

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.

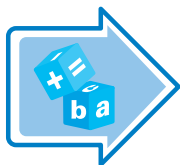
Apresentação da unidade do material do aluno

| Disciplina | Volume | Módulo | Unidade | Estimativa de aulas para essa unidade |
|------------|--------|--------|---------|---------------------------------------|
| Física | 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

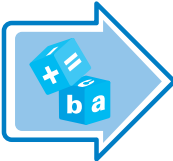
Questões ou propostas de avaliação conforme orientação.



Exercícios

Proposições de exercícios complementares

Atividade Inicial

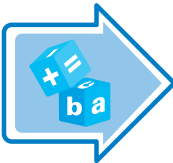
| Tipos de Atividades | Título da Atividade | Material Necessário | Descrição Sucinta | Divisão da Turma | Tempo Estimado |
|---|--|---|---|---------------------------------------|----------------|
|  | Câmera escura: a origem da fotografia. | uma lata de leite em pó, achocolatado, farinha láctea ou 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 |

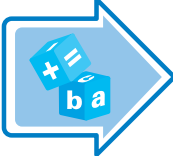
Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

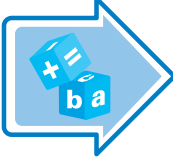
| Tipos de Atividades | Título da Atividade | Material Necessário | Descrição Sucinta | Divisão da Turma | Tempo Estimado |
|---|--------------------------------|---|---|---------------------|----------------|
|  | Trajectoria dos feixes de luz. | Esfera ou objeto circular opaco, lanterna, régua ou fita 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

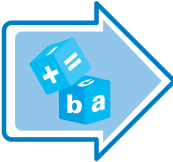
164 a 173

| Tipos de Atividades | Título da Atividade | Material Necessário | Descrição Sucinta | Divisão da Turma | Tempo Estimado |
|---|---------------------|--|--|---------------------------------------|----------------|
|  | O espelho mole | Software GeoGebra e applet (Física_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

Fonte: Andreia Saguia.

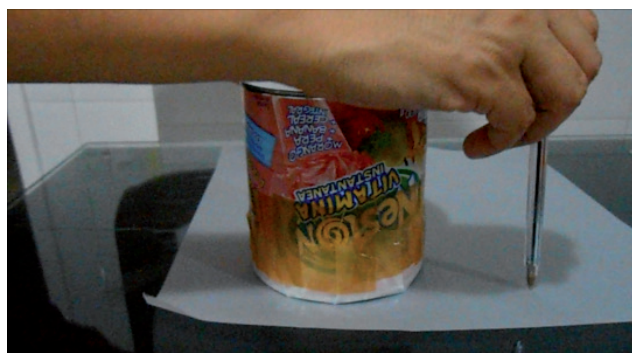


Figura 2



Figura 3

Fonte: Andreia Saguia.

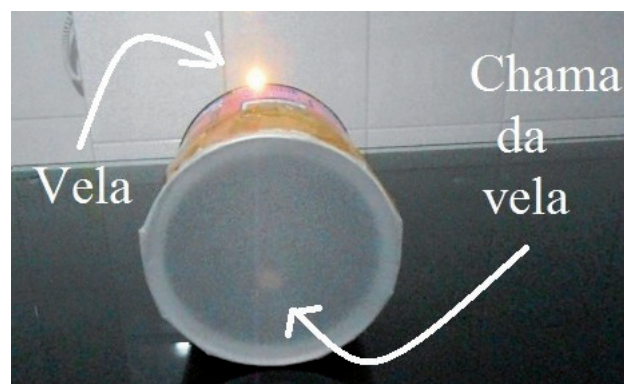


Figura 4

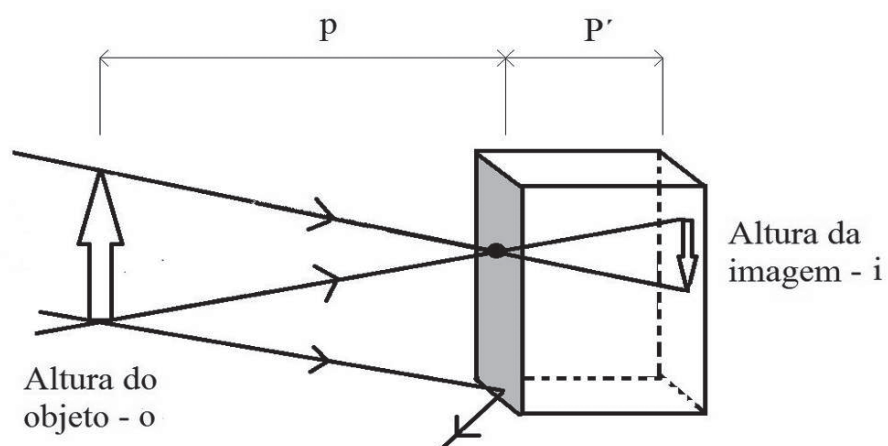


Figura 5

Fonte: Andreia Saguia.

Aspectos pedagógicos

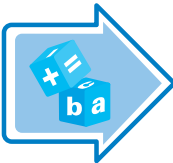
Com base nesse experimento, você pode trabalhar algumas questões básicas de óptica geométrica; por exemplo: mover a vela e relacionar sua distância ao anteparo com o tamanho da imagem formada. Se você achar conveniente, pode, a partir daí, estabelecer a semelhança de triângulos formados pelos raios luminosos ($i/o = p'/p$; 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!

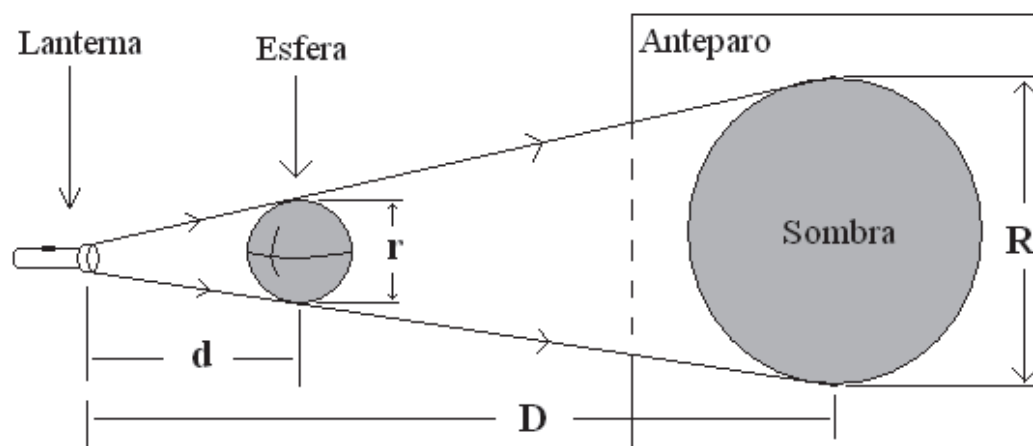
Página no material do aluno

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.

Aspectos pedagógicos

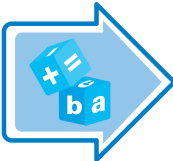
- Evite mover a lanterna e a esfera; mantenha as mesmas em suas respectivas posições.
- Escureça, ao máximo, o ambiente. Se possível, desligue as lâmpadas da sala de aula.
- Determine o diâmetro da sombra (R) de maneira indireta, utilizando a relação entre os triângulos $r/d = R/D$.
- Obtendo o resultado 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

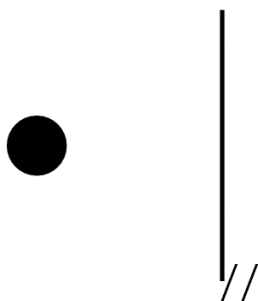
- Inicie uma discussão sobre objetos pontuais. Os alunos devem ficar convencidos de que, em uma fonte pontual, os raios luminosos saem da fonte radialmente.
- Apresente ainda a lei de reflexão em espelhos planos: ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão (ambos medidos em relação à reta normal 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.

Situação 1



Situação 2



Seção 1 – E das sombras fez-se a luz.

Seção 2 – Espelho, espelho meu!

Página no material do aluno

152 a 164

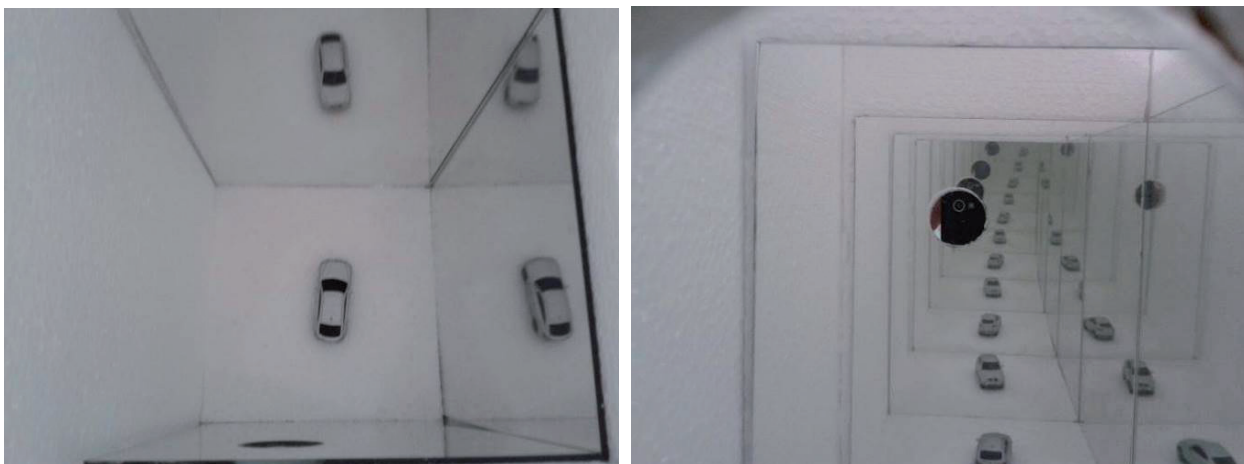
| Tipos de Atividades | Título da Atividade | Material Necessário | Descrição Sucinta | Divisão da Turma | Tempo Estimado |
|---------------------|------------------------|--|---|--|----------------|
| | Observando o infinito. | Placas de isopor; três espelhos planos de igual tamanho, sendo um deles 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

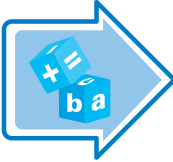
Esta experiência é muito interessante para a visualização das propriedades de espelhos planos, pois imagens reproduzidas infinitamente podem ser visualizadas neste simples exemplo. A disposição de espelhos paralelos já foi amplamente utilizada para se ter a ideia de amplitude de um determinado espaço. 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

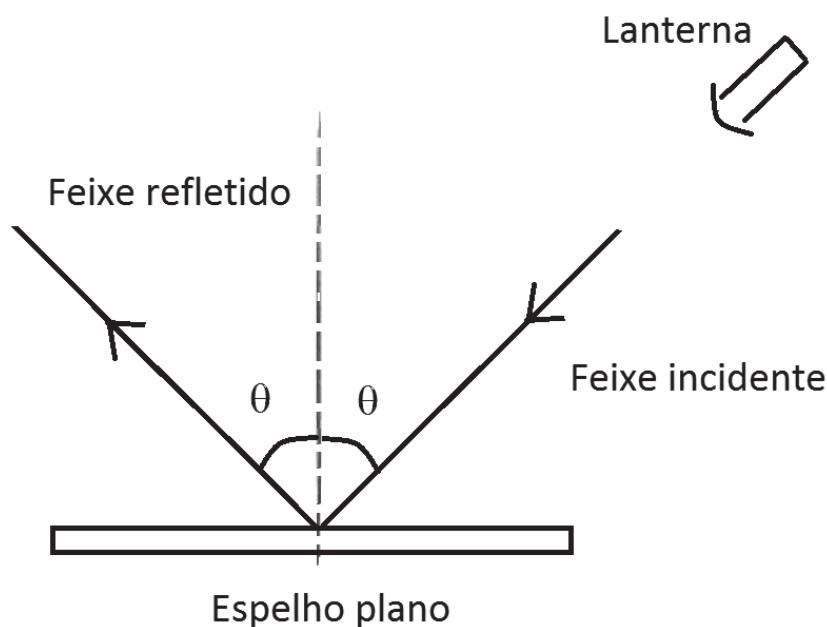


Figura 1

Fonte: Andreia Saguia.

Aspectos pedagógicos

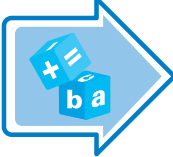
Com base nesse experimento, você pode trabalhar algumas questões básicas de óptica geométrica; por exemplo: se você tiver um apontador laser e uma lanterna, poderá usá-los para diferenciar um feixe colimado (a reflexão no teto será só um pontinho) e um feixe divergente (reflexão no teto aparece como 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

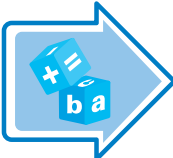
Este applet é muito útil para discutir os limites de validade das expressões utilizadas para espelhos esféricos. Quando nos afastamos da aproximação paraxial, estamos sujeitos à aberração esférica (são produzidas várias imagens para um mesmo objeto). Caso os raios incidentes sobre o espelho estejam dentro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

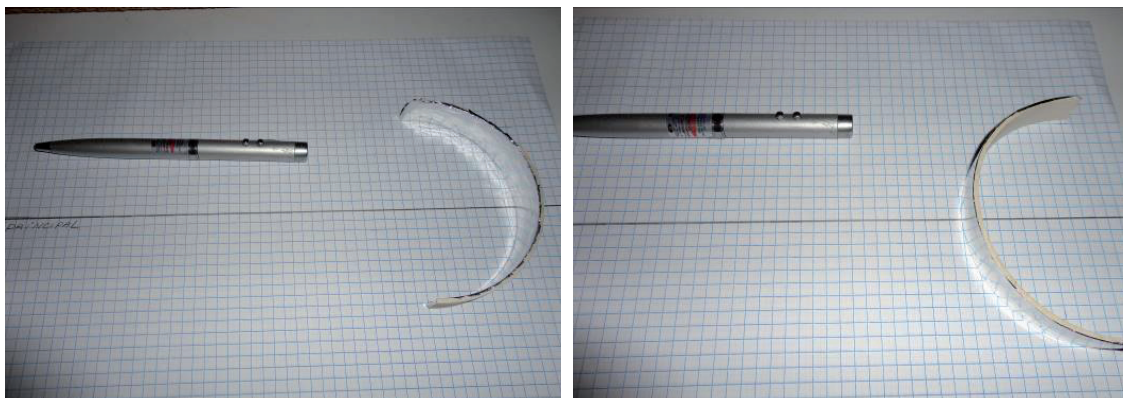
- Fixe a fita dupla face em um semicírculo na parte interna e, no outro semicírculo, na parte externa.
- Recorte tiras de papel alumínio (na mesma espessura da fita dupla face) e cole-as sobre a segunda face adesiva da fita.



Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

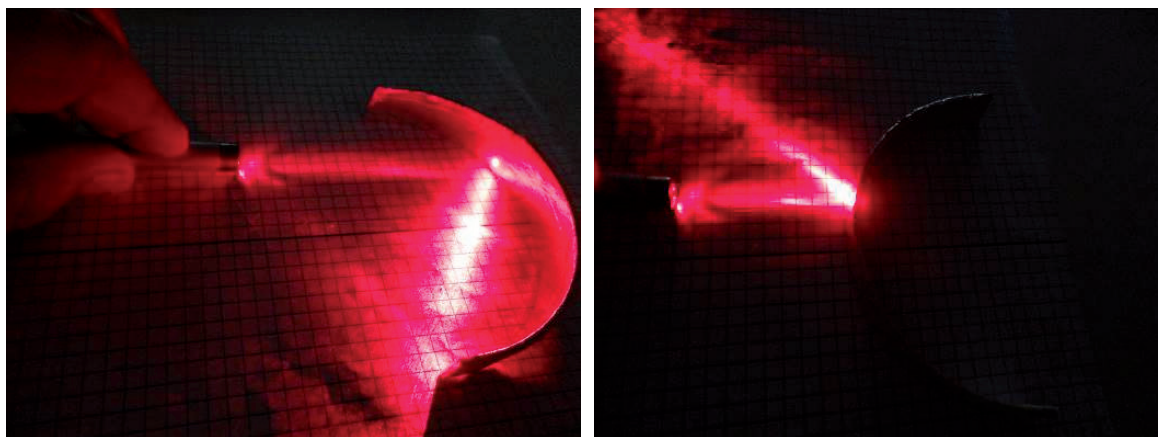
Aspectos pedagógicos

- 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.



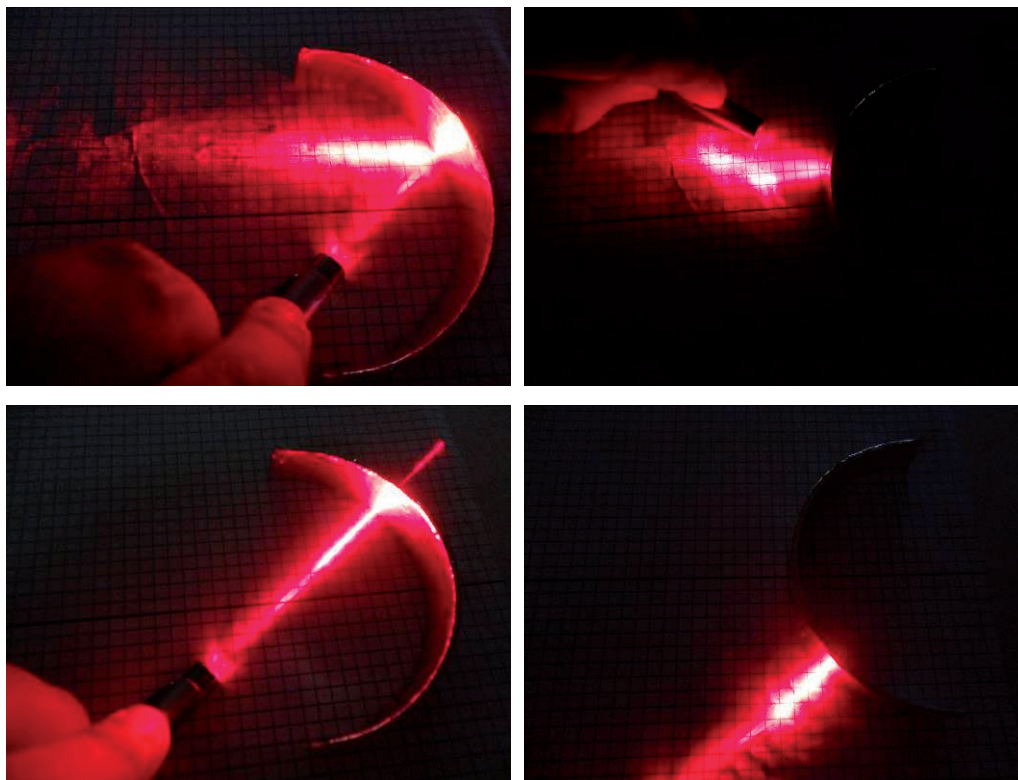
Fonte: Fábio Ferreira Luiz.

- 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 | <p>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.</p> <p>Um arquivo contendo a lista de exercícios a seguir está disponível no material anexo do professor.</p> | 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.

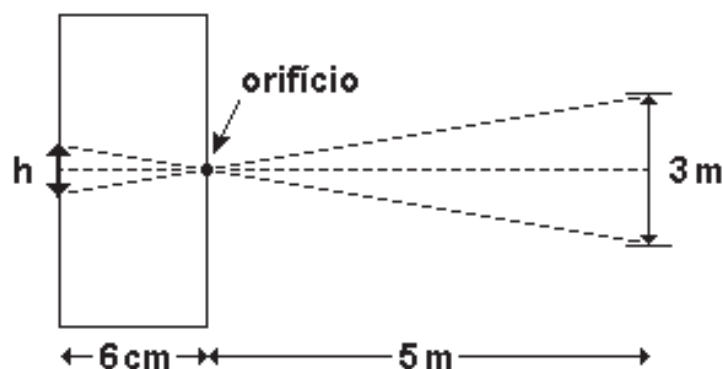
- Faça um resumo sobre os conteúdos trabalhados durante a Unidade. Se desejar, utilize o resumo elaborado neste material;
- Estimule os alunos a fazerem os exercícios listados a seguir.

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.

Respostas comentadas

Resposta da questão 1:

$$h = 3,6 \times 10^8 \text{ m}$$

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]