nova eja

EDUCAÇÃO PARA JOVENS E ADULTOS

CIÊNCIAS DA NATUREZA e suas TECNOLOGIAS

Professor

Volume 2 • Módulo 4 • Física

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Sergio Cabral

Vice-Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Educação
Wilson Risolia

Chefe de Gabinete
Sérgio Mendes

Secretário Executivo
Amaury Perlingeiro

Subsecretaria de Gestão do Ensino
Antônio José Vieira De Paiva Neto

Superintendência pedagógica
Claudia Raybolt

Coordenadora de Educação de Jovens e adulto
Rosana M.N. Mendes

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Secretário de Estado
Gustavo Reis Ferreira

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

PRODUÇÃO DO MATERIAL NOVA EJA (CECIERJ)

Diretoria Adjunta de Extensão
Elizabeth Ramalho Soares Bastos

Coordenação de Formação Continuada
Carmen Granja da Silva

Coordenação Geral de Design Instrucional
Cristine Costa Barreto

Elaboração
Andreia Mendonça Saguia
Angelo Longo Filho
Bruno Lazarotto Lago
César Bastos
Fábio Ferreira Luiz
Felipe Mondaini (coordenador)
Gabriela Aline Casas
Wellington Wallace Miguel Melo

Revisão de Língua Portuguesa
Paulo Alves

Design Instrucional
Kathleen S. Gonçalves

Coordenação de Desenvolvimento Instrucional
Flávia Busnardo
Paulo Vasques de Miranda

Coordenação de Produção
Fábio Rapello Alencar

Projeto Gráfico e Capa
Andreia Villar

Imagem da Capa e da
Abertura das Unidades
André Guimarães

Diagramação
Alessandra Nogueira
Alexandre d' Oliveira
André Guimarães
Andreia Villar
Bianca Lima
Carlos Eduardo Vaz
Juliana Fernandes

Ilustração
Bianca Giacomelli
Clara Gomes
Fernando Romeiro
Jefferson Caçador
Sami Souza

Produção Gráfica
Verônica Paranhos

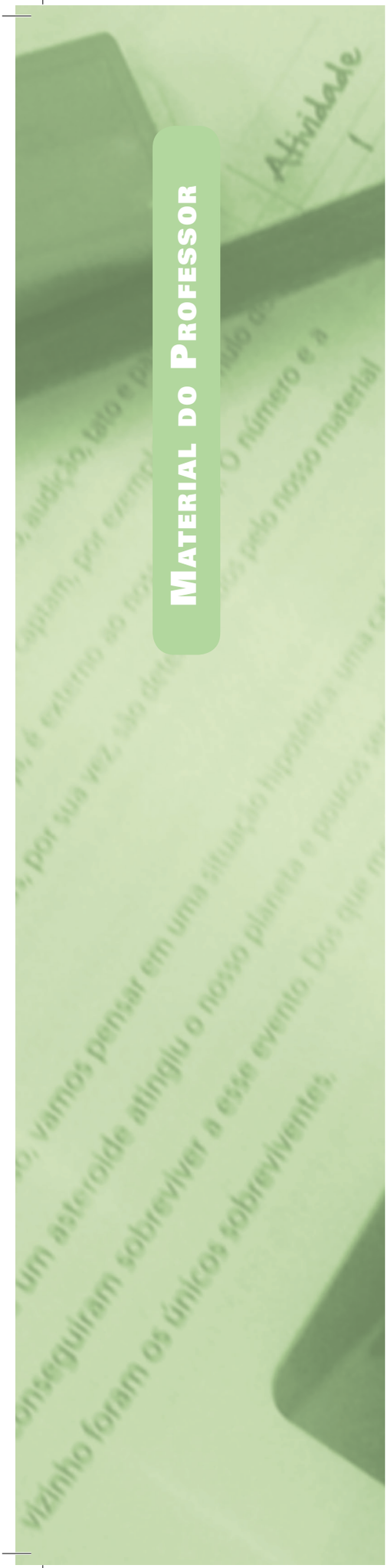
Sumário

Unidade 6 • Um mundo dentro do espelho 5

Unidade 7 • Refração e Aplicações 31

Unidade 8 • Entrando nessa onda 63

Unidade 9 • Experimentando o fenômeno da difração 103



MATERIAL DO PROFESSOR

Volume 2 • Módulo 4 • Física • Unidade 6

Um mundo dentro do espelho

Andreia Mendonça Saguia, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas, Wellington Wallace Miguel Melo.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizadas e/ou adaptadas, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção, existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 6 – O mundo dentro dos espelhos –, procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isto, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos da ótica. Nesta Unidade, utilizamos alguns experimentos de fácil compreensão para consolidar os conceitos relacionados a este tema que, costumeiramente, apresenta problemas com os alunos.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao seu lado com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

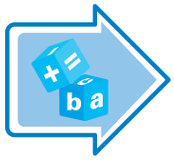
Apresentação da unidade do material do aluno

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Fisica	2	4	6	4

Titulo da unidade	Tema
Um mundo dentro do espelho	Óptica geométrica
Objetivos da unidade	
Utilizar o modelo de raio luminoso para representar sombras e imagens formadas em espelhos.	
Distinguir feixes de luz convergentes, divergentes e colimados.	
Esquematizar projeções de imagens em espelhos planos e esféricos.	
Exemplificar usos para espelhos esféricos.	
Seções	**Páginas no material do aluno**
Seção 1 – E das sombras fez-se a luz	152 a 157
Seção 2 – Espelho, espelho meu!	158 a 164
Seção 3 – Espelhos curvos	164 a 173

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.

Ferramentas

Atividades que precisam de ferramentas disponíveis para os alunos.

Applets

São programas que precisam ser instalados em computadores ou *smart-phones* disponíveis para os alunos.

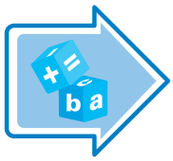
Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Exercícios

Proposições de exercícios complementares

Atividade Inicial

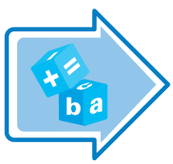
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Câmera escura: a origem da fotografia.	uma lata de leite em pó, achocolatado, farinha láctea ou outra qualquer com a mesma forma, um prego fininho, martelo, papel vegetal, fita adesiva, tesoura, uma vela e fósforo.	Câmera escura é uma caixa fechada com paredes escuras e um pequeno orifício por onde a luz pode penetrar. Este aparato, precursor da câmera fotográfica, nos permite explorar o princípio de propagação retilínea da luz. Vídeo ilustrando a experiência está disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid16-Ativ-Inicial.wmv).	o professor interage com toda a turma	30 minutos

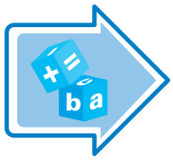
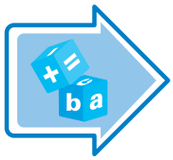
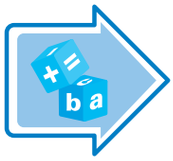
Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

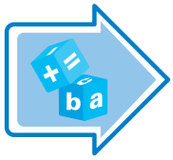
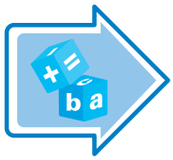
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Trajetória dos feixes de luz.	Esfera ou objeto circular opaco, lanterna, régua ou fita métrica.	Neste simples experimento de óptica, pretendemos fazer uso da propagação retilínea da luz para caracterizar a fonte como fonte de luz puntiforme. É importante que a lanterna usada tenha pilhas novas, a fim de emitir espectros intensos.	4 alunos por grupo.	45 minutos

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Objeto x Imagem	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un16_Sec2.ggb), disponível no material anexo do professor.	Com este applet, é possível discutir a formação de imagens em um espelho plano, além de ilustrar a formação de imagens de objetos pontuais. Ao iniciar o applet, são exibidos três pontos: O, I e E, que representam um objeto pontual, sua imagem e um ponto de um espelho plano, respectivamente. Através das caixas de seleção exibidas na tela, pode-se mostrar alguns dos raios luminosos provenientes do objeto e da imagem, além do espelho e alguns dos correspondentes raios responsáveis pela formação da imagem.	O professor interage com toda a turma	15 minutos.
	Observando o infinito.	Placas de isopor; três espelhos planos de igual tamanho, sendo um deles com um furo circular; cola e objeto de qualquer tamanho.	Neste experimento, observaremos uma infinidade de imagens, devido à disposição dos espelhos planos.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos
	O quicar da luz	um espelho plano (aqueles quadrados, de rosto, servem), uma lanterna ou apontador laser e fumaça de incenso (pode ser substituído por talco ou pó de giz).	Nesta atividade, mostraremos como um feixe de luz é refletido por um espelho plano. Nosso objetivo é evidenciar que, quando um raio de luz bate numa superfície plana, assim como uma partícula, ele é refletido com o mesmo ângulo de incidência.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

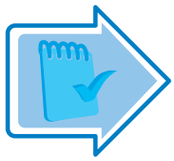
Seção 3 – Espelhos curvos.

Página no material do aluno

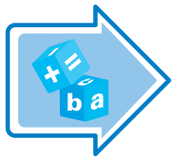
164 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O espelho mole	Software GeoGebra e applet (Fisica_Mod4_Un16_Sec3.ggb), disponível no material anexo do professor.	Este applet apresenta uma maneira diferente de discutir a formação de imagem em espelhos planos e curvos. Dois raios provenientes do topo de um objeto atingem o espelho e são refletidos. Os prolongamentos dos raios refletidos também são apresentados. Pode-se alterar os raios refletidos através dos pontos P_1 e P_2, a posição e a altura do objeto através dos pontos O_1 e O_2, além da curvatura do espelho através do ponto E. Deslizando o ponto E para a direita (esquerda), temos um espelho côncavo (convexo).	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Espelhos Curvos.	Laser, aro de 2,0 cm (tubo de esgoto de 100mm.), fita dupla face, papel quadriculado, régua.	Este experimento pretende, de forma qualitativa e quantitativa, explorar a trajetória dos principais raios que formam imagens em espelhos esféricos.	4 alunos por grupo	45 minutos.

Atividades de Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como tipos de feixes de luz (convergentes, divergentes e colimados) e projeções de imagens em espelhos planos e esféricos. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Câmera escura: a origem da fotografia.	uma lata de leite em pó, achocolatado, farinha láctea ou outra qualquer com a mesma forma, um prego fininho, martelo, papel vegetal, fita adesiva, tesoura, uma vela e fósforo.	Câmera escura é uma caixa fechada com paredes escuras e um pequeno orifício por onde a luz pode penetrar. Este aparato, precursor da câmera fotográfica, nos permite explorar o princípio de propagação retilínea da luz. Vídeo ilustrando a experiência está disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid16-Ativ-Inicial.wmv).	o professor interage com toda a turma	30 minutos

Aspectos operacionais

- Para estimular a participação dos estudantes, você pode iniciar este experimento com uma conversa sobre fotografia e câmeras fotográficas. Pergunte aos alunos se eles têm percebido como as câmeras (assim como as TVs e computadores) estão ficando cada vez mais sofisticadas, mas, ao mesmo tempo, cada dia mais baratas? Aproveite para explicar para eles que esse é um milagre do avanço da tecnologia. Procurar ou produzir materiais mais baratos e identificar propriedades com aplicação industrial, desenvolver novas tecnologias que barateiem os custos e aumentem a produção e a qualidade são desafios constantes de físicos e engenheiros, fundamentais para o desenvolvimento de um país.

- Após essa reflexão (e propaganda a favor do estudo da Física) pergunte se eles já se questionaram sobre o funcionamento da câmera fotográfica. Proponha, então, o experimento que ilustra o princípio da propagação retilínea da luz e que pode ser aplicado para explicar o funcionamento desta máquina fantástica e curiosa.

- A montagem da câmera é simples e rápida. Você pode levá-la pronta de casa ou montá-la na sala de aula com os alunos.

- Usando um prego bem fino e o martelo, faça um furinho no centro da lata (veja a Figura 1).

- Corte o papel vegetal na forma de um círculo com um diâmetro maior que o da boca da lata (veja a Figura 2).

- Descarte a tampa da lata e cole no local seu corte de papel vegetal (use a fita adesiva para fixar o papel ao redor da lata). Sua câmera escura está pronta (veja a Figura 3).

- Acenda a vela e coloque-a de pé em frente ao furo da lata.

- Observe a imagem da chama da vela, formada sob o papel vegetal (veja a Figura 4).

- Para melhorar a visibilidade, apague as luzes da sala.

- Na Figura 5, mostramos como o princípio de propagação retilínea da luz pode ser usado para explicar a formação da imagem (real, menor e invertida) sob o papel vegetal.

- É muito interessante observar que é exatamente assim que nossos olhos e a máquina fotográfica captam as imagens. No caso do olho, a imagem se forma sob a retina e esta manda um sinal ao cérebro através do nervo óptico. No caso da fotografia, a imagem pode ser projetada num filme fotossensível, que depois pode ser revelado (como nas câmeras mais tradicionais) ou sobre um dispositivo semicondutor que grava a luz eletronicamente (transformando-a em longas sequências de 0s e 1s, que representam todos os minúsculos pontos coloridos, ou **pixels**, que compõem a imagem), como nas máquinas digitais**.**

Figuras Ilustrativas

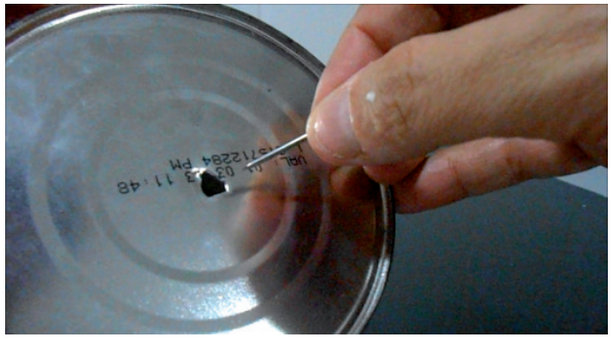


Figura 1

Figura 2

Fonte: Andreia Saguia.

Figura 3

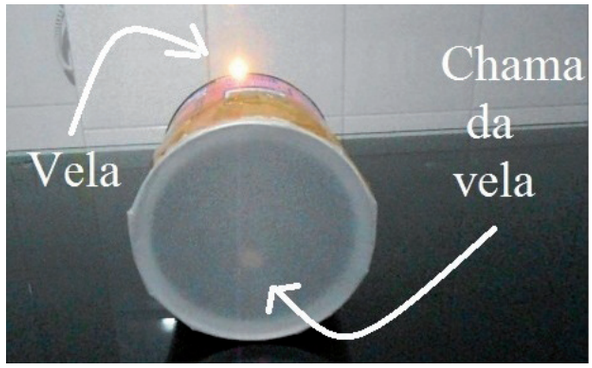


Figura 4

Fonte: Andreia Saguia.

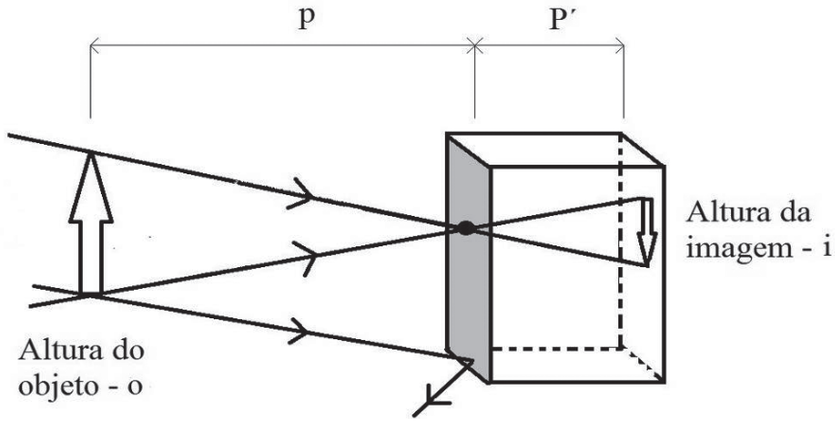


Figura 5

Fonte: Andreia Saguia.

Aspectos pedagógicos

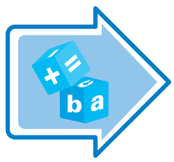
Com base nesse experimento, você pode trabalhar algumas questões básicas de óptica geométrica; por exemplo: mover a vela e relacionar sua distância ao anteparo com o tamanho da imagem formada. Se você achar conveniente, pode, a partir daí, estabelecer a semelhança de triângulos formados pelos raios luminosos (i/o = p´/p ; assim, quanto maior p, menor será a imagem). Pode-se, também, variar o tamanho do furo na lata e mostrar como a nitidez da imagem é afetada (se o furo for muito grande, a imagem aparece borrada; se o furo for muito pequeno, a imagem fica mais bem definida, mas muito escura). Vale lembrar que esse era, no início, um grande problema para a fotografia: como equacionar nitidez e luminosidade para obter fotos com boa definição. A solução surgiu quando alguém teve a ideia de colocar uma lente convergente na abertura da câmera. Nas máquinas fotográficas, uma peça chamada diafragma controla a entrada de luz na câmera (ao clicar o botão de disparo, o diafragma abre por uma fração de segundos, permitindo a entrada da luz vinda do objeto a ser fotografado). A lente colocada na frente do diafragma permite a focalização da luz sob o anteparo, para gerar uma foto mais nítida. Para concluir o experimento, você pode sugerir aos alunos que investiguem suas câmeras em casa; talvez eles possam fazer uma pesquisa para decifrar como funciona o zoom óptico e a focalização da luz em suas máquinas digitais ou tradicionais.

Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

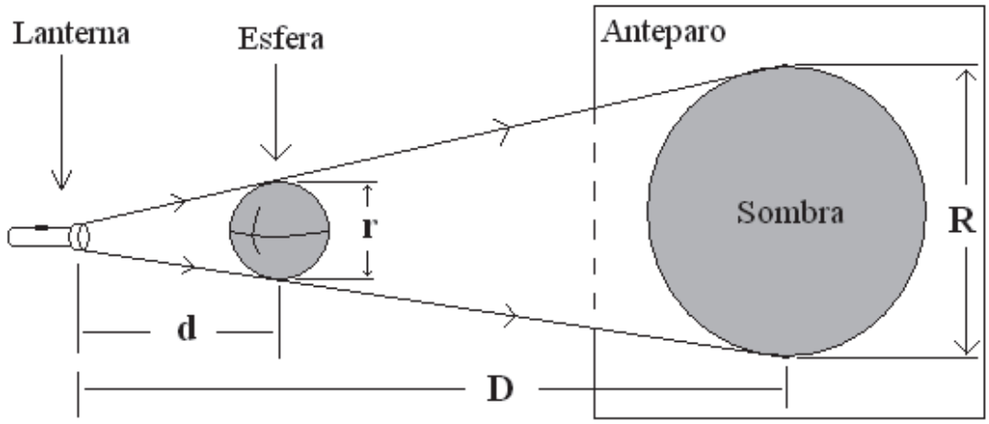
Página no material do aluno

152 a 164

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Trajetória dos feixes de luz.	Esfera ou objeto circular opaco, lanterna, régua ou fita métrica.	Neste simples experimento de óptica, pretendemos fazer uso da propagação retilínea da luz para caracterizar a fonte como fonte de luz puntiforme. É importante que a lanterna usada tenha pilhas novas, a fim de emitir espectros intensos.	4 alunos por grupo.	45 minutos

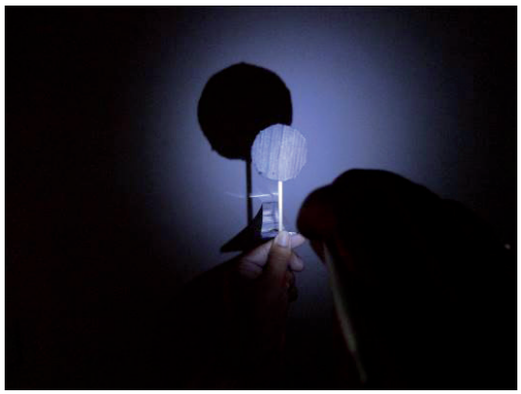
Aspectos operacionais

- Observe, a seguir, o esquema de montagem do experimento.



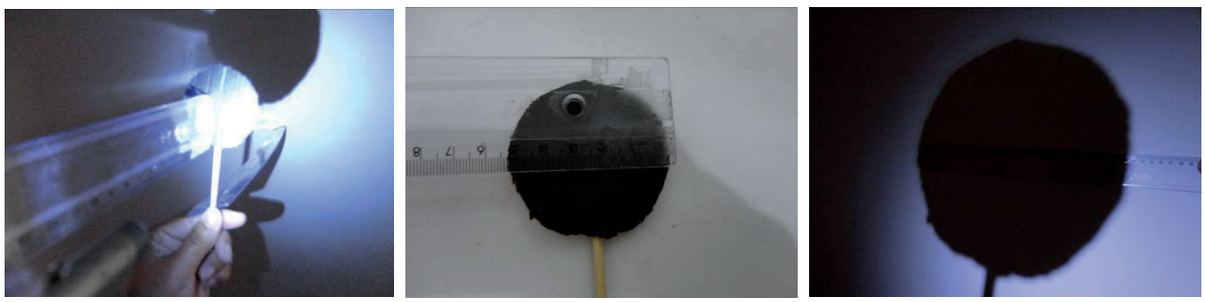
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Acenda a lanterna e posicione a esfera entre o feixe de luz e um anteparo (pode ser a parede da sala).



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Meça as distâncias: entre a esfera e a lanterna (d) e entre a lanterna e o anteparo (D). Meça os diâmetros: da esfera (r) e da sombra presente do anteparo(R).



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

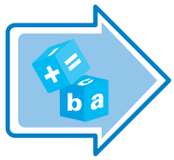
- Evite mover a lanterna e a esfera; mantenha as mesmas em suas respectivas posições.
- Escureça, ao máximo, o ambiente. Se possível, desligue as lâmpadas da sala de aula.
- Determine o diâmetro da sombra (R) de maneira indireta, utilizando a relação entre os triângulos r/d = R/D.
- Obtendo o resultado de maneira indireta, compare com o valor do diâmetro da sombra sobre o anteparo encontrado no 2º passo.

Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Objeto x Imagem	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un16_Sec2.ggb), disponível no material anexo do professor.	Com este applet, é possível discutir a formação de imagens em um espelho plano, além de ilustrar a formação de imagens de objetos pontuais. Ao iniciar o applet, são exibidos três pontos: O, I e E, que representam um objeto pontual, sua imagem e um ponto de um espelho plano, respectivamente. Através das caixas de seleção exibidas na tela, pode-se mostrar alguns dos raios luminosos provenientes do objeto e da imagem, além do espelho e alguns dos correspondentes raios responsáveis pela formação da imagem.	O professor interage com toda a turma	15 minutos.

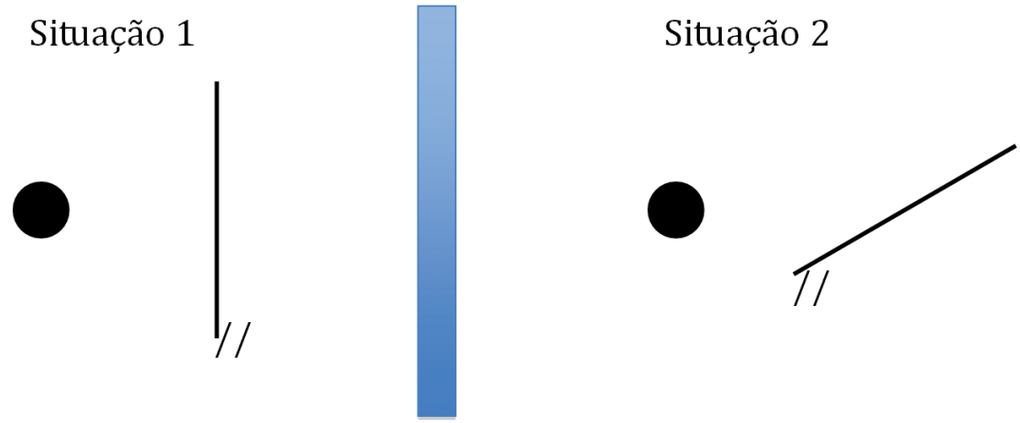
Aspectos operacionais

- Inicie uma discussão sobre objetos pontuais. Os alunos devem ficar convencidos de que, em uma fonte pontual, os raios luminosos saem da fonte radialmente.
- Apresente ainda a lei de reflexão em espelhos planos: ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão (ambos medidos em relação à reta normal ao espelho).
- Inicie o applet e comente sobre os componentes exibidos. Marque a caixa 'objeto' e reforce a ideia de que os raios luminosos exibidos são característicos de uma fonte pontual.
- Em seguida, desmarque a caixa 'Objeto' e marque a caixa 'Imagem'. Os raios luminosos exibidos serão análogos aos exibidos anteriormente, de modo que representam uma fonte pontual localizada atrás dos espelhos.
- O próximo passo é desmarcar a caixa 'Imagem' e marcar a caixa 'Reflexão'. Assim, ficará claro como a posição da imagem foi determinada.
- Mova o ponto E para alterar a inclinação do espelho e verifique a formação da imagem. Mova também o ponto O para ver como a posição da imagem muda.

Aspectos pedagógicos

Ao estudar espelhos planos, nós nos deparamos com uma lei de reflexão bastante simples. Porém, devemos tratar com cuidado o conceito de formação de imagens, já que muitos alunos ficam extremamente confusos ao ouvir a frase 'a imagem se formou atrás do espelho', por exemplo. Com este applet, é possível mostrar que a sensação visual (os raios luminosos que chegam ao nosso olho) criada por objeto pontual legítimo é análoga à da sua imagem em um espelho.

Outra característica que pode ser explorada é a formação de imagens quando o espelho está inclinado. Experimente propor a seguinte atividade: desenhe a figura a seguir no quadro e pergunte aos alunos onde eles acham que a imagem será formada em cada uma das situações. A situação 1 é trivial; porém, a situação 2 dá origem a diversas respostas erradas por parte dos alunos. Sendo assim, essa é uma boa oportunidade para discutir o critério de formação de imagens. Utilizando o prolongamento dos raios refletidos, neste caso, não haverá erro! Esta atividade pode ser proposta antes mesmo de se iniciar o applet.



Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

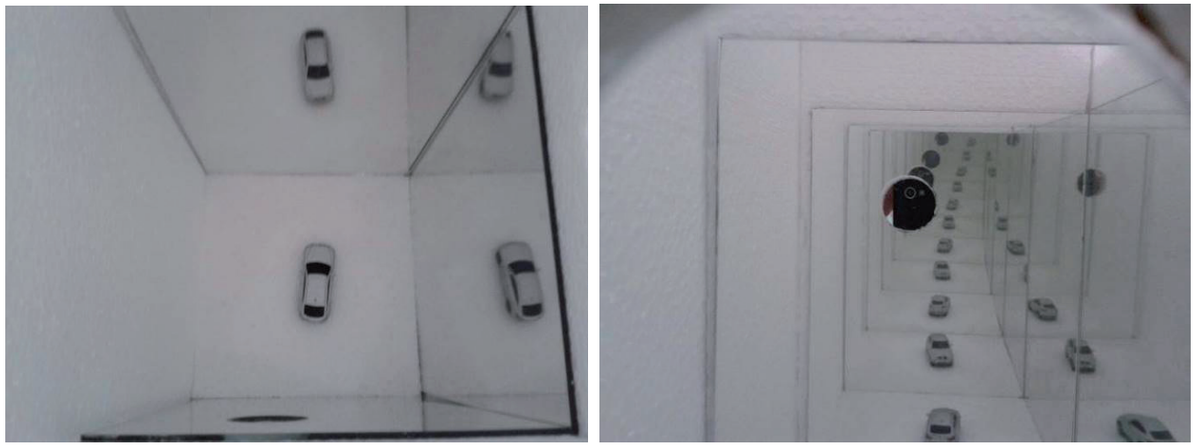
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Observando o infinito.	Placas de isopor; três espelhos planos de igual tamanho, sendo um deles com um furo circular; cola e objeto de qualquer tamanho.	Neste experimento, observaremos uma infinidade de imagens, devido à disposição dos espelhos planos.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

Para realizar esta experiência, será necessário seguirmos os seguintes passos:

- Utilizando uma placa de isopor, corte quatro pedaços retangulares de mesmo tamanho e um quinto, que servirá de base para uma caixa sem tampa.
- Cole as placas de isopor ou as prenda, de maneira que uma caixa sem tampa seja formada.

- Utilizando três pedaços de espelhos planos, sendo um deles com um orifício circular, fixe-os na parte interna da caixa.
- Abra um orifício de igual tamanho na placa de isopor onde o espelho furado se encontra. Utilize este orifício como local de observação do interior da caixa.
- Coloque um objeto no interior da caixa em sua base e observe pelo orifício o resultado.



Fonte: Gabriela Aline Casas.

Aspectos pedagógicos

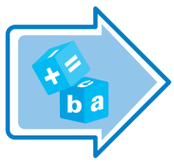
Esta experiência é muito interessante para a visualização das propriedades de espelhos planos, pois imagens reproduzidas infinitamente podem ser visualizadas neste simples exemplo. A disposição de espelhos paralelos já foi amplamente utilizada para se ter a ideia de amplitude de um determinado espaço. O professor poderá ilustrar aos alunos que a curvatura observada nas imagens deve-se à imperfeição na construção da caixa, ou seja, os espelhos não estarem perfeitamente paralelos.

Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O quicar da luz	um espelho plano (aqueles quadrados, de rosto, servem), uma lanterna ou apontador laser e fumaça de incenso (pode ser substituído por talco ou pó de giz).	Nesta atividade, mostraremos como um feixe de luz é refletido por um espelho plano. Nosso objetivo é evidenciar que, quando um raio de luz bate numa superfície plana, assim como uma partícula, ele é refletido com o mesmo ângulo de incidência.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

- Para introduzir o experimento, pergunte aos alunos se eles já observaram como a bola de borracha quica no chão. Se você tiver uma bolinha em casa, leve-a para a sala de aula e faça a demonstração. Mostre para eles que, ao atirar a bolinha num chão regular, ela quica com o mesmo ângulo de incidência. A reflexão da luz num espelho plano pode ser comparada ao quicar da bolinha no chão.
- Para mostrar aos alunos como a luz é refletida num espelho plano, siga os seguintes passos:
- Coloque o espelho no chão (ou em cima de uma carteira) da sala de aula.
- Escureça a sala o máximo que você puder.
- Ligue a lanterna e direcione o feixe de luz quase perpendicularmente sobre o espelho.
- Para enxergar o feixe refletido, acenda o incenso e espalhe sua fumaça próxima a ele (ou jogue um pouco de talco ou pó de giz sobre ele). Observe que, nessa situação, o feixe refletido segue uma trajetória reta (também quase perpendicular ao espelho) até o teto.
- Agora vá inclinando a lanterna na direção do espelho (aumentando o ângulo θ da Figura 1). Mostre aos alunos que o feixe refletido também é inclinado na mesma proporção do raio incidente.

- Para ficar mais contundente a conclusão de que os ângulos de incidência e reflexão são iguais, incline a lanterna até obter um feixe bastante inclinado em relação ao normal, de modo que sua reflexão seja vista na parede, e não mais no teto.

Figura Ilustrativa

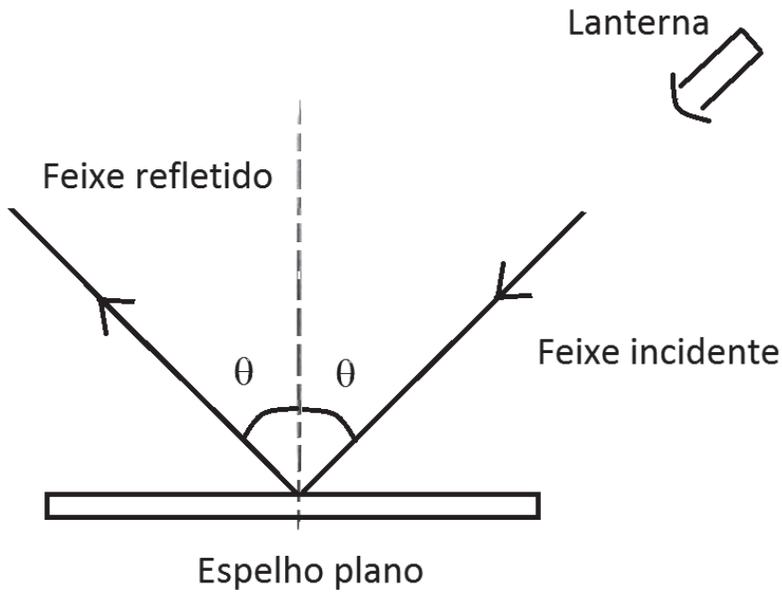


Figura 1

Fonte: Andreia Saguia.

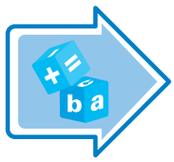
Aspectos pedagógicos

Com base nesse experimento, você pode trabalhar algumas questões básicas de óptica geométrica; por exemplo: se você tiver um apontador laser e uma lanterna, poderá usá-los para diferenciar um feixe colimado (a reflexão no teto será só um pontinho) e um feixe divergente (reflexão no teto aparece como um borrão de forma circular com diâmetro maior que o da boca da lanterna). Pode-se também mostrar como as sombras são formadas: coloque um objeto, como uma mão, por exemplo, na frente do feixe refletido e mostre como a interrupção da luz forma a sombra no teto. Por último, você pode aproveitar esse experimento para explorar algumas características da formação da imagem em espelho plano: 1) objeto e imagem possuem o mesmo tamanho e se situam à mesma distância do espelho; 2) as velocidades do objeto e da imagem em relação ao espelho são iguais; 3) propriedades de enantiomorfismo.

Outro aspecto interessante diz respeito ao fato de precisarmos da fumaça (talco ou pó de giz) para enxergar a luz. Vale a pena ressaltar que o papel da fumaça é espalhar o feixe refletido, de modo que ele chegue até os nossos olhos.

Seção 3 – Espelhos curvos.

Página no material do aluno
164 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O espelho mole	Software GeoGebra e applet (Fisica_Mod4_Un16_Sec3.ggb), disponível no material anexo do professor.	Este applet apresenta uma maneira diferente de discutir a formação de imagem em espelhos planos e curvos. Dois raios provenientes do topo de um objeto atingem o espelho e são refletidos. Os prolongamentos dos raios refletidos também são apresentados. Pode-se alterar os raios refletidos através dos pontos P_1 e P_2, a posição e a altura do objeto através dos pontos O_1 e O_2, além da curvatura do espelho através do ponto E. Deslizando o ponto E para a direita (esquerda), temos um espelho côncavo (convexo).	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Antes de iniciar o applet, deve-se discutir a reflexão em espelhos planos e esféricos.
- Inicie o applet e apresente os componentes mostrados (objeto, espelho, raios incidentes, refletidos e seus prolongamentos).
- O espelho é inicialmente plano, e a imagem é formada atrás do espelho. Mova os pontos P_1 e P_2, a fim de mostrar que todos os raios luminosos refletidos neste tipo de espelho têm seus prolongamentos passando pelo mesmo ponto, que é a imagem, neste caso.
- Mova o ponto E para a direita o máximo que for possível. Neste caso, o espelho é côncavo, e um dos raios incidentes passa pelo centro do espelho e é refletido ao longo da própria direção de incidência.
- Mova os pontos P_1 e P_2 e mostre como a interseção dos raios refletidos se move, neste caso. Isso ocorre porque este espelho está fora da aproximação paraxial utilizada na dedução da equação dos espelhos esféricos. Diminua o tamanho do objeto à metade e aproxime os pontos P_1 e P_2 do vértice do espelho, e o 'problema' será drasticamente reduzido.
- Mova o ponto E para a esquerda, e o espelho se tornará convexo. A imagem formada neste tipo de espelho é sempre virtual, menor e direita. Mova o objeto e verifique este resultado.
- Mova o objeto, altere o espelho e obtenha todos os tipos de formação de imagem estudados.

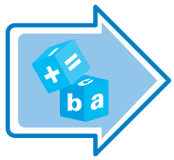
Aspectos pedagógicos

Este applet é muito útil para discutir os limites de validade das expressões utilizadas para espelhos esféricos. Quando nos afastamos da aproximação paraxial, estamos sujeitos à aberração esférica (são produzidas várias imagens para um mesmo objeto). Caso os raios incidentes sobre o espelho estejam dentro dessa aproximação, a formação da imagem é bastante satisfatória.

Os raios principais dos espelhos esféricos também podem ser estudados com esse applet. Para isso, basta mover o objeto e o espelho, a fim de obter cada um deles.

Seção 3 – Espelhos curvos.

Página no material do aluno
164 a 173

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Espelhos Curvos.	Laser, aro de 2,0 cm (tubo de esgoto de 100mm.), fita dupla face, papel quadriculado, régua.	Este experimento pretende, de forma qualitativa e quantitativa, explorar a trajetória dos principais raios que formam imagens em espelhos esféricos.	4 alunos por grupo	45 minutos.

Aspectos operacionais

- Serre um aro de um tubo de esgoto de 100mm (a espessura deste aro deve ser próxima à espessura da fita dupla face).

Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Lixe as rebarbas e o divida em 2 semicírculos.

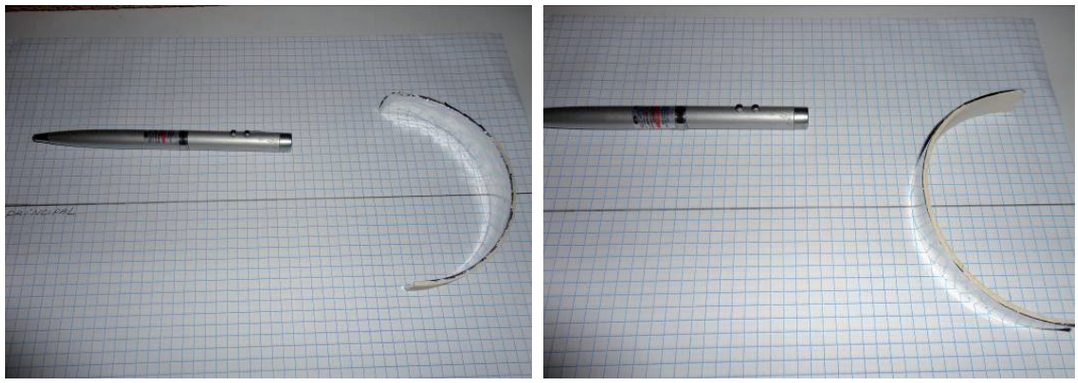
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Fixe a fita dupla face em um semicírculo na parte interna e, no outro semicírculo, na parte externa.
- Recorte tiras de papel alumínio (na mesma espessura da fita dupla face) e cole-as sobre a segunda face adesiva da fita.

Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

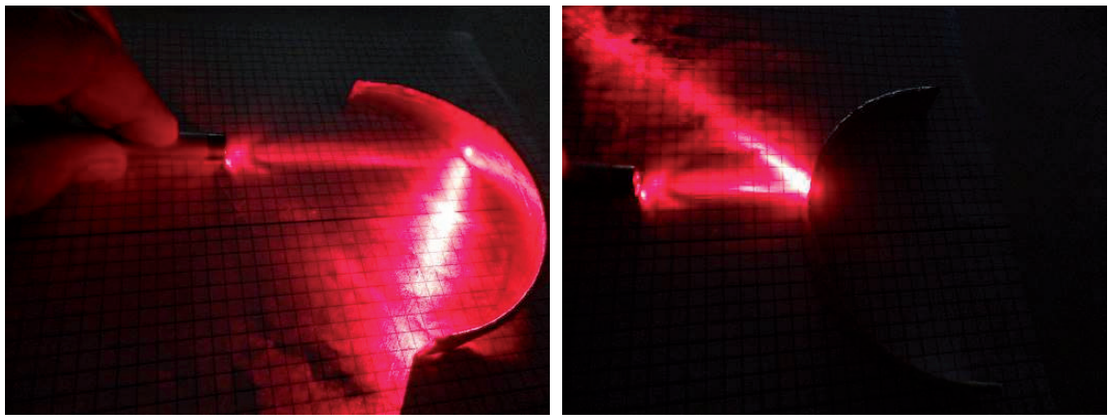
Aspectos pedagógicos

- Atenção ao "decalcar" o papel alumínio; a parte refletiva sempre para fora; a parte opaca sempre em contato com a fita dupla face.
- Estabeleça em um papel em branco ou mesmo no papel quadriculado (ou ainda o milimetrado) a posição do eixo principal. Será fundamental delimitar também o vértice do nosso espelho esférico, pois as medidas serão estabelecidas em função desse vértice.



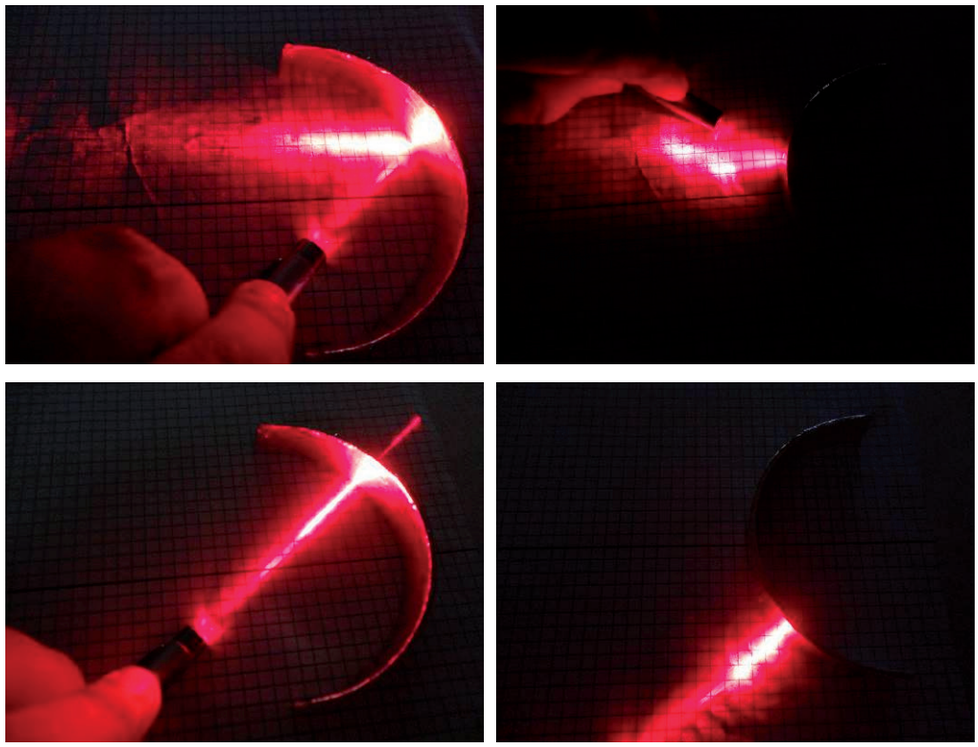
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Faça o espectro emitido pelo laser incidir paralelamente ao eixo principal; obtenha o foco do espelho.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Obtenha, usando uma régua, a posição do foco (f) e o centro de curvatura (C) do espelho; verifique que os mesmos obedecem à relação f = C/2.
- Caso o professor queira demonstrar os raios que formam a imagem em espelhos esféricos, explore o raio que passa pela posição do foco, o raio que passa paralelo ao eixo principal, assim como o raio que passa pelo centro de curvatura e o raio que incide no vértice do espelho.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

Atividades de Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como tipos de feixes de luz (convergentes, divergentes e colimados) e projeções de imagens em espelhos planos e esféricos. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento de avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 6. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

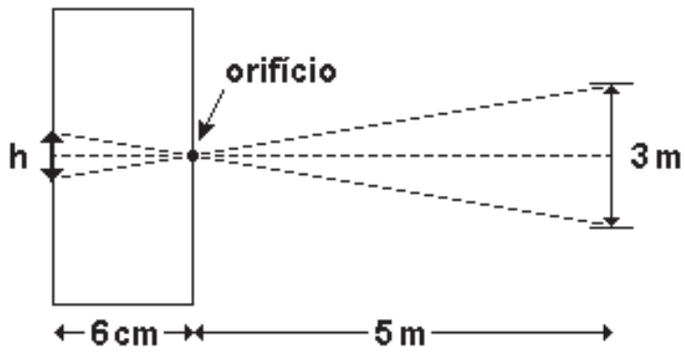
- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado neste material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios - O Mundo dentro do espelho

1. (UFRJ 97) No mundo artístico, as antigas "câmaras escuras" voltaram à moda. Uma câmara escura é uma caixa fechada de paredes opacas que possui um orifício em uma de suas faces. Na face oposta à do orifício, fica preso um filme fotográfico, onde se formam as imagens dos objetos localizados no exterior da caixa, como mostra a figura.



Suponha que um objeto de 3m de altura esteja à distância de 5m do orifício, e que a distância entre as faces seja de 6cm. Calcule a altura h da imagem.

2. (UNESP 94) Em 3 de novembro de 1994, no período da manhã, foi observado, numa faixa ao sul do Brasil, o último eclipse solar total do milênio. Supondo retilínea a trajetória da luz, um eclipse pode ser explicado pela participação de três corpos alinhados: um anteparo, uma fonte e um obstáculo.

   a. Quais são os três corpos do Sistema Solar envolvidos nesse eclipse?

---

   b. Desses três corpos, qual deles faz o papel de anteparo? de fonte? de obstáculo?

---

3. (CESGRANRIO 94) O menor tempo possível entre um eclipse do Sol e um eclipse da Lua é de aproximadamente:

   a. 12 horas

   b. 24 horas.

   c. 1 semana.

   d. 2 semanas.

   e. 1 mês.

4. (CESGRANRIO 95) Às 18h, uma pessoa olha para o céu e observa que metade da Lua está iluminada pelo Sol. Não se tratando de um eclipse da Lua, então, é correto afirmar que a fase da Lua, nesse momento:

   a. só pode ser quarto crescente

   b. só pode ser quarto minguante

   c. só pode ser lua cheia.

   d. só pode ser lua nova.

   e. pode ser quarto crescente ou quarto minguante.

5. (FAAP 96) Um quadro coberto com uma placa de vidro plano não pode ser visto tão distintamente quanto outro não coberto, porque o vidro:

   a. é opaco.

   b. é transparente.

   c. não reflete a luz.

   d. reflete parte da luz.

   e. é uma fonte luminosa.

6. (FUVEST 93) A luz solar penetra numa sala através de uma janela de vidro transparente. Abrindo-se a janela, a intensidade da radiação solar no interior da sala:

   a. permanece constante.

   b. diminui, graças à convecção que a radiação solar provoca.

   c. diminui, porque os raios solares são concentrados na sala pela janela de vidro.

   d. aumenta, porque a luz solar não sofre mais difração.

   e. aumenta, porque parte da luz solar não mais se reflete na janela.

7. (FUVEST 93) Admita que o Sol, subitamente, "morresse", ou seja, sua luz deixasse de ser emitida. 24 horas após esse evento. Um eventual sobrevivente, olhando para o céu, sem nuvens, veria:

   a. a Lua e estrelas.

   b. somente a Lua.

   c. somente estrelas.

   d. uma completa escuridão.

   e. somente os planetas do sistema solar.

8. (UNIRIO 95) Durante a final da Copa do Mundo, um cinegrafista, desejando alguns efeitos especiais, gravou cena em um estúdio completamente escuro, onde existia uma bandeira da "Azurra" (azul e branca) que foi iluminada por um feixe de luz amarela monocromática. Quando a cena foi exibida ao público, a bandeira apareceu:

   a. verde e branca.

   b. verde e amarela.

   c. preta e branca.

   d. preta e amarela.

   e. azul e branca.

9. (UNITAU 95) Dois raios de luz que se propagam num meio homogêneo e transparente se interceptam num certo ponto. A partir deste ponto, pode-se afirmar que:

   a. os raios luminosos se cancelam.

   b. mudam a direção de propagação.

   c. continuam se propagando na mesma direção e sentindo que antes.

   d. se propagam em trajetórias curvas.

   e. retornam em sentido opostos.

Resposta da questão 1:

h = 3,6 × 10£ m

Resposta da questão 2:

a. Sol, Lua e Terra.

b. Terra: anteparo;

Sol: fonte;

Lua: obstáculo.

Resposta da questão 3: [D]

Resposta da questão 4: [A]

Resposta da questão 5: [D]

Resposta da questão 6: [E]

Resposta da questão 7: [C]

Resposta da questão 8: [D]

Resposta da questão 9: [C]

MATERIAL DO PROFESSOR

Refração e Aplicações

Andreia Mendonça Saguia, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas, Wellington Wallace Miguel Melo.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizados e/ou adaptados, de acordo com sua conveniência; sendo assim, sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção, existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 7 – Refração e Aplicações – procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isso, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos da ótica. Nesta Unidade, dando sequência ao estudo de ótica, apresentamos alguns experimentos que instigam nossa curiosidade e nos propõem o estudo mais aprofundado do tema.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao seu lado com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

Apresentação da unidade do material do aluno

Caro professor, apresentamos as características principais da unidade que trabalharemos.

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	4	7	4

Titulo da unidade	Tema
Refração e Aplicações	Óptica geométrica

Objetivos da unidade
Identificar o fenômeno da refração em alguns casos simples;
Associar a Lei de Snell à aproximação (ou afastamento) do raio, refratado com relação à normal;
Esquematizar a construção de imagens em lentes convergentes e divergentes, como função da distância relativa entre o objeto e a lente;
Relacionar a reflexão interna total ao funcionamento das fibras ópticas;
Associar a refração e as lentes estudadas a situações reais em que elas podem ser utilizadas, em função de suas propriedades.

Seções	Páginas no material do aluno
1. Refração	195 a 202
2. Ângulo Limite	203 a 206
3. Lentes	206 a 209
4. Formação de Imagens em Lentes	209 a 214

A seguir, serão oferecidas algumas atividades para potencializar o trabalho em sala de aula. Verifique, portanto, a relação entre cada seção deste documento e os conteúdos do Material do Aluno.

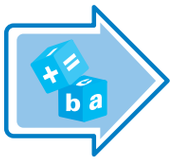
Você terá um amplo conjunto de possibilidades de trabalho.

Vamos lá!

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades

Para dar suporte às aulas, seguem os recursos, ferramentas e ideias no Material do Professor, correspondentes à Unidade acima:



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.

Ferramentas

Atividades que precisam de ferramentas disponíveis para os alunos.

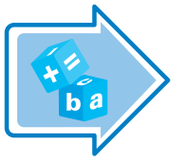
Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Exercícios

Proposições de exercícios complementares

Atividade Inicial

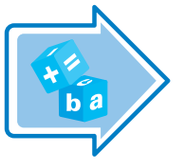
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Múltiplas Refrações	Gelatina para plantas	A refração da luz é algo fundamental para o nosso cotidiano, desde o uso de lentes em instrumentos ópticos ao uso da propagação da luz em meios homogêneos para as telecomunicações. Nesta atividade inicial, iremos desenvolver uma atividade lúdica.	4 alunos por grupo	45 minutos.

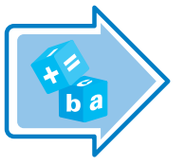
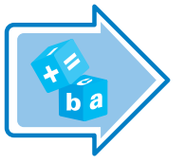
Seção 1 – Refração

Seção 2 – Ângulo Limite

Páginas no material do aluno

195 a 206

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Resgate na Praia.	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un17_Sec1.ggb) disponível no material anexo do professor.	Através de uma analogia com uma situação de resgate na praia, o conceito de refração pode ser discutido e ilustrado. O applet apresenta duas regiões distintas: a areia da praia e a água. A velocidade do banhista é maior na areia do que na água, de modo que o percurso que minimiza o tempo entre um ponto na areia e um na água não é uma reta. É possível alterar a localização inicial do banhista, o ponto aonde ele quer chegar e o ponto onde ele entra na água. O tempo gasto no percurso é calculado e exibido na tela, bem como o tempo gasto ao longo da reta que une os pontos de partida e de chegada.	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Determinando o índice de refração de um meio homogêneo.	Cuba semicircular (bebedouro de pássaros), laser pointer, alfinetes de cabeças coloridas, papel quadriculado, transferidor, 200ml de água (ou outro meio homogêneo).	Este experimento busca determinar o índice de refração de um determinado meio homogêneo. Usaremos, para tal, a relação de Snell-Descartes: $n_{AR} \cdot \text{sen}(\theta_{AR}) = n_{MEIO} \cdot \text{sen}(\theta_{MEIO})$.	Grupos de quatro alunos.	45 minutos.

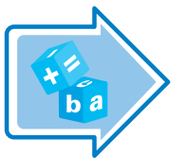
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Entortando a luz.	Uma garrafa pet de dois litros, meio copinho de café coado, um apontador laser, água suficiente para encher a garrafa, um prego fininho e um balde.	Neste experimento, ilustraremos o fenômeno da reflexão interna total, utilizando um jato de água curvo como uma fibra óptica. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17--Sec2.wmv).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos.
	O Copo invisível.	Uma jarra leiteira de vidro transparente, um copo de vidro comum, transparente e arredondado, que caiba na leiteira sem deixar muita folga, um copinho de vidro transparente, que tenha um diâmetro bem menor que o 1º copo (o copo de cachaça, por exemplo, pode ser uma boa opção) e água suficiente para encher o copo e a leiteira de vidro.	Nesta atividade, mostramos como o índice de refração nos permite diferenciar objetos e como podemos usá-lo para tornar objetos invisíveis. Vídeo ilustrando dessa atividade disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17-Sec1--atividade.wmv).	O professor interage com toda a turma.	30 minutos.

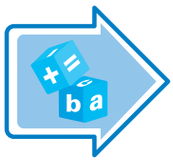
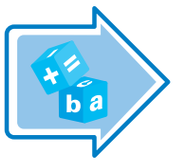
Seção 3 – Lentes

Seção 4 – Formação de imagens em lentes

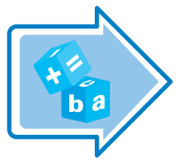
Páginas no material do aluno

206 a 214

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Corrigindo a visão.	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un17_Sec3.ggb) disponível no material anexo do professor.	Este applet apresenta os conceitos de lentes delgadas aplicadas à correção da formação de imagens em casos de miopia e hipermetropia. O perfil lateral de um globo ocular é apresentado, juntamente com uma lente. Dois raios luminosos paralelos passam pela lente antes de serem defletidos pelo cristalino em direção à retina. É possível alterar a convergência para: antes da retina (botão 'Miopia'), depois da retina (botão 'Hipermetropia') e normal (botão 'Visão normal'). O perfil da lente pode ser alterado através do controle deslizante apresentado.	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Miniprojetor.	Caixa de sapato, lupa, fita adesiva, isopor, celular ou tablet (tela pequena).	Nesta prática experimental, estabeleceremos uma projeção rudimentar onde serão observadas algumas características das lentes delgadas. Usaremos uma lente convergente e, neste caso, obteremos uma projeção invertida da imagem.	Grupos de 4 alunos.	45 minutos.

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lente esférica de água.	Um pote de vidro transparente e esférico como um aquário (ou um globo protetor de lâmpada), uma vela, fósforo, água suficiente para encher o pote e um texto de jornal.	Neste experimento, mostramos, através do processo de formação da imagem, como um pote esférico de vidro transparente, cheio de água, pode atuar como uma lente convergente.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos.
	Produzindo um arco-íris.	Um espelho plano pequeno (aqueles retangulares, de rosto, são uma boa opção), uma lanterna de luz branca e uma bacia com água que caiba o espelho dentro.	Nesta atividade, ilustramos o fenômeno da dispersão da luz produzindo um arco-íris totalmente caseiro. Vídeo ilustrando esta atividade disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17--Sec3-atividade.wmv).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como Refração, Lei de Snell e Lentes Convergentes e Divergentes. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade Individual	1 aula

Atividade Inicial

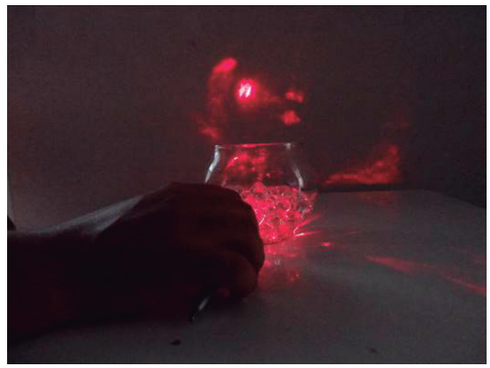
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Múltiplas Refrações	Gelatina para plantas	A refração da luz é algo fundamental para o nosso cotidiano, desde o uso de lentes em instrumentos ópticos ao uso da propagação da luz em meios homogêneos para as telecomunicações. Nesta atividade inicial, iremos desenvolver uma atividade lúdica.	4 alunos por grupo	45 minutos.

Aspectos operacionais

- Obtenha gelatinas para plantas, se possível as transparentes, e deixe-as de molho na água até alcançarem o diâmetro máximo.

Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

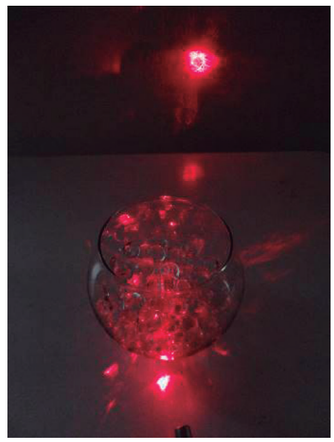
- Repouse somente as esferas já em seu diâmetro máximo em um recipiente transparente e faça incidir um feixe de luz em uma das faces do recipiente.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

Aspectos pedagógicos

- Cada esfera refrata e reflete de maneira distinta, formando uma teia de luz no interior do recipiente; estes fenômenos acontecem em múltiplas direções, alterando por completo a direção do feixe de luz.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Caso possua um laser pointer de cor verde, você poderá estabelecer uma associação entre os dois feixes de luz, um vermelho e um verde. sobre paredes distintas do recipiente.
- Para que as esferas de poliacrilamida alcancem o tamanho máximo, é necessária a imersão em água por, pelo menos, 12 horas.

Seção 1 – Refração

Seção 2 – Ângulo Limite

Páginas no material do aluno

195 a 206

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Resgate na Praia.	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un17_Sec1.ggb) disponível no material anexo do professor.	Através de uma analogia com uma situação de resgate na praia, o conceito de refração pode ser discutido e ilustrado. O applet apresenta duas regiões distintas: a areia da praia e a água. A velocidade do banhista é maior na areia do que na água, de modo que o percurso que minimiza o tempo entre um ponto na areia e um na água não é uma reta. É possível alterar a localização inicial do banhista, o ponto aonde ele quer chegar e o ponto onde ele entra na água. O tempo gasto no percurso é calculado e exibido na tela, bem como o tempo gasto ao longo da reta que une os pontos de partida e de chegada.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie uma discussão sobre o resgate em uma praia. Algumas perguntas-chave podem ser utilizadas: (i) Onde a velocidade do banhista é maior? (ii) Qual é a menor distância entre dois pontos? (iii) Que fatores são relevantes neste tipo de resgate?
- Os alunos devem se convencer de que: (i) A velocidade é, em geral, maior na areia do que na água; (ii) A menor distância entre dois pontos no espaço euclidiano é a reta; (iii) Neste caso, é preciso chegar o mais rapidamente possível ao ponto onde será feito o resgate, mesmo que através de um caminho mais longo.
- Inicie o applet.
- Peça aos alunos que façam sugestões sobre o caminho a ser seguido.
- Em seguida, deslize o ponto C e veja como o tempo ao longo do percurso ACB varia.
- Encontre o ponto que minimiza o tempo (o tempo mínimo é de 17,13s para a configuração inicial) e enfatiza que, apesar de o caminho ser mais longo do que a reta AB, o banhista ficou mais tempo na região onde sua velocidade é maior (porém, não tempo demais).

- Por fim, argumente que, segundo o Princípio de Fermat, a luz percorre a distância entre dois pontos ao longo do caminho que minimiza o tempo de percurso. Comente ainda que, ao entrar na água (região onde a velocidade é menor), a trajetória do banhista se aproxima da normal, em acordo com a Lei de Snell.
- Mova os pontos A e B e encontre o novo ponto C que minimiza o tempo de percurso.

Aspectos pedagógicos

O conceito de refração pode ser bastante abstrato para diversos alunos. Esta analogia serve para ilustrar o efeito de se deslocar em linha reta com diferentes velocidades, com a restrição de chegar ao seu destino no menor tempo possível.

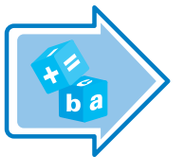
Mostre que se os dois pontos estiverem ao longo da mesma reta vertical, o caminho de menor tempo é a reta que une os dois pontos. Este seria o caso de uma incidência ao longo da normal à interface entre as duas regiões.

Seção 1 – Refração

Seção 2 – Ângulo Limite

Páginas no material do aluno

195 a 206

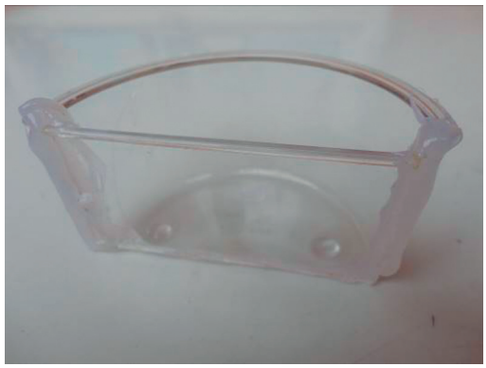
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Determinando o índice de refração de um meio homogêneo.	Cuba semicircular (bebedouro de pássaros), laser pointer, alfinetes de cabeças coloridas, papel quadriculado, transferidor, 200ml de água (ou outro meio homogêneo).	Este experimento busca determinar o índice de refração de um determinado meio homogêneo. Usaremos, para tal, a relação de Snell-Descartes: $n_{AR} \cdot \text{sen}(\theta_{AR}) = n_{MEIO} \cdot \text{sen}(\theta_{MEIO})$.	Grupos de quatro alunos.	45 minutos.

Aspectos operacionais

- Serre umas das extremidades da cuba semicircular e uma das laterais da mesma.

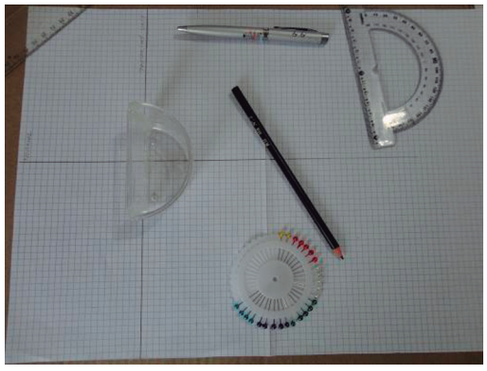
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Lixe as rebarbas e, com auxílio da cola quente, cole as partes, formando uma cuba semicircular.



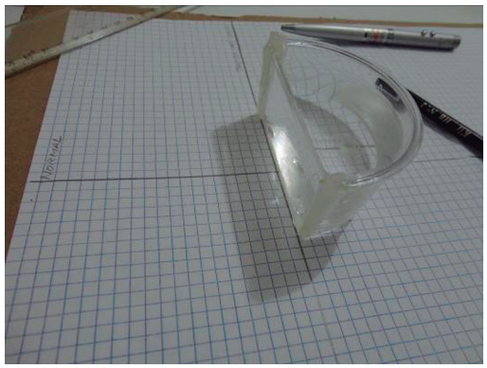
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Verifique se acontecem vazamentos.
- Estabeleça, no papel quadriculado, um plano cartesiano onde o eixo y, o eixo das ordenadas, será a nossa normal (N), e o eixo x, o eixo das abscissas, será nossa superfície de separação entre os meios.



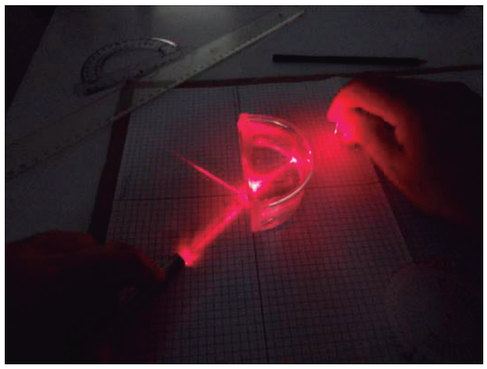
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Repouse a superfície plana da cuba exatamente sobre o eixo x do traçado e tente fazer com que o eixo y corte ao meio a cuba semicircular.

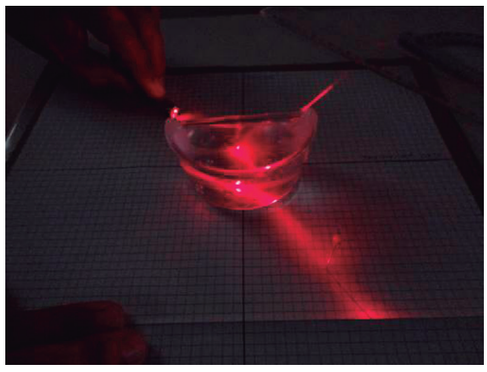


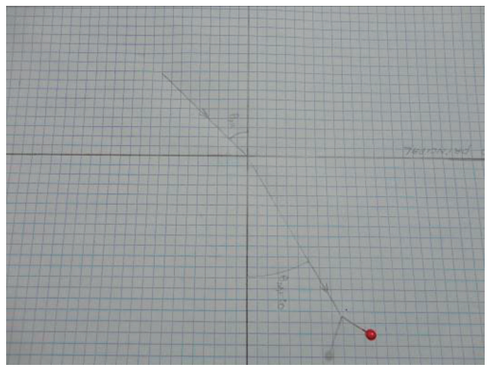
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Faça incidir sobre a superfície da face plana da cuba um raio de luz; tente posicionar o laser de maneira que o seu feixe luminoso incida sobre a junção entre os eixos (entre a reta normal e a superfície de separação).



-
- Obtenha o ângulo de incidência (ângulo entre a reta normal e o raio de luz incidente); ainda sem alterar a posição do raio incidente, obtenha o ângulo de refração (ângulo entre a reta normal e o raio de luz refratado).
- Marque, com auxílio dos alfinetes de cabeça colorida, a posição do raio refratado e refletido, e com o transferidor estabeleça os ângulos θ_{AR} e θ_{MEIO}. Use uma calculadora ou tábua trigonométrica para descobrir os senos de cada ângulo. Aplique-os à lei de Snell-Descartes e determine o índice de refração.





Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

Aspectos pedagógicos

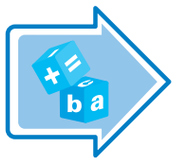
- Este experimento acontece com melhor definição em ambientes escurecidos.
- Ao executar a medida do ângulo de refração, tente posicionar-se na altura do raio refratado ou use o próprio alfinete para vasculhar a posição do raio refratado.
- Caso não possua calculadora, é possível determinar os ângulos de incidência e de refração usando a definição de seno (sen = Cateto Oposto / hipotenusa), já que o papel quadriculado (ou milimetrado) auxilia a medição.
- Tente modificar os ângulos de incidência e verifique, para esses novos ângulos, o índice de refração do meio homogêneo. Atente que este índice deve ser o mesmo.

Seção 1 – Refração

Seção 2 – Ângulo Limite

Páginas no material do aluno

195 a 206

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Entortando a luz.	Uma garrafa pet de dois litros, meio copinho de café coado, um apontador laser, água suficiente para encher a garrafa, um prego fininho e um balde.	Neste experimento, ilustraremos o fenômeno da reflexão interna total, utilizando um jato de água curvo como uma fibra óptica. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17--Sec2.wmv).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos.

Aspectos operacionais

- Para chamar a atenção dos alunos, você pode começar esta atividade com uma conversa sobre fibra óptica. Este cabinho fino e flexível é capaz de ligar continentes (por dentro dos mares, passando por vales e montanhas submarinas), transmitindo dados e voz com excelente qualidade e a altíssimas velocidades. E qual é o fenômeno físico por trás de toda essa tecnologia? A reflexão interna total da luz. A fibra óptica é basicamente formada por um núcleo de vidro (ou outro material polimérico capaz de transmitir luz) revestido por um material com índice de refração menor. Essa característica aliada ao ângulo de incidência conveniente (maior que o ângulo limite) possibilita a transmissão da luz (com quase nenhuma perda) através de reflexões totais sucessivas dentro da fibra.
- Após esta conversa inicial, proponha uma atividade que ilustre de modo interessante o fenômeno da reflexão interna total, tal como ocorre na fibra óptica.
- Siga os passos conforme descritos a seguir.

- Usando o prego fino, faça um furo na parte lateral da garrafa, próximo à sua base.
- Tampe momentaneamente o furinho com o dedo e encha a garrafa de água até um pouco mais da metade; coloque um pouco de café coado (o suficiente para tingir levemente a água) e tampe-a, para que a água não escorra.
- Repouse a garrafa sobre sua mesa e escureça a sala o máximo que você puder.
- Aponte o laser para dentro da garrafa de modo que o feixe de luz passe da água para o ar que está aprisionado dentro da garrafa. O feixe deve incidir na superfície de separação dos dois meios inclinado de um pequeno ângulo em relação à normal (veja a Figura 1).
- Mostre aos alunos que, nessa situação, é possível observar os raios refletido (uma listra dentro da água) e refratado (um pontinho em algum lugar do lado de fora da garrafa) (Veja a Figura 2).
- Agora, vá inclinando o laser de modo a aumentar o ângulo de incidência. Mostre aos alunos que haverá um ângulo limite a partir do qual o raio refratado desaparece, ou seja, o raio incidente é totalmente refletido na superfície água – ar (veja a Figura 3).
- Para tornar a atividade mais interessante, vamos entortar a luz, usando o fenômeno da reflexão interna total.
- Tampe o furinho da garrafa e encha-a de água até o gargalo. Tampe a garrafa, para a água não escorrer pelo furinho, e deixe-a repousando sobre sua mesa.
- Posicione o balde no chão de maneira que quando a garrafa seja aberta, a água, que será lançada num jato curvo, caia dentro dele.
- Escureça a sala o máximo que você puder.
- Abra a garrafa e aponte o feixe de luz do apontador laser por trás da garrafa, direto no furo por onde a água está saindo (veja a Figura 4).
- Observe como a luz acompanha o jato curvo de água.
- Coloque sua mão no meio do jato e mostre aos alunos a presença da luz neste ponto. É como se a luz estivesse sendo carregada pela água.

Figuras Ilustrativas

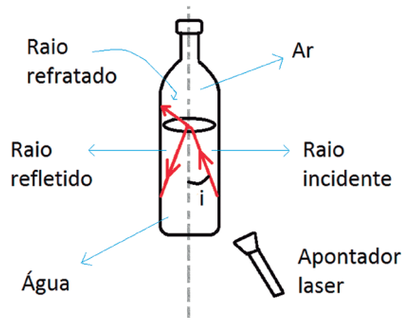


Figura 1

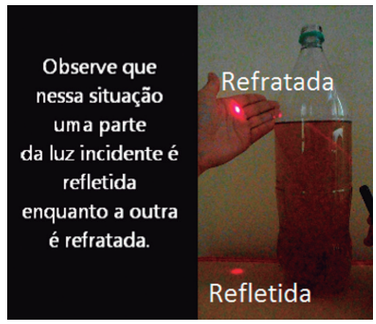


Figura 2

Figura 3

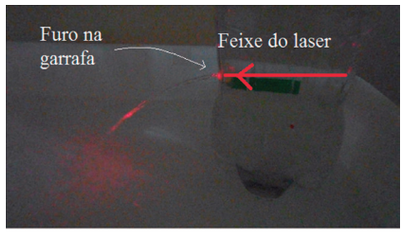


Figura 4

Aspectos pedagógicos

Aproveite esta atividade para reforçar as condições necessárias para que haja reflexão interna total: 1) a passagem da luz deve se dar do meio mais refringente (n_1) para o meio menos refringente (n_2) e 2) o ângulo de incidência tem que ser maior que o ângulo limite. Perceba que, no caso de nossa atividade, escolhemos convenientemente a água e o ar para que a primeira condição seja satisfeita (só para lembrar, n_1 da água = 1,33 e n_2 do ar = 1). Em relação à 2ª condição, ela será satisfeita quando sen (i) > (n_2/n_1) sen (90°), ou seja, quando i > 49°.

Para ilustrar como a luz é refletida no jato curvo de água, você pode desenhar no quadro um esquema como o mostrado na Figura 5 e ressaltar a semelhança do jato com a fibra óptica. Por último, não deixe de mencionar que o papel do café é simplesmente o de tornar o feixe de laser visível na água.

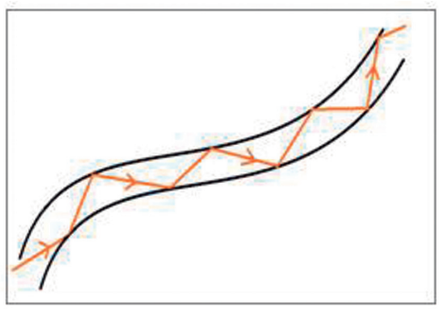


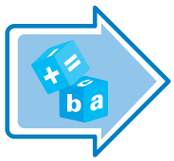
Figura 5
Fonte: Andreia Saguia.

Seção 1 – Refração

Seção 2 – Ângulo Limite

Páginas no material do aluno

195 a 206

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O Copo invisível.	Uma jarra leiteira de vidro transparente, um copo de vidro comum, transparente e arredondado, que caiba na leiteira sem deixar muita folga, um copinho de vidro transparente, que tenha um diâmetro bem menor que o 1º copo (o copo de cachaça, por exemplo, pode ser uma boa opção) e água suficiente para encher o copo e a leiteira de vidro.	Nesta atividade, mostramos como o índice de refração nos permite diferenciar objetos e como podemos usá-lo para tornar objetos invisíveis. Vídeo ilustrando dessa atividade disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17-Sec1--atividade.wmv).	O professor interage com toda a turma.	30 minutos.

Aspectos operacionais

- Refração é a mudança de direção que a luz sofre ao passar de um meio onde sua velocidade de propagação é v_1 para outro meio onde sua velocidade é v_2. Este desvio que a luz sofre ao atravessar a interface que separa dois meios com índices de refração diferentes pode dar origem a uma série de efeitos visualmente interessantes. Aqui mostraremos um desses efeitos em que um copo de vidro desaparece, misteriosamente, ao ser imerso num recipiente com água. Parece mágica, mas, a física explica.
- A montagem experimental é bastante simples. Siga os passos conforme descritos a seguir.
- Coloque o copo vazio dentro da leiteira e encha-o vagarosamente com água. Balance o copo e mostre aos alunos a imagem dele dentro da leiteira.
- Agora encha mais o copo e deixe a água transbordar e encher também a leiteira. Acrescente a água aos poucos e vá mostrando aos alunos que a parte submersa do copo torna-se invisível (veja a Figura 1).
- Encha a leiteira de água até que o copo fique totalmente submerso e completamente invisível.

Figura ilustrativa

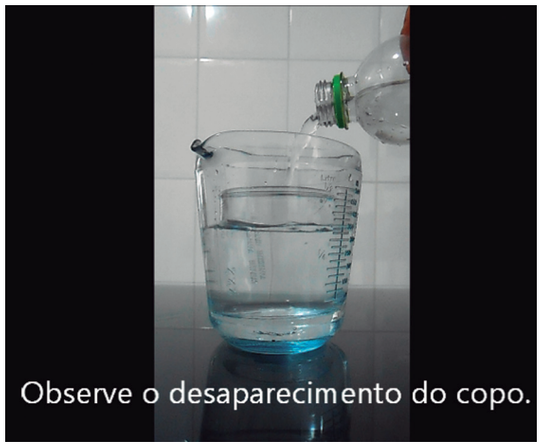


Figura 1
Fonte: Andreia Saguia.

Aspectos pedagógicos

Após a parte lúdica da atividade, com certeza os alunos vão se interessar em saber por que a parte submersa do copo torna-se invisível. Para tornar clara a explicação desse efeito de invisibilidade, você pode, nesse momento, realizar a segunda parte do experimento. Retire o copo de dentro da leiteira e coloque o copinho de cachaça. Encha o copinho de água e mostre aos alunos que, nesse caso, é possível ver o copo pequeno dentro da leiteira. Observe, no entanto, que a imagem do copinho aparecerá aumentada (mais gorda) em relação ao seu tamanho real. Isso ocorre porque os raios de luz que incidem na água são refletidos pelo copinho e sofrem refração ao passar da água ($n_1 = 1{,}33$) para o ar ($n_2 = 1{,}0$). Esse desvio da luz está ilustrado na Figura 2 a seguir (vista aérea do arranjo experimental). Veja que a água da leiteira funciona como uma lente de aumento, fornecendo uma imagem aumentada do copinho.

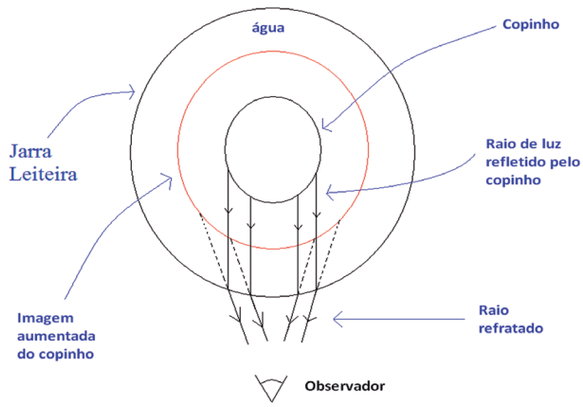


Figura 2
Fonte: Andreia Saguia.

A mesma explicação vale para o 1º copo que inserimos na leiteira. O copo fica invisível porque a luz refletida por ele sofre refração ao passar da água para o ar. Como o copo e a leiteira possuem formatos e diâmetros próximos, a água da leiteira (que age como uma lente de aumento) projeta a imagem do copo sobre o vidro da leiteira. As imagens do copo e da leiteira se confundem (viram uma só) e o copo fica aparentemente invisível. Se você inclinar o copo dentro da leiteira, tornará aparente parte de seu contorno (para mais detalhes, consulte: Cad. Bras. Ens. Fís., v. 94 21, n. 1: p. 94-97 , abr. 2004).

Por último, é interessante notar que para que haja feixe refratado é necessário que o índice de refração dos meios 1 e 2 sejam diferentes ($n_1 \neq n_2$). Quando $n_1 = n_2$, dizemos que há continuidade óptica; nesse caso, não há luz refletida e também não há mudança na direção da luz ao mudar de meio. Por exemplo, quando colocamos um pote de vidro da marca Pirex (um tipo de vidro borosilicato) dentro de um recipiente contendo um óleo vegetal, como o de canola ou girassol, o pote Pirex desaparece dentro do óleo. A invisibilidade do pote ocorre porque tanto o vidro Pirex quanto o óleo vegetal possuem índice de refração n ≈ 1,47; como consequência, a luz que passa pelo óleo não sofre desvio ao incidir sobre o pote, tornando-o invisível. Uma experiência muito semelhante a essa (e também com um efeito muito legal) pode ser realizada com bolinhas de hidrogel (o pacotinho custa R$ 1,50 em qualquer loja de utilidades ou jardinagem). Basta submergir as bolinhas num recipiente contendo água e esperar alguns minutos. Em pouco tempo, será possível observar seu completo desaparecimento dentro da água.

Seção 3 – Lentes

Seção 4 – Formação de imagens em lentes

Páginas no material do aluno

206 a 214

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Corrigindo a visão.	Software GeoGebra e o applet (Fisica_Mod4_Un17_Sec3.ggb) disponível no material anexo do professor.	Este applet apresenta os conceitos de lentes delgadas aplicadas à correção da formação de imagens em casos de miopia e hipermetropia. O perfil lateral de um globo ocular é apresentado, juntamente com uma lente. Dois raios luminosos paralelos passam pela lente antes de serem defletidos pelo cristalino em direção à retina. É possível alterar a convergência para: antes da retina (botão 'Miopia'), depois da retina (botão 'Hipermetropia') e normal (botão 'Visão normal'). O perfil da lente pode ser alterado através do controle deslizante apresentado.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie uma breve discussão sobre os dois tipos de problemas visuais que serão abordados (miopia e hipermetropia).
- Pergunte sobre quais são os fatores relevantes em cada caso. Na miopia, os principais fatores são: excesso de convergência do cristalino e/ou globo ocular muito alongado, de modo que os raios convergem antes da retina. No caso da hipermetropia, os raios convergem depois da retina, em geral, devido à baixa convergência do cristalino e/ou ao comprimento reduzido do globo ocular.
- Peça aos alunos que discutam qual tipo de lente deve ser utilizado em cada caso. Nos casos de miopia, a lente deve ser divergente. Já as lentes divergentes são utilizadas em casos de hipermetropia.
- Inicie o applet. Mova o controle deslizante 'Lente' e veja que uma lente convergente ou divergente faz com que uma pessoa com visão normal tenha problemas ao focalizar objetos.
- Acione os botões 'Hipermetropia' ou 'Miopia' e deslize o controle da lente até corrigir o defeito na formação de imagens na retina.

Aspectos pedagógicos

Este applet apresenta dois raios paralelos. Estes raios podem ser encarados como provenientes de um objeto pontual que se encontra longe do observador. Não devem ser encarados como provenientes de um objeto extenso localizado próximo do observador.

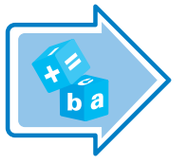
Outro aspecto importante, que deve ser ressaltado, é o tamanho da lente utilizada. Em geral, as lentes convergentes, por exemplo, são apresentadas como sendo construídas a partir da junção de duas calotas esféricas. Isso faz com que os alunos não percebam que basta um pedaço da lente para se obter os efeitos ópticos desejados.

Seção 3 – Lentes

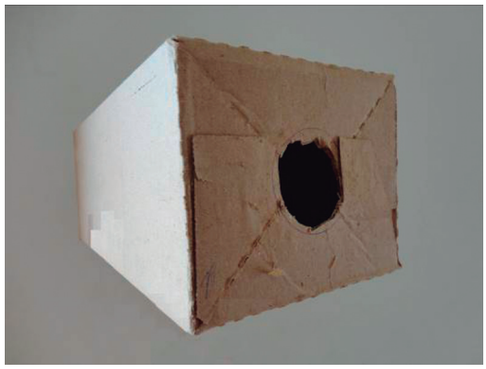
Seção 4 – Formação de imagens em lentes

Páginas no material do aluno

206 a 214

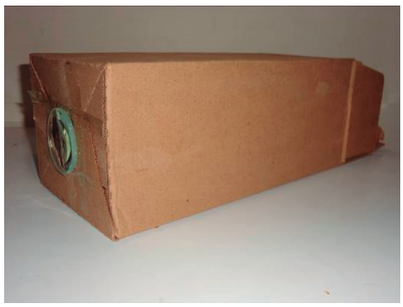
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Miniprojetor.	Caixa de sapato, lupa, fita adesiva, isopor, celular ou tablet (tela pequena).	Nesta prática experimental, estabeleceremos uma projeção rudimentar onde serão observadas algumas características das lentes delgadas. Usaremos uma lente convergente e, neste caso, obteremos uma projeção invertida da imagem.	Grupos de 4 alunos.	45 minutos.

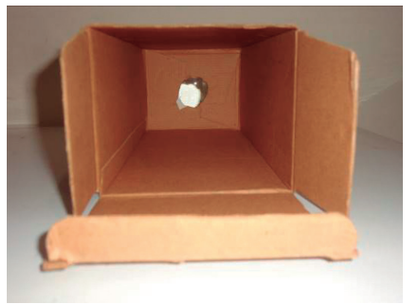
- Em uma das faces da caixa de sapato, recorte uma circunferência do diâmetro da lente ou do suporte da lente da lupa.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

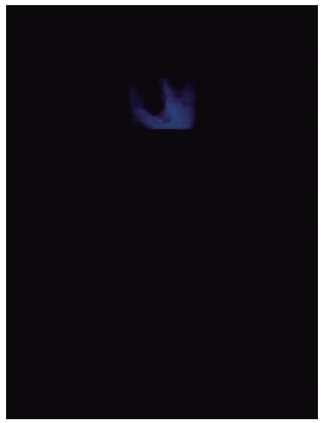
- Fixe a lente ou a lupa na face recortada.





Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- Estabeleça uma espécie de suporte móvel para o celular ou tablet. Este deve ficar na mesma altura da lente.
- Procure uma posição adequada para a melhor projeção, tanto o posicionamento interno do celular ou tablet quanto a distância entre a caixa (lente) e o anteparo.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

Aspectos pedagógicos

- Alguns celulares ou tablets, os mais modernos, possuem a propriedade de exibir a imagem invertida (sem o controle autorrotação). Este é um caso em que o professor poderá estabelecer um objeto já invertido ser exibido de maneira direita no anteparo.
- É importante salientar as propriedades das lentes esféricas e suas utilizações no dia a dia.
- É muito importante o escurecimento da sala.

Seção 3 – Lentes

Seção 4 – Formação de imagens em lentes

Páginas no material do aluno

206 a 214

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lente esférica de água.	Um pote de vidro transparente e esférico como um aquário (ou um globo protetor de lâmpada), uma vela, fósforo, água suficiente para encher o pote e um texto de jornal.	Neste experimento, mostramos, através do processo de formação da imagem, como um pote esférico de vidro transparente, cheio de água, pode atuar como uma lente convergente.	O professor interage com toda a turma.	30 minutos.

- Poucas pessoas se dão conta, mas as lentes convergentes estão presentes numa grande quantidade de instrumentos ópticos. Por exemplo, elas podem ser encontradas nas lupas, óculos, microscópios, câmera fotográfica, projetores, lunetas e até no olho humano. Basicamente, as lentes convergentes são utilizadas quando se deseja obter uma imagem ampliada do objeto a ser observado; no entanto, dependendo da distância em que o objeto se encontra, pode-se criar uma série de imagens com características bem diferentes.
- No século XVIII, quando ainda não existia luz elétrica, era comum usar-se potes de vidro com formato esférico cheios de água para focar a luz da vela. Dizem, não sei se é lenda, que rendeiras e bordadeiras, por exemplo, usavam este artifício para obter maior luminosidade em suas áreas de trabalho.
- Depois de toda essa motivação, que tal utilizar o pote de vidro para ilustrar o processo de formação da imagem por uma lente convergente? É fácil, siga os passos conforme descritos abaixo.
- Encha o pote esférico com água e deixe-o repousando sobre uma mesa próxima a uma parede. A parede servirá de anteparo para a imagem da chama da vela.
- Acenda a vela e escureça a sala o máximo que você puder.
- Agora, explore as seguintes situações:

1) Posicione a vela à distância de uns 15 cm do pote (o pote deve ficar entre a vela e a parede). Mova a vela no sentido de afastamento do pote até que se possa ver a chama da vela projetada na parede (veja a Figura 1 abaixo). Observe que a imagem da chama aparecerá invertida (mova a vela para cima e para baixo, esquerda e direita, e note que a imagem se moverá no sentido oposto);

2) Afaste e aproxime a vela do pote e mostre aos alunos como o tamanho da imagem (I) se modifica em relação ao tamanho real da chama (O). Numa lente convergente, se O estiver após 2F, onde F é a distância focal da lente, então $I < O$; se O estiver exatamente em 2F, então, $I = O$; por último, se O estiver entre 2F e F, $I>O$;

3) Agora, aproxime bastante a vela do pote (cuidado para não esquentar demais o pote e ele acabar se partindo) e note que, a partir de um determinado ponto, a imagem da chama desaparece do anteparo. Este ponto é o foco da lente;

4) Apague a vela e acenda a luz da sala. Posicione uma folha de jornal (ou livro) bem próximo do pote e leia o texto através da água. Observe que, nesse caso, a lente de água se comporta como uma lente de aumento (veja a Figura 2).

Figuras ilustrativas

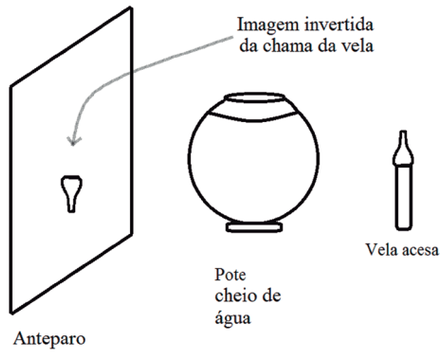


Figura 1
Fonte: Andreia Saguia.

Figura 2

Aspectos pedagógicos

Este experimento pode servir de base para uma boa discussão sobre refração e formação de imagem numa lente convergente. Por exemplo, partindo de um diagrama como o mostrado na Figura 3 abaixo, você pode mostrar como os raio luminosos da chama da vela se inclinam ao passar do ar para a água (aproximam-se da normal N1) e depois para o ar novamente (afastam-se da normal N2) até formar a imagem invertida no anteparo. Observe que a esfera de água atua como uma lente, focando a luz que passa através dela e formando uma imagem invertida do outro lado.

Também vale a pena ressaltar que quando o objeto se encontra muito próximo da lente (a uma distância menor que F = F'), a lente não consegue inclinar os raios de luz o suficiente para fazê-los se cruzarem para formar a imagem (só para constar, no caso de uma esfera perfeita F'= 2a, onde a é o raio da esfera). No entanto, quando olhamos para este objeto através da água (como no caso da Figura 2), enxergamos a imagem do objeto nitidamente e aumentada de tamanho. Isso ocorre porque a lente dos nossos olhos completa a inclinação dos raios, formando a imagem sobre a nossa retina. Nessa situação, a lente esférica de água atua como uma lente de aumento.

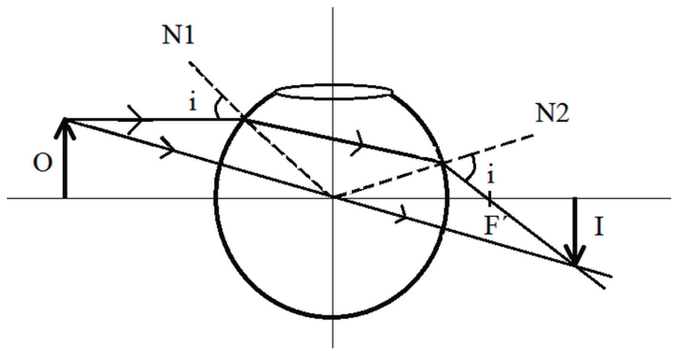


Figura 3
Fonte: Andreia Saguia.

Seção 3 – Lentes

Seção 4 – Formação de imagens em lentes

Páginas no material do aluno

206 a 214

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Produzindo um arco-íris.	Um espelho plano pequeno (aqueles retangulares, de rosto, são uma boa opção), uma lanterna de luz branca e uma bacia com água que caiba o espelho dentro.	Nesta atividade, ilustramos o fenômeno da dispersão da luz produzindo um arco-íris totalmente caseiro. Vídeo ilustrando esta atividade disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid17--Sec3-atividade.wmv).	O professor interage com toda a turma.	20 minutos.

Aspectos operacionais

- Todos nós ficamos maravilhados quando somos surpreendidos, num dia chuvoso, com a presença de um arco-íris. Mas como será que eles se formam? De onde vêm aquelas cores tão bonitas que nos deixam impressionados? E por que eles só aparecem em lugares úmidos, como nas proximidades de uma cachoeira ou de chafarizes, e no céu, em dias chuvosos? Para ilustrar o fenômeno da dispersão da luz tal como a que gera o arco-íris, proponha aos alunos a atividade conforme descrita a seguir.
- Comece enchendo a bacia plástica com água. Coloque-a sobre uma mesa próxima a uma parede. A parede servirá de anteparo, o arco-íris será projetado sobre ela.
- Posicione o espelho um pouco inclinado dentro da bacia, com a face refletora virada para a parede. O espelho não precisa ficar totalmente submerso (veja a Figura 1).
- Escureça a sala o máximo que você puder.
- Agora ligue a lanterna e direcione o feixe de luz para a parte do espelho que se encontra submersa. O feixe de luz dever incidir na água e depois no espelho.
- Vá inclinando a lanterna e o espelho delicadamente até que se possa observar a formação do arco-íris na parede (veja a Figura 2).

Figuras Ilustrativas

Figura 1
Fonte: Andreia Saguia.

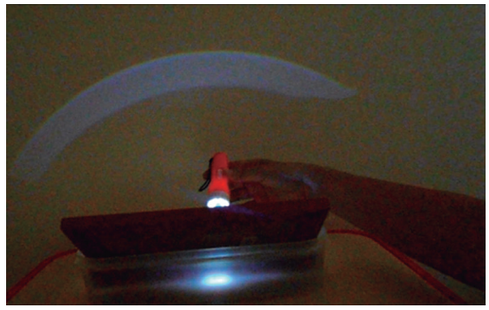


Figura 2

Aspectos pedagógicos

Essa atividade é muito interessante porque envolve um fenômeno físico curioso do nosso cotidiano. Ao final da atividade, vale a pena chamar a atenção dos alunos para alguns aspectos desse fenômeno. Por exemplo: a luz branca é, na verdade, o resultado da junção de várias cores. Cada cor possui uma velocidade diferente na água (o vermelho, por exemplo, caminha mais rápido que o azul). Como consequência, quando a luz branca incide sobre a água, os raios luminosos penetram nela e são refratados com inclinações diferentes (o azul, por exemplo, sofre maior inclinação que o vermelho), o que provoca a separação das cores. Dizemos, nesse caso, que o feixe de luz branca sofre dispersão, abrindo-se num leque colorido. O feixe de luz colorido, dentro da água, é refletido no espelho, sofre novo processo de refração ao passar da água para o ar até ser projetado na parede como um lindo arco-íris.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como Refração, Lei de Snell e Lentes Convergentes e Divergentes. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade Individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento de avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 7. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado nesse material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios - Refração e aplicações

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO

(PUCCAMP 2004) A luz visível é a fonte de energia da qual dependem as plantas e, por conseguinte, todos os seres vivos. As radiações ultravioleta e infravermelha, que estão fora da faixa visível, podem também ter importância biológica.

1.A velocidade da luz, no vácuo, vale aproximadamente 3,0.108 m/s. Para percorrer a distância entre a Lua e a Terra, que é de 3,9.105 km, a luz leva:

a) 11,7 s

b) 8,2 s

c) 4,5 s

d) 1,3 s

e) 0,77 s

2.(CESGRANRIO 93) O fenômeno óptico que melhor explica o fato de termos a impressão de que por alguns capilares do braço flui sangue de cor azul é denominado:

a) reflexão

b) difração

c) refração

d) espelhismo

e) interferência

3.(FGV 2006) O professor pede aos grupos de estudo que apresentem à classe suas principais conclusões sobre os fundamentos para o desenvolvimento do estudo da Óptica Geométrica.

GRUPO I - Os feixes de luz podem apresentar-se em raios paralelos, convergentes ou divergentes.

GRUPO II - Os fenômenos de reflexão, refração e absorção ocorrem isoladamente e nunca simultaneamente.

GRUPO III - Enquanto num corpo pintado de preto fosco predomina a absorção, em um corpo pintado de branco predomina a difusão.

GRUPO IV - Os raios luminosos se propagam em linha reta nos meios homogêneos e transparentes.

São corretas as conclusões dos grupos

a) I e III, apenas.

b) II e IV, apenas.

c) I, III e IV, apenas.

d) II, III e IV, apenas.

e) I, II, III e IV.

4.(Mackenzie 99) Um raio luminoso monocromático, ao passar do ar (índice de refração =1,0) para a água, reduz sua velocidade em 25%. O índice de refração absoluto da água para esse raio luminoso é de aproximadamente:

a) 1,2

b) 1,3

c) 1,4

d) 1,5

e) 1,6

5.(PUCCAMP 98) Considere as afirmações acerca da refração da luz.

I. Ela somente ocorre com desvio dos raios luminosos.

II. O raio refratado se aproxima da normal no meio mais refringente.

III. A refração somente ocorre do meio menos refringente para o mais refringente.

IV. No meio mais refringente a velocidade da luz é menor.

São corretas SOMENTE

a) I e II

b) I e III

c)I e III

d) II e IV

e) III e IV

6.(PUCCAMP 99) Os tamanhos do Sol e da Lua são aparentemente maiores quando próximos ao horizonte do que na posição acima de nossas cabeças. Isso é explicado pelo fato de

a) o índice de refração do ar atmosférico aumentar com a sua densidade.

b) a luz atravessar mais rapidamente os meios densos.

c) a luz se propagar do meio mais refringente para o menos refringente.

d) a luz proveniente do astro no horizonte sofrer reflexão total na atmosfera.

e) a transparência do ar variar com a cor da luz incidente.

7.(PUCCAMP 2000) O texto a seguir tem quatro expressões maiúsculas que se referem ao fenômeno de reflexão da luz ou ao fenômeno de refração da luz.

"Estamos numa manhã ensolarada. A LUZ DO SOL ATRAVESSA A ÁGUA DA PISCINA,(1) ILUMINANDO O FUNDO (2) que parece estar mais acima. Na sala, a luz do sol, que PASSA PELA VIDRAÇA, (3) é ESPALHADA PELAS PAREDES BRANCAS, (4) tornando a sala ainda mais clara.

A reflexão da luz é o fenômeno principal correspondente às expressões

a) 1 e 2

b) 1 e 3

c) 2 e 3

d) 2 e 4

e) 3 e 4

8.(PUCMG 2007) Assinale a afirmativa correta.

a) Os fenômenos de reflexão e refração não ocorrem simultaneamente, apenas isoladamente.

b) Se colocarmos um espelho comum sob a luz solar, ele não se aquece, pois toda luz é refletida, não sendo absorvida nenhuma parcela de energia radiante incidente.

c) O astigmatismo é um defeito do sistema óptico responsável pela formação de uma imagem pontual, mesmo que o objeto seja extenso.

d) Um meio óptico perfeito é aquele no qual o único fenômeno que ocorre é o da refração.

9.(UDESC 97) Em um dia quente, ao percorrermos uma estrada asfaltada, temos a impressão de que ela está "molhada" à nossa frente. Tal fenômeno é consequência da:

a) polarização da luz;

b) refração da luz;

c) difração da luz;

d) dispersão da luz;

e) interferência da luz.

Gabarito:

Resposta da questão 1: [D]

Resposta da questão 2: [C]

Resposta da questão 3: [C]

Resposta da questão 4: [B]

Resposta da questão 5: [D]

Resposta da questão 6: [A]

Resposta da questão 7: [D]

Resposta da questão 8: [D]

Resposta da questão 9: [B]

Volume 2 • Módulo 4 • Física • Unidade 8

Entrando nessa onda

Andreia Mendonça Saguia, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas, Wellington Wallace Miguel Melo.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizados e/ou adaptados, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção, existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupo, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 8 – Entrando nessa onda –, procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isso, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos de ondas. Alguns curiosos experimentos de ondas são apresentados de maneira didática de tal forma que o tema é revisitado pelos professores sob um novo olhar.

Apresentação da unidade do material do aluno

Caro professor, apresentamos as características principais da unidade que trabalharemos.

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	4	8	4

Titulo da unidade	Tema
Entrando nessa onda	Ondas

Objetivos da unidade
Conceituar onda e seus diferentes tipos.
Identificar as propriedades básicas de uma onda.
Calcular a frequência de uma onda.
Calcular o comprimento de onda.
Aplicar o conceito de intensidade da onda.

Seções	Páginas no material do aluno
1. O que é uma onda?	235 a 236
2. Tipos de onda	236 a 239
3. Propriedades fundamentais das ondas	239 a 243
4. O som: um exemplo de ondas longitudinais	244
5. Reflexão e velocidade do som	245 a 246
6. Propriedades do som	247 a 248
7. Efeito Doppler	248 a 250

A seguir, serão oferecidas algumas atividades para potencializar o trabalho em sala de aula. Verifique, portanto, a relação entre cada seção deste documento e os conteúdos do Material do Aluno.

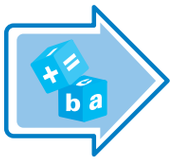
Você terá um amplo conjunto de possibilidades de trabalho.

Vamos lá!

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades

Para dar suporte às aulas, seguem os recursos, ferramentas e ideias no Material do Professor, correspondentes à Unidade acima:



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.

Ferramentas

Atividades que precisam de ferramentas disponíveis para os alunos.

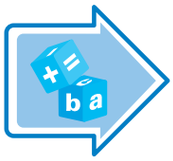
Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Exercícios

Proposições de exercícios complementares

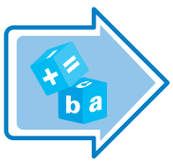
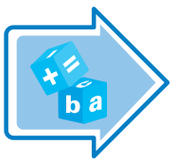
Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Gramofone de papel	Folha de papel A4, fita adesiva, lápis, um disco de vinil e um alfinete.	Neste experimento, utilizaremos materiais de simples aquisição para explorar os conceitos de um instrumento de música muito antigo e conhecido.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Seção 1 – O que é uma onda?

Páginas no material do aluno

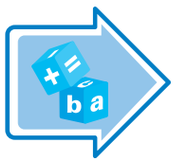
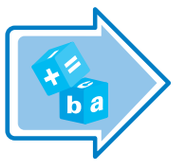
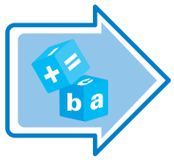
235 a 236

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Onda em uma corda	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec1.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxiliará na introdução do conceito de onda. Com ele, é possível observar a propagação de um pulso e de uma onda em uma corda. Ele também permite mostrar claramente aos estudantes que o que está se propagando é a perturbação do meio.	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Transporte de energia	Cortiça ou isopor, cuba d'água, régua, caneta ou algum gotejador.	Este experimento é desenvolvido com o propósito de evidenciar o fenômeno do transporte de energia associada à perturbação de um meio homogêneo.	Grupos de 4 alunos	45 minutos
	A onda em câmera lenta	Elástico amarelo, TV de tubo.	Nesta prática, um efeito visual impressionante é ilustrado de maneira extremamente simples, cujos recursos se limitam a um elástico e uma TV. Vídeo ilustrando a experiência está disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid18--Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Seção 2– Tipos de onda.

Páginas no material do aluno

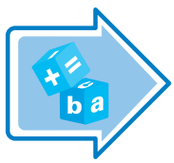
236 a 239

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Ondas transversais e longitudinais em uma mola	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec2.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet permite observar a propagação de ondas transversais e longitudinais em uma mola. Nele, os estudantes podem observar as zonas de compressão e de rarefação em uma onda longitudinal. Também é possível ver a trajetória descrita pelas partículas do meio em cada tipo de onda.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos
	Percebendo ondas mecânicas	Balde, plástico filme para alimentos, fita adesiva, pequeno espelho, monitor de som para PC.	Esta prática envolve, de maneira qualitativa, a percepção das ondas mecânicas, as perturbações ecoam devido à continuidade de um meio material e acabam colidindo com uma superfície elástica; esta, por sua vez, oscila com a mesma frequência do som emitido.	Grupos de 4 ou 5 alunos.	45 minutos
	Percebendo ondas eletromagnéticas	Rádio funcionando em AM, lima metálica, 1 m de fio condutor (em dois pedaços de 50 cm), eliminador de pilha.	Esta prática busca demonstrar, de forma qualitativa, a presença de um tipo de oscilação muito importante para o mundo atual: as ondas eletromagnéticas. A manifestação das ondas eletromagnéticas será evidenciada por meio dos ruídos emitidos em um rádio sintonizado na faixa AM. A variação da corrente elétrica no condutor provoca um trem de ondas eletromagnéticas que atinge a antena do rádio; este interfere no sinal recebido, provocando ruído no alto-falante do rádio.	Grupos de 4 ou 5 alunos	45 minutos
	Ondas numa mola maluca	Uma mola maluca colorida.	Nesse experimento, utilizamos uma mola maluca para ilustrar, de maneira divertida, a formação e algumas características das ondas transversais e longitudinais.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Seção 3 – Propriedades fundamentais das ondas

Páginas no material do aluno

239 a 243

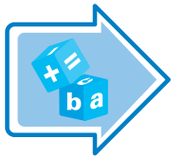
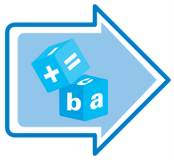
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Propriedades das ondas	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec3.jar), disponível no material anexo do professor.	Com este applet, é possível mostrar para os estudantes o que ocorre com uma onda em uma corda quando variamos seu comprimento de onda, amplitude e frequência. Ele também permite observar como estas variáveis afetam o movimento de cada pedaço da corda.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos
	A máquina de ondas estacionárias	Pequeno motor retirado de leitores de DVD, interruptor, clip de bateria 9V, bateria 9V, barbante encerado (1,5 m), arame rígido, moldura quadricular, inúmeras massas distintas, régua ou fitas métricas.	Existem inúmeros modelos para a máquina que construiremos a seguir. Esta máquina nos permite medir o comprimento da onda em função dos harmônicos estabelecidos. Se o professor possuir uma balança sensível o bastante para medir a massa do fio, é possível determinar a frequência de oscilação desta onda.	Grupos de 4 ou 5 alunos.	60 minutos

Seção 4 – O som: um exemplo de ondas longitudinais.

Seção 5 – Reflexão e velocidade do som.

Páginas no material do aluno

244 a 246

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O som se propagando	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec4.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxiliará o estudo da propagação de ondas sonoras no ar. Ele permite visualizar a formação de zonas de compressão e rarefação e o movimento das moléculas do ar.	O professor interage com toda a turma	15 minutos.
	O efeito destruidor do som	Uma garrafa plástica de água ou refrigerante (600 ml), um pedaço de filme PVC de cozinha, uma faca de serra, uma vela e fósforo.	Não podemos ver as ondas sonoras diretamente, mas podemos ver seus efeitos. Neste experimento, mostramos como uma pequena perturbação sonora pode apagar a chama de uma vela. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid18-Sec4.wmv).	O professor interage com toda a turma	20 minutos.
	Ver a velocidade do som	10 a 20 fitas ou bandeiras com cores vivas, buzina, apito, caixa de som, etc.	Neste experimento, necessitaremos da cooperação de quase todos os integrantes da turma. Além de usar um espaço físico não convencional para uma aula de Física, obteremos visualmente e qualitativamente um padrão para a propagação do som no ar. Para tal, faça uso da rua plana mais próxima da escola ou até mesmo a quadra esportiva da mesma. Execute algum ruído (uma buzina, corneta, etc.) que se propague a longas distâncias e disponha os alunos em uma linha reta com bandeiras ou fitas coloridas, para que os mesmos manifestem-se no exato momento em que sentirem o som em seus ouvidos.	O professor interage com toda a turma	45 minutos.

Seção 6 – Propriedades do som.

Seção 7 – Efeito Doppler.

Páginas no material do aluno

247 a 250

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Música na garrafa	Uma garrafa pequena, de vidro comum e sem rótulo, e água suficiente para enchê-la. Alternativamente, podem ser usadas três (ou mais) garrafas iguais com quantidades diferentes de água.	Utilizando uma garrafa com quantidade de água variável, ilustraremos como os sons graves e agudos são produzidos por instrumentos de sopro, como flauta, saxofone e trompete. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid18-Sec6.wmv).	O professor interage com toda a turma	30 minutos.
	Efeito Doppler	Celular, fio de 1m, sinal de 1000,00 Hz (arquivo 1000 Hz.mp3, disponível no material anexo do professor).	Esta prática pretende, de forma qualitativa, demonstrar o que ocorre com sinais sonoros quando a fonte que os emite altera sua posição em função do observador. Como sabemos, fontes estáticas produzem sons a frequências constantes, e fontes em movimento (aproximando ou afastado do observador) sofrem mudanças em suas frequências (levando em conta o observador). Este experimento tenta demonstrar os fatores supracitados.	Grupos de 3 ou 4 alunos	45 minutos.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como comprimento, frequência e intensidade de uma onda. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Gramofone de papel	Folha de papel A4, fita adesiva, lápis, um disco de vinil e um alfinete.	Neste experimento, utilizaremos materiais de simples aquisição para explorar os conceitos de um instrumento de música muito antigo e conhecido.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Aspectos operacionais

Para realizarmos esta experiência, será necessário seguir algumas etapas:

- Enrole uma folha de papel A4 com o intuito de formar um cone (quanto maior a abertura do cone, melhor será o resultado final).
- Utilize uma fita adesiva de tal maneira que o cone não se solte. Na extremidade de menor abertura, faça com que um alfinete atravesse o papel e garanta que o mesmo seja afixado ao cone.
- Utilizando um lápis, prenda-o na abertura circular presente no vinil.
- Utilize uma superfície fixa como uma tábua de madeira para que seja possível apoiar o lápis e girá-lo em torno de um eixo.
- Para que a experiência seja bem-sucedida, é necessário que o alfinete do cone fique apoiado de uma maneira semelhante ao que é mostrado na figura abaixo

Aspectos pedagógicos

O gramofone é um instrumento musical de 1888. O simples fato de reproduzirmos o som que há em um vinil por meio de objetos tão simples desperta a curiosidade não apenas pela maneira como o mesmo se dá, mas como o vinil é construído. O fato é que a vibração do alfinete é amplificada pelo formato do cone; desta maneira, o som passa a ser audível. O fato desperta a curiosidade da turma e ilustra a natureza mecânica das ondas.

Seção 1 – O que é uma onda?

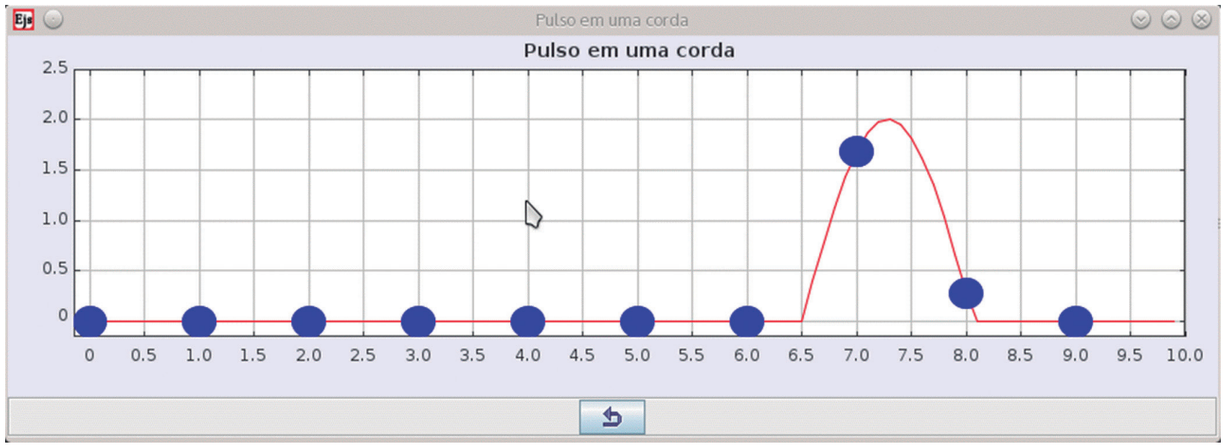
Páginas no material do aluno

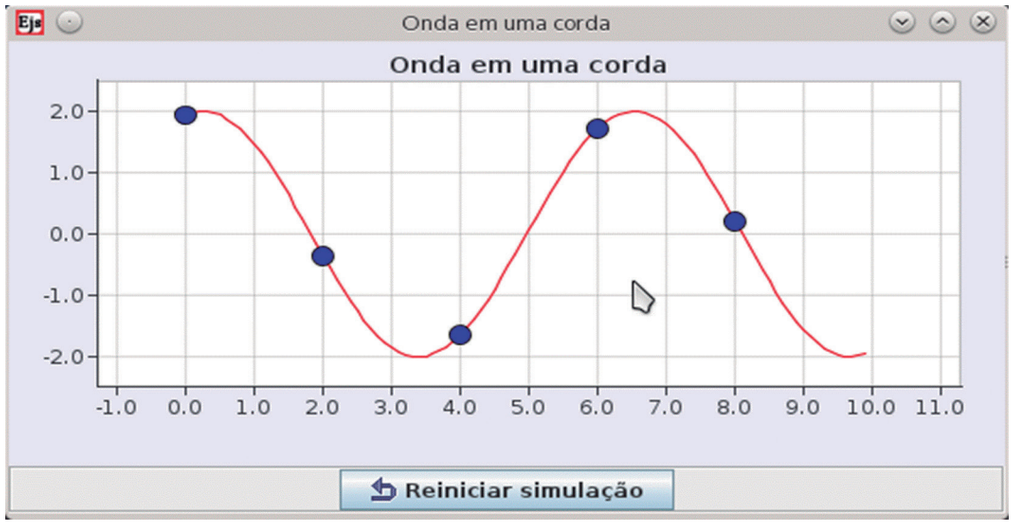
235 a 236

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Onda em uma corda	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec1.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxiliará na introdução do conceito de onda. Com ele, é possível observar a propagação de um pulso e de uma onda em uma corda. Ele também permite mostrar claramente aos estudantes que o que está se propagando é a perturbação do meio.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o applet em um computador com java instalado. Se estiver em um sistema operacional Windows, dê dois cliques com o botão esquerdo do mouse. Caso esteja em uma máquina Linux, abra um terminal e, no folder onde está o applet, execute: java -jar Fisica_Mod4_Un18_Sec1.jar.





Aspectos pedagógicos

Ao observar o movimento ondulatório de uma corda, alguns estudantes podem pensar que é ela que está se movendo. Chame a atenção deles para as bolinhas azuis oscilando junto com a corda e diga que elas representam o movimento de um pedacinho dela. Comente que cada um deles se desloca apenas na vertical e que o que se propaga para a direita é a perturbação que foi produzida na forma da corda.

Seção 1 – O que é uma onda?

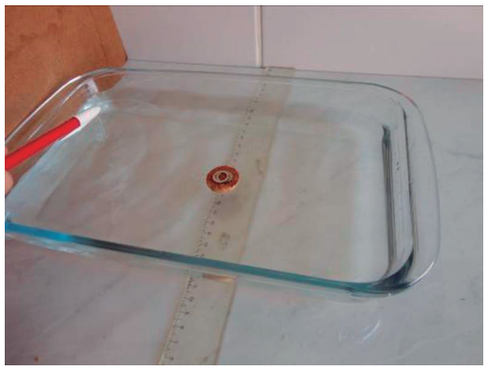
Páginas no material do aluno
235 a 236

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Transporte de energia	Cortiça ou isopor, cuba d'água, régua, caneta ou algum gotejador.	Este experimento é desenvolvido com o propósito de evidenciar o fenômeno do transporte de energia associada à perturbação de um meio homogêneo.	Grupos de 4 alunos	45 minutos

Aspectos operacionais

- Obtenha um pedaço de isopor ou cortiça e o repouse em uma posição central do recipiente contendo água (as arruelas foram acrescidas para aumentar a penetração do material no espelho d'água).

- Solte gotas d'água ou perturbe a superfície da água com algum objeto, de maneira periódica em uma das extremidades do recipiente.
- Posicione uma régua sobre o isopor ou cortiça e verifique que o mesmo oscila transversalmente.



Aspectos pedagógicos

- Evite que o gotejamento ou perturbação ocorra em uma intensidade demasiadamente alta; isto pode causar perturbações indesejáveis.
- O primordial neste experimento é demonstrar que uma onda só "transporta" energia - nunca matéria. Pode-se observar isso, evidenciando o repouso longitudinal do material flutuante.
- O material flutuante pode ser substituído por outro qualquer: isopor, cortiça, plástico, etc.

Seção 1 – O que é uma onda?

Páginas no material do aluno
235 a 236

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A onda em câmera lenta	Elástico amarelo, TV de tubo.	Nesta prática, um efeito visual impressionante é ilustrado de maneira extremamente simples, cujos recursos se limitam a um elástico e uma TV. Vídeo ilustrando a experiência está disponível no material anexo do professor (Mod4--Unid18-Sec1.wmv).	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

Para realizar esta experiência, basta utilizarmos um elástico de comprimento razoável e de preferência na cor amarela, para que o efeito seja visível a olho nu. Corte-o, para que seja possível esticá-lo como ilustrado na figura a seguir. Estique-o e faça-o vibrar, para observar o movimento oscilatório usual.

Repita o procedimento anterior, porém em frente a um televisor de tubo. O efeito observado é altamente não intuitivo, pois observamos o elástico mover-se como se estivesse em câmera lenta.

Aspectos pedagógicos

O efeito "mágico" só é visto em monitores e televisores que usam tubo de imagem. Para formar a imagem, um feixe de elétrons varre a tela a uma determinada frequência (em monitores, é possível ajustar essa frequência pelo painel de controle). Se os elásticos vibram em uma frequência próxima da frequência de varredura do monitor, temos o efeito câmera lenta. Isso ocorre, pois vemos o elástico apenas em determinadas posições, quando o monitor está emitindo luz. Assim, temos a impressão de que o movimento é em câmera lenta.

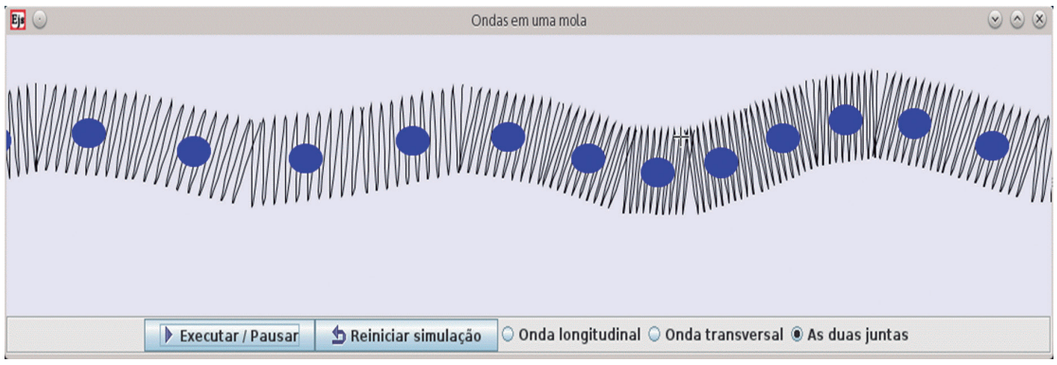
Seção 2 – Tipos de onda.

Páginas no material do aluno
236 a 239

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Ondas transversais e longitudinais em uma mola	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec2.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet permite observar a propagação de ondas transversais e longitudinais em uma mola. Nele, os estudantes podem observar as zonas de compressão e de rarefação em uma onda longitudinal. Também é possível ver a trajetória descrita pelas partículas do meio em cada tipo de onda.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o applet em um computador com java instalado. Se estiver em um sistema operacional Windows, dê dois cliques com o botão esquerdo do mouse. Caso esteja em uma máquina Linux, abra um terminal e, no folder onde está o applet, execute: java -jar Fisica_Mod4_Un18_Sec2.jar.



Aspectos pedagógicos

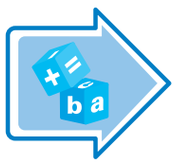
Alterne entre as ondas longitudinais e transversais, para que os estudantes possam ver como a trajetória descrita pelos pontos azuis, que representam um pedaço de massa da mola, é bastante distinta em cada caso.

O conceito de propagação de zonas de compressão e de rarefação pode ser abstrato para alguns estudantes. Pause e reinicie a simulação algumas vezes, para que eles possam observar com clareza que cada pedacinho da mola (pontos azuis) se desloca para frente e para trás e que são as zonas de compressão e de rarefação que se deslocam de um lado para o outro.

Alguns estudantes podem perguntar como seria o movimento da mola, se produzíssemos ondas longitudinais e transversais ao mesmo tempo. Escolha esta opção e mostre o resultado para eles.

Seção 2– Tipos de onda.

Páginas no material do aluno
236 a 239

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Percebendo ondas mecânicas	Balde, plástico filme para alimentos, fita adesiva, pequeno espelho, monitor de som para PC.	Esta prática envolve, de maneira qualitativa, a percepção das ondas mecânicas, as perturbações ecoam devido à continuidade de um meio material e acabam colidindo com uma superfície elástica; esta, por sua vez, oscila com a mesma frequência do som emitido.	Grupos de 4 ou 5 alunos.	45 minutos

Aspectos operacionais

- Repouse o monitor de som para PC no fundo do balde, com o alto-falante voltado para cima.

- Tampe a borda do balde com o plástico filme para alimento

- Cole um espelho sobre a superfície do plástico filme para alimento.

- Ecoe um sinal sonoro, com auxílio de um PC, tablet ou celular e incida sobre o espelho algum espectro luminoso (laser ou luz de uma lanterna).

- Observe um padrão oscilatório na imagem sobre um anteparo ou parede.

Aspectos pedagógicos

- O fator primordial deste experimento é comprovar que as ondas mecânicas são perturbações provocadas em um meio material. Os alunos comprovarão esta afirmação quando as compressões e rarefações sucessivas colidem com a superfície elástica do plástico filme para alimento; graças ao espelho agregado à superfície da mesma, a oscilação passa a ser observada.
- Você poderá substituir o monitor de som para PC por alguma buzina.
- Algumas colas podem não aderir ao material; podemos substituí-las por fita dupla face.

Seção 2 – Tipos de onda

Páginas no material do aluno
236 a 239

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Percebendo ondas eletromagnéticas	Rádio funcionando em AM, lima metálica, 1 m de fio condutor (em dois pedaços de 50 cm), eliminador de pilha.	Esta prática busca demonstrar, de forma qualitativa, a presença de um tipo de oscilação muito importante para o mundo atual: as ondas eletromagnéticas. A manifestação das ondas eletromagnéticas será evidenciada por meio dos ruídos emitidos em um rádio sintonizado na faixa AM. A variação da corrente elétrica no condutor provoca um trem de ondas eletromagnéticas que atinge a antena do rádio; este interfere no sinal recebido, provocando ruído no alto-falante do rádio.	Grupos de 4 ou 5 alunos	45 minutos

Aspectos operacionais

- Usando um eliminador de pilhas, estabeleça a seguinte conexão.

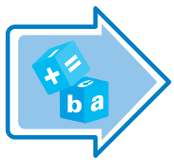
- Ao atritar o terminal exposto sobre a lima, perceberá ruídos no rádio.

Aspectos pedagógicos

- Quando a sequência de ondas colide com o circuito do receptor (rádio), um sinal audível é percebido. Alguns alunos podem não associar os ruídos emitidos pelo rádio ao pulso eletromagnético emitido pelo atrito com a lima; o nobre professor pode afastar e aproximar a lima do rádio - isso deve variar a intensidade do ruído percebido.
- Algumas fagulhas podem saltar durante o atrito entre a lima e o fio.
- Evite o contato em demasia entre o fio e a lima; isso pode causar um superaquecimento no eliminador de pilhas.

Seção 2 – Tipos de onda.

Páginas no material do aluno
236 a 239

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Ondas numa mola maluca	Uma mola maluca colorida.	Nesse experimento, utilizamos uma mola maluca para ilustrar, de maneira divertida, a formação e algumas características das ondas transversais e longitudinais.	O professor interage com toda a turma.	20 minutos

Aspectos operacionais

As ondas estão muito presentes no nosso cotidiano e constituem um tema de fundamental importância na Física. O som e a luz são exemplos marcantes de ondas, mas elas também são usadas para descrever o movimento do mar e sistemas oscilatórios em geral.

Apesar de ser amplamente empregado, o conceito de onda é abstrato e, em muitas situações, difícil de ser compreendido. Para torná-lo mais simples, proponha aos alunos um experimento com uma mola maluca. Com este simples instrumento, o fenômeno ondulatório pode ser visualizado e suas características básicas exploradas de maneira divertida.

Siga os passos conforme descritos abaixo:

- Primeiro, escolha um aluno para ajudar na execução do procedimento experimental. (Alternativamente, amarre a extremidade da mola num objeto conveniente, como a maçaneta da porta ou a perna de uma cadeira colocada sobre sua mesa).
- Peça a este aluno para segurar uma extremidade da mola enquanto você segura a outra. Estique a mola até que ela atinja um comprimento confortável (sem ficar muito mole, pendurada, ou rígida demais a ponto de quebrar).
- Para uma demonstração mais clara, peça ao aluno para segurar a extremidade da mola o mais fixo possível, mantendo a mão firme, sem movimento.
- Agora, aplique os pulsos na mola. Comece com as ondas transversais, pois elas são mais facilmente visualizadas. Para obtê-las, faça um movimento firme com a mão para direita e para esquerda numa determinada frequência (veja a Figura 1). Mostre aos alunos a formação das cristas e dos vales das ondas.
- Aplique os pulsos com uma frequência diferente para obter outro modo de vibração (com uma, duas ou três cristas de onda). Chame a atenção dos alunos para a amplitude, frequência e comprimento de onda obtida em cada caso.

- Para obter uma onda longitudinal, aplique os pulsos no sentido da mola. Mantendo fixas as extremidades, comprima uma porção da mola ao longo do seu comprimento e solte (veja a Figura 2). Mostre aos alunos as zonas de compressão e rarefação formadas ao longo da mola. Repita o procedimento, retendo uma porção de mola cada vez maior, para ver como a frequência da onda se comporta em cada caso.
- Ilustre o fenômeno da reflexão. Aplique um único pulso firme e seco na extremidade da mola e observe seu movimento de ida e volta.

Figuras Ilustrativas:

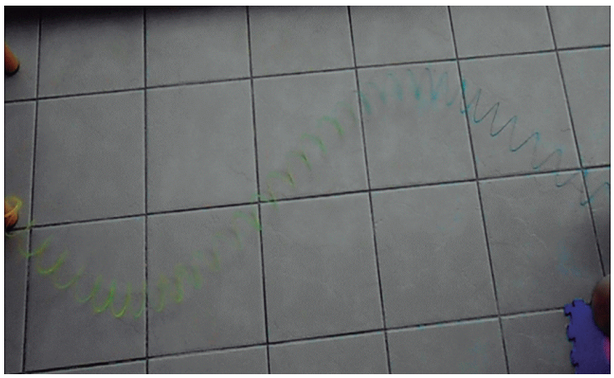


Figura 1

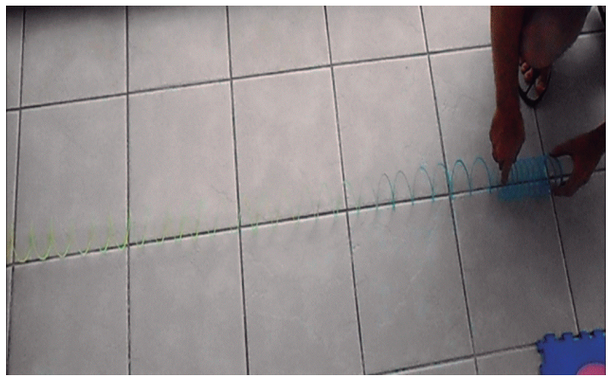


Figura 2

Aspectos pedagógicos

Além do lado lúdico, este experimento oferece uma maneira de visualizar e entender a propagação de ondas. Aqui chamamos a atenção para os conceitos mais básicos, mas, se você desejar, pode também discutir outros pontos, como a relação entre a intensidade dos pulsos com a frequência e a velocidade da onda e a obtenção de ondas estacionárias.

O procedimento experimental é bastante simples, mas a execução pode ser prejudicada se a mola for muito mole. Caso isso ocorra, tente realizar o experimento no solo para diminuir o balanço indesejável da mola.

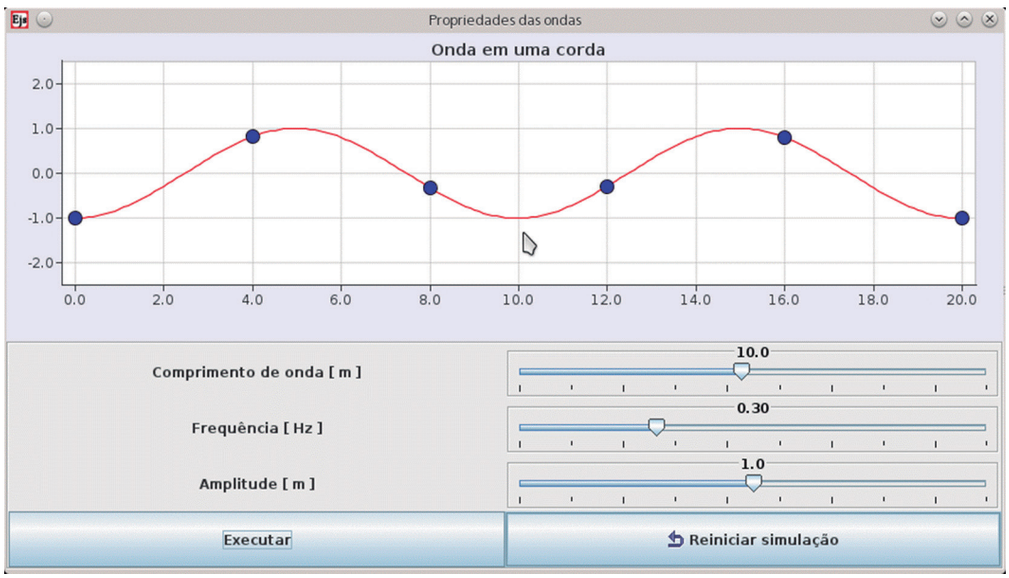
Seção 3 – Propriedades fundamentais das ondas

Páginas no material do aluno
239 a 243

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Propriedades das ondas	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec3.jar), disponível no material anexo do professor.	Com este applet, é possível mostrar para os estudantes o que ocorre com uma onda em uma corda quando variamos seu comprimento de onda, amplitude e frequência. Ele também permite observar como estas variáveis afetam o movimento de cada pedaço da corda.	O professor interage com toda a turma.	15 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o applet em um computador com java instalado. Se estiver em um sistema operacional Windows, dê dois cliques com o botão esquerdo do mouse. Caso esteja em uma máquina Linux, abra um terminal e, no folder onde está o applet, execute: java -jar Fisica_Mod4_Un18_Sec3.jar.



- Modifique separadamente cada um dos controles e mostre as alterações no gráfico e no movimento da corda (pontos azuis) para os estudantes.

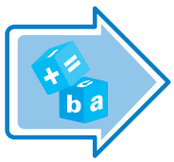
Aspectos pedagógicos

Os estudantes irão notar que, quando modificamos a frequência, o comprimento de onda é alterado; quando modificamos o comprimento de onda, é a frequência que se altera. Comente que isto decorre da relação $v = \lambda f$. Como a velocidade da onda depende das propriedades do meio no qual ela se propaga e não do agente que a produziu, o comprimento de onda ou a frequência devem se reajustar para manter o produto λf sempre com o mesmo valor.

Peça para os estudantes observarem a movimentação dos pontos azuis e altere lentamente a velocidade de propagação da onda. Chame a atenção deles para o fato de que o ritmo de subida e descida dos pontos não se modifica, já que ele depende apenas do valor da frequência de oscilação da onda.

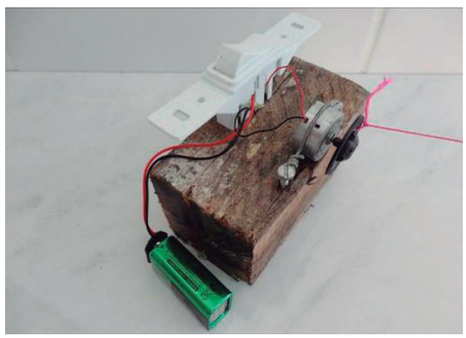
Seção 3 – Propriedades fundamentais das ondas

Páginas no material do aluno
239 a 243

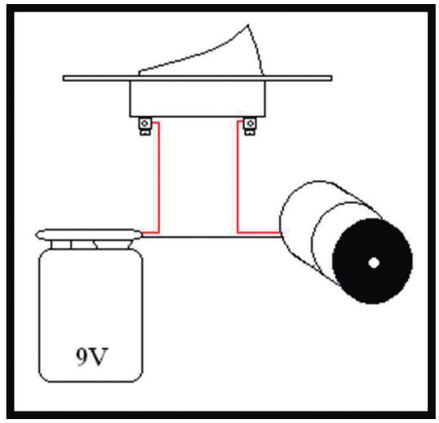
Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	A máquina de ondas estacionárias	Pequeno motor retirado de leitores de DVD, interruptor, clip de bateria 9V, bateria 9V, barbante encerado (1,5 m), arame rígido, moldura quadricular, inúmeras massas distintas, régua ou fitas métricas.	Existem inúmeros modelos para a máquina que construiremos a seguir. Esta máquina nos permite medir o comprimento da onda em função dos harmônicos estabelecidos. Se o professor possuir uma balança sensível o bastante para medir a massa do fio, é possível determinar a frequência de oscilação desta onda.	Grupos de 4 ou 5 alunos.	60 minutos

Aspectos operacionais

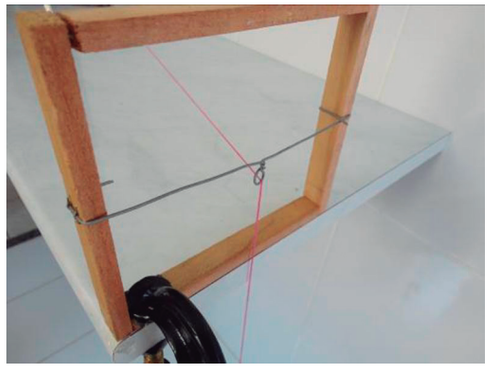
- Fixe o motor, ainda com sua polia sobre algum suporte sobrelevado.



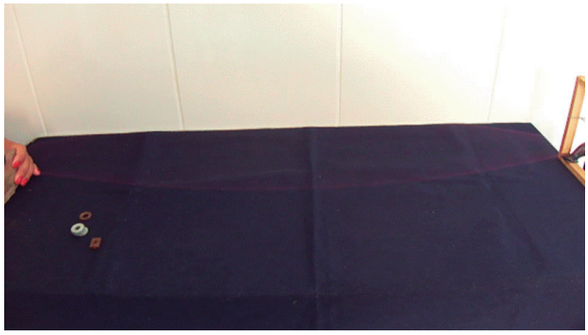
- Estabeleça a ligação a seguir.



- Faça um suporte para que o fio deslize (role) facilmente.

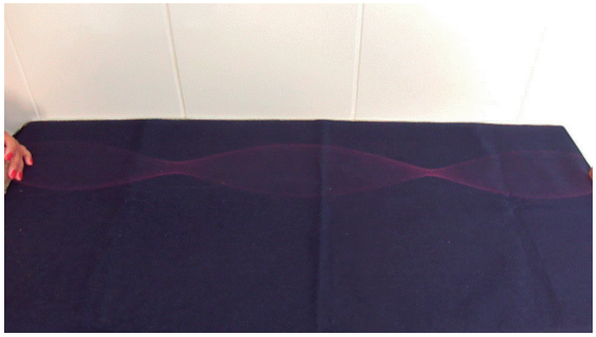


- Acrescente lentamente massas na extremidade livre do fio.
- Acione o motor e verifique as figuras estabelecidas.

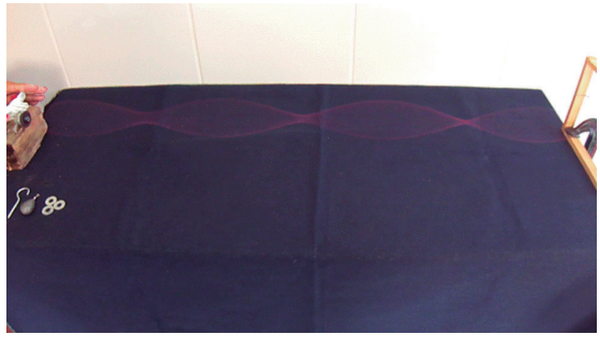


1º harmônico

2º harmônico



3º harmônico



4º harmônico

Aspectos pedagógicos

- Procure massas iguais (arruelas, porcas ou moedas) para fixar na extremidade; caso possua balanças, faça as aferições das mesmas.
- Use fios encerrados e finos (linhas de crochê são boas opções).
- Caso possua uma balança em sua escola, estabeleça o 2º harmônico na corda e determine a velocidade do pulso, $v = \sqrt{T/d}$, onde **T** é a tração do fio (o peso das massas fixadas em uma das extremidades do fio) e **d** é a densidade linear da corda (a razão entre a massa da corda (m) pelo seu comprimento (L), d = m/L). Obtendo **v**, determine o comprimento de onda do 2º harmônico (meça com uma régua).
- Com os dados do item anterior, determine a frequência de oscilação da máquina.

Seção 4 – O som: um exemplo de ondas longitudinais.

Seção 5 – Reflexão e velocidade do som.

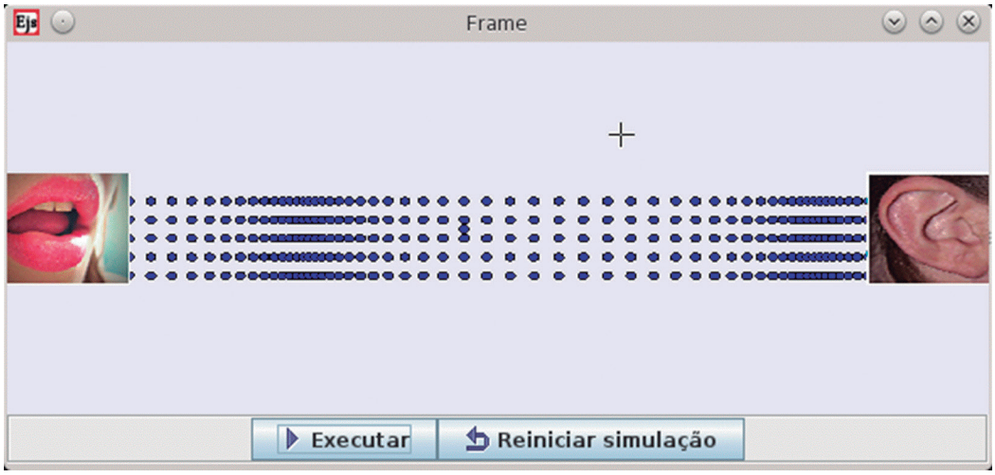
Páginas no material do aluno

244 a 246

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O som se propagando	Java instalado no computador e o applet (Fisica_Mod4_Un18_Sec4.jar), disponível no material anexo do professor.	Este applet auxiliará o estudo da propagação de ondas sonoras no ar. Ele permite visualizar a formação de zonas de compressão e rarefação e o movimento das moléculas do ar.	O professor interage com toda a turma	15 minutos.

Aspectos operacionais

- Inicie o applet em um computador com java instalado. Se estiver em um sistema operacional Windows, dê dois cliques com o botão esquerdo do mouse. Caso esteja em uma máquina Linux, abra um terminal e, no folder onde está o applet, execute: java -jar Fisica_Mod4_Un18_Sec4.jar.



Aspectos pedagógicos

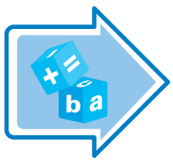
Deixe claro para os estudantes que o movimento descrito pelas moléculas em uma atmosfera de verdade é muito mais complexo do que o visualizado no programa. No ar, as moléculas estão livres para se mover nas 3 direções, enquanto as zonas de compressão e rarefação são formadas.

Seção 4 – O som: um exemplo de ondas longitudinais.

Seção 5 – Reflexão e velocidade do som.

Páginas no material do aluno

244 a 246

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O efeito destruidor do som	Uma garrafa plástica de água ou refrigerante (600 ml), um pedaço de filme PVC de cozinha, uma faca de serra, uma vela e fósforo.	Não podemos ver as ondas sonoras diretamente, mas podemos ver seus efeitos. Neste experimento, mostramos como uma pequena perturbação sonora pode apagar a chama de uma vela. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid18-Sec4.wmv).	O professor interage com toda a turma	20 minutos.

Aspectos operacionais

- Os sons que ouvimos, na maioria das vezes, chegam aos nossos ouvidos através do ar. Por exemplo, quando se produz uma vibração numa membrana (como uma batida num pandeiro ou tambor), essa vibração é transmitida ao ar do seu entorno. O ar passa a vibrar na mesma frequência da membrana até que a vibração, propagando-se de partícula a partícula do ar, chega aos nossos ouvidos e perturba nossos tímpanos. Os tímpanos transmitem ao cérebro, através de impulsos elétricos, a sensação do som. Não podemos enxergar as ondas sonoras, mas podemos detectar seus efeitos de diversas maneiras. Neste experimento, usamos a chama de uma vela para mostrar, de maneira divertida e curiosa, a propagação da vibração sonora através do ar.
- A montagem experimental é bastante simples e rápida. Siga os passos conforme descrito abaixo.
- Primeiro, corte o fundo da garrafa de plástico com uma faca.
- Cubra a parte cortada da garrafa com o filme de PVC. Estique bem o filme; ele deve ficar bem preso à garrafa (veja a Figura 1).
- Acenda a vela e deixe-a repousando sobre sua mesa.
- Tire a tampa da garrafa e aponte o gargalo na direção da chama da vela.
- Bata de leve no fundo da garrafa para produzir uma perturbação audível (veja a Figura 2). Observe o que acontece com a chama da vela.

- Aumente a frequência da batida e mostre aos alunos como a perturbação produzida na membrana plástica se propaga pelo ar da garrafa até atingir a vela e provocar oscilações em sua chama.
- Por último, aumente um pouco a intensidade da batida, para apagar a vela.

Figuras Ilustrativas:

Figura 1

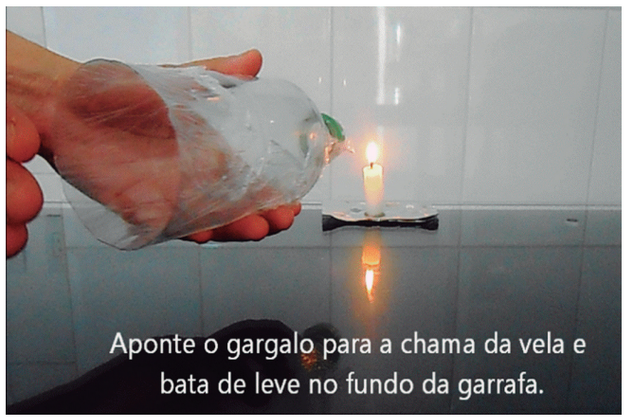


Figura 2

Aspectos pedagógicos

Ao final da exposição, vale a pena chamar a atenção dos alunos para alguns aspectos desse experimento. Primeiro, por que precisamos do filme plástico no fundo da garrafa para produzir o som? Na verdade, o som poderia ter sido produzido batendo-se no fundo da garrafa inteira (antes de cortá-la). No entanto, as vibrações provocadas pela batida no fundo da garrafa são mais eficientemente transmitidas ao ar dentro da garrafa, na direção do gargalo, quando o fundo é substituído pela membrana elástica de plástico esticado (quando a membrana se movimenta para dentro da garrafa, cria uma região de alta pressão, pois comprime o ar que está nas proximidades; quando a membrana se movimenta para fora, cria uma região de rarefação e essas vibrações se propagam dentro da garrafa, atingindo a chama da vela). Para ver a diferença, dê um tapinha no fundo da garrafa inteira, e depois com a membrana, posicionando o gargalo na direção da sua testa. Na segunda situação, você poderá sentir o ar saindo da garrafa com mais velocidade.

Também é interessante notar que o fato de a vela apagar tem a ver com a velocidade do ar que sai da garrafa. Nesse ponto, não podemos deixar de mencionar que o sucesso do experimento se deve ao formato da garrafa, que possui um gargalo mais estreito que seu corpo. Lembrando que, para um fluido perfeito, a equação da continuidade diz que área transversal e velocidade estão relacionadas por: $A1.V1 = A2.V2$, vemos que a velocidade do ar na garrafa é aumentada quando sua área diminui (veja a Figura 3). Esse ganho de velocidade no gargalo é o que faz apagar a vela. Se você refizer o experimento com um tubo perfeitamente cilíndrico (como um rolo de papel toalha), não conseguirá gerar velocidade suficiente no ar para apagar a vela. Experimente!

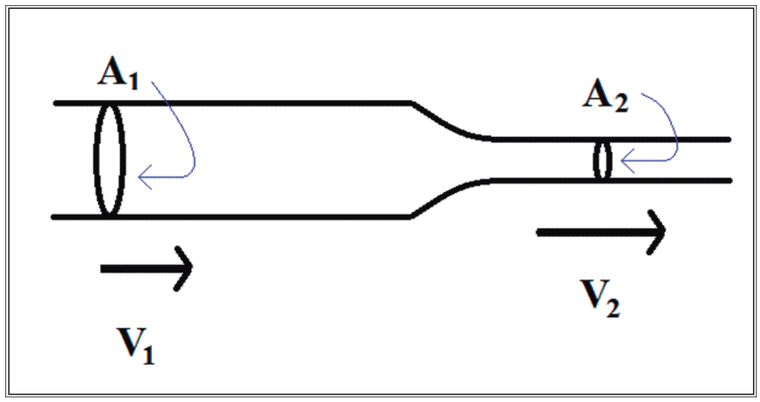


Figura 3

Seção 4 – O som: um exemplo de ondas longitudinais.

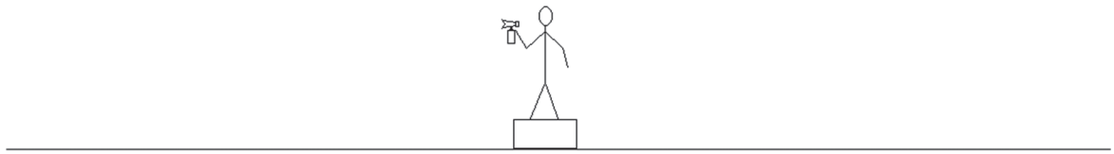
Seção 5 – Reflexão e velocidade do som.

Páginas no material do aluno

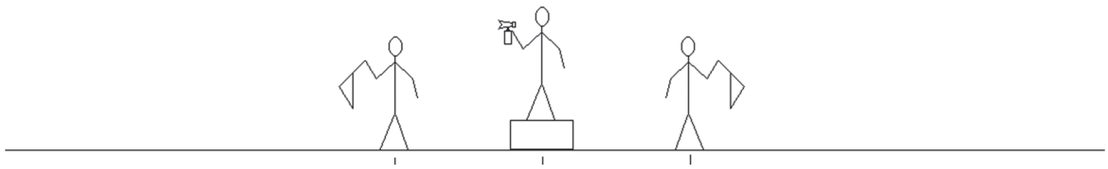
244 a 246

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Ver a velocidade do som	10 a 20 fitas ou bandeiras com cores vivas, buzina, apito, caixa de som, etc.	Neste experimento, necessitaremos da cooperação de quase todos os integrantes da turma. Além de usar um espaço físico não convencional para uma aula de Física, obteremos visualmente e qualitativamente um padrão para a propagação do som no ar. Para tal, faça uso da rua plana mais próxima da escola ou até mesmo a quadra esportiva da mesma. Execute algum ruído (uma buzina, corneta, etc.) que se propague a longas distâncias e disponha os alunos em uma linha reta com bandeiras ou fitas coloridas, para que os mesmos manifestem-se no exato momento em que sentirem o som em seus ouvidos.	O professor interage com toda a turma	45 minutos.

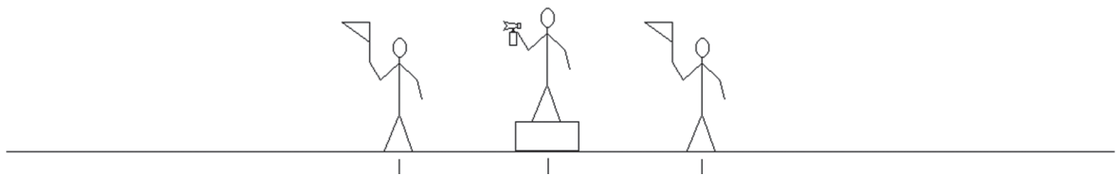
- Solicite que o aluno que executará o disparo da fonte sonora fique em repouso numa posição central da rua, pátio, quadra, etc.



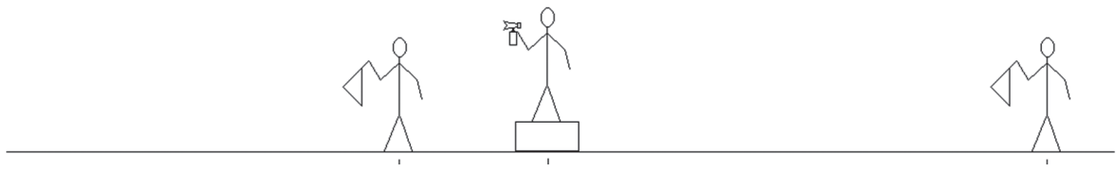
- Posicione dois alunos, um a cada lado, a 5m da fonte sonora e dispostos de costas para a mesma; solicite que eles, ao ouvirem o som emitido pela fonte, ergam seus respectivos sinalizadores (fita ou bandeira).



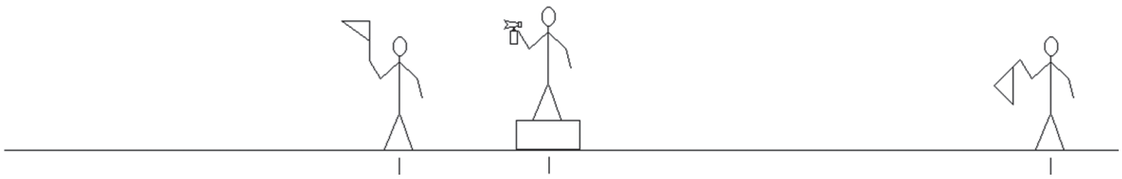
- Evidencie que os sinalizadores foram erguidos simultaneamente.



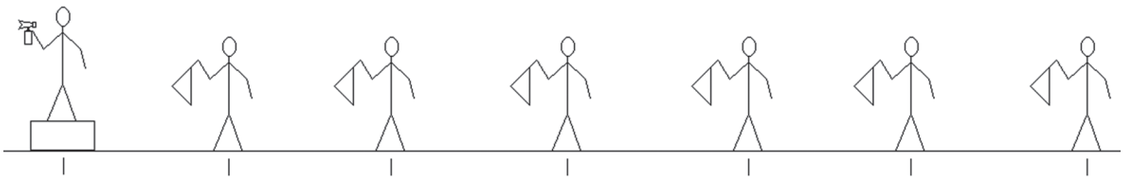
- Solicite que somente um desses alunos caminhe 10 ou mais passos, e requeira que a fonte emita outro sinal.



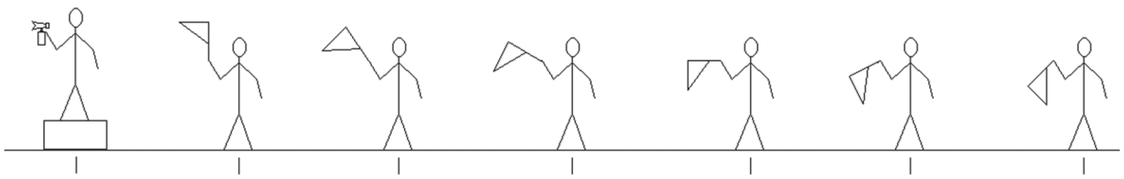
- Evidencie que os alunos erguem os sinalizadores em tempos diferentes: o aluno que se encontra mais distante da fonte percebe o som em instantes posteriores ao primeiro.



- Agora, forme uma fila de 6 a 10 pessoas com seus respectivos sinalizadores e com uns 10 passos (por volta de uns 10 m) distantes uma das outra, inclusive da fonte.



- Observe que o padrão obtido evidencia que o som é uma perturbação no meio. Essa perturbação viaja com uma determinada velocidade. Isso é percebido claramente quando os sinalizadores são erguidos em sequência, e não todos ao mesmo instante. O último aluno a levantar o sinalizador está mais distante da fonte sonora; por isso, ergue por último seu sinalizador, indicando que o som demorou mais tempo para percorrer a distância entre a fonte e ele.



Aspectos pedagógicos

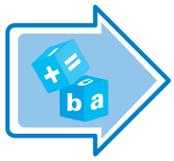
- Procure bandeiras ou fitas com cores vivas, para que seja mais nítida a percepção.
- Não execute este experimento em rodovias ou em estradas de grande fluxo automotivo.
- Existem buzinas a ar comprimido cuja intensidade sonora é absurda; isto pode acarretar problemas auditivos a longa exposição.
- Quanto mais plano e sem barreiras for o ambiente, melhor o experimento se desenvolve.

Seção 6 – Propriedades do som.

Seção 7 – Efeito Doppler.

Páginas no material do aluno

247 a 250

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Música na garrafa	Uma garrafa pequena, de vidro comum e sem rótulo, e água suficiente para enchê-la. Alternativamente, podem ser usadas três (ou mais) garrafas iguais com quantidades diferentes de água.	Utilizando uma garrafa com quantidade de água variável, ilustraremos como os sons graves e agudos são produzidos por instrumentos de sopro, como flauta, saxofone e trompete. Vídeo ilustrando a experiência disponível no material anexo do professor (Mod4-Unid18-Sec6.wmv).	O professor interage com toda a turma	30 minutos.

Aspectos operacionais

- Para estimular a participação dos alunos, você pode iniciar esse experimento com uma breve conversa sobre instrumentos musicais de sopro. Como será que funcionam? Como os sons graves e agudos são produzidos nesse tipo de instrumento? Como algo tão natural e simples como o sopro pode produzir as notas musicais?
- Os instrumentos musicais de sopro funcionam com base numa coluna de ar variável. A frequência da onda emitida pelo instrumento, ou seja, a nota musical, depende do tamanho (L) dessa coluna de ar. Os sons graves (de baixa frequência) são obtidos com um L grande, e os sons agudos (alta frequência), com L pequeno.
- Para ilustrar essa dependência, proponha o experimento conforme descrito abaixo.
- Esse experimento pode ser realizado com apenas uma garrafa ou com várias garrafas iguais.
- Se você só dispõe de uma garrafa, comece colocando apenas um dedo de água na garrafa.
- Segure a garrafa próxima a seus lábios, numa posição reta, e sopre um jato de ar quase paralelo ao plano definido pela boca da garrafa (veja a Figura 1). Neste primeiro caso, você vai obter um som grave.
- Agora, adicione água aos poucos (dois dedos de água de cada vez) e mostre aos alunos como o som produzido na garrafa muda do grave para o agudo.
- Se for possível, utilize três (ou mais) garrafas iguais com diferentes quantidades de água (veja a Figura 2). Você vai produzir os sons mais rapidamente, e a diferença entre eles ficará mais óbvia. Com um pouquinho de prática, dá até para tocar música.

Figuras Ilustrativas:

Figura 1

Figura 2

Aspectos pedagógicos

Ao final da exposição, vale a pena chamar a atenção dos alunos para alguns aspectos físicos desse experimento, dando ênfase ao funcionamento dos instrumentos de sopro. Você pode começar definindo som da seguinte maneira: em geral, o som que ouvimos é resultado da vibração de um corpo que é transmitida pelo ar, na forma de uma onda. Nos instrumentos de sopro, o ar contido no instrumento vibra quando são excitados pelo sopro. A garrafa neste experimento representa um instrumento de sopro com uma extremidade fechada. Nesse caso, as vibrações produzidas pelo sopro batem na água e voltam. As ondas que representam as vibrações de ida e de volta interferem, e o resultado desta interferência é uma onda estacionária dentro da garrafa. Pode-se mostrar que a frequência dessa onda depende do comprimento L da coluna de ar: $f = (2n-1).v/(4L)$, onde n é um número inteiro (correspondente aos harmônicos), e v, a velocidade do som no ar ($\approx$ 343 m/s nas CNTP). O som que sai da garrafa e chega aos nossos ouvidos possui a mesma frequência da onda estacionária. Agora, observe que, ao variar a quantidade de água na garrafa, estamos também variando L, o que produz sons com alturas (frequências) diferentes. Um comprimento L qualquer produzirá um som grave ou agudo com uma frequência qualquer correspondente. Se você usar três garrafas com uma quantidade aleatória de água (ou seja, um L aleatório) terá o que chamamos de instrumento desafinado (veja um exemplo no vídeo em anexo). Para produzir as sete notas musicais convencionais, você pode calcular a altura L que a coluna de ar na garrafa deve ter para gerar, por exemplo, frequências na escala maior: dó (264 Hz), ré (297 Hz), mi (330 Hz), fá (352 Hz), sol (396 Hz), lá (440 Hz), si (495 Hz).

Seção 6 – Propriedades do som.

Seção 7 – Efeito Doppler.

Páginas no material do aluno

247 a 250

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Efeito Doppler	Celular, fio de 1m, sinal de 1000,00 Hz (arquivo 1000 Hz.mp3, disponível no material anexo do professor).	Esta prática pretende, de forma qualitativa, demonstrar o que ocorre com sinais sonoros quando a fonte que os emite altera sua posição em função do observador. Como sabemos, fontes estáticas produzem sons a frequências constantes, e fontes em movimento (aproximando ou afastado do observador) sofrem mudanças em suas frequências (levando em conta o observador). Este experimento tenta demonstrar os fatores supracitados.	Grupos de 3 ou 4 alunos	45 minutos.

Aspectos operacionais

- Obtenha um sinal branco de 1000,00Hz (disponível no material anexo do professor) e o armazene em um celular.

- Fixe o celular ao fio e acione o sinal de 1000,00Hz.

- Ponha o sistema para pendular e obtenha tons agudos, quando o pêndulo se aproximar do observador, e tons mais graves, quando o pêndulo se afasta do observador.

Aspectos pedagógicos

- Procure aparelhos celulares que emitam sons em intensidades elevadas; evite obstruir o alto-falante do celular.
- Associe este experimento com o dia a dia do alunado, quando um carro de propaganda, ambulância ou alguma sirene policial ecoa em sua redondeza.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Aprendendo sobre Energia	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como comprimento, frequência e intensidade de uma onda. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento de avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 8. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado neste material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir..

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que eles tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

Lista de Exercícios: Entrando nessa Onda

1. (G1) Diferencie som forte de som alto.
2. (G1) Diferencie "ondas eletromagnéticas" de "ondas mecânicas".
3. (G1) Diferencie som baixo de som fraco. Explique.
4. (G1) Defina "tom" e "frequência" de uma onda sonora.
5. (G1) Defina "período de onda".
6. (G1) Defina "onda mecânica". Exemplifique.
7. (UFRS 97) Considere as afirmações a seguir:

   I. O som se propaga no ar com uma velocidade de aproximadamente 340m/s.
   II. As velocidades de propagação do som no ar e no vácuo são aproximadamente iguais.
   III. O eco é devido à reflexão do som.

   Quais delas são corretas?

   a. Apenas I
   b. Apenas I e II
   c. Apenas I e III
   d. Apenas II e III
   e. I, II e III

8. (UFRS 97) Considere as afirmações a seguir:

   I. As ondas luminosas são constituídas pelas oscilações de um campo elétrico e de um campo magnético.

   II. As ondas sonoras precisam de um meio material para se propagar.

   III. As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar.

   Quais delas são corretas?

   a. Apenas I
   b. Apenas I e II
   c. Apenas I e III
   d. Apenas II e III
   e. I, II e III

9. (UFRS 98) Quando você anda em um velho ônibus urbano, é fácil perceber que, dependendo da frequência de giro do motor, diferentes componentes do ônibus entram em vibração. O fenômeno físico que está se produzindo neste caso é conhecido como:
   a. eco.
   b. dispersão.
   c. refração.
   d. ressonância.
   e. polarização.

10. (UFRS 98) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir.

    O alarme de um automóvel está emitindo som de uma determinada frequência. Para um observador que se aproxima rapidamente deste automóvel, esse som parece ser de ..... frequência. Ao afastar-se, o mesmo observador perceberá um som de ..... frequência.
    a. maior - igual
    b. maior - menor
    c. igual - igual
    d. menor - maior
    e. igual - menor

11. (UFV 96) Uma pessoa é capaz de ouvir a voz de outra, situada atrás de um muro de concreto, mas não pode vê-la. Isto se deve à:
    a. difração, pois o comprimento de onda da luz é comparável às dimensões do obstáculo, mas o do som não é.
    b. velocidade da luz ser muito maior que a do som, não havendo tempo para que ela contorne o obstáculo, enquanto o som consegue fazê-lo.
    c. interferência entre as ondas provenientes do emissor e sua reflexão no muro: construtiva para as ondas sonoras e destrutiva para as luminosas.
    d. dispersão da luz, por se tratar de uma onda eletromagnética, e não-dispersão do som, por ser uma onda mecânica.
    e. difração, pois o comprimento de onda do som é comparável às dimensões do obstáculo, mas o da luz não é.

12. (UNESP 92) Isaac Newton demonstrou, mesmo sem considerar o modelo ondulatório, que a luz do Sol, que vemos branca, é o resultado da composição adequada das diferentes cores. Considerando hoje o caráter ondulatório da luz, podemos assegurar que ondas de luz correspondentes às diferentes cores terão sempre, no vácuo,
    a. o mesmo comprimento de onda.
    b. a mesma frequência.
    c. o mesmo período.
    d. a mesma amplitude.
    e. a mesma velocidade.

13. (UNESP 93) O caráter ondulatório do som pode ser utilizado para eliminação, total ou parcial, de ruídos indesejáveis. Para isso, microfones captam o ruído do ambiente e o enviam a um computador, programado para analisá-lo e para emitir um sinal ondulatório que anule o ruído original indesejável. O fenômeno ondulatório no qual se fundamenta essa nova tecnologia é a:
    a. interferência.
    b. difração.
    c. polarização.
    d. reflexão.
    e. refração.

Gabarito Comentado

Resposta da questão 1:

Som forte - grande amplitude

Som alto - grande frequência

Resposta da questão 2:

A primeira se propaga no vácuo; o mesmo não ocorrendo com a segunda.

Resposta da questão 3:

Som baixo - baixa frequência

Som fraco - baixa amplitude

Resposta da questão 4:

Tom - frequência de uma nota musical.

Frequência - número de vibrações por segundo.

Resposta da questão 5:

Tempo para uma vibração completa.

Resposta da questão 6:

Onda que não viaja no vácuo, como o som.

Resposta da questão 7: [C]

Resposta da questão 8: [E]

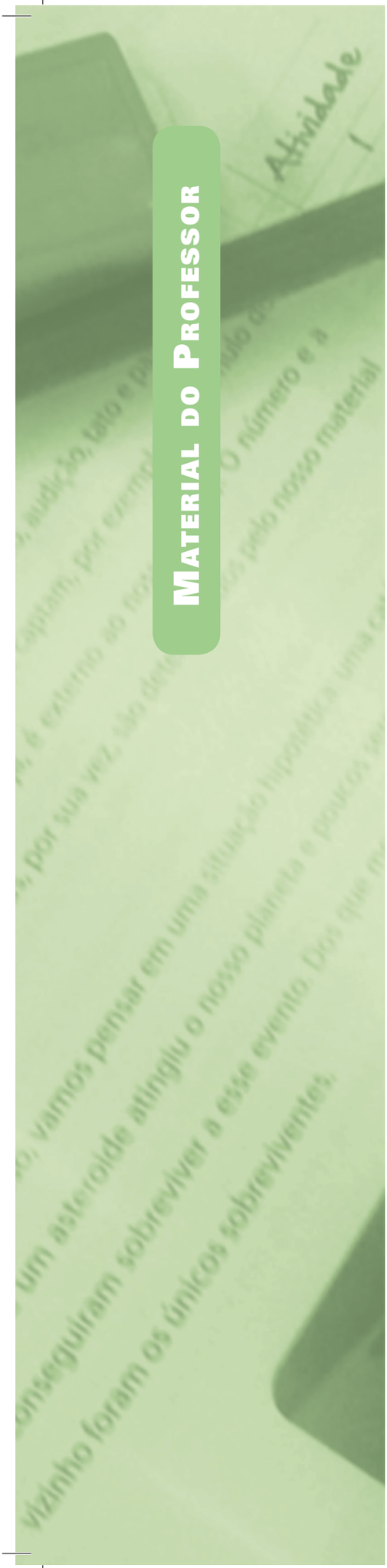
Resposta da questão 9: [D]

Resposta da questão 10: [B]

Resposta da questão 11: [E]

Resposta da questão 12: [E]

Resposta da questão 13: [A]



MATERIAL DO PROFESSOR

Volume 2 • Módulo 4 • Física • Unidade 9

Experimentando o fenômeno da difração

Andreia Mendonça Saguia, Bruno Lazarotto Lago, César Bastos, Fábio Ferreira Luiz, Felipe Mondaini (coordenador), Gabriela Aline Casas, Wellington Wallace Miguel Melo.

Introdução

Caro professor,

O material a seguir refere-se a um conjunto de atividades que poderão ser utilizados e/ou adaptados, de acordo com sua conveniência, sendo assim sugestões para o ato de educar no Ensino de Jovens e Adultos (EJA). Ele poderá ser utilizado como um material de consulta com o intuito de complementar as aulas por você preparadas.

Para cada seção existem atividades que se diferenciam pela maneira como são apresentados os conteúdos, seja por meio de atividades em grupos, experimentos de baixo custo, vídeos ou applets, cabendo ao professor utilizar ou não os recursos ali dispostos.

Nesta Unidade 9 – Difração de ondas –, procuramos resgatar a curiosidade dos alunos no estudo da Física; para isto, alguns experimentos e atividades em grupo foram escolhidos de modo a explorar os preceitos básicos de Difração. Alguns curiosos experimentos de fenômenos de ondas são apresentados de maneira didática de tal forma que o tema é revisitado pelos professores sob um novo olhar.

Esperamos, por meio deste material, atuar ao seu lado com um conjunto de opções que venham a atender a necessidade cada vez mais urgente de um material de qualidade à disposição do professor.

Apresentação da unidade do material do aluno

Caro professor, apresentamos as características principais da unidade que trabalharemos.

Disciplina	Volume	Módulo	Unidade	Estimativa de aulas para essa unidade
Física	2	4	9	4

Titulo da unidade	Tema
Experimentando o fenômeno da difração	Ondas
Objetivos da unidade	
Compreender o fenômeno da difração e o limite da sua ocorrência;	
Descrever o fenômeno de difração da luz;	
Identificar a difração do som.	
Seções	**Páginas no material do aluno**
1. Difração	265 a 269
2. Difração do som	269 a 273

A seguir, serão oferecidas algumas atividades para potencializar o trabalho em sala de aula. Verifique, portanto, a relação entre cada seção deste documento e os conteúdos do Material do Aluno.

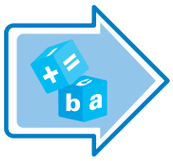
Você terá um amplo conjunto de possibilidades de trabalho.

Vamos lá!

Recursos e ideias para o Professor

Tipos de Atividades

Para dar suporte às aulas, seguem os recursos, ferramentas e ideias no Material do Professor, correspondentes à Unidade acima:



Atividades em grupo ou individuais

São atividades que são feitas com recursos simples disponíveis.

Ferramentas

Atividades que precisam de ferramentas disponíveis para os alunos.

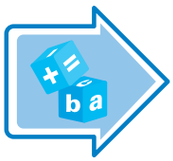
Avaliação

Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.

Exercícios

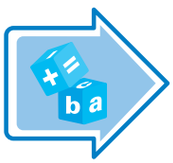
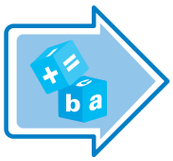
Proposições de exercícios complementares

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O CD e suas cores maravilhosas.	Um CD, uma fonte de luz como uma lanterna, uma vela, um pequeno abajur ou mesmo a lâmpada da sala de aula.	Neste experimento, utilizaremos um CD para ilustrar o fenômeno da difração da luz. A face refletora de um CD funciona como uma rede de difração. Quando a luz branca incide sobre esta face, ela se separa em suas diferentes componentes, gerando um lindo espetáculo de cores.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

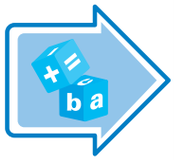
Seção 1 – Difração

Páginas no material do aluno
265 a 269

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Difração da luz por uma fenda simples	Um apontador laser e dois lápis (de preferência, um lápis com borracha na extremidade e outro não).	Neste experimento, utilizamos materiais de fácil aquisição para mostrar aos alunos a figura impressionante e contraintuitiva resultante da difração da luz por uma fenda simples.	O professor interage com toda a turma	15 minutos
	Usando a luz para medir a espessura de um fio de cabelo.	Um apontador laser, um fio de cabelo, uma fita métrica e fita adesiva.	Nesta atividade, apresentamos uma aplicação prática da difração da luz. Obteremos a medida da espessura de um fio de cabelo, utilizando-o como obstáculo para a luz.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Seção 2 – Difração do som

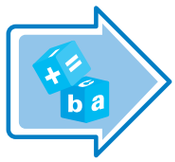
Páginas no material do aluno
269 a 273

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O som contornando obstáculos.	Uma fonte emissora de sinal. Um anteparo (livro, prancheta. etc.)	Esta prática é uma atividade qualitativa, acerca da propagação sonora, onde observamos a difração de ondas sonoras. As oscilações audíveis aos ouvidos humanos encontram-se na faixa de 20Hz e 20Khz de frequência e uma das propriedades do som é o poder de contornar obstáculos. É essa propriedade que evidenciaremos por esta prática. Propusemos por este experimento a emissão de um sinal sonoro, que quando bloqueado por uma barreira, continuamos a ouvi-lo.	Divida a turma em duplas.	15 minutos

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Difração de Ondas	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como comprimento, frequência e intensidade de uma onda. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Atividade Inicial

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O CD e suas cores maravilhosas.	Um CD, uma fonte de luz como uma lanterna, uma vela, um pequeno abajur ou mesmo a lâmpada da sala de aula.	Neste experimento, utilizaremos um CD para ilustrar o fenômeno da difração da luz. A face refletora de um CD funciona como uma rede de difração. Quando a luz branca incide sobre esta face, ela se separa em suas diferentes componentes, gerando um lindo espetáculo de cores.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- É difícil encontrar uma pessoa que não fique fascinada ao ver o conjunto de cores vívidas e diferenciadas que surgem na face refletora de um CD iluminado com uma luz branca. Pergunte a seus alunos se eles já notaram tal efeito. Com certeza todos já passaram por esta experiência. Mas será que eles sabem como esse fenômeno ocorre? Diga a eles que a dispersão da luz que ocorre no CD (ou DVD) é culpa da difração, fenômeno que é o tema desta Unidade.
- Para ilustrar a difração da luz por um CD, basta iluminar sua face de leitura (face refletora) com uma luz branca e observar o efeito da dispersão da luz refletida (veja figura 1).
- Experimente iluminar o CD com diferentes ângulos de inclinação de luz incidente e apague a luz da sala de aula para tornar o fenômeno mais visível.
- Se for difícil fazer com que todos os alunos enxerguem o fenômeno ao mesmo tempo, você pode projetar a imagem do CD sobre uma parede ou sobre o teto. Vale a pena também emprestar o material para os alunos repetirem o experimento e produzirem seus próprios espectros.

Figura ilustrativa:

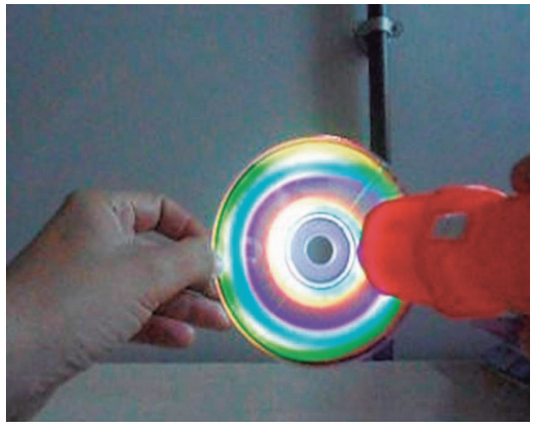


Figura 1
Fonte: A. Saguia

Aspectos pedagógicos

Passada a parte lúdica, os alunos ficarão curiosos para entender como se dá a dispersão da luz no CD. Nesse momento, tente fornecer uma explicação simplificada, porém precisa, do fenômeno. Por exemplo, você pode começar descrevendo alguns detalhes técnicos do CD. A face que pode ser gravada do CD é formada por uma trilha espiralada, contínua, que se estende desde o centro do disco até sua borda. Essa trilha é formada por micro ranhuras, ou seja, cavidades de $\cong 0{,}5 \times 10^{-6}$ m de largura e $\cong 0{,}1 \times 10^{-6}$ m de profundidade. Essas ranhuras se encontram uniformemente distribuídas na direção radial do CD, a distância entre duas cavidades adjacentes é d $\cong 1{,}60 \times 10^{-6}$ m. Os dados são codificados no CD mediante a variação do comprimento das cavidades que variam entre (0,83 e 3,53) x 10^{-6} m (veja detalhes do CD na figura 2). Essas cavidades são invisíveis aos olhos, mas como possuem dimensões da mesma ordem de grandeza do comprimento de luz visível, elas produzem o efeito da difração. As cores vivas que vemos na face do CD ocorrem porque a luz sofre um desvio ao ser refletida pelas ranhuras, e esse desvio depende do comprimento de onda da luz incidente. A luz branca incidente é formada por um espectro de cores de diferentes comprimentos de onda e os diferentes comprimentos são desviados com diferentes ângulos. Veja o espectro principal formado na figura 1 (repare na faixa violeta interna e na faixa vermelha mais externa, já na borda do CD). O vermelho, que possui um comprimento de onda de $\lambda \cong 0{,}7 \times 10^{-6}$ m, sofre um desvio maior que o violeta $\lambda \cong 0{,}4 \times 10^{-6}$ m.

Como curiosidade você pode também comentar porque podemos armazenar mais dados num DVD do que no CD e no antigo LP. A resposta está na distância radial entre as ranhuras que cada um desses componentes apresenta. Num DVD, d ≅ 0,5 x 10-6 m, num CD, d ≅ 1,60 x 10-6 m e num LP, d ≅ 1,1 x 10-4 m, logo, o DVD possui uma quantidade muito maior de ranhuras que o CD e o LP, podendo, portanto, armazenar muito mais informação.

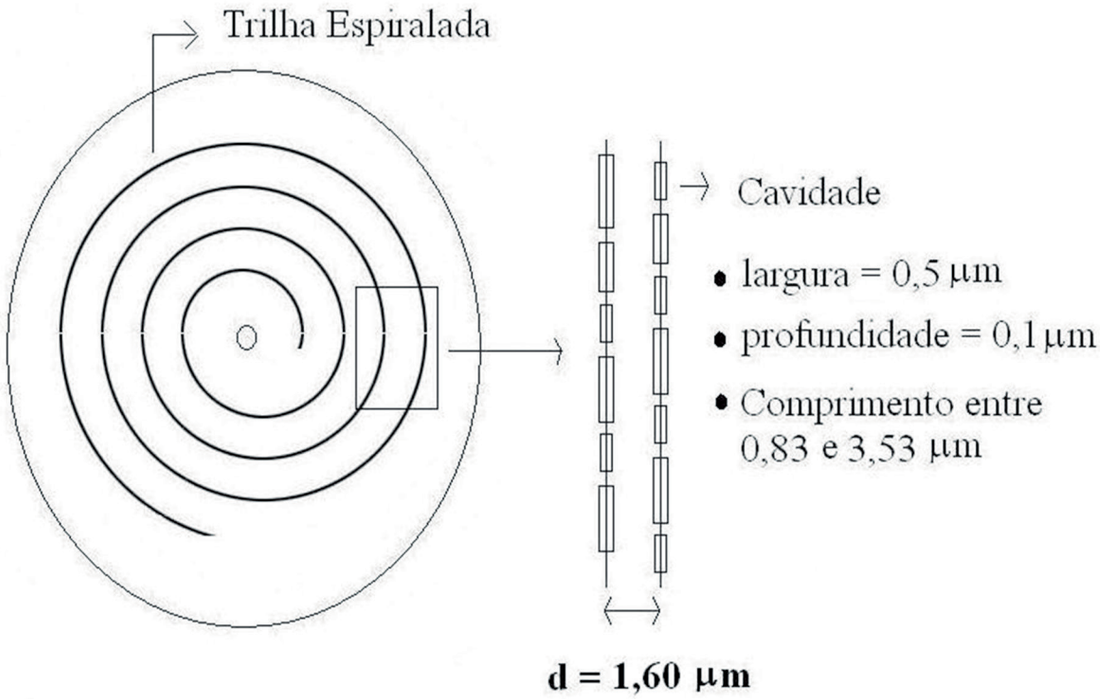


Figura 2
Fonte: A. Saguia

Seção 1 – Difração

Páginas no material do aluno
265 a 269

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Difração da luz por uma fenda simples.	Um apontador laser e dois lápis (de preferência, um lápis com borracha na extremidade e outro não)..	Neste experimento, utilizamos materiais de fácil aquisição para mostrar aos alunos a figura impressionante e contraintuitiva resultante da difração da luz por uma fenda simples.	O professor interage com toda a turma	15 minutos

Aspectos operacionais

- Não é muito fácil convencer os alunos do fenômeno da difração da luz. No nosso dia a dia, estamos acostumados a perceber a luz se propagando em linha reta, formando áreas iluminadas e sombras bem definidas. Talvez, por isso, seja difícil aceitar o fato que a luz sofre desvio ao encontrar um obstáculo com dimensões próximas as suas. Mais contraintuitivo ainda, talvez, seja o fato de a luz, ao contornar um obstáculo, invadir a área de sombra e fazer surgir franjas claras e escuras na área iluminada. Para mostrar aos alunos esse inusitado comportamento das ondas eletromagnéticas, você pode propor o experimento conforme descrito a seguir.

- Inicie o experimento com uma questão motivadora. Pergunte aos alunos que figura eles esperariam que se formasse num anteparo ao fazer um feixe de luz passar por uma fenda. Com as aulas de óptica geométrica na cabeça, provavelmente eles vão responder que a figura deve mostrar uma simples faixa clara (correspondente à abertura da fenda) e uma região de sombra.

- Agora, para provocá-los, diga que essa resposta, na verdade, depende das dimensões da fenda e das características da luz incidente. Para provar que estamos certos, faça o seguinte:

- Coloque os dois lápis lado a lado. Segure-os próximos um do outro de modo a formar uma fenda relativamente larga. Aponte o feixe de laser na direção da fenda e projete a imagem numa parede. Cuide para que o feixe de luz passe livremente pela fenda sem tocar nas bordas dos lápis.

- Mostre aos alunos que nessa situação a figura formada é apenas a da imagem de um ponto correspondente à fonte luminosa. Mas o que acontece se você diminuir a largura da fenda?

- Para formar uma fenda bem estreita, segure os dois lápis bem unidos com uma das mãos. Una os lápis de maneira que a borracha de um dos lápis fique encostada na parte inferior do outro lápis. Apoie os dois lápis unidos sobre uma mesa com as grafites viradas para cima e observe a fenda formada por eles.

- Aponte o feixe de luz do laser na direção da fenda. Tente manter as mãos apoiadas sobre a mesa para conseguir acertar a fenda com mais precisão (veja figura 1).

- Projete o feixe difratado sobre uma parede a uns dois ou três metros de distância da fenda.

- Procure manter o ambiente o mais escuro possível.

- Os alunos devem ficar perto da parede para observar as franjas claras e escuras formadas na figura de difração (veja o resultado esperado na figura 2).

Figuras ilustrativas:

Figura 1
Fonte: A. Saguia

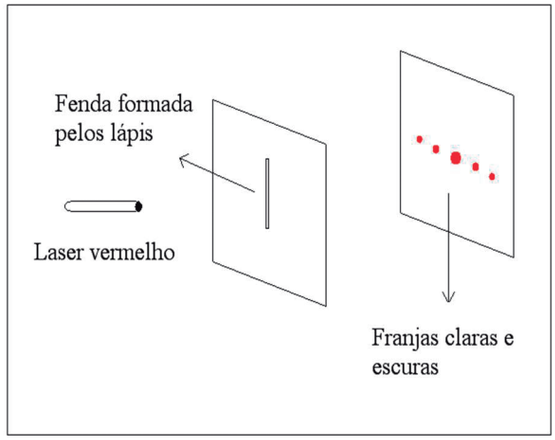


Figura 2
Fonte: A. Saguia

Aspectos pedagógicos

Com certeza a figura de difração formada na parede pela fenda estreita não era aquela esperada pelos alunos inicialmente. Então o que está acontecendo? Aproveite o momento de curiosidade dos alunos para reforçar alguns pontos relativos ao fenômeno da difração da luz. Primeiro, para que a difração possa ser observada é necessário que a fenda (ou, equivalentemente, o obstáculo) tenha dimensões próximas ao comprimento de onda da luz incidente.

Segundo, a difração revela um comportamento ondulatório da luz. Considerando que a luz é uma onda, podemos entender a formação das franjas. Suponha que uma frente de ondas, como a mostrada na figura 3, passe pela abertura da fenda. Nesse momento, cada ponto espacial da abertura transforma-se numa fonte de uma onda secundária. As ondas secundárias interferem umas com as outras, algumas se somam e outras se subtraem, de modo a produzir as franjas claras e escuras observadas no anteparo. Terceiro, por que não observamos figuras de difração como as expostas aqui, no nosso dia a dia? A resposta está na fonte de luz. Se, por exemplo, usássemos uma luz branca, como as geradas pela lâmpada da sala de aula, ao invés da monocromática do laser, não veríamos a figura de difração, porque cada componente (cor) da luz branca gerada em cada ponto da lâmpada criaria sua própria figura de difração e a soma de todas as figuras resultaria em nenhuma figura de difração.

Vale lembrar que esse experimento pode ser explorado de outra forma. É possível gerar a figura de difração com um único lápis e o apontador laser. Para isso faça o feixe de laser colidir com uma das bordas do lápis (o feixe deve passar de raspão pela borda do lápis). Projete a imagem na parede e observe a formação de franjas claras e escuras. A explicação para o fenômeno da difração é sempre a mesma, quando a luz encontra um obstáculo, partes do feixe são eliminadas. As partes não eliminadas sofrem interferência e como resultado surge a figura de difração no anteparo.

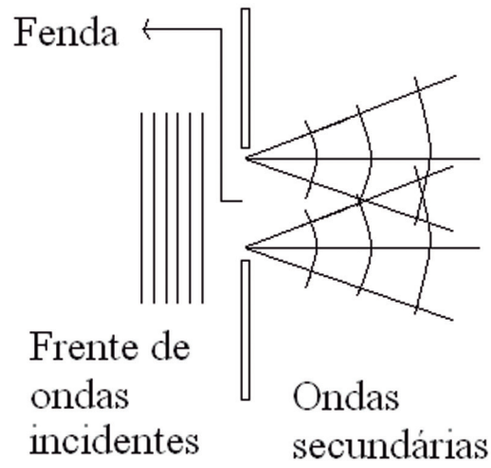
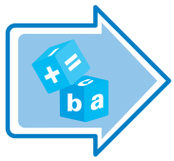


Figura 3
Fonte: A. Saguia

Seção 1 – Difração

Páginas no material do aluno
265 a 269

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Usando a luz para medir a espessura de um fio de cabelo.	Um apontador laser, um fio de cabelo, uma fita métrica e fita adesiva.	Nesta atividade, apresentamos uma aplicação prática da difração da luz. Obteremos a medida da espessura de um fio de cabelo, utilizando-o como obstáculo para a luz.	O professor interage com toda a turma	20 minutos

Aspectos operacionais

- Inicie o experimento com uma questão motivadora. Pergunte aos alunos se eles têm ideia de quanto mede a espessura de um fio de cabelo. Provavelmente, eles nunca pararam para pensar sobre isso e não conseguirão acertar a resposta com muita facilidade. Agora diga a eles que essa resposta pode ser obtida com um simples experimento de difração da luz.
- Para medir a espessura do fio de cabelo, siga os passos conforme descritos a seguir.
- Primeiro, peça a colaboração de uma aluna para obter um fio de cabelo relativamente comprido.
- Utilizando a fita adesiva, prenda o fio de cabelo na saída do feixe de laser (veja figura 1).
- Ligue o laser e projete a imagem da figura de difração numa parede a uns dois ou três metros de distância (L).
- Peça aos alunos para se aproximarem da parede e observarem o padrão de franjas claras e escuras gerado pelo fio de cabelo.
- Para obter uma imagem estável (sem o tremor característico do movimento das mãos) mantenha o botão de ligamento do laser pressionando contra uma mesa. A mão que segura o apontador laser deve permanecer o mais parada possível.
- Escureça a sala o máximo que você puder e peça para os alunos marcarem numa folha branca a distância (Δx) entre as primeiras franjas escuras formadas no anteparo, uma franja do lado esquerdo e outra do lado direito do máximo central (veja figura 2).
- Utilizando a fita métrica, obtenha o valor de Δx.
- Pode-se mostrar que a espessura do obstáculo (d), Δx e L estão relacionadas por $d = 2\lambda L/\Delta x$, onde λ é o comprimento de onda da luz emitida pelo laser.

- Para obter d você precisará saber λ. Essa informação pode ser obtida nas instruções que vem junto com o laser no ato da compra ou na Internet (λ depende da cor e do material que emite luz, apontadores com luz de mesma cor podem ter comprimentos de onda ligeiramente diferentes que, na prática não interferirão muito no resultado desse experimento).
- Realizei o experimento na minha casa com o laser vermelho e encontrei as seguintes medidas: λ = 633 nm = 633 x 10-9 m, L = 6,3 m e Δx = 7,5 cm = 0.075 m, o que resultou em d = 0,1 mm para a espessura do meu fio de cabelo.
- Peça aos alunos para repetirem o experimento com fios de cabelo diferentes.

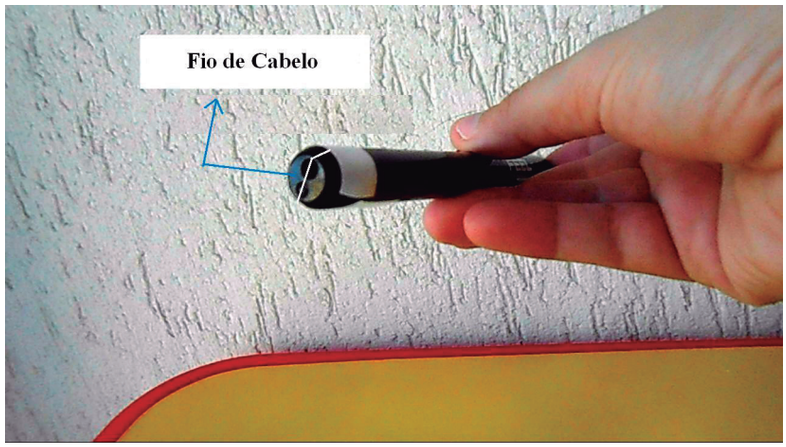


Figura 1
Fonte: A. Saguia

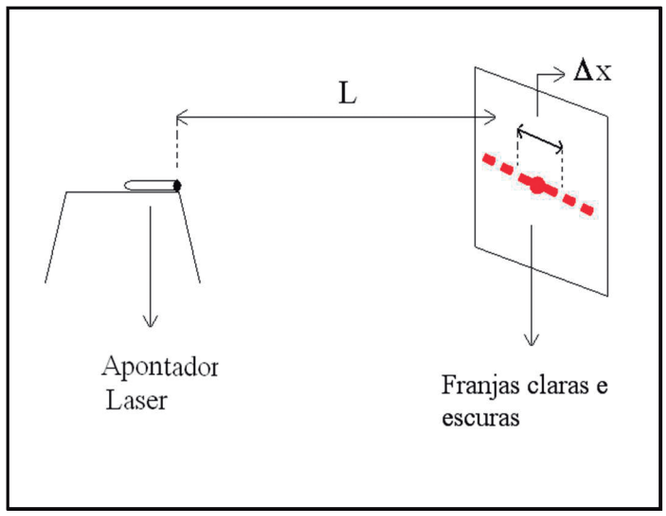


Figura 2
Fonte: A. Saguia

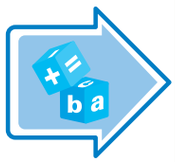
Aspectos pedagógicos

Além de curioso, esse exemplo de difração com o fio de cabelo é de muito fácil execução e proporciona ao aluno uma maneira de compreender como são feitas medidas de grandezas microscópicas (que dificilmente poderiam ser realizadas diretamente com os instrumentos mais usuais do dia a dia deles).

O fenômeno da difração possui uma série de aplicações práticas. Aqui mostramos um exemplo simples, mas ele é altamente empregado no estudo e análise microscópica dos mais diversos tipos de materiais (de uso automobilístico, aeronáutico, naval, na indústria de produtos eletrônicos, fármacos, etc.). Vale a pena ressaltar esse detalhe após a execução do experimento.

Seção 2 – Difração do som

Páginas no material do aluno
269 a 273

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	O som contornando obstáculos	Uma fonte emissora de sinal. Um anteparo (livro, prancheta. etc.)	Esta prática é uma atividade qualitativa, acerca da propagação sonora, onde observamos a difração de ondas sonoras. As oscilações audíveis aos ouvidos humanos encontram-se na faixa de 20Hz e 20Khz de frequência e uma das propriedades do som é o poder de contornar obstáculos. É essa propriedade que evidenciaremos por esta prática. Propusemos por este experimento a emissão de um sinal sonoro, que quando bloqueado por uma barreira, continuamos a ouvi-lo.	Divida a turma em duplas.	15 minutos

Aspectos operacionais

1. De algum dispositivo, que se assemelhe a um rádio (celular, por exemplo), emita um sinal sonoro qualquer.
2. Posicione acerca de 5cm, bem à frente do auto-falante do rádio, uma barreira (uma prancheta ou algum livro).
3. Atente que o sinal sonoro continua a ecoar, contornando o obstáculo.

Aspectos pedagógicos

- Você pode repetir o mesmo experimento usando sua própria voz, e bloqueá-la com as mãos (cerca de 5cm de distância da sua boca).
- Evidencie as frequências audíveis ao ser humano e o poder que as ondas sonoras possuem em contornar obstáculos.
- A extensão de arquivo de mídia, denominada mp3, é uma solução encontrada para transportar arquivos sonoros pela rede internacional de computadores. Quando convertido para extensão mp3, os sinais são "podados", ou seja, sinais sonoros que não se encontre entre 20Hz e 20KHz são extraídos do arquivo, esta extração não interfere no que ouvimos, nossos ouvidos só percebem sinais na faixa citada anteriormente, este procedimento permite que o arquivo se torne mais "leve" e assim os mesmos podem ser transportados pela Internet mais facilmente.

Avaliação

Tipos de Atividades	Título da Atividade	Material Necessário	Descrição Sucinta	Divisão da Turma	Tempo Estimado
	Lista de Exercícios: Difração de Ondas	Lápis e papel	A Lista de Exercícios a seguir aborda os tópicos desenvolvidos durante esta Unidade, tais como comprimento, frequência e intensidade de uma onda. Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.	Atividade individual	1 aula

Aspectos operacionais

Para o momento de avaliação, sugerimos a utilização do último tempo de aula destinado à Unidade 9. A seguir, apresentamos sugestões para a avaliação das habilidades pretendidas nesta Unidade.

- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado nesse material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

Aspectos pedagógicos

- É interessante selecionar alguns exercícios para resolver com os alunos, para que estes tenham uma primeira orientação a respeito de como solucioná-los. Os demais devem ser feitos pelos próprios alunos.
- Após a resolução das questões, proponha uma discussão sobre as soluções encontradas.
- Possivelmente, aparecerão soluções divergentes. Pondere as equivocadas, ressaltando onde reside o erro.

1. (UDESC 2014) Assinale a alternativa **incorreta** a respeito dos fenômenos ondulatórios.

   a. O som é uma onda mecânica longitudinal.

   b. Se uma das extremidades de uma corda tensionada passar a vibrar verticalmente, produzirá ondas transversais.

   c. Uma onda eletromagnética propaga-se no ar com velocidade aproximadamente igual à da luz no vácuo.

   d. O eco é um fenômeno causado pela reflexão do som em um obstáculo.

   e. Cada modo de oscilação de uma onda estacionária, que se forma em uma corda esticada, pode ser considerado uma consequência da interferência de duas ondas senoidais idênticas que se propagam no mesmo sentido.

2. (UEL 2014) As ambulâncias, comuns nas grandes cidades, quando transitam com suas sirenes ligadas, causam ao sentido auditivo de pedestres parados a percepção de um fenômeno sonoro denominado efeito *Doppler*.

   Sobre a aproximação da sirene em relação a um pedestre parado, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o efeito sonoro percebido por ele causado pelo efeito *Doppler*.

   a. Aumento no comprimento da onda sonora.

   b. Aumento na amplitude da onda sonora.

   c. Aumento na frequência da onda sonora.

   d. Aumento na intensidade da onda sonora.

   e. Aumento na velocidade da onda sonora.

3. (IBMECRJ 2013) O som é um exemplo de uma onda longitudinal. Uma onda produzida numa corda esticada é um exemplo de uma onda transversal. O que difere ondas mecânicas longitudinais de ondas mecânicas transversais é:

   a. a direção de vibração do meio de propagação.

   b. a frequência.

c. a direção de propagação.

d. a velocidade de propagação.

e. o comprimento de onda.

4. (UTFPR 2013) Para completarmos uma ligação telefônica utilizando um aparelho celular, é necessário que ele se comunique com uma estação provida de uma antena, ligada à central de telefonia. Dentre as alternativas, assinale qual o tipo de onda indispensável, entre o telefone e a estação, para que uma ligação telefônica via celular seja realizada.

a. Mecânica.

b. Eletromagnética.

c. Longitudinal.

d. Sonora.

e. Ultrassom.

5. (UERN 2013) Leia o trecho a seguir.

“

Centenas de pessoas ficam feridas com vidro quebrado pelo impacto do meteoroide contra a atmosfera.

A queda de um meteorito sobre os Montes Urais na manhã de ontem deixou cerca de 1,1 mil pessoas feridas, provocou pelo menos uma forte explosão e causou pânico na população local. A maioria dos feridos foi atingida por estilhaços de vidro que se quebrou em razão da onda expansiva provocada pela queda do corpo celeste.

“Às 9h20 (1h20 em Brasília), um objeto em alta velocidade foi observado nos céus de Chelyabinsk, deixando um grande rastro atrás de si. No prazo de dois minutos, houve dois estrondos”, disse Yuri Burenko, funcionário do setor de emergência, por meio de nota. “A onda de choque quebrou vidros em Chelyabinsk, em uma série de cidades da região”, disse ele.

(Disponivel em: http://www.gazetamaringa.com.br/online/conteudo.phtml?tl=1&id=1345481&tit=Meteorito-despenca-sobre-a-Russia-epopulacao-vive-momentos-de-panico)

”

O fenômeno associado aos vidros partidos pelo som intenso e por serem esses vidros sensíveis à frequência da onda sonora recebe o nome de

a. difração.

b. ressonância.

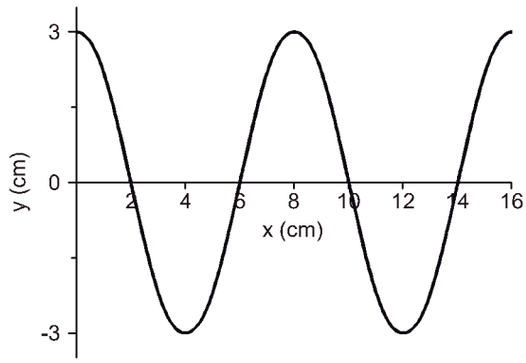
c. reverberação.

d. efeito *Doppler*.

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES:

Uma onda transversal propaga-se com velocidade de 12 m/s numa corda tensionada.

O gráfico abaixo representa a configuração desta onda na corda, num dado instante de tempo.



6. (UFRGS 2013) A frequência da onda, em Hz, é igual a:

   a. 2/3.

   b. 3/2.

   c. 200/3.

   d. 96.

   e. 150.

7. (UFRGS 2013) O comprimento de onda e a amplitude desta onda transversal são, respectivamente,

   a. 4 cm e 3 cm.

   b. 4 cm e 6 cm.

c. 6 cm e 3 cm.

d. 8 cm e 3 cm.

e. 8 cm e 6 cm.

8. (IFSC 2012) O que define a frequência de uma onda, seja mecânica ou eletromagnética, é a fonte. Mas existe uma situação em que a frequência percebida por um observador é diferente da frequência emitida pela fonte. Esta diferença entre a frequência percebida e a emitida é explicada pelo Efeito *Doppler*. Este fenômeno é consequência do movimento relativo entre fonte e observador.

   Vamos analisar a seguinte situação: Uma viatura da polícia se move com velocidade constante, com a sirene ligada, emitindo uma frequência de 900Hz. Um observador parado na calçada observa o movimento da viatura e ouve o som da sirene com uma frequência de 1000Hz. Sabendo que a velocidade do ar é de 340 m/s, é CORRETO afirmar que a viatura se:

   a. aproxima do observador com uma velocidade de 68 m/s.

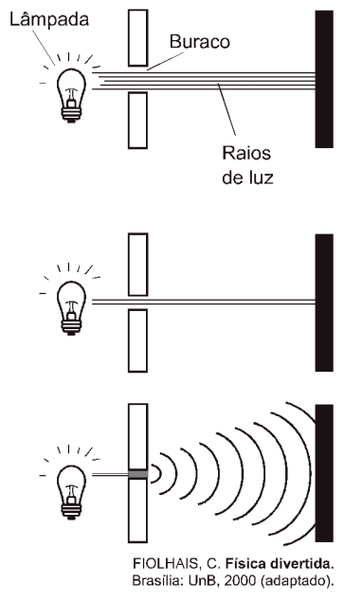
   b. afasta do observador com uma velocidade de 34 m/s.

   c. aproxima do observador com uma velocidade de 37,77 m/s.

   d. afasta do observador com uma velocidade de 37,77 m/s.

   e. aproxima do observador com uma velocidade de 34 m/s.

9. (Enem 2011) Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, C. **Física divertida**. Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

a. Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.

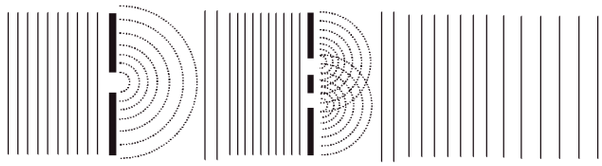
b. Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.

c. Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.

d. Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.

e. Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

10. (UFRGS 2011) Em cada uma das imagens abaixo, um trem de ondas planas move-se a partir da esquerda.



Os fenômenos ondulatórios apresentados nas figuras 1, 2 e 3 são, respectivamente,

a. refração – interferência - difração.

b. difração – interferência - refração.

c. interferência - difração -refração.

d. difração - refração - interferência.

e. interferência - refração - difração.

11. (UFLA 2010) Apresentam-se a seguir, quatro proposições relativas à Óptica Física.

I – Ao passar do ar para a água, a luz sofre alteração na velocidade de propagação e no comprimento de onda.

II – Um observador enxerga diferentes cores diante de uma pintura a óleo, iluminada por uma luz policromática, basicamente porque os fenômenos ondulatórios envolvidos são a refração e a difração.

III – O fenômeno da interferência pode ser observado em ondas eletromagnéticas, mas não em ondas mecânicas sonoras.

IV – A polarização da luz permite concluir que ela se constitui de uma onda longitudinal e uma das aplicações da luz polarizada está nos faróis de automóveis.

É CORRETO afirmar que:

a. somente a proposição I é correta.

b. somente as proposições I, II e IV são corretas.

c. somente as proposições II e IV são corretas.

d. somente as proposições I e III são corretas.

Gabarito:

Resposta da questão 1: [E]

Cada modo de oscilação de uma onda estacionária, que se forma em uma corda esticada, pode ser considerado uma consequência da interferência de duas ondas senoidais idênticas que se propagam em sentidos opostos.

Resposta da questão 2: [C]

Quando há aproximação relativa entre o ouvinte e a ambulância, o som se torna mais agudo, portanto, ocorre aumento na frequência da onda sonora percebida pelo pedestre.

Resposta da questão 3: [A]

Nas ondas transversais a vibração ocorre perpendicularmente à direção.

Nas ondas longitudinais a vibração ocorre na direção de propagação.

Resposta da questão 4: [B]

Na telefonia são empregadas micro-ondas, que são ondas eletromagnéticas.

Resposta da questão 5: [B]

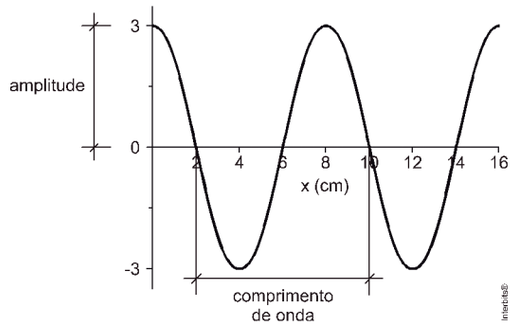
Quando uma onda de frequência f atinge um sistema de frequência vibração natural também igual a f, esse sistema absorve energia da onda, aumentando a amplitude de vibração das partículas, podendo chegar ao colapso. Esse fenômeno é chamado ressonância.

Resposta da questão 6: [E]

A equação de onda diz que

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow 12 = 0{,}08 \cdot f \rightarrow f = 150\text{Hz}.$$

Resposta da questão 7: [D]



A figura mostra o comprimento de onda de 8 cm e a amplitude de 3cm.

Resposta da questão 8: [E]

Resposta da questão 9: [A]

O fenômeno ilustrado na figura é a difração. Esse fenômeno ocorre quando uma onda contorna um obstáculo, como o som contornando um muro, permitindo que um menino ouça a conversa de seus colegas escondidos atrás do muro.

Resposta da questão 10: [B]

No primeiro caso, a onda está contornando o obstáculo $\rightarrow$ difração.

No segundo caso, após haver difração nas fendas, as ondas estão interferindo $\rightarrow$ interferência.

No terceiro caso, houve uma mudança de comprimento de onda devido à mudança de velocidade e de meio, o que caracteriza uma refração $\rightarrow$ refração.

Resposta da questão 11: [A]

(I) Correta. A lei de Snell afirma que, para esse caso: $\frac{v_{água}}{v_{ar}} = \frac{\lambda_{água}}{\lambda_{ar}} = \frac{n_{ar}}{n_{água}}$.

Como $n_{ar} < n_{água} \Rightarrow v_{água} < v_{ar}$ e $\lambda_{água} < \lambda_{ar}$.

(II) Incorreta. Ele enxerga porque basicamente ocorre **reflexão difusa da luz** ao incidir no quadro e **refração** nos olhos dele.

(III) Incorreta. Interferência pode ocorrer tanto em ondas mecânicas, como em ondas eletromagnéticas.

(IV) Incorreta. A polarização da luz somente ocorre em ondas transversais. Como a luz pode ser polarizada, ela é uma onda transversal.