetro entre 15 a 20 cm (de sorvete, margarina etc.) ou cano de PVC cortado, tesoura, cola em bastão ou fita adesiva dupla face.

Mãos à obra!

Corte o pote ao meio, como mostra a Figura 9. Uma metade será utilizada para a confecção do espelho côncavo, e a outra, para o convexo.



Figura 9 Montagem dos espelhos esféricos caseiros: pote de sorvete cortado ao meio

Para o espelho côncavo, basta colar uma tira da folha de papel laminado na parte interna do pote. Faça isso utilizando a fita dupla face. Cuide para que o papel laminado fique o menos enrugado possível.

Para o espelho convexo, basta fixar a tira de papel laminado na superfície externa da outra metade do pote. Mais uma vez, certifique-se de não deixar qualquer ruga no papel.

Espelhos esféricos: Observando o foco do espelho côncavo

Material: Um espelho côncavo caseiro, folha de papel, lanterna ou *laser*.

Mãos à obra!

Coloque o espelho sobre uma folha de papel. Ligue a lanterna e incida a luz na superfície espelhada. Observe o que ocorre com os raios de luz refletidos. *Você pode perceber algum ponto na folha bem mais iluminado que outros? Por que será que isso ocorre?*

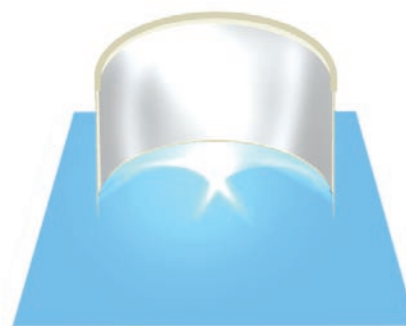


Figura 10 Montagem dos espelhos esféricos caseiros: espelho côncavo

Espelhos esféricos: “Observando” o foco do espelho convexo

Material: Um espelho convexo caseiro, folha de papel, lanterna ou *laser*.

Mãos à obra!

Coloque o espelho sobre uma folha de papel. Ligue a lanterna e incida a luz na superfície espelhada. Observe o que ocorre com os raios de luz refletidos. *Como eles estão distribuídos? É possível imaginar de onde eles estão saindo?*

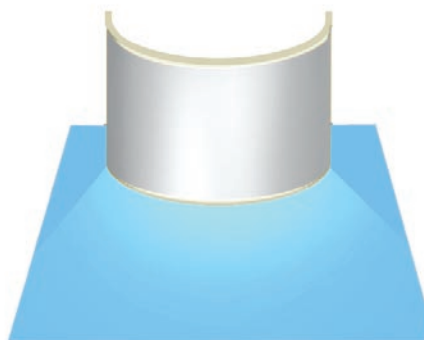


Figura 11 Montagem dos espelhos esféricos caseiros: espelho convexo

Encaminhando a ação

As atividades aqui apresentadas devem, preferencialmente, ser realizadas pelos alunos. Por se tratar de experimentos de baixo custo, não se tem a precisão desejada. Contudo, o principal, como o foco dos espelhos esféricos, pode ser facilmente percebido. Ajude-os a construir seus espelhos. O maior cuidado a ser tomado é no momento de colar o papel laminado. Deve-se evitar criar rugosidades, a fim de diminuir a dispersão. Quanto mais liso ficar, melhor será a reflexão. O material sugerido é o mais barato e acessível possível. Contudo, pode-se buscar alternativas a fim de melhorar o aparato, como usar um pedaço de perfil de alumínio (utilizado para fazer acabamentos em paredes). Como pode ser polido, seu grau de reflexão é extremamente superior ao do papel laminado. Caso avalie que o tempo previsto não será suficiente, proponha a atividade na aula anterior e peça aos alunos que tragam a montagem dos espelhos pronta.

Os espelhos aqui construídos são, na verdade, cilíndricos. Mas, para fins didáticos, podem ser usados para o tratamento dos espelhos esféricos, visto que estes estão presentes em quase todos os livros didáticos. Espelhos esféricos podem ser facilmente encontrados no merca-

do. Lojas baratas (artigos de R\$ 1,99) costumam ter espelhos côncavos a preços acessíveis. Os convexas podem ser encontrados em lojas especializadas em ciclismo.

Comece a aula a partir de fatos vivenciados no dia-a-dia e que estejam associados ao tema. A maioria dos livros didáticos traz inúmeras questões que podem servir de subsídio para esse início. A idéia é discutir as imagens formadas por espelhos planos. Com o primeiro experimento, geralmente encontrado à venda com nome de “espelho mágico”, pode-se perceber que a distância da imagem em relação ao espelho é igual à do objeto em relação ao espelho. Ele também evidencia que um vidro reflete e, ao mesmo tempo, deixa passar luz. Então, um espelho comum nada mais é do que uma lâmina de vidro com uma camada de material refletor, que impede a transmissão e amplia a reflexão da luz.

Quanto ao estudo dos espelhos esféricos, sugerimos o uso das aulas 12 e 13. Esta primeira aula sobre o tema deverá ser dedicada à construção dos espelhos. Por serem caseiros, os alunos devem voltar sua observação para a formação dos focos, por meio de uma avaliação qualitativa sobre suas características, como convergência e divergência.

Inicie a aula se remetendo a coisas que os alunos vêem no dia-a-dia. Espelhos côncavos são usados como espelhos de aumento, entre outras coisas para maquiagem. Já os espelhos convexos formam imagens menores, aumentando assim a região observada pela reflexão. Logo, são utilizados em portas de ônibus, elevadores, garagens e bicicletas. Se possível, traga pelo menos um espelho “profissional” de cada tipo para a aula, a fim de que eles possam ver as ampliações e reduções, visto que com o espelho caseiro que construíram isso é quase impossível.

Esta segunda parte sobre o tema deverá ser dedicada à exploração quantitativa e à observação das características das imagens obtidas com espelhos esféricos. Como a qualidade dos espelhos caseiros é baixa, deverá ser utilizado um espelho côncavo para a realização de uma atividade demonstrativa simples para encontrar sua distância focal.

Para isso, utilize um espelho “profissional” e uma vela acesa. Projete na parede a imagem da vela e, anotando as distâncias entre ela, o espelho e a imagem, obtenha o foco do espelho pela fórmula da conjugação: $\frac{1}{p} \pm \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$. Em lojas que produzem artigos para banheiros, é possível comprar somente o espelho côncavo⁴. Nesta atividade, explore a relação entre a posição do objeto e as respectivas características da imagem formada (distância, orientação e tamanho).

Encaminhando a continuidade

A Situação de Aprendizagem 10 irá trabalhar a refração da luz. Serão utilizadas diferentes lentes “caseiras” e ponteiros *laser*. Assim, procure dispor do material antecipadamente. Por se tratar de uma atividade experimental, é necessário que ela seja testada anteriormente, para que seja possível checar eventuais problemas em sua montagem e execução.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10 REFRATANDO

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo e temas: propriedades da luz na mudança de meios transparentes; leis da refração; formação de imagens nas mudanças de meio; características do olho humano e defeitos da visão.

Competências e habilidades: ler e executar procedimentos experimentais; analisar e elaborar hipóteses sobre resultados experimentais; associar características de obtenção de imagens a propriedades da luz nos meios materiais transparentes; identificar a mudança da imagem de objetos quando da mudança de meios materiais; explicar a correção dos problemas da visão, como miopia e hipermetropia, por meio do uso de lentes convergentes e divergentes; ler e representar em esquema gráfico os fenômenos da refração, utilizando raio de luz.

Estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

⁴ Em uma pesquisa de preço realizada em março de 2008, um espelho côncavo médio custava R\$ 30,00.

Recursos: roteiro de atividade experimental e para discussão em grupo; material para atividade experimental (ver relação no roteiro).

Avaliação: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades, em termos de sua postura em relação aos colegas e ao professor, e de seu envolvimento na realização e análise dos experimentos; avaliar sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

Objetivo / Contexto

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é apresentar aos alunos a refração. Com as atividades propostas, pode-se facilmente perceber a mudança de trajetória

sofrida pela luz ao passar por diferentes meios materiais. Com isso, pode-se entender o funcionamento das lentes e como adequar seu uso à correção de diferentes problemas de visão e à construção de diferentes instrumentos ópticos.

Roteiro 10 – Refratando

Montagem das lentes caseiras

Material: Régua (30cm) de silicone, duas caixas plásticas de CD, tesoura, cola instantânea, água.

Mãos à obra!

1 – Construindo

Inicialmente, corte a régua na direção de seu comprimento separando-as em duas metades com 30 cm cada. Uma metade será utilizada para a construção da lente convergente, e a outra, para a lente divergente. Pegue a parte de cima da caixa de CD (a caixa precisa ser das mais antigas, que são mais profundas): ela será a base de sua lente. Corte uma das metades da régua ao meio, obtendo dois pedaços de 15 cm cada. Posicione-os no meio da caixa, curve-os cuidadosamente, como mostra a figura, e cole-os na base. Basta esperar a cola secar e encher o vão entre as régulas com água. Aí está sua lente convergente (Figura 12).

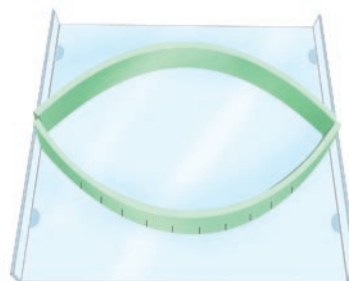


Figura 12 Montagem dos espelhos esféricos caseiros: lente convergente

Para a confecção da lente divergente, basta fazer a mesma coisa, mas colando as régulas curvadas para fora, como mostra a figura. Encha-a com água e terá sua lente divergente (Figura 13).

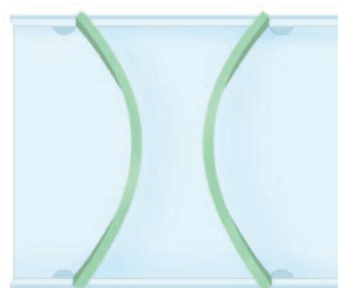


Figura 13 Montagem dos espelhos esféricos caseiros: lente divergente

2 – Convergiendo

Material: Uma lente convergente caseira, uma folha de papel, duas ponteiros laser.

Mãos à obra!

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

3 – Divergindo

Material: Uma lente divergente caseira, uma folha de papel, duas ponteiros laser.

Mãos à obra!

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

Encaminhando a ação

Da mesma forma que a anterior, a Situação de Aprendizagem 10 torna-se mais interessante quando realizada pelos alunos. O maior cuidado a ser tomado é com relação à vedação, impedindo que a água saia do recipiente que forma a lente. Por ser um material caseiro, de baixo custo, perde-se muito a definição. Contudo, pode-se facilmente perceber que um tipo de lente converge os raios para um único ponto enquanto outro tipo de lente os faz divergir. Os materiais sugeridos foram os mais baratos e mais acessíveis possível. Contudo, esteja à vontade para usar a criatividade e melhorar o aparato.

A primeira aula sobre refração deve ser dedicada à sensibilização acerca do tema e à produção das lentes. Esta aula pode ser iniciada pela apresentação de exemplos tradicionalmente tratados na maioria dos livros didáticos. Eles podem ser utilizados para promover discussões sobre a refração, motivando os alunos a entenderem o que ocorre. Por exemplo, associe a primeira atividade à imagem “quebrada” de uma colher quando parcialmente imersa em um copo d’água, ou à percepção da imagem de um objeto submerso acima de sua posição real.

Uma atividade demonstrativa interessante e motivadora consiste em colocar um tubo de vidro em um copo com glicerina. Como o índice de refração do vidro é muito próximo do da glicerina, a luz desvia-se muito pouco, de modo que à medida que o tubo vai sendo imerso ele começa a “desaparecer”. Trata-se de um efeito surpreendente que pode ser usado para iniciar as discussões sobre as mudanças na trajetória da luz.

Na aula seguinte, os alunos deverão analisar qualitativamente as observações feitas com as lentes caseiras. Facilmente eles poderão perceber a convergência e a divergência dos feixes de *laser* ao passar pelas lentes. Após isso, sugerimos que sejam iniciadas discussões acerca dos problemas de visão. Propomos então a realização de uma atividade demonstrativa interessante, que simula o funcionamento do olho. Ela deve ser feita com uma lente convergente “profissional” e uma vela acesa. Pode ser utilizada uma lupa, instrumento facilmente encontrado, a preços bastante acessíveis. Faça variar a distância relativa entre a lente e o anteparo, associando a perda de nitidez aos diferentes problemas de visão. A miopia corresponde à formação da imagem “antes” do anteparo,

necessitando assim do uso de uma lente divergente para a sua correção. Na hipermetropia, a imagem se formar “**atrás**” do anteparo, e a correção é feita com uma lente convergente. Tente “corrigir” as imagens obtidas nestes casos com os óculos dos alunos.

Este tema permite entender o funcionamento dos mais diferentes instrumentos ópticos,

como câmeras fotográficas, lunetas, telescópios, microscópios etc. Em diversos *sites* na internet e em livros didáticos, há sugestões de atividades experimentais e aprofundamentos teóricos. Caso haja tempo, trabalhe-os com os alunos, associando-os ao uso das diferentes lentes. Este tópico de Óptica Geométrica é facilmente encontrado na maioria dos livros didáticos. Utilize aquele que achar melhor para preparar suas aulas.

GRADES DE AVALIAÇÃO DOS PRODUTOS DAS SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

Situação de Aprendizagem	Indicadores de Aprendizagem
6	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar objetos, sistemas e fenômenos que envolvem luz e classificá-los, utilizando os seguintes critérios: a) Produtores ou fontes de luz; b) Refletores (que devolvem luz); c) Refratores (que deixam passar luz); e d) Absorvedores (que transformam energia luminosa em outras formas de energia). ▶ Apresentar tabela que revela resultados da classificação.
7	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construir câmera escura utilizando o guia de construção. ▶ Analisar e elaborar hipóteses sobre as imagens obtidas na tela da câmera escura. ▶ Identificar a propagação retilínea da luz como modelo explicativo para os resultados obtidos. ▶ Associar as características das imagens às propriedades físicas da luz para explicar a qualidade das imagens produzidas. ▶ Representar por esquemas a propagação retilínea da luz no interior de uma câmara escura. ▶ Utilizar adequadamente a relação matemática que expressa a relação entre tamanhos e distâncias de objeto e imagem em uma câmara escura.
8 e 9	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construir espelhos esféricos (côncavos e convexos) utilizando procedimentos de construção apresentados em um guia. ▶ Analisar e elaborar hipóteses sobre resultados experimentais que evidenciam a reflexão da luz em espelhos. ▶ Representar por esquemas de raios de luz os fenômenos da reflexão em espelhos planos e esféricos. ▶ Utilizar adequadamente a relação matemática que expressa a relação entre distâncias de objetos, sua imagem e o foco em espelhos planos e esféricos.

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer no cotidiano situações que envolvem espelhos planos, côncavos e convexos, identificando propriedades características de cada um
10	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Construir lentes convergente e divergente utilizando os procedimentos de construção apresentados. ▶ Analisar e elaborar hipóteses sobre resultados experimentais que evidenciam a refração da luz em lentes. ▶ Representar por esquemas de raios de luz os fenômenos da refração em lentes convergentes e divergentes. ▶ Descrever e representar por esquemas a correção de problemas de visão, como miopia e hipermetropia, com a utilização de lentes.

PROPOSTA DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO RELATIVAS AO TEMA

1. H.G.Wells foi um escritor inglês, pioneiro da ficção científica, que escreveu *O homem invisível*. Discuta a possibilidade de este personagem enxergar.

Se ele é invisível, significa que seu índice de refração é o mesmo do ar. Assim, a luz passa por ele sem sofrer desvio, não interagindo desta forma com seu sistema óptico.

2. Explique por que espelhos côncavos são usados em salões de beleza e espelhos convexos são empregados para a segurança de estabelecimentos comerciais, como bancas de revista e lojas de conveniência.

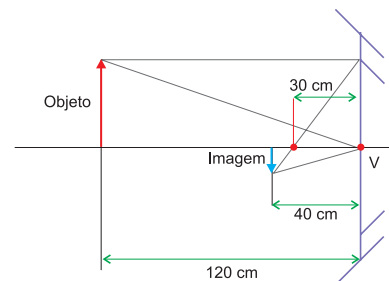
Como os espelhos côncavos ampliam a imagem, eles são úteis quando se deseja maquiagem uma pessoa ou, por exemplo, retirar cravos em uma limpeza de pele. Já os espelhos convexos, por reduzir a imagem, aumentam o campo de visão, permitindo maior controle visual do que ocorre no interior de estabelecimentos comerciais.

3. (Fuvest) A imagem de um objeto forma-se a 40 cm de um espelho côncavo com distância focal de 30 cm. A imagem formada situa-se sobre o eixo principal do espelho, é real, invertida e tem 3 cm de altura.

- a) Determine a posição do objeto.
- b) Construa o esquema referente à questão representando objeto, imagem, espelho e raios utilizados e indicando as distâncias envolvidas.

a) $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$ Substituindo os valores, temos $f = 120\text{cm}$.

b)



4. Ao abrimos os olhos embaixo d'água, as imagens perdem a nitidez. Contudo, ao colocarmos óculos de mergulho, podemos ver tudo nitidamente. Explique fisicamente por que isso ocorre.

Ao estarmos imersos na água, a nitidez das imagens muda, pois o sistema óptico responsável por focar a luz em nossa re-

tina muda. Ao colocarmos os óculos, temos uma camada de ar entre os olhos e a superfície da água, fazendo com que a refração ocorra quase como quando estamos fora da água, tornando as imagens nítidas novamente.

5. A lupa é uma lente de faces convexas geralmente usada como “lente de aumento”.

Usando uma lente desse tipo, é possível queimar papel em dia de Sol. Como se explica esse fato?

A lente faz com que os raios converjam para um só ponto, de modo que a intensidade da luz e o calor concentrados nesse ponto sejam suficientes para queimar o papel.

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

As Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno se referem à descrição da trajetória da luz ao atravessar diferentes meios. O principal objetivo é fazer com que os estudantes associem as características de obtenção de imagens a propriedades físicas da luz. Assim, eles poderão entender a reflexão e a qualidade das imagens produzidas em superfícies planas e esféricas, bem como a mudança da imagem de objetos quando da mudança de meios materiais. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos quatro devem ser garantidas para a continuidade de estudos:

- ▶ Identificar objetos, sistemas e fenômenos que envolvam a produção de luz e instrumentos ligados à visão no cotidiano.
- ▶ Explicar a reflexão da luz e a qualidade das imagens produzidas em superfícies planas e esféricas.
- ▶ Associar as características de obtenção de imagens a propriedades da luz nos meios materiais transparentes.
- ▶ Ser capaz de entender o uso de lentes convergentes e divergentes para a correção dos

diferentes problemas de visão e a construção de instrumentos ópticos.

Caso essas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos algumas Situações de Recuperação.

Desenvolvimento de uma atividade experimental

O aluno deverá refazer os experimentos dispostos nos roteiros 8, 9 e 10.

Seleção de questões

Selecione pelo menos duas questões propostas em cada um dos três temas acima e refaça-as 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 o uso de lentes nos instrumentos ópticos

Peça ao aluno que elabore uma pesquisa acerca do funcionamento dos diferentes instrumentos ópticos (luneta, telescópio, microscópio, câmara fotográfica etc.).

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

Nos *sites* e livros abaixo existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas. É preciso ressaltar que no *site* do NuPIC estão disponíveis uma série de vídeos com a elaboração de todas as montagens experimentais sugeridas para este bimestre, bem como uma série de sons e textos que podem auxiliá-lo na elaboração e execução das Situações de Aprendizagem propostas.

PROFIS. Espaço de apoio, pesquisa e co-operação de professores de Física. Disponível em: <http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 20 jun. 2008.

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

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

Laboratório Virtual de Óptica, que permite simulações, criações de situações e experimentos virtuais sobre Óptica Geométrica.

AMALDI, Ugo. *Imagens da Física*. São Paulo: Scipione, 1992

Livro pertencente à “Biblioteca do Professor”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a sistematização das várias etapas das Situações de Aprendizagem relacionadas ao tema Som: fontes, características físicas e usos, terminamos o tema referente ao som e às ondas mecânicas. Os conceitos e fenômenos trabalhados serão fundamentais para o próximo bimestre, no qual trataremos abordaremos a luz e as ondas eletromagnéticas.

Fazendo uso do modelo de propagação retilínea da luz, o estudo a as discussões acer-

ca da luz possibilitaram a compreensão dos fenômenos cotidianos relacionados à refração e à reflexão. Com a sistematização das Situações de Aprendizagem relacionadas ao tema, terminamos a parte inicial do estudo de Óptica. Na continuação do estudo dos fenômenos luminosos, o próximo tema será dedicado à Óptica Física, no qual diferentes aspectos da interação da luz com a matéria serão abordados, permitindo assim aprofundar o conhecimento acerca da natureza da luz.