



caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



ensino médio
2ª SÉRIE
volume 3 - 2009





GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas Pedagógicas
Valéria de Souza

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

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

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

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghislaine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo, Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

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

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

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghislaine Trigo Silveira, Fabioli Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

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

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

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino 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, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo

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

Matemática

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

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice Murríe

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de Meira Leite, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov, Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes, Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa Stark, Solange Wagner Locatelli e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Assessores: Denise Blanes e Luis Márcio Barbosa

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murríe

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial, Aeroestúdio, Verba Editorial e Occy Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Esdeva Indústria Gráfica

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

S239c São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Caderno do professor: física, ensino médio - 2ª série, volume 3 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-330-1

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme. IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 373.5:53



Caras professoras e caros professores,

Tenho a grata satisfação de entregar-lhes o volume 3 dos Cadernos do Professor.

Vocês constatarão que as excelentes críticas e sugestões recebidas dos profissionais da rede estão incorporadas ao novo texto do currículo. A partir dessas mesmas sugestões, também organizamos e produzimos os Cadernos do Aluno.

Recebemos informações constantes acerca do grande esforço que tem caracterizado as ações de professoras, professores e especialistas de nossa rede para promover mais aprendizagem aos alunos.

A equipe da Secretaria segue muito motivada para apoiá-los, mobilizando todos os recursos possíveis para garantir-lhes melhores condições de trabalho.

Contamos mais uma vez com a colaboração de vocês.

Paulo Renato Souza

Secretário 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 Caderno	8
Tema 1 – Som: fontes, características físicas e usos	10
Situação de Aprendizagem 1 – Isso é barulho ou música?	10
Situação de Aprendizagem 2 – Uma entrevista musical	13
Situação de Aprendizagem 3 – Uma aula do barulho	17
Situação de aprendizagem 4 – Fazendo um som	21
Situação de Aprendizagem 5 – Uma entrevista do barulho	25
Grade de Avaliação	28
Proposta de questões para aplicação em avaliação	29
Proposta de Situação de Recuperação	31
Tema 2 – Luz: fontes e características físicas	32
Situação de Aprendizagem 6 – Vendo o mundo	32
Situação de Aprendizagem 7 – A câmara escura	34
Situação de Aprendizagem 8 – Refletindo	37
Situação de Aprendizagem 9 – Refratando	41
Grade de Avaliação	44
Proposta de questões para aplicação em avaliação	45
Proposta de Situação de Recuperação	46
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema	48





SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que lhe entregamos mais um volume dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. É sempre oportuno lembrar que esta é a nova versão, que traz também a sua autoria, uma vez que inclui as sugestões e críticas recebidas após a implantação da Proposta.

É também necessário lembrar que os Cadernos do Professor espelharam-se, de forma objetiva, na Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual, e deram origem à produção dos Cadernos dos Alunos, justa reivindicação de professores, pais e famílias para que nossas crianças e jovens possuíssem registros acadêmicos pessoais mais organizados e para que o tempo de trabalho em sala de aula pudesse ser melhor aproveitado.

Já temos as primeiras notícias sobre o sucesso do uso dos dois Cadernos em sala de aula. Este mérito é, sem dúvida, de todos os profissionais da nossa rede, especialmente seu, professor!

O objetivo dos Cadernos sempre será o de apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Podemos dizer que este objetivo está sendo alcançado, porque os professores da rede pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com bons resultados.

Ao entregar a você estes novos volumes, reiteramos nossa confiança no seu trabalho e contamos mais uma vez com seu entusiasmo e dedicação para que todas as crianças e jovens da nossa rede possam ter acesso a uma educação básica de qualidade cada vez maior.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola







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:	2 ^a
Volume:	3
Temas e conteúdos:	<p>Diferenças físicas entre ruídos</p> <p>Sons harmônicos e timbre, e suas fontes de produção</p> <p>Características físicas das ondas mecânicas por meio dos conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação e ressonância</p> <p>Problemas do cotidiano que envolvem conhecimentos de propriedades de sons</p> <p>Elementos que compõem o sistema de audição humana</p> <p>Problemas causados por poluição sonora</p> <p>Processos de formação de imagem; propriedades da luz: propagação retilínea, reflexão e refração</p> <p>Problemas que envolvem sistemas que servem para melhorar e ampliar a visão, como óculos, lupa, telescópios, microscópios etc.</p>





ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

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 e recebidos, 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.

Nesta perspectiva, propõem-se para este bimestre nove Situações de Aprendizagem que dão início aos estudos sobre **som e luz**, após um primeiro contato com estes assuntos no ensino de Ciências em nível fundamental. No próximo bimestre, bem como na 3ª série, os alunos terão oportunidade de ampliar e aprofundar alguns dos conhecimentos aqui trabalhados.

Na primeira parte do Caderno são explorados conceitos de Física Ondulatória, que dão base à compreensão e caracterização das ondas sonoras. Já na segunda parte, o enfoque é a Óptica Geométrica, em que o estudo da propagação da luz será feito com base em alguns postulados simples, de modo que não trataremos da 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. Neste sentido, é preciso deixar claro que o traçado dos raios de luz não é algo real e, sim, apenas uma ferramenta para a compreensão do processo de formação de imagens.

Na primeira Situação da 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 consequente necessidade de utilizar parâmetros físicos que tornem esta avaliação “quantificável” e objetiva. Deste ponto de partida, propõe-se uma série de outras atividades que envolvem o estudo destas 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, as atividades de audição musical e outros sons são caracterizados em termos ondulatórios. Para o aprofundamento deste aspecto, na Situação de Aprendizagem 4 são propostas atividades práticas que envolvem a construção, observação e análise de instrumentos musicais simples. Por fim, na Situação de Aprendizagem 5, para que os alunos ampliem as conexões deste estudo com problemas da sociedade moderna e a saúde, é proposta uma consulta a especialistas sobre a audição e a poluição sonora.

Para iniciar o estudo da Óptica, a Situação de Aprendizagem 6 propõe um levantamento de elementos, situações, fenômenos e processos que podem ser associados à visão e à luz, criando assim o cenário favorável 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. Na Situação de Aprendizagem 8, será trabalhado o fenômeno da reflexão da luz, por meio do estudo dos espelhos.



De modo semelhante, a Situação de Aprendizagem 9 tratará da refração com aplicação em óculos de correção dos defeitos de visão.

Ao longo do trabalho neste bimestre, pretende-se desenvolver uma série de habilidades e competências necessárias para o estudo dos fenômenos sonoros e luminosos. Assim, espera-se que os alunos se tornem aptos a identificar fontes sonoras e luminosas, processos envolvidos e grandezas relevantes; reconhecer e utilizar modelos da Física Ondulatória para interpretação de fenômenos sonoros; reconhecer e utilizar modelo da propagação retilínea para interpretar fenômenos que envolvem espelhos e lentes; elaborar hipóteses. Além disso, eles deverão ser capazes de: montar experimentos, organizar, observar e interpretar seus resultados; ler, articular e utilizar símbolos, diagramas, gráficos e equações em situações que envolvem fenômenos sonoros e luminosos; buscar informações de especialistas para a aquisição de conhecimentos específicos; argumentar sobre problemas decorrentes da poluição sonora.

Para o desenvolvimento destas competências e habilidades, propõe-se uma diversidade de estratégias, como momentos de sensibilização ao tema, atividades experimentais com som e uso de fontes luminosas, entrevista com especialistas, leitura e interpretação de figuras e gráficos, construção de instrumentos musicais, resolução de problemas, pesquisas, elaboração de relatórios-síntese, exposição oral e participação em discussões.

Contudo você, professor, pode fazer adaptações às sequências ou estratégias propostas

de acordo com seus interesses, necessidades e condições de suas turmas, sempre tendo em vista o papel ativo dos alunos no processo de aprendizagem, com momentos de reflexão, elaboração de hipóteses, discussões e debates, atividades práticas e uso de diferentes linguagens.

Em todas as Situações de Aprendizagem propostas neste material, enfatiza-se a ação dos alunos e propõe-se a produção de trabalhos concretos, seguindo etapas nas quais você tenha condições de acompanhar não apenas a participação dos estudantes, mas também seu nível de compreensão conceitual e o desenvolvimento das habilidades e competências requeridas. Para isto, além de avaliar produtos e resultados, é importante estar atento e acompanhar 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.

Assim, o objetivo central do trabalho neste bimestre é a aquisição de conhecimentos, e o desenvolvimento de 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 ideia intuitiva do que seja o som, sua compreensão por meio de um modelo físico não é 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 de-

pendente da estrutura fisiológica, não sendo percebido por alguns seres vivos.

Para que o aluno seja capaz de compreender e operar com o modelo ondulatório, é necessário que ele possa reconhecer as características audíveis dos sons com conceitos como altura, intensidade, timbre e escalas musicais e relacioná-las.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 ISSO É BARULHO OU MÚSICA?

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é sensibilizar os estudantes para o estudo do som. A ideia 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.

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdos e temas: diferenças físicas entre ruídos e sons harmônicos; características físicas dos sons.

Competências e habilidades: perceber a constante presença dos sons em nosso dia a dia, identificando objetos, fenômenos e sistemas que produzem sons; reconhecer influências culturais na forma de apreciação dos sons.

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

Recursos: roteiro 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; a compreensão de procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; avaliar as respostas às questões apresentadas no roteiro de atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Nesta primeira aula sobre o tema, a ideia 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 pedir que se lembrem dos sons que ouviram desde a hora em que acordaram até o momento presente. Peça que relatem estes 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, ficarem quietos. É interessante fazê-los perceber quanto podemos sentir o mun-

do ao redor quando estamos em um ambiente silencioso.

Após esta conversa inicial, disponha os alunos em pequenos grupos e oriente o trabalho com o roteiro da Situação de Aprendizagem 1. Ao término do tempo de realização da tarefa (cerca de 15 minutos), peça a eles que relatem as situações que conseguiram listar e anote-as na lousa, complementando o levantamento inicial.

Note que, mais que o envolvimento dos alunos neste levantamento, a ideia é permitir que os conteúdos a serem trabalhados nas aulas estejam relacionados a elementos retirados do seu próprio universo.

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 música da casa ao lado... Estamos cercados pelos mais variados tipos de sons. A pergunta que vai guiar toda esta parte do estudo da Física é: O que é o som?

1. Para começar a responder, faça uma lista de pelo menos vinte situações que envolvem o som.
2. Terminada a lista, classifique as situações apontadas em dois grupos distintos:

a) sons agradáveis

b) sons desagradáveis

3. Agora, você deverá fazer uma nova classificação: das situações que listou, quais você associa a música e quais associa a ruído (barulho)? Na tabela a seguir, coloque na primeira coluna os sons que correspondem a música; na segunda, aqueles que correspondem a ruído.
4. Quais características do som possibilitaram a você associá-lo a ruído? Quais características possibilitaram associá-lo a música?

Encaminhando a ação

Trabalhe inicialmente classificando os sons em duas grandes categorias:

a) Sons agradáveis

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>

Tabela 1 – Sons agradáveis e desagradáveis.

Embora esta classificação não seja a única possível, a sugestão é instigar os alunos a pensar, desde o momento inicial, que as distinções entre os sons permitem a sua classificação. Note que, no exemplo da tabela acima, o mesmo elemento pode ser considerado som agradável para alguns e desagradável para outros, por exemplo, *heavy metal*. Toda esta 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 grande diferença entre o processo físico que gera o som e a sensação que ele causa em nós. Como esta atividade envolve muitos elementos, e para categorizá-los é preciso relacionar muitas variáveis, diversas delas subjetivas, as classificações certamente não coincidirão.

Neste instante, o objetivo da atividade deve tornar-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 podem ser identificados como características de ruído: não se repete com regularidade de tempo, não tem ritmo nem harmonia. Para que o gosto pessoal não seja um critério novamente, devem-se buscar características físicas do som. Tais características podem ser evidenciadas e estudadas por meio da Física Ondulatória, podem-se elaborar critérios que prescindam da predileção por determinados estilos musicais. A pergunta por trás de tudo isto passa a ser, então: *O que afinal de contas é o som?*

Assim, configura-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 percebida como um instrumento de compreensão dos fenômenos sonoros, visto que ela pode fornecer características para a análise, a classificação e a posterior compreensão deste tipo de fenômeno.

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.

Depois de ter realizado a Situação de Aprendizagem 1, oriente a leitura do 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

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo fazer com que os alunos entrem em contato com “o mundo da música” de modo mais formal, investigando o funcionamento de diferentes instrumentos musicais; aprendendo como se afina determinado instru-

mento; o que os diferencia; o que diferencia dois cantores etc. Os processos físicos essenciais subjacentes aos fenômenos sonoros levantados nas entrevistas darão suporte para a formalização conceitual baseada na Física Ondulatória.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: diferenças físicas entre ruídos, sons harmônicos e timbre, e suas fontes de produção; ondas mecânicas, comprimento de onda, amplitude, frequência, período, velocidade de propagação e as relações matemáticas entre estas grandezas.

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 figuras e 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; objetos que podem produzir sons, como fios de náilon, régua, serrote etc.; objetos que não produzem sons, como barra de ferro rígida, fio de cobre etc.

Avaliação: avaliar a qualidade das respostas às questões contidas no roteiro; avaliar o relatório-síntese 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.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Comece retomando as ideias da aula anterior, principalmente a questão de como encontrar parâmetros objetivos para classificar um som como ruído ou como som musical. Para o encaminhamento desta Situação de Aprendizagem, faça inicialmente um levantamento dos instrumentos musicais citados nas entrevistas. Como resultado do trabalho dos alunos, você deverá ter uma diversidade de

instrumentos. Agrupe-os em: “instrumentos de corda”, “instrumentos de sopro”, “instrumentos de percussão” e “instrumentos eletrônicos”. Após esta classificação, forme grupos de alunos de acordo com o instrumento musical trabalhado na entrevista. Assim, os grupos serão “corda”, “sopro”, “percussão” etc. Cada um deles deverá fazer um resumo das respostas obtidas na entrevista e anotar as perguntas



e dúvidas que tiveram na elaboração da síntese. Ao final, selecione grupos representativos

de cada categoria de instrumento para apresentar sua síntese para a classe.

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, um show etc.

Enfim, é relativamente fácil encontrar alguém que toque algum instrumento musical. Mas você sabe como estes 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 vai entrevistar um músico. Inicialmente, lembre-se você, um amigo ou alguém de sua família conhece algum. Se não, vá até algum centro musical perto de sua casa ou da escola. Para esta entrevista, faça perguntas como:

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

Estas perguntas devem guiar sua entrevista, mas fique à vontade para fazer outras que julgar interessantes.

Após a realização da entrevista, elabore um relatório que apresente suas observações e sintetize o que aprendeu. Além das respostas às questões da entrevista, o relatório deve conter o nome do entrevistado, o instrumento musical que ele toca e seu tempo de experiência como músico.

Encaminhando a ação

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 trazido pelos alunos como ponto de partida para as discussões e para a introdução dos conceitos da Física Ondulatória. Assim, respostas à questão *Quais as partes essenciais de seu instrumento musical?* devem servir para que os alunos percebam a presença de elementos vibrantes e ressonantes em diferentes instrumentos. Da

mesma forma, respostas à pergunta *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 estas perguntas serão construídos no decorrer do bimestre. Assim, neste momento, eles não deverão ser aprofundados. A ideia é aguçar a curiosidade, guiar o olhar do aluno para aspectos que antes, certamente, passavam despercebidos.

A partir da discussão, deve-se então levar os alunos 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 isto, 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 que sempre estão presentes nos instrumentos elementos que vibram, a fim de começar a discussão sobre o modo como se dá a produção do som.

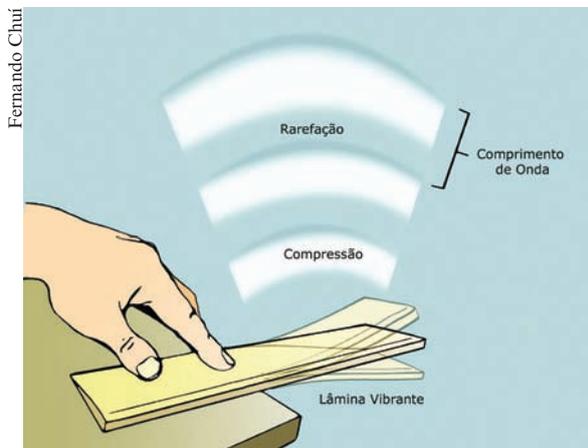


Figura 1 – Produção de som: lâmina vibrante.

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 náilon 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 náilon por um fio de cobre grosso. Procure também levá-los a pensar sobre como é possível perceber um som produzido a certa distância. Explore a imagem da Figura 1, trabalhe a leitura dos elementos presentes na imagem, chame a atenção para a área de compressão e rarefação e questione-os se podem explicar a formação destas áreas. Peça a eles que digam como imaginam que o som “viaja” desde sua

fonte até 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 esta vibração. Como o ar é um meio elástico, estas 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. Então, sons diferentes são ondas diferentes. Agora, pergunte: *O que devem ser ondas diferentes? Quais serão seus elementos? O que as distingue?* Desta forma, pode-se então caracterizar uma onda sonora. Para isto, oriente-os para que analisem a 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.

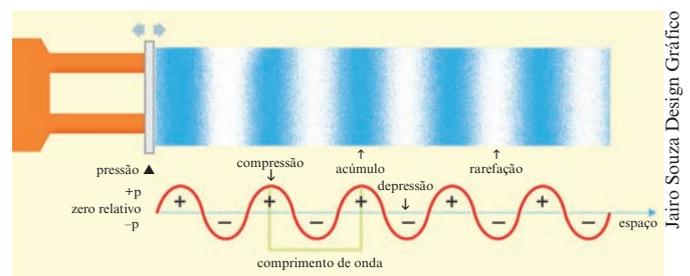


Figura 2 – Elementos de uma onda sonora se propagando no ar.

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

1. O que representam os pontos mais espaçados na região em branco? E os menos espaçados na região em azul?



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 pressão x espaço?
4. O que significa o termo “comprimento de onda” indicado no gráfico?
5. A partir do gráfico pressão x espaço, é possível determinar a frequência de vibração da fonte sonora?
6. A partir do gráfico pressão x espaço, é possível determinar a amplitude da onda?
7. A partir do gráfico pressão x 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 trabalhá-las com cuidado, ensinando os alunos a efetuar esta 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 se encontra 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 prosseguem com a identificação dos parâmetros relevantes para a caracterização das ondas. Estes parâmetros serão aprofundados ao longo das outras Situações

de Aprendizagem, quando propiciarão a compreensão de diferentes características dos sons, como altura e intensidade. Contudo, é possível iniciar aqui a construção destes 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 em um padrão ondulatório. Em uma onda senoidal, por exemplo, o comprimento de onda pode ser obtido pela 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, 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 se bate 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 agradar para preparar esta aula.

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

Esta Situação de Aprendizagem tem por objetivo aprofundar 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.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos 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 audíveis dos 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 diante dos colegas e do professor; avaliar a compreensão do aluno ao relacionar características audíveis dos sons a grandezas físicas como amplitude, intensidade, frequência etc.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Roteiro 3 – Uma aula do barulho

Materiais

Um tocador de CD, CDs com músicas tocadas em diferentes instrumentos, CDs com intérpretes de voz aguda (Tetê Espindola, *Massacration*, *Calypso* por exemplo) e com intérpretes de voz grave (Tim Maia, Seu Jorge, Mano *Brown*, *Iggy Pop*, *Type O Negative*, por exemplo).

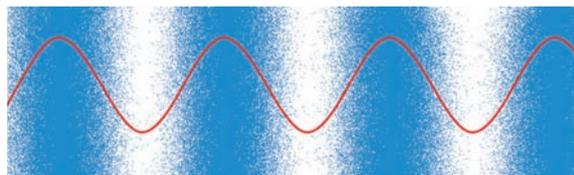


Encaminhando a ação

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 ideia é apresentar diferentes sons que possam exemplificar as características das ondas que deseja ensinar. Provavelmente um aluno toca algum instrumento musical. Peça sua ajuda para enriquecer estas aulas. Por se tratar de aulas “musicais”, abre-se um leque de oportunidades. Lembre-se de que o objetivo é entender o som por meio do modelo ondulatório e suas características. Logo, recheie a aula com diferentes instrumentos e sons – faça-a divertida. Contudo, não se esqueça da necessidade de sistematizar, ao final, o que foi tratado, transformando estes momentos divertidos em conhecimento organizado e estruturado.

A partir desta conversa inicial, mostre que agora eles serão apresentados às características quantitativas dos sons, que nos permitem classificá-los e distingui-los. A primeira grandeza física que será trabalhada é a frequência de onda. Para isto, 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 soará, 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.



Jairo Souza Design Gráfico

Figura A – Representação de um som relativamente mais agudo.

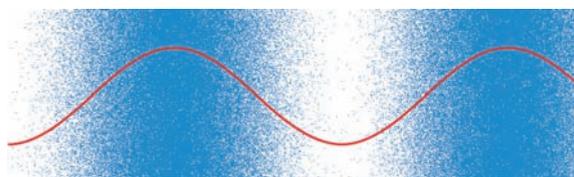


Figura B – Representação de um som relativamente mais grave.

Pode-se agora aprofundar a formalização dos conceitos de frequência e amplitude. Para isso, oriente os alunos a analisar as Figuras A e B. Procure propor 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 das figuras, sugerimos as seguintes questões:

1. 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. Qual delas é melhor para representar uma onda? Por quê?
2. Quais as diferenças e as 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 razão pela qual uma delas é mais aguda? Justifique.
4. Pode-se afirmar que uma das figuras representa um som de volume mais alto do que a outra? Explique.

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 à 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 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 relacionada à sua frequência: as questões 3 e 4 exploram esta diferença. Ao trabalhar todos os elementos de uma onda, estas distinções tornam-se claras. É preciso ressaltar que as figuras apresentadas até agora representam sons simples, isto é, emitem apenas 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 o somatório de um número muito grande de frequências. A frequência pode então ser uma medida objetiva utilizada para categorizar os sons. Assim, o som produzido por esta vibração desordenada é chamado de ruído, como o barulho de um tro-

vão ou de um ronco. Isso pode ser analisado com a 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 ideia aqui não é que o gráfico represente exatamente como seria, por exemplo, a onda formada por um espirro; pretende-se que represente o ruído como um conjunto irregular, desordenado de vibrações, algo como apresentado na parte superior da Figura 3.

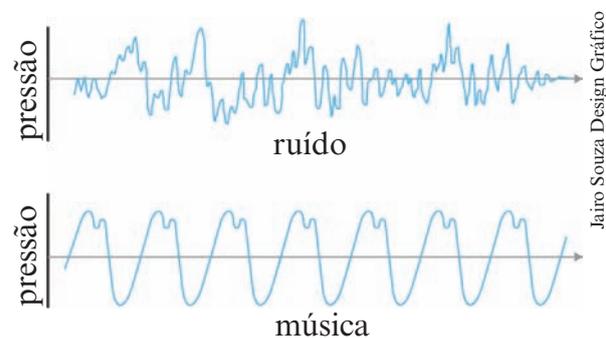


Figura 3 – Ruído e música.

Neste momento, é possível fazer uma problematização importante, que 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 ideia é que um instrumento musical também pode produzir grande número de frequências; contudo, a diferença é que os sons musicais utilizam apenas algumas entre as inúmeras frequências possíveis. Estas frequências, estabelecidas por convenção, constituem as notas musicais. Assim, uma nota musical pura tem sempre uma mesma frequência, qualquer que seja o instrumento que a produz. Apresente uma escala musical, revelando a frequência 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 frequências diferentes das pertencentes a uma escala convencional. Afinar um instrumento significa então ajustá-lo de modo a emitir ondas sonoras com estas determinadas frequências. Não é simples falar de escala musical. Existe uma complexidade relacionada às frequências que determinam os intervalos musicais, tons, semitons etc. A ideia é apenas apresentar aos alunos a relação entre frequência 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. Esta característica está associada à amplitude da onda. Assim, é possível compreender o uso diferente dos termos “som baixo” e “som alto” no dia a dia, já que a altura está, no âmbito da Física, relacionada à frequência. O que cotidianamente chamamos de “som baixo” ou “som alto” corresponde ao volume da onda sonora, que tem relação com sua intensidade. A relação entre intensidade e amplitude pode ser discutida por meio 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 tocar o instrumento. Da mesma forma, para que um som mais intenso seja gerado em um violão, é necessário tanger suas cordas com mais força, aumentando assim a

amplitude de seus deslocamentos, liberando então mais energia. Assim, é possível associar as mudanças na intensidade de uma onda com a quantidade de energia utilizada em sua produção¹.

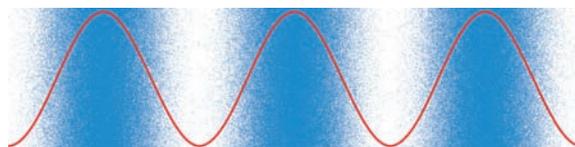


Figura C – Som mais intenso.

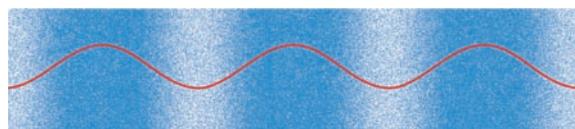


Figura D – Som menos intenso.

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 destas duas ondas e peça a eles que identifiquem semelhanças e diferenças. A ideia é fazer com que eles identifiquem que ambas têm a mesma frequência, mas possuem amplitudes diferentes. Por meio da análise das figuras, eles devem concluir que amplitude maior significa compressão e descompressão maiores. Isto fica claro quando se comparam as relações entre as representações em azul e em vermelho. Após esta análise inicial, peça-lhes que indiquem qual destes sons é o mais intenso.

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.

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.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 FAZENDO UM SOM

Nesta Situação de Aprendizagem, o objetivo 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.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos e temas: caracterização física de sons musicais; princípios físicos no funcionamento de instrumentos musicais; escalas musicais, interferência, ondas estacionárias, 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 e harmônicos; avaliar o uso de gráficos e relações matemáticas na solução de problemas que envolvem propriedades de sons em instrumentos musicais.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie falando sobre os diferentes instrumentos musicais. Retome a ideia 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.



Roteiro 4 – Fazendo um som

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

Violão genérico

Materiais

- 50 cm de fio de náilon, dois lápis ou pregadores de roupa, uma lata de leite em pó ou achocolatado.

Mãos à obra!

1. Faça um furo no centro do fundo da lata e passe por ele o fio de náilon.
2. Amarre fortemente um lápis em cada uma das extremidades do fio.

Pronto, está feito seu violão genérico!

3. Vire a lata de boca para baixo e apoie-a sobre uma mesa.
4. Agora estique o fio com uma mão, puxando-o pelo lápis enquanto segura a lata com a outra mão.
5. Toque o violão com os dedos da mão que prende a lata, enquanto varia a tensão no fio com a outra mão.

Xilofone de água

Materiais

- diversas garrafas, ou copos de vidro, de mesmo tamanho e formato, água, corante alimentício.

Mãos à obra!

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

Gaita genérica

Materiais

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

Mãos à obra!

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

Miniatabaque genérico

Materiais

- papelão interno de um rolo de papel-toalha, uma bexiga, elásticos.

Mãos à obra!

1. Segure, com uma das mãos, a bexiga esticada (como a pele de um tambor) em uma



extremidade do rolo e prenda-a com vários elásticos, para não deixá-la escapar.

2. Agora é só usar os dedos para efetuar a percussão na bexiga.

3. Experimente deixá-la mais esticada ou menos esticada para variar a sonoridade.

Encaminhando a ação

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

Assim, utilize o violão genérico para falar sobre as características envolvidas na altura

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.

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.

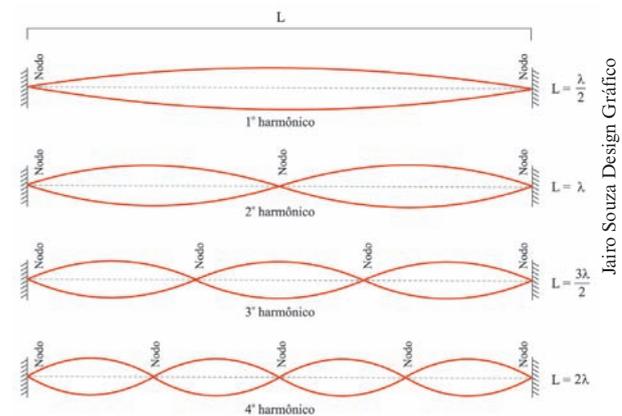


Figura 4 – Representação dos harmônicos em uma corda fixa nas extremidades.



O fato de as extremidades estarem fixas gera uma condição particular na qual a onda estacionária é, fisicamente, a única forma estável possível de vibração para a corda. E, entre todas as ondas estacionárias, realizam-se aquelas cujos nodos estejam nas extremidades. Estas ondas são chamadas de harmônicos ou frequências naturais de vibração do sistema. Como qualquer um dos harmônicos é produzido na mesma corda, todos possuem a mesma velocidade de propagação. Além disso, cada um dos harmônicos possíveis tem uma frequência que é um múltiplo da frequência do primeiro harmônico, também chamado de harmônico fundamental. Como $v = \lambda \cdot f$, logo o harmônico fundamental tem frequência

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

Assim, para qualquer outro harmônico n , temos que

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

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

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

Esta relação matemática também é encontrada nos mais variados livros de Física. Faça 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. Esta é a função da cravelha no violão. Aumentando-se 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 dos harmônicos 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.

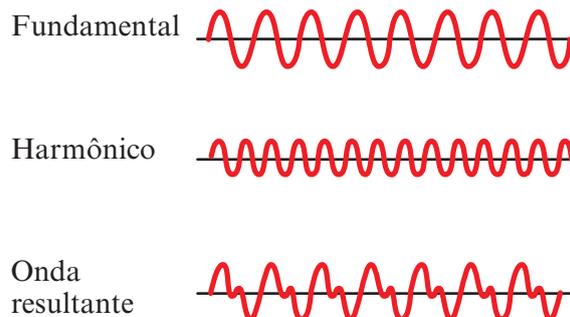


Figura 5 – Representação da soma de amplitudes de diferentes harmônicos.

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. Esta diferença se deve a uma característica chamada timbre, uma espécie de assinatura, identidade de cada instrumento musical, de cada fonte sonora. Ao superpor as amplitudes dos diferentes harmônicos à amplitude da frequência fundamental, gera-se uma onda irregular cheia de cristas e vales.

Assim, na Figura 5, a última onda representa justamente a soma das 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 apoie-o sobre a mesa. Facilmente ele poderá ser ouvido (esta experiência será mais bem realizada caso você

possa trocar o celular por um diapásão). 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.

O tema ressonância está presente na maioria dos livros didáticos. Trabalhe com aquele que preferir para preparar sua aula. Sendo este tema bastante rico e extenso, pode ser mais ou menos explorado, dependendo do ritmo da aprendizagem e do tempo disponível em cada turma. Nas duas últimas aulas deste tema, serão discutidos os processos de audição e os problemas ocasionados pela poluição sonora. Assim, oriente a leitura do roteiro da Situação de Aprendizagem 5, que será uma entrevista com médicos otorrinolaringologistas e órgãos públicos de fiscalização, como Psiu ou Inmetro. A partir desta atividade, você poderá iniciar a próxima aula e fechar o tema sobre o som.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 UMA ENTREVISTA DO BARULHO

Nesta Situação de Aprendizagem, o objetivo 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 elaboradas a partir de uma discussão prévia com os alunos.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos 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 discutir 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 coletiva.

Recursos: roteiro de atividade para entrevista; lista com fontes de especialistas 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.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Roteiro 5 – Uma entrevista do barulho

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que a maioria da população mundial esteja regularmente exposta a índices de ruído acima da intensidade adequada para a manutenção de uma vida saudável. Centenas de milhões de pessoas são afetadas pela poluição sonora, que cresce cada vez mais com o estilo de vida moderno. Há uma grande preocupação com relação à poluição do ar por parte das autoridades, que vêm estabelecendo níveis de 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 este tema (médicos, organizações não governamentais, órgão públicos de fiscalização, como Inmetro e Psiu, advogados etc.). Faça perguntas como:

Ao otorrinolaringologista

1. Como ouvimos os sons?
2. O que causa a perda auditiva?
3. O hábito de ouvir música com o volume alto pode comprometer a audição?
4. Quais são os tipos de prevenção para quem é obrigado a trabalhar em lugares barulhentos?
5. Se uma pessoa passar por um período de descanso em um ambiente tranquilo, sem ruídos, após entrar em contato com um barulho muito intenso, de 90 decibéis, por exemplo, pode se recuperar do dano?
6. Ouvir um aparelho 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 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 de construção civil pode ser realizada?
10. Quais são os meus deveres como cidadão com relação à intensidade dos sons que ouço?

Estas são perguntas que devem guiar sua entrevista, mas faça quaisquer outras que julgar importantes. 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.

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. Convidar um especialista para ser entrevistado pela turma também pode ser uma boa alternativa.

Inicie a aula perguntando aos alunos quanto tempo ouvem música por dia, se o volume é intenso, se existe ruído perto da casa deles etc.

A ideia é criar um ambiente propício a relatos das entrevistas feitas. Escolha grupos que entrevistaram especialistas diferentes. Aproveite as entrevistas feitas com órgãos públicos para fazer sínteses 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.

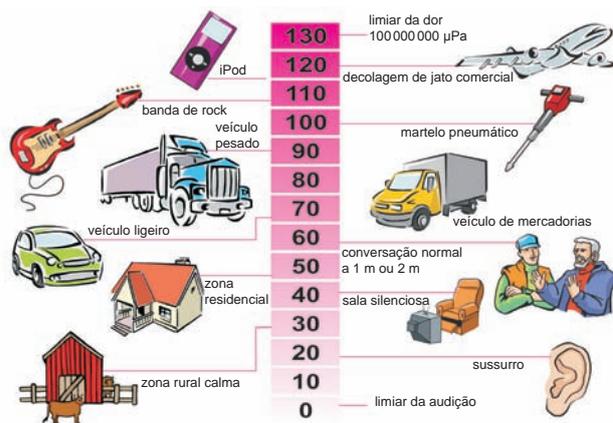
A orelha (antes chamada de ouvido) é um órgão extremamente sensível, que capta os



sons do meio exterior e traduz esta 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 mecânica 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 Hz e 20000 Hz. Espécies diferentes percebem os sons de modo diferente, tal que alguns animais como cães e morcegos podem ouvir o que nós, humanos, não conseguimos. 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). Oriente-os a analisar a Figura 6 e peça para que localizem o nível de intensidade sonora a que estão expostos. Problematize a questão da poluição sonora relacionada à saúde e à qualidade de vida.



Jairo Souza Design Gráfico

Figura 6 – Escala decibéis.

Para o fechamento do tema, retome a pergunta inicial, sobre barulho e música. *Será possível fazer música com barulho?* A ideia é mostrar que toda música também precisa de ritmo e melodia, características que são subjetivas e altamente influenciadas pela cultura. Variações culturais originam ritmos diferentes, que podem agradar a alguns e desagradar a outros.

Para que isto fique claro incentive os alunos a pesquisar e ouvir o trabalho de diferentes artistas brasileiros e internacionais que criam música com instrumentos inusitados.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Indicadores de Aprendizagem	
Situação 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 que produz o som e a percepção que ele nos causa em função do gosto pessoal.
Situação de Aprendizagem 2	<ul style="list-style-type: none"> – Elaborar um relatório de síntese da entrevista com o músico, contendo reflexões e articulações entre as respostas às questões propostas. – Identificar o fenômeno sonoro como resultado da compressão e da decompressão do ar e de outros meios elásticos. – Descrever e interpretar representações de sons realizadas através de esquemas e gráficos da pressão atmosférica em função da posição espacial. – Identificar amplitude, frequência, comprimento de onda e velocidade como características e propriedades físicas das ondas sonoras e compreender as relações entre elas.



Situação de Aprendizagem 3	<ul style="list-style-type: none"> – Discriminar sons altos e sons baixos produzidos por instrumentos musicais e outras fontes sonoras e relacioná-los a diferentes frequências. – Descrever e interpretar representações de sons de diferentes alturas por meio de esquemas e gráficos comparativos. – Calcular frequência de som utilizando a equação que a relaciona com velocidade de propagação e comprimento de onda. – Relação entre intensidade e amplitude
Situação de Aprendizagem 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.
Situação de Aprendizagem 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. – 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

1. As frequências mais altas captadas pelo ouvido humano estão por volta de 20000 Hz. Qual é o comprimento de uma onda sonora, com esta frequência, se propagando 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:

$$v = \lambda \cdot f, \text{ logo: } \lambda = \frac{340}{20000}.$$

Assim, para a frequência maior,

$$\lambda = 0,017 \text{ m (1,7 cm)}.$$

Sons mais baixos: $\lambda = \frac{340}{20}$. Assim, para a frequência menor, $\lambda = 17\text{m}$.

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

A fórmula matemática que relaciona esses parâmetros com a altura das notas é:

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ Logo, temos que:}$$

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;



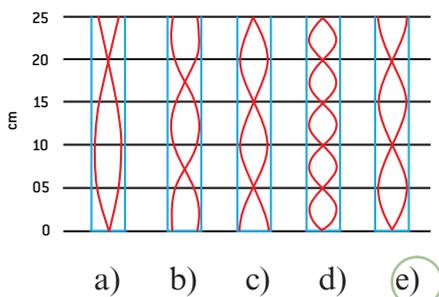
2 – colocar uma corda mais grossa; 3 – diminuir a tensão na corda.

Quando se toca um violão, com corda de espessura e tensão já determinadas, obtêm-se notas mais agudas do que a frequência fundamental de cada corda comprimindo-se a ponta de um dedo (da mão esquerda) entre os frisos situados no braço do instrumento (pestanas), diminuindo assim o comprimento vibrante da corda que será tangida.

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 emitida pelo pernilongo é de 15 kHz e a do beija-flor é de 80 Hz).

4. Fuvest 1999 – Um músico sopra a extremidade aberta de um tubo de 25 cm de comprimento, fechado na outra extremidade, emitindo um som na frequência $f = 1700$ Hz. A velocidade do som no ar, nas condições do experimento, é $v = 340$ 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:



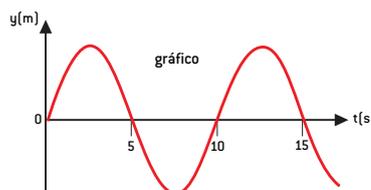
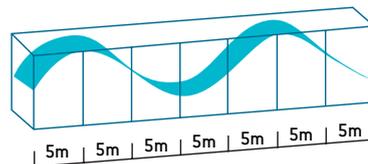
* No tubo fechado só temos harmônicos de frequências ímpares. De acordo com a resolução temos $n = 5^{\text{a}}$ harmônico, portanto temos f_5 que está associada a 3 nós.

Para tubos como o da figura, temos que

$$f_x = n \frac{v}{4L} . \text{ Logo, } 1700 = n \frac{340}{4(0,25)} .$$

Assim, $n = 5$, que corresponde à alternativa e*

5. Fuvest 2005 – Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite ver, 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 boia, 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 estas informações, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade, aproximadamente, de



- a) 2,0 m/s. d) 10 m/s.
 b) 2,5 m/s. e) 20 m/s.
 c) 5,0 m/s.

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

$$\text{Assim, como } v = \lambda \cdot f \text{ e } f = \frac{1}{T} ,$$

$$\text{temos que: } v = \frac{20\text{m}}{10\text{s}}; \text{ ou } v = 2 \text{ m/s} .$$

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno é fazer que os estudantes possam entender o som por meio da compreensão de suas propriedades ondulatórias. A partir das características físicas das ondas mecânicas, como frequência, amplitude e velocidade, são feitas relações com o 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 audíveis.
- ▶ Reconhecer problemas decorrentes da poluição sonora para a saúde humana e argumentar sobre possíveis formas de controlá-la.

Caso estas habilidades não tenham sido desenvolvidas pelos estudantes, sugerimos algumas Situações de Recuperação.

Realização de uma atividade experimental

Os alunos deverão construir os instrumentos sonoros genéricos apresentados no roteiro 4.

A partir disso, eles terão de realizar uma investigação experimental sistemática com o uso do instrumento. Oriente-os a fixar elementos

e escolher um para ser variado. Por exemplo, no violão genérico, o que acontece ao variar apenas tensão da corda? E se se variar o comprimento, mantendo-se a tensão fixa? E, neste sentido, qual a função das pestanas no violão e dos furos na flauta? Peça para que eles construam uma tabela que relacione a variável às suas respectivas alterações sonoras.

Após a observação e o registro sistemático dos resultados do experimento, oriente a elaboração de um relatório das alterações sonoras relacionadas às grandezas físicas estudadas.

Pesquisa sobre a audição e a poluição sonora

Peça aos alunos que elaborem uma pesquisa sobre o funcionamento da orelha, associando-o às características ondulatórias discutidas em sala de aula. Da mesma forma, solicite a eles que pesquisem sobre os efeitos da poluição sonora no organismo. A pesquisa pode ser realizada em livros didáticos. Na internet recomendamos o *site* <<http://www.projeto homem virtual.com.br/>>. Trata-se do Projeto Homem Virtual, uma produção da Faculdade de Medicina da USP que busca um novo método para transmitir conhecimentos sobre saúde e oferece um ótimo esquema sobre a orelha e seu funcionamento.

Após a realização da pesquisa, peça para que elaborem uma peça publicitária alertando a população sobre os efeitos da poluição sonora na qualidade de vida. Esta peça pode ser uma gravação para ser veiculada em rádios, um folheto informativo para ser distribuído em portas de boates ou em estádios de futebol, um vídeo ou um cartaz informativo.

É importante que o produto final possa revelar que os alunos são capazes de relacionar as grandezas físicas às ondas sonoras e estas por sua vez, ao aparelho auditivo e à saúde.



TEMA 2 – LUZ: FONTES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Grande parte das informações que obtemos do mundo chega até nosso cérebro por meio da visão.

Através de nossos olhos, captamos sinais luminosos que, traduzidos e decodificados pelo cérebro, permitem 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

ao mundo do muito distante, das estrelas e galáxias no Universo.

Para o entendimento de inúmeros fenômenos naturais e dos princípios de funcionamento de equipamentos de alta tecnologia, é preciso compreender como a luz é produzida, se propaga e interage com a matéria.

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

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 VENDO O MUNDO

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é levantar elementos que possibilitem a introdução do estudo da Óptica.

Para que este estudo seja significativo para os alunos, eles deverão listar diferentes elementos, situações, fenômenos e processos que envolvam a luz e a visão.

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdos e temas: situações, fenômenos e processos que envolvam a luz e a visão; fontes luminosas e detectores de luz.

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 destes 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 coletiva.

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,



Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie propondo que os alunos façam o levantamento das “coisas” que associam à visão e à luz. Em seguida, vá anotando no quadro o que listaram e, se necessário, colabore com sugestões. Após esse levantamento inicial, oriente o trabalho com o roteiro da

Situação de Aprendizagem 6. Ao término do tempo de realização da tarefa (cerca de 15 minutos), peça a eles que relatem o que listaram e anote na lousa, complementando o levantamento inicial.

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 deste 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. Registre suas respostas.

O que produz luz?

O que emite luz?

O que é sensível à luz?

O que bloqueia a luz?

O que permite a passagem da luz?

Terminada a discussão, o grupo deve eleger 20 elementos (entre instrumentos, situações, fenômenos e processos) associados à luz e à visão.

Encaminhando a ação

Com este levantamento, é possível criar uma classificação, evidenciando assim características essenciais que podem ser compreendidas por meio da Óptica.

Sugerimos quatro grandes categorias: 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).

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 ideia de que nossos olhos são sensíveis à luz, assim como nossas orelhas são sensíveis ao som – conforme visto anteriormente. Desta forma, caso não exista 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 esta classificação, construindo um quadro coletivo que possa ser retomado em diferentes momentos pela turma ao longo do tratamento deste tema.

Após a Situação de Aprendizagem 6, oriente a leitura do 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, entre eles 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 cuidado e responsabilidade. Avalie a possibilidade de utilizar este material com segurança. Caso contrário, utilize uma lanterna e ilumine um objeto qualquer.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 A CÂMARA ESCURA

Por meio desta Situação de Aprendizagem, será possível discutir o processo de formação de imagens. 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.

Tempo previsto: 1 aula.

Conteúdos 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, profundidade da câmara e tamanho do furo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Comece retomando um pouco da aula anterior, discutindo a ideia que, para vermos, alguma coisa, é necessário que ela esteja emitindo ou refletindo a luz. Após esta discussão, disponha os alunos em pequenos grupos 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.

Roteiro 7 – A câmara escura

Materiais

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

Mãos à obra!

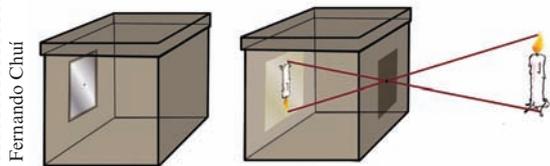


Figura 7 – Câmara escura.

1. Forre a caixa de papelão com a cartolina preta, inclusive a tampa.

2. Corte, no centro de uma de suas faces, um pequeno quadrado, como se fosse uma janela.
3. Cubra-o, então, com um pedaço de papel-alumínio.
4. Com um alfinete, faça um pequeno furo no centro do papel-alumínio.
5. Na face diametralmente oposta, recorte um quadrado de 10 ou 15 cm de lado, na mesma direção do furo.
6. “Tampe” este buraco com um pedaço de papel vegetal, fixando-o com a fita-crepe.
7. Para garantir que a luz entre na caixa somente por seu orifício, vede todas as suas emendas com fita-crepe.

Pronto, está feita a câmara escura.



8. 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, apoie sua câmara sobre a mesa e faça o que se pede a seguir:

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

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 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 ideia aqui é fazer com que percebam a necessidade de controlar a entrada de luz. Muita luz faz 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. Note que esta discussão pode ser retomada nas próximas Si-

tuações de Aprendizagem, a fim de aprofundar 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 do 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 deste 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. Discuta com os alunos o significado do traçado dos raios de luz: eles não têm significado próprio, ou seja,



não devem ser entendidos como algo real. Trata-se de 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:

$$\frac{o}{d_i} = \frac{i}{d_o}$$

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 escura.

A maioria dos livros didáticos traz exemplos comparativos do funcionamento do olho e da câmara fotográfica. Utilize-os para preparar suas aulas.

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

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 REFLETINDO

O objetivo desta Situação 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 podem utilizar uma ponteira *laser*. Caso a utilize, oriente os alunos para que não focalizem o *laser* nos olhos, pois isso pode ser prejudicial à visão.

Tempo previsto: 2 aulas.

Conteúdos 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.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

As atividades aqui apresentadas devem, preferencialmente, ser realizadas pelos alunos. Por se tratar de experimentos de baixo custo, não se tem precisão. 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, podem-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 mercado. Lojas baratas (que vedem artigos a R\$ 1,99) costumam ter espelhos côncavos a preços acessíveis. Os convexos podem ser encontrados em lojas especializadas em ciclismo.

Roteiro 8 A – Refletindo: espelhos planos

Espelhando (o espelho mágico)

Materiais

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

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.
2. No centro da folha, segure a lâmina de vidro por um de seus lados, deixando-a perpendicular ao plano da folha.



3. Coloque um dos objetos a 10 cm de distância da lâmina.
4. Cuidadosamente, sem movimentar a lâmina, coloque o outro objeto exatamente na posição da imagem que você vê refletida na lâmina de vidro. Ou seja, faça com que o objeto que você coloca agora atrás da lâmina fique superposto à imagem que você observa.
5. Agora, meça a distância a que este objeto se encontra da lâmina.

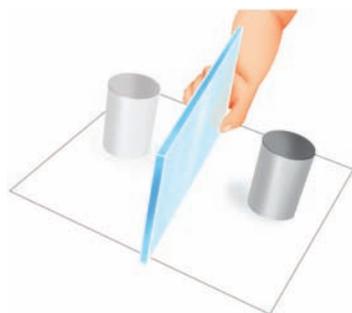


Figura 8 – Espelho plano

Roteiro 8 B – Refletindo: espelhos esféricos

Montagem dos espelhos esféricos caseiros

Materiais

- folha de papel laminado de alumínio, um pote redondo com diâmetro entre 15 e 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 das metades será utilizada para a confecção do espelho côncavo, e a outra, para a confecção do convexo



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

1. Para o espelho côncavo, basta colar uma tira da folha de papel laminado na parte interna do pote.
2. Faça isso utilizando a fita dupla face. Cuide para que o papel laminado fique o menos enrugado possível.
3. Para o espelho convexo, basta fixar a tira de papel laminado na superfície externa da outra metade do pote.
4. Mais uma vez, certifique-se de não deixar nenhuma ruga no papel.

Espelhos esféricos: “Observando” o foco do espelho côncavo

Materiais

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?

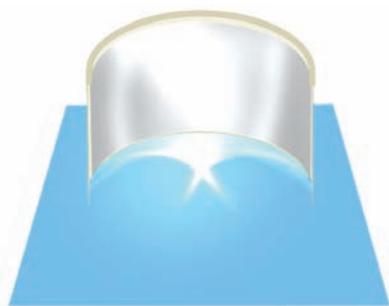


Figura 10 – Montagem dos espelhos esféricos caseiros: espelho côncavo.

Espelhos esféricos: “Observando” o foco do espelho convexo

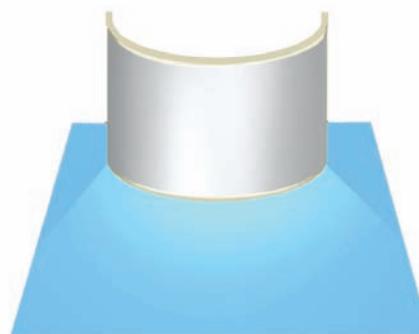
Materiais

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

Mãos à obra!

1. Coloque o espelho sobre uma folha de papel.

2. Ligue a lanterna e incida a luz na superfície espelhada.
3. Observe o que ocorre com os raios de luz refletidos.
4. Como eles estão distribuídos? É possível imaginar de onde eles estão saindo?



Ilustrações: Jairo Souza Design Gráfico

Figura 11 – Montagem dos espelhos esféricos caseiros: espelho convexo.

Encaminhando a ação

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 este início. A ideia 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.

Inicie a aula referindo-se a coisas que os alunos veem 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 os alunos 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 $\frac{1}{P} + \frac{1}{P'} = \frac{1}{f}$.

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).

A Situação de Aprendizagem 9 vai trabalhar a refração da luz. Serão utilizadas diferentes lentes “caseiras” e ponteiras *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 9 REFRATANDO

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, podem-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.

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos 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.

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

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



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.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Da mesma forma que a anterior, a Situação de Aprendizagem 9 torna-se mais interessante quando realizada pelos alunos. O maior cuidado a ser tomado é com a vedação, impedindo que a água saia do recipiente que forma a lente. Por ser um material caseiro, de baixo custo, perde-se muito a defi-

nição. 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 o mais baratos e acessíveis possível. Contudo, esteja à vontade para usar a criatividade e melhorar o aparato.

Roteiro 9 – Refratando

Montagem das lentes caseiras

Materiais

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

1 – Construindo as lentes

Mãos à obra!

1. Inicialmente, corte a régua na direção de seu comprimento separando-a em duas metades com 30 cm cada uma. Uma das metades será utilizada para a construção da lente convergente, e a outra, para a lente divergente.
2. Pegue a parte de cima da caixa de CD (a caixa precisa ser das mais antigas, que são mais profundas): ela será a base de sua lente.

3. Corte uma das metades da régua ao meio, obtendo dois pedaços de 15 cm cada um.
4. Posicione-os no meio da caixa, curve-os cuidadosamente, como mostra a figura, e cole-os na base.
5. Basta esperar a cola secar e encher o vão entre as régua com água. Aí está sua lente convergente (Figura 12).

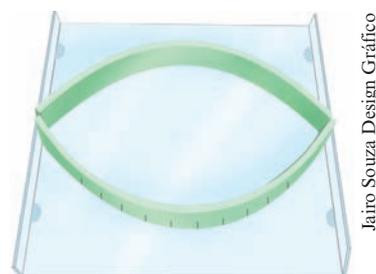


Figura 12 – Montagem das lentes esféricas caseiras: lente convergente.

6. Para a confecção da lente divergente, basta fazer a mesma coisa, mas colando as régua curvadas para fora, como mostra a figura seguinte.



7. Encha-a com água no vão central e terá sua lente divergente (Figura 13).

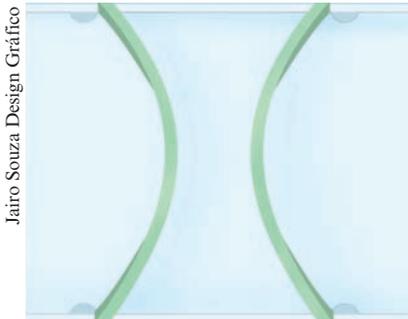


Figura 13 – Montagem das lentes esféricas caseiras: lente divergente.

2 – Converging

Materiais

- uma lente convergente caseira, uma folha de papel, duas pontadeiras *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.
2. No centro da folha, coloque sua lente convergente.
3. Incida a luz do *laser* em uma das faces da lente e veja o que ocorre com o raio de luz.

4. Mantenha este *laser* ligado e no mesmo lugar.
5. Agora, incida a luz do outro *laser* nesta mesma face, porém em outra posição.

O que ocorre com os raios de luz?

3 – Diverging

Materiais

- uma lente divergente caseira, uma folha de papel, duas pontadeiras *laser*.

Mãos à obra!

1. Coloque a folha de papel sobre a mesa.
2. No centro da folha, coloque sua lente divergente.
3. Incida a luz do *laser* em uma das faces da lente e veja o que ocorre com o raio de luz.
4. Mantenha este *laser* ligado e no mesmo lugar.
5. 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

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 entender 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 ín-



dice 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

do a perda de nitidez aos diferentes problemas de visão devido a deformações do globo ocular. 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 forma “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.

GRADE DE AVALIAÇÃO

Indicadores de Aprendizagem	
Situação 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). – Elaborar tabela que revela resultados da classificação.
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> – Construir câmara escura utilizando o guia de construção. – Analisar e elaborar hipóteses sobre as imagens obtidas na tela da câmara 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.



Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> – Construir espelhos esféricos (côncavos e convexos) utilizando procedimentos de construção apresentados no guia de execução. – 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. – Reconhecer no cotidiano situações que envolvem espelhos planos, côncavos e convexos, identificando propriedades características de cada um.
Situação de Aprendizagem 9	<ul style="list-style-type: none"> – Construir lentes convergentes e divergentes 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

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

Se ele fosse invisível, significaria que, entre outras coisas irrealizáveis, seu índice de refração seria 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.

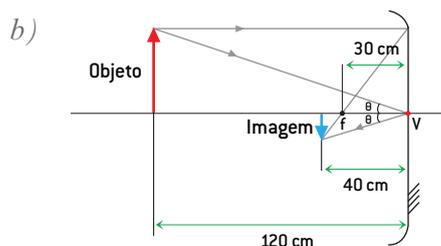
Como os espelhos côncavos ampliam a imagem, eles são úteis quando se deseja maquiagem uma pessoa ou, por exemplo, retirar cravos

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 1992 - 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) Substituindo os valores na equação dos espelhos, temos $p = 120$ cm.



4. Ao abrirmos 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 retina muda. Ao colocarmos os óculos, temos uma cama-

da de ar entre os olhos e a superfície da água, fazendo 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 deste tipo, é possível queimar papel com a luz do 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 neste ponto sejam suficientes para queimar o papel, ao levar o ponto onde converge a luz a uma temperatura de ignição.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO 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 do estudo:

- ▶ 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 estas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos algumas Situações de Recuperação.

Desenvolvimento de uma atividade experimental

O aluno deverá refazer a construção dos aparatos experimentais dos roteiros 8 e 9.

Para o espelho plano, o aluno pode posicionar o objeto em, pelo menos, três distâncias diferentes com relação à lâmina de vidro.



Para cada posição, deve posicionar o segundo objeto na posição coincidente com a imagem do primeiro e, utilizando-se de uma régua, estabelecer as distâncias do primeiro objeto à lâmina de vidro e repetir o procedimento para o segundo objeto. Os resultados devem ser organizados em uma tabela que mostre os respectivos valores de d_o e d_i .

Para os espelhos esféricos, utilizar a ponteira *laser* (ou a lanterna) e, variando a curvatura dos espelhos, deformando o plástico, ele deve fazer a observação do que ocorre com o foco. O procedimento pode ser repetido para os espelhos côncavos e convexos.

Depois de realizadas as montagens e os respectivos protocolos experimentais, oriente os alunos para que eles elaborem um relatório que vai sumarizar e organizar os resultados do experimento. Em particular, garanta que a tabela construída para os espelhos planos conduza o aluno à conclusão de que as distâncias de d_i e d_o são iguais e, para os espelhos esféricos, o foco está diretamente relacionado ao seu raio de curvatura.

Para as lentes, oriente os alunos a estabelecer a direção dos raios de luz após atravessá-las. Utilizando-se da lente de uma lupa, o

procedimento experimental feito para a lente caseira deve ser repetido. Os resultados do experimento devem ser sumarizados e comparados em um relatório que apresente de forma generalizada o comportamento das lentes côncavas e convexas com relação ao fenômeno de refração ocasionado por elas.

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.).

Uma possibilidade é pesquisar sobre o telescópio Hubble e o reparo feito em seu sistema de formação de imagens, algum tempo após seu lançamento. O relato do defeito e a maneira como se contornou o problema levam à reflexão sobre o funcionamento deste tipo de telescópio. O resultado do trabalho de pesquisa pode ser uma apresentação sobre o funcionamento do Hubble, o defeito observado e sua respectiva solução. Neste caso pode-se indicar o uso do vídeo: *Hubble, 15 anos de descobertas*, lançado no Brasil pela revista *Scientific American*, ou ainda utilizar-se de *sites* que trazem amplo material sobre o assunto.



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

Nos *sites* e livros a seguir existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas. Há quatro espaços particulares para consulta de materiais de ensino que ampliam as discussões propostas em todos os cadernos:

Sites

PROFIS. Disponível em: <http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 20 jun. 2008.

Espaço de apoio, pesquisa e cooperação de professores de Física para promover projetos e atividades complementares. Engloba diversos materiais de ensino de Física, como banco de teses e trabalhos na área de ensino de Física, eventos e todo o material desenvolvido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Gref).

Núcleo de Pesquisa em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da USP. – NuPic. Disponível em: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>>. Acesso em: 1 jun. 2009.

O *site* contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais de aprendizagem, vídeos sobre atividades e montagens experimentais. Na página principal o item PCSP (Proposta Curricular do Estado de São Paulo) contém material específico para algumas Situações de Aprendizagem dos Cadernos desta coleção.

PEC/PEBII. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec/>>. Acesso em: 1 de jul de 2009.

Espaço originário do Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física. Contém os cadernos utilizados nos cursos, com leituras e propostas de atividades de ensino.

Pró-Universitário Física. Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/home-defisica/index.htm>>. Acesso em: 1 jun. 2009.

Programa de apoio aos estudantes do Ensino Médio, ministrado por estudantes de licenciatura da USP. Contém o material produzido para uso com estudantes do Ensino Médio, em sua maioria textos e questões.

Projeto Homem Virtual. Disponível em: <<http://www.projetohomemvirtual.com.br/>>. Acesso em 1 jun. 2009.

Trata-se de uma produção da Faculdade de Medicina da USP que busca um novo método para transmitir conhecimentos sobre saúde. Em especial, está disponível um ótimo esquema sobre a orelha e seu funcionamento.

Filme

Hubble, 15 anos de descobertas, produzido pela Agência Especial Europeia (ESA), 83 min.

Documentário produzido pela Agência Especial Europeia (ESA), foi lançado no Brasil pela revista *Scientific American*. O documentário de 83 minutos demonstra as principais descobertas do primeiro telescópio enviado ao espaço, em 1990. Além de uma ótima coletânea de imagens, o DVD traz ainda conceitos fundamentais e o próprio funcionamento do Hubble.

