



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio

Layla Costa da Silva
Ildeu de Castro Moreira
Jorge Simões de Sá Martins

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Layla Costa da Silva, intitulada Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

APRESENTAÇÃO

Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio

Layla Costa da Silva

Ildeu de Castro Moreira

Jorge Simões de Sá Martins

Esse material traz um módulo sobre ótica com versão aluno e professor que foi aplicado em turmas de um colégio estadual da Zona Oeste do Rio de Janeiro. Ele é fruto do meu trabalho de dissertação submetido ao Programa de Ensino de Física da UFRJ, defendido em fevereiro de 2018, sob o título: “Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio”. O trabalho foi baseado na metodologia Pesquisa Baseada em Design e na Sequência de Ensino Investigativa. A sequência de 8 aulas utiliza experimentos demonstrativos e investigativos, tanto qualitativos quanto quantitativos, além de vídeos em atividades em grupo sob a mediação do professor. O resultado dessa sequência foi avaliado por meio de pré e pós-teste. Os principais temas abordados foram: mecanismo da visão, trajetória da luz, incluindo reflexão e refração, espectro luminoso e cores. O módulo foi aplicado no 3o ano do Ensino Médio seguindo currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro vigente em 2016.

A Pesquisa Baseada em *Design* (PBD) é uma metodologia geral de pesquisa. Trata-se de um conjunto de intervenções que foi desenvolvido para aprimorar e relacionar teorias de ensino-aprendizagem e práticas, e é aplicada e desenhada para contextos reais. É um

“conjunto de abordagens que assumem como compromisso aliar pesquisa e desenvolvimento de intervenções pedagógicas em contextos reais de aprendizagem, com o objetivo tanto de promover a melhoria das práticas educativas quanto de produzir conhe-

cimentos sobre o processo de ensino-aprendizagem”. (RAMOS, 2010)

A PBD foi utilizada no projeto que adquiriu as seguintes características:

- Pragmática e Intervencionista: o módulo foi projetado para uma turma de Ensino Médio de um colégio estadual público, situada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, com a intenção de superar obstáculos oferecidos pelo ensino usual da Física;
- Situada: o módulo foi projetado e testado em uma turma real de um colégio público;
- Interativa: o projeto integra o professora Layla com dois pesquisadores. No nosso caso, a professora, eu autora dessa dissertação, também faz parte do grupo de pesquisadores;
- Integrativa: o módulo desenvolvido integra diferentes tipos de estratégias como o uso de demonstrações práticas, experimentos investigativos (quantitativos e qualitativos), história da ciência, utilização de vídeos etc. Um dos pontos de partida preliminares foi a análise de concepções dos alunos, resultado de observações em turmas anteriores, seja em exames ou decorrentes das percepções do professor ao decorrer do ano;
- Iterativa: o procedimento adotado seguiu um ciclo de aperfeiçoamento: *Design*, Aplicação, Análise, *Re-Design* e então nova aplicação. No nosso caso, a nova aplicação será feita no ano escolar seguinte, depois da defesa desta dissertação;
- Flexível: o material desenvolvido possibilita mudanças para se adequar a novas aplicações. O módulo é flexível, podendo se adequar à forma de trabalho de outros professores;
- Contextual: embora tenha sido produzido para um contexto específico, uma turma de Colégio Estadual da Zona Oeste do Rio, pode ser aplicado a outros contextos.

Como foi dito, o projeto foi desenvolvido no formato cíclico: *design*, implementação, análise dos resultados, *re-design*. Na fase de design, na qual buscamos identificar concepções dos alunos, produzimos um pré-teste, analisamos o seu resultado e, a partir daí, construímos o módulo. Na fase

de implementação, o módulo foi aplicado em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio; este módulo inclui o pós-teste. Na fase de análise dos resultados foram comparados os resultados do pré-teste e do pós-teste, e foram analisadas as descrições das atividades reunidas no registro que o professor fez sobre as aplicações e as respostas dos alunos registradas no caderno de atividades. A partir disso foi possível fazer adaptações, e sugerir mudanças para um *re-design* do módulo.

Além de PBD O módulo foi produzido apoiado em Sequência de Ensino Investigativa (SEI), Carvalho (2011) apresentou linhas orientadoras para a produção de uma SEI :

- Identificar um problema importante para o aluno, que dê início ao processo de construção de seu conhecimento;
- Criar oportunidade para que o aluno elabore a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, ou seja, a construção de novas hipóteses: pensar para agir melhor;
- Levar o aluno a tomar consciência de quais ações tomou para resolver o problema proposto;
- Auxiliar a formação de conceitos por meio da interação professor-aluno.
- Propiciar a participação ativa do estudante;
- Encorajar a interação em pequenos grupos de alunos para reflexão;
- Elaborar questões que dirijam o raciocínio dos alunos e que os levem a sistematizar dados e observações;
- Criar um ambiente encorajador, que incentive todos a participarem ativamente das discussões;
- Ensinar a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;
- Destacar a importância do conteúdo para o aluno;
- Relacionar ciência, tecnologia e sociedade;
- Possibilitar a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica: criar uma linguagem cientificamente coerente.

Essa apostila reúne pré-teste, pós-teste, Caderno de Atividades e Caderno de Atividades - Versão do Professor.

Palavras chave: Ensino de Física, Ótica, Experimentos sobre a luz.

Palavras chave: Ensino de Física, Ótica, Experimentos sobre a luz.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

Sumário

Atividades - Guia do professor	1
Pré-teste	1
Atividades	1
Avaliação	1

Atividades - Guia do professor

Esse guia apresenta as atividades divididas em 7 aulas. A oitava aula é o pós-teste. Cada aula apresenta os conteúdos, materiais, objetivos, orientações, descrições de experimentos, além das perguntas presentes no módulo apresentado aos alunos. As aulas trabalham os conteúdos apresentados na tabela abaixo:

Aula	Conteúdo
1ª aula	Importância da Luz para a Visão. Modelo de raios luminosos. Reflexão especular e reflexão difusa.
2ª aula	Refração. Lei de Snell-Descartes. Reflexão total.
3ª aula	Arco-íris.
4ª aula	Espectro eletromagnético. Modelo ondulatório da luz.
5ª aula	Recapitulação.
6ª aula	Câmara escura. Olho humano.
7ª aula	Visão. Modelo simples do olho humano.

Tabela 1: Temas das aulas

Nas aulas são utilizados 14 experimentos, divididos nas aulas segundo a tabela abaixo, e que são detalhados segundo a ordem em que aparecem.

Tabela 2: Listas de experimentos por aula

Aula	Conteúdo
1ª aula	Experimento da caverna. Objeto no centro da sala. Reflexão especular. Reflexão especular x reflexão difusa.
2ª aula	Qual é o material? Lápis no aquário. Refração x reflexão. Lei de Snell-Descartes. Reflexão total.
3ª aula	Fazendo um arco-íris (vídeo). Prisma. Branco: combinação de outras cores.
6ª aula	Câmara escura.
7ª aula	Banco ótico.

Aula 1

Conteúdo: Importância da luz para a visão, fonte de luz, reflexão, modelo de raio luminoso.

Material: Caixa de sapato, celular com lanterna, espelho.

Objetivo: Reconhecer que a luz é importante para visão; Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos luminosos; Identificar o caminho que a luz faz para que uma pessoa veja um objeto; Seguir roteiro; Conectar a reflexão que ocorre no papel laminado e a na parede.

- Etapa 1 - Importância da luz para a visão - **Experimento da caverna**

Objetivo no módulo: Enfatizar a importância da luz para a visão.

Material: caixa de sapato com um orifício, objeto e lanterna.

Descrição: O professor deve distribuir as caixas de sapato já com o objeto dentro. No decorrer da atividade, os alunos devem olhar através do orifício. Depois, o professor ligará uma lanterna iluminando o interior da caixa, fechará a caixa e o aluno voltará a olhar através do orifício.

Opções: Como mostrado na figura, utilizei um broche para substituir um objeto qualquer, pois ele fica preso, é leve, e se mostra imperceptível para os alunos que pegam a caixa na mão. Ao acender-se a lanterna dentro da caixa, alguns mostram-se surpresos por realmente haver um objeto dentro da caixa.

Utilizei a lanterna do celular, mas os lasers também tinham uma pequena lanterna suficiente para iluminar dentro da caixa.



(a) Objeto na caixa



(b) Olhando através do orifício

Figura 1: Exemplo de objetos dentro da caixa

1. Coloque o objeto dentro da caixa, feche bem. Olhe através do orifício: você vê o objeto?

Objeto no centro da sala.

Objetivo no módulo: Enfatizar que a luz que bate no objeto é distribuída para todos os lados

Material: Um objeto

Descrição: Coloque um objeto no centro da sala de forma que todos os grupos possam observá-lo

Opções: Coloque um objeto grande, como, por exemplo, uma mochila, pois ela tem lados diferentes, o que pode ajudar o aluno a perceber que a luz precisa ser refletida na direção do observador.

2. O que falta para enxergar o objeto?

Chamamos de fonte de luz o dispositivo de onde sai a luz.

3. Ligue a lanterna dentro da caixa. Você consegue ver o objeto agora? Qual é a fonte de luz?
4. Desenhe o caminho que a luz faz para que você consiga ver o objeto. Utilize setas para indicar de onde vem e para onde vai a luz.

Ao representarmos o caminho que a luz faz com linhas e setas, estamos usando o modelo de raios luminosos.

- Etapa 2 - Objeto no centro da sala.

Objetivo no módulo: Enfatizar que a luz que bate no objeto é distribuída para todos os lados.

Material: Um objeto.

Descrição: Coloque um objeto no centro da sala de forma que todos os grupos possam observá-lo.

Opções: Coloque um objeto grande, como, por exemplo, uma mochila, pois ela tem lados diferentes, o que pode ajudar o aluno a perceber que a luz precisa ser refletida na direção do observador.

1. Observe o objeto colocado em cima de uma mesa no meio da sala. Ele pode ser observado por todos na sala?
2. O que é necessário para que se observe o objeto em cima da mesa?
Quando a luz muda seu caminho depois de bater no objeto, dizemos na linguagem científica que ela foi refletida por este objeto. Este fenômeno físico é chamado de reflexão da luz. Na linguagem comum você usa a palavra reflexão/reflexo quando vê uma imagem refletida, mas na linguagem da ciência esta palavra tem um significado mais amplo.
3. Como várias pessoas em lugares diferentes da sala podem observar o mesmo objeto no seu centro? Como a luz deve se comportar ao atingir o objeto para que ele possa ser observado por estas pessoas?
4. Crie, junto com seus colegas, um modelo para explicar como vemos um objeto, desenhando o caminho da luz e mostrando como ela se comporta ao bater no objeto.

Quando a reflexão da luz não forma imagem refletida ela é chamada de reflexão difusa. Já quando ela forma imagem

refletida, como acontece em um espelho, nós a chamamos de reflexão especular.

- Etapa 3

Nesta etapa, distribua o espelho, o laser e papel laminado. Outra opção é levar o material para os alunos e instruí-los no seu uso.

Reflexão especular.

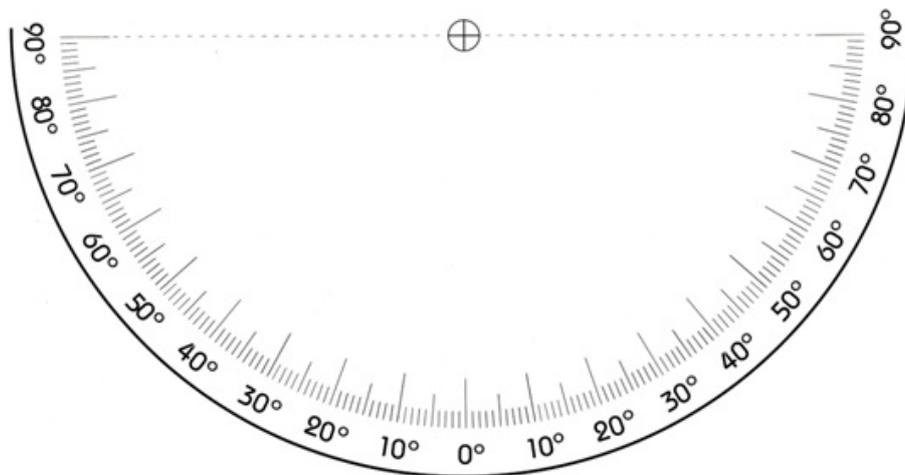
Objetivo no módulo: Observar que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Material: Espelho plano e laser.

Descrição: Na atividade, o aluno deve tentar desenhar um raio sendo refletido por um espelho e só depois deve usar o material para verificar.

Opções: Os alunos podem levar os próprios espelhos planos, só que sem moldura. Leve o seu para evitar que grupos fiquem esperando o revezamento.

1. Desenhe como um raio luminoso é refletido por um espelho.
2. Utilize a imagem abaixo (transferidor) com um espelho para comparar o ângulo do raio incidente com o ângulo do raio refletido.



-
3. Pegue um pedaço de papel laminado. Você acha que ele reflete a luz?

Reflexão especular x difusa

Objetivo no módulo: Enfatizar que nem toda reflexão forma imagem, podendo então existir uma classificação que as diferencie.

Material: Pedaço de papel alumínio.

Descrição: O aluno deve apontar o laser para o papel alumínio e responder às questões subsequentes: O papel alumínio reflete? Qual a diferença entre o que ocorre no papel alumínio e no espelho? Qual é a semelhança do que ocorre no papel alumínio e na parede?

Opções: Aqui é importante usar um laser mais potente, como, por exemplo, o verde, pois deixa o efeito mais claro.

4. Agora amasse, e estique a folha. Ela continua refletindo?
5. Aponte o laser na direção do papel laminado e diferencie o que ocorre em um espelho do que ocorre em um outro objeto.
6. Aponte o laser para a folha de papel. Qual é a semelhança do que ocorre com a luz ao bater no papel alumínio e em um outro objeto?
7. Usamos o espelho para nos ver, mas ele tem outros usos. Cite alguns outros usos que fazemos do espelho no nosso dia a dia.
8. (Opcional) Observe o vídeo e diga quais são as semelhanças entre as ondas na cuba de onda e o comportamento da luz ao refletir em um espelho.

O modelo de raio luminoso é uma simplificação do modelo de ondas. O raio representa a direção de propagação da onda luminosa.

Para Casa:

Entre no blog, veja o vídeo e responda as questões.

http://laylafisica.blogspot.com.br/p/blog-page_22.html

Aula 2

Conteúdo: Reflexão total, lei de Snell-Descartes, refração.

Material: aquário, laser.

Objetivo: Identificar o caminho que a luz faz ao mudar de meio; Entender e utilizar o conceito de meio; Seguir roteiro; Conhecer e saber utilizar o transferidor; Conhecer a função seno e saber calcular seu valor utilizando a calculadora; Identificar que, na mudança de meio, ocorrem diferentes fenômenos.

- Etapa 1

Observe o experimento que o professor vai apresentar.

Qual é o material?

Objetivo no módulo: Enfatiza que diferentes materiais transparentes produzem diferentes efeitos nas imagens vistas através deles.

Material: Aquário com água, vidros com diferentes substâncias transparentes^a.

Descrição: Pergunte aos alunos quais materiais estão dentro dos vidros. Muitos alunos acertam as substâncias aqui. Depois dos palpites, mergulhe os vidros dentro da água, de forma que os alunos não consigam notar qual é qual, e pergunte novamente qual substância está dentro de cada vidro.

Opções: Os vidros podem ser substituídos por pequenos vidros de perfume, que são de baixo custo e são vendidos em distribuidoras de essências e brindes.

^aEsse material foi produzido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo e distribuído durante o curso de Experimentos de Ótica no ano de 2012.

Objetivo no módulo: Observar que ocorrem dois fenômenos diferentes com a luz ao tentar mudar de meio, e que há mudança na trajetória da luz ao mudar de meio.

Material: Ponteiro laser, aquário com água.

Descrição: Utilize o laser apontando-o na direção da superfície da água, enfatize a diferença entre os fenômenos de reflexão e refração.

Opções: Utilize um laser mais forte, como o laser verde e, ainda, polvilhe pó para mostrar o caminho que a luz faz no ar. Utilize também a mão para captar a luz refletida ou sinalize o resultado da reflexão no teto. Utilize um aquário maior que o dos alunos para possibilitar que todos consigam visualizar os fenômenos.

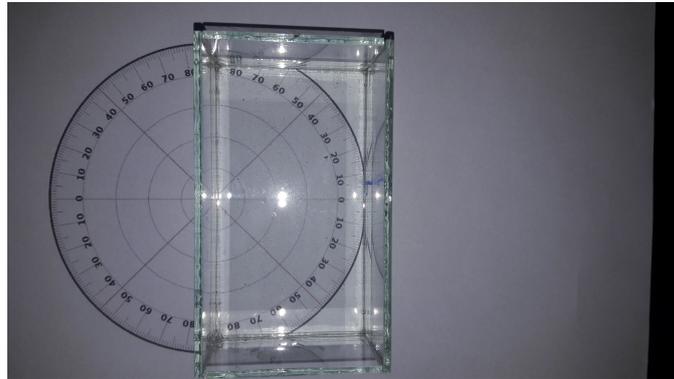
Lei de Snell-Descartes.

Objetivo o módulo: Reconhecer que existe uma conexão matemática específica entre os ângulos de incidência e de refração.

Material: aquário; laser.

Descrição: Os alunos devem pegar o aquário com água, colocá-lo em cima do transferidor e apontar o laser para a parede do aquário que marca os ângulos de 90° na direção do centro para que as medidas dos ângulos saiam corretas.

Opções: O experimento da forma que foi proposto não debate os erros de medida e utiliza um grupo pequeno de dados. Essa forma não esgota as possibilidades de uma abordagem experimental. Caso seja possível, o professor pode fazer uma discussão mais aprofundada levando em consideração erro de medida e margens de erro nos resultados dos cálculos. O professor pode também utilizar os dados para construir gráficos.



(a) Aquário em cima do transferidor



(b) Aquários e laser

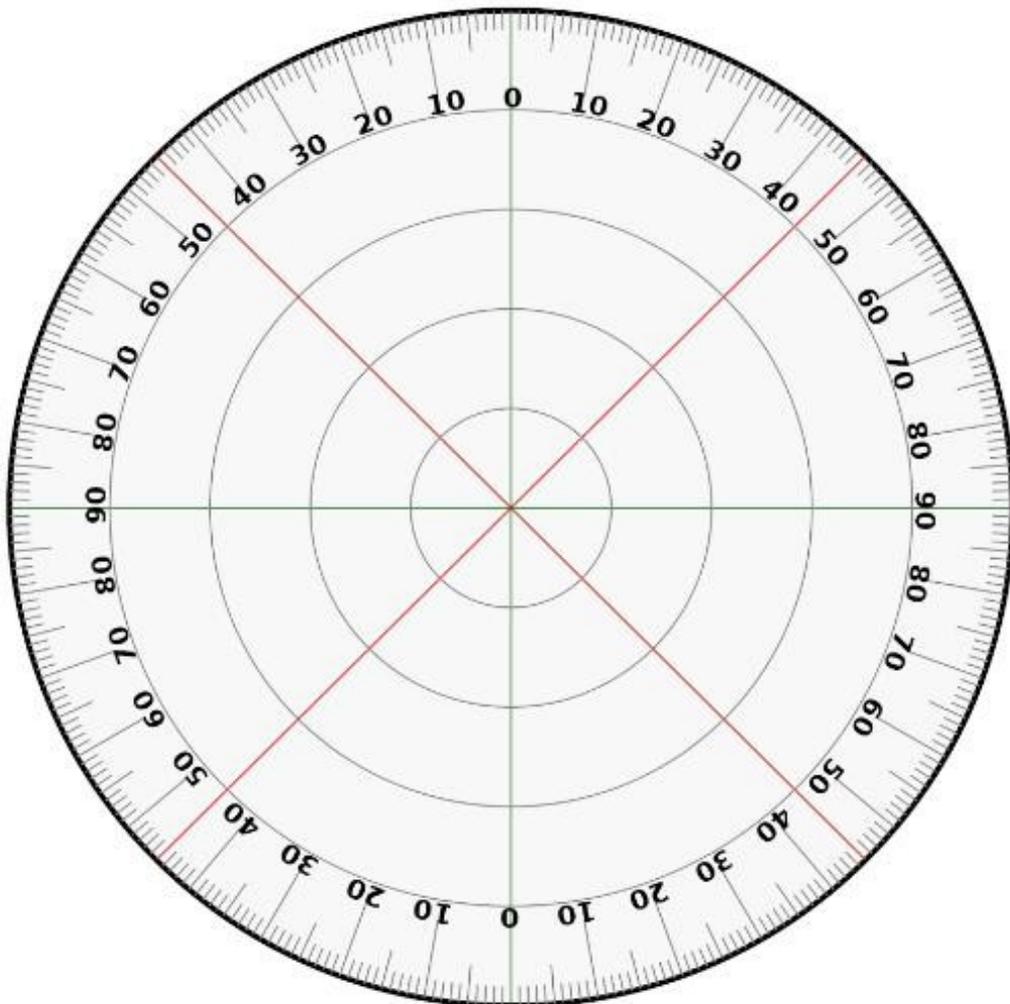
Figura 3: Material utilizado

Aponte o laser para a superfície da água no aquário. Nesse momento você deve evidenciar a ocorrência de pelo menos 2 fenômenos que ocorrem quando a luz tenta atravessar a água. Mostre o laser refletido no teto e no fundo do aquário.

1. O que ocorre com a luz ao bater na superfície do aquário?
2. Qual a diferença entre os fenômenos que ocorrem quando a luz bate na superfície do aquário?

Na aula passada vimos a reflexão da luz. Agora vamos estudar apenas o fenômeno que acontece com a luz que atravessa a água. Pegue o aquário com água e o posicione em cima do transferidor impresso, de modo que a maior parede do aquário fique em cima da

linha central. Aponte o laser em direção ao centro do transferidor, para a parede lateral e próximo ao fundo do aquário (para facilitar a visualização do raio).



3. O que ocorre com a luz que sai do laser quando apontamos na direção 0° ?

Ângulo de incidência é o ângulo que o raio faz com a normal (ou reta perpendicular) à superfície da substância, ao entrar nela. Ângulo de refração é o ângulo que o raio refratado faz com a normal à superfície depois de mudar

de meio.

4. Utilize os valores dos ângulos de incidência para preencher a tabela abaixo com os valores dos ângulos de refração correspondentes.

i (ângulo de incidência)	r (ângulo de refração)	Divida i por r
60°		
45°		
30°		

5. Agora encontre o seno de cada ângulo da tabela. O seno do ângulo pode ser obtido utilizando a função “sin”, que é uma tecla da calculadora científica geralmente presente nos celulares.

$\text{sen } i$	$\text{sen } r$	Divida $\text{sen } i$ por $\text{sen } r$
0,87		
0,71		
0,50		

6. Observando a última coluna das duas tabelas, qual das duas sugere uma regra mais simples para a relação entre os ângulos de incidência e refração?
7. Será que, se mudarmos o material, o ângulo de desvio da luz muda? Para o vidro, eu fiz esse mesmo experimento e preenchi a tabela abaixo:

$\text{sen } i$	$\text{sen } r$	Divida $\text{sen } i$ por $\text{sen } r$
0,87	$\text{sen}(35,3^\circ) = 0,58$	1,5
0,71	$\text{sen}(28,1^\circ) = 0,47$	1,5
0,50	$\text{sen}(19,5^\circ) = 0,33$	1,5

O experimento histórico sobre a lei de Snell-Descartes é de grande importância para ótica.

$$n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \quad (1)$$

Índice de refração (n) também é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v):

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

A velocidade da luz no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8 m/s$. A velocidade da luz no ar é aproximadamente a mesma.

8. Determine a velocidade da luz na água. Para isso, precisamos do índice de refração da água determinado acima e da expressão:

$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

9. A refração é um fenômeno explorado para nosso benefício. Cite usos comuns da refração em nosso dia a dia.

- Etapa 4 – Reflexão total

Reflexão total.

Objetivo no módulo: Relacionar o conceito de refração com o fenômeno de reflexão total.

Material: Aquário e um objeto.

Descrição: Podemos observar a reflexão total de duas maneiras. Pode-se colocar um objeto dentro do aquário e andar em torno deste até que se observe o objeto refletindo nas paredes do aquário. Também pode-se utilizar a própria mão colada ao aquário para mostrar que em determinados ângulos a mão não pode ser observada completamente.

Opções: Para deixar mais evidente o fenômeno, pode-se utilizar o ponteiro laser, apontando-o de baixo para cima e fazendo a luz passar da água para o ar através da superfície superior. Pode-se também utilizar um vídeo.

1. Observando o aquário você percebe que algumas paredes refletem a luz como um espelho. Estas superfícies são sempre espelhadas?

O que faz elas se tornarem espelhadas ou deixarem de fazê-lo?

2. Como você relaciona o que observou no vídeo com a lei de Snell-Descartes?

Chamamos de reflexão total da luz o fenômeno luminoso em que a luz é refletida totalmente ao tentar passar de um meio transparente para um outro. Ele só acontece em condições específicas.

3. Você conhece alguma aplicação da reflexão total? Qual?

Aula 3

Conteúdo: Arco-íris, formação de cores.

Material: Celular, prisma, fonte de luz.

Objetivo: Nesta aula os alunos devem relacionar cores com luz branca; Identificar a cor como uma característica das ondas luminosas; Identificar o caminho que a luz faz ao mudar de meio.

Você deve mostrar o vídeo do canal Galera da Física <https://www.youtube.com/watch?v=FF5k_H9JWmU>: Arco-íris e mostrar a decomposição da luz branca em cores, por exemplo usando um prisma e a luz do projetor

Fazendo um arco-íris (vídeo).

Objetivo no módulo: Mostrar a formação de um arco-íris caseiro e a decomposição da luz do sol em cores.

Material: Mangueira e luz do sol.

Descrição: O vídeo mostra uma pessoa de costas para o sol molhando um gramado de modo a possibilitar a visualização de um arco-íris.<https://www.youtube.com/watch?v=FF5k_H9JWmU>

Prisma

Objetivo no módulo: Mostrar que não é só a luz do sol que pode ser decomposta em cores.

Material: Prisma, projetor.

Descrição: Projete uma imagem branca e coloque o prisma entre o projetor e a parede. Movimente o prisma - possivelmente os próprios alunos vão lhe ajudar a localizar a posição que provoca a decomposição da luz.

Opções: Nesta aplicação, utilizei prismas que obtive desmontando um binóculo, mas logo os alunos os deixaram cair. No ano seguinte utilizei somente o aquário em forma de prisma, que não passou de mão em mão.

1. Quais são os elementos necessários para a formação do arco-íris?
2. Desenhe o caminho que a luz faz para que se formem as cores do arco-íris.
3. Quais os conceitos apresentados nas aulas anteriores que podem ter a ver com a explicação do arco-íris? Explique.
4. Olhando a lâmpada através do prisma, o que você observa? O que ocorreu com a cor da lâmpada?
5. Coloque uma pequena gota de água na tela do celular e observe - o que ocorreu com a luz branca que vem da tela do celular? Pensando na Lei de Snell-Descartes, como é possível que a luz branca (da lâmpada) se transforme em várias cores?

Branco é a combinação de várias as cores

Objetivo no módulo: Mostrar que a luz branca é formada por luzes de cores diferentes.

Material: Celular e uma gota de água.

Descrição: Com o dedo molhado faça uma pequena gota na tela do celular de modo que os pixels (luzes coloridas) possam ser vistos.

Opções: Nos celulares de menor custo é mais fácil de se observar o fenômeno.

6. O arco íris não pode ser visto de qualquer ângulo. Pensando na lei de Snell-Descartes, sugira uma explicação para isso.

Aula 4

Nesta aula seu grupo deve apresentar um trabalho oral sobre uma das faixas de comprimentos de onda abaixo e destacar os seguintes aspectos:

- Forma de detecção
- Exemplos de uso, aparelhos
- Benefício/malefício à saúde

Observação: Embora alguns aparelhos tenham nomes comerciais iguais (Ex. Micro-ondas e Rádio), aqui queremos entender melhor a faixa de comprimentos de onda que dá nome aos aparelhos.

Antes de começar esta sequência, separe a turma em grupos e sorteie os temas para esta aula.

Os objetivos desta aula são: Fazer os alunos perceberem que temos diversas utilidades para as diversas faixas do espectro de luz. Compreender os fenômenos relacionados à luz como fenômenos ondulatórios; Conhecer as características do espectro eletromagnético, reconhecendo as diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas a partir de sua frequência; Compreender a importância dos fenômenos ondulatórios na vida moderna sobre vários aspectos, entre eles sua importância para a exploração espacial e na comunicação; Produzir, compreender e apresentar um texto.

Objetivo no módulo: Reforçar a apresentação dos alunos.

Material: Luz ultravioleta, objetos que são observados de forma diferente ao serem irradiados com luz ultravioleta: nota de dinheiro, marca-texto.

Descrição: Apontar a luz ultravioleta para o objeto.

Opções: O laser que eu comprei vinha com uma pequena lâmpada ultravioleta, além da lanterna e do laser já mencionados. Existem opções para outros comprimentos de onda, como um óculos de visão noturna, termômetros, entre outros.

Rádio	10^3m
Micro-ondas	$10^{-2}m$
Infravermelho	$10^{-5}m$
Visível	$0,5 \cdot 10^{-6}m$
Ultravioleta	$10^{-8}m$
Raio X	$10^{-10}m$
Raio gama	$10^{-12}m$

Aula 5

Classifique as afirmações dos alunos como verdadeiras ou falsas; justifique utilizando os resultados dos experimentos que realizamos nas aulas anteriores.

Objetivo: Utilizar modelos anteriores em novas situações; Conectar ideias.

Opções: Você pode deixar disponíveis os materiais utilizados nas aulas anteriores para que os alunos, caso queiram, os usem para relembrar algum fenômeno.

Os alunos devem fazer a tarefa individualmente e depois de um tempo discutir as ideias em grupo. Essa parte deve ser corrigida em sala de aula com a participação dos alunos. Pode-se também montar juris de defesa e acusação para cada aluno.

1. Sobre tudo o que é necessário para enxergar um objeto:

- Aluno A:** Apenas ter olhos
- Aluno B:** Ter olhos e visão (capacidade de enxergar)
- Aluno C:** Luz e ter visão (capacidade de enxergar).

2. Sobre o mecanismo da visão:

- Aluno A:** Para enxergar, algo, como um raio, sai do meu olho e atinge o objeto.
- Aluno B:** Algo, como miniaturas do objeto, se soltam dele atingindo os meus olhos.
- Aluno C:** A luz bate nos olhos, que a refletem na direção do objeto.

3. Sobre a reflexão da luz:

() **Aluno A:** Reflexão da luz é o que ocorre no espelho, mas não na parede.

() **Aluno B:** Acontece reflexão em todos os objetos que podemos enxergar.

() **Aluno C:** Para um objeto poder refletir é preciso que luz bata nele.

4. Sobre a refração:

() **Aluno A:** É a mesma coisa que reflexão.

() **Aluno B:** Acontece quando luz atravessa um meio diferente e muda de direção.

() **Aluno C:** É o que ocorre quando a luz atravessa as lentes dos óculos.

5. Sobre a Luz:

() **Aluno A:** É aquilo que podemos ver.

() **Aluno B:** Luz em alguns experimentos se comporta como onda.

() **Aluno C:** Luz em alguns experimentos se comporta como pequenas partículas.

6. Ainda sobre a luz:

() **Aluno A:** Luz é energia solar.

() **Aluno B:** Existem vários tipos de fonte de luz.

() **Aluno C:** Luz é radiação.

7. Sobre luz e cores:

() **Aluno A:** Cada cor corresponde a frequência de onda eletromagnética (luz).

() **Aluno B:** Se misturarmos luzes de cores diferentes na mesma proporção, por exemplo verde, vermelho e azul obtemos o preto.

() **Aluno C:** Se misturarmos pigmentos (tintas) de cores diferentes na mesma proporção, por exemplo verde, vermelho e azul obtemos o

branco.

Aula 6

Conteúdo: Construção de câmara escura, inversão de imagens.

Material: Tesoura, cola, papel vegetal, régua, papel laminado, cartolina.

Objetivo: Compreender a montagem de uma câmara escura; Construir uma câmara escura a partir de um modelo. Compreender a formação de imagens.

Distribua as cartolinas e deixe o restante do material sobre uma mesa de fácil acesso. Leve para esta aula um modelo montado de câmara escura.

A câmara escura foi um dos primeiros modelos que se aproximou da explicação para o funcionamento do olho humano. Podemos com ela produzir um modelo simplificado do olho humano.

Construa uma câmara escura, segundo o modelo:

- Faça as marcações na cartolina segundo a figura;
- Recorte a cartolina;
- Dobre e cole as abas.

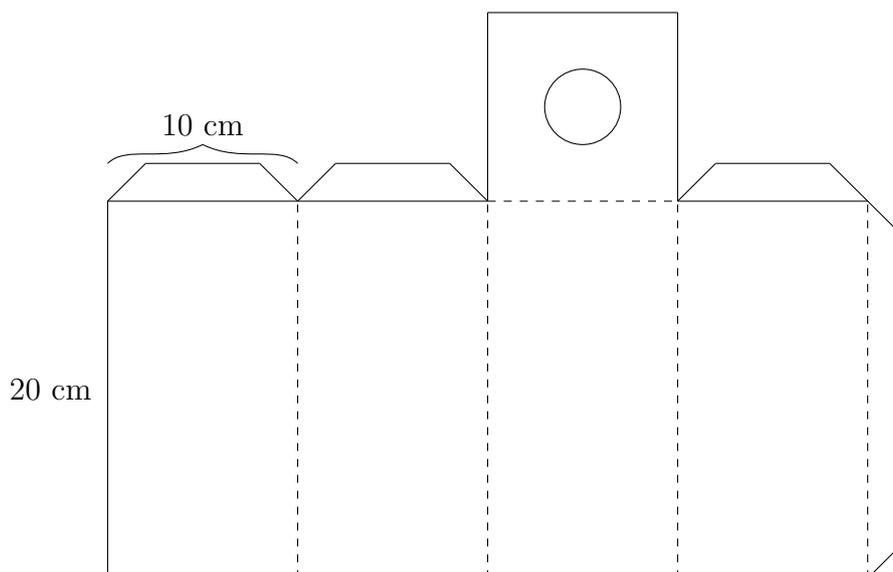


Figura 4: Parte de fora.

-
- Corte a cartolina no formato abaixo;
 - Dobre nas linhas tracejadas;
 - Verifique se este cabe dentro da caixa que fizemos anteriormente;
 - Cole a aba fechando a caixa.

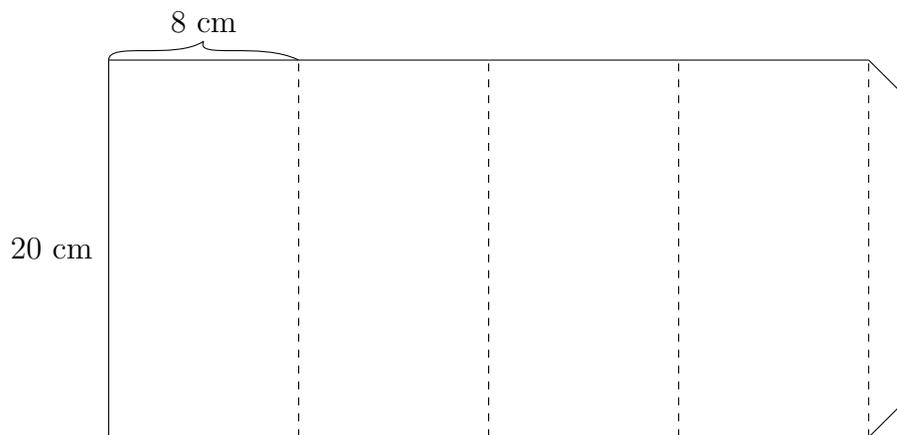


Figura 5: Parte de dentro

- Cole um pedaço de papel laminado no orifício circular feito na caixa;
 - Faça um pequeno funo o papel alumínio no centro com o auxílio de um alfinete ou lapiseira;
 - Cole o papel vegetal em um dos lados da outra caixa;
 - Depois que as partes secarem, encaixe uma caixa na outra colocando o lado com papel vegetal do mesmo lado que o papel laminado;
 - Agora observe, através da câmara escura, objetos bem iluminados - por exemplo, olhe pela janela - e responda as perguntas:
1. O que ocorre com a imagem formada no papel vegetal quando você se aproxima ou se afasta do objeto? Quando ela aumenta ou diminui?

-
2. Por que a imagem aparece invertida? Desenhe um esquema para o funcionamento da câmara escura utilizando o modelo de raios.
 3. O que ocorre com a imagem se aumentarmos o furo da caixa? Peça que o professor mostre a imagem formada com o furo maior. Quanto maior o furo, maior é a quantidade de luz que entra pelo orifício.

Opções: Essa montagem foi retirada de um vídeo do canal (PONTOCIENCIA, 2011). Além da construção da câmara escura, você poderá mostrar uma câmera fotográfica analógica.

Aula 7

Objetivo: Conectar conceitos de ótica à estrutura do olho; Reconhecer o olho humano como um receptor de ondas eletromagnéticas; Discutir modelos para a explicação da natureza da luz, vivenciando a ciência como algo dinâmico em sua construção.

Banco ótico.

Objetivo no módulo: Conectar vários fenômenos observados durante as aulas anteriores com o mecanismo da visão.

Material: Lentes (lupas), anteparos, fonte com lâmpada de filamento.

Descrição: Os alunos devem se sentir à vontade para mexer nos materiais para, por tentativa e erro, conseguir projetar a imagem da fonte de forma nítida.

Opções: O kit "banco ótico" contém uma lente em uma tampa de um pote de plástico arredondado, dando a impressão de olho, o que facilita a conexão com o olho humano.



Figura 6: Lâmpada de filamento

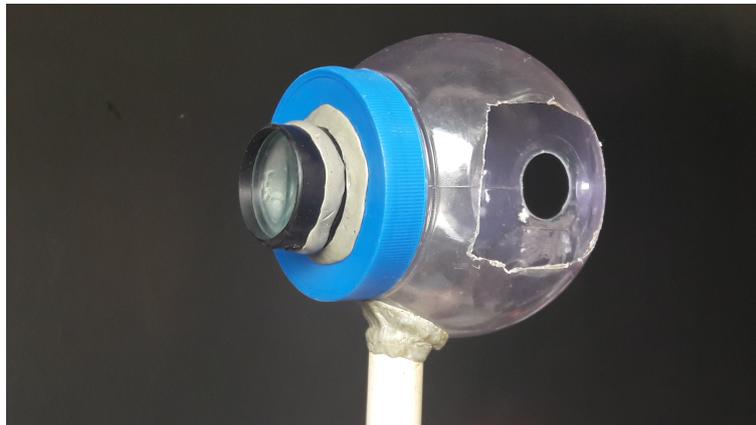


Figura 7: Objeto imitando olho humano

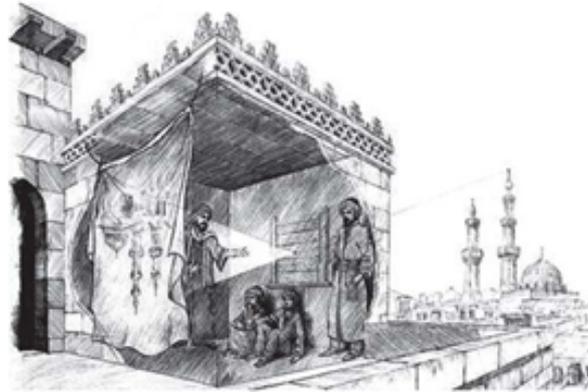
Pré-teste

Nome: _____ N°: _____ Turma: _____

1. O que é necessário para enxergar um livro que está em cima da mesa?
Explique ou desenhe o caminho que a luz faz.

2. Por que quando eu olho na parede não me vejo e quando eu olho no espelho eu me vejo?

-
3. (Enem-2015) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



ZEWAIL, A. H. Micrographia of the twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010 (adaptado).

Figura 8

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(a)

- (a) íris
- (b) retina
- (c) pupila
- (d) córnea
- (e) cristalino

4. De onde vêm as cores do arco-íris? Desenhe como isso acontece.

5. Coloque pequenas gotas de água em cima de uma imagem branca na tela do celular. Como é formada a luz branca na tela do celular?

6. O que é luz?

7. Sobre a luz, o que vc gostaria de entender? (Cinema 3D, visão, arco-íris, laser, óculos, microscópio, radares, U.V, etc)

Atividades

Turma: _____

Componentes do grupo e número

Aula 1

Conteúdo: Importância da luz para a visão, fonte de luz, reflexão, modelo de raio.

Material: Caixa de sapato, celular com lanterna, espelho.

- Etapa 1 Importância da luz para a visão - Experimento da caverna
 1. Coloque o objeto dentro da caixa, feche bem. Olhe através do orifício: você vê o objeto?

-
2. O que falta para enxergar o objeto?

Chamamos de fonte de luz o dispositivo de onde sai a luz.

3. Ligue a lanterna dentro da caixa. Você consegue ver o objeto agora? Qual é a fonte de luz?
-
4. Desenhe o caminho que a luz faz para que você consiga ver o objeto. Utilize setas para indicar de onde vem e para onde vai a luz.

Ao representarmos o caminho que a luz faz com linhas e setas, estamos usando o modelo de raios luminosos.

- Etapa 2

1. Observe o objeto colocado em cima de uma mesa no meio da sala. Ele pode ser observado por todos na sala?

-
2. O que é necessário para que se observe o objeto em cima da mesa?

Quando a luz muda seu caminho depois de bater no objeto, dizemos na linguagem científica que ela foi refletida por este objeto. Este fenômeno físico é chamado de reflexão da luz. Na linguagem do dia a dia você usa a palavra reflexão/reflexo quando vê uma imagem refletida, mas na linguagem da ciência esta palavra tem um significado mais amplo.

3. Como várias pessoas em lugares diferentes da sala podem observar o mesmo objeto no seu centro? Como a luz deve se comportar ao atingir o objeto para que ele possa ser observado por estas pessoas?

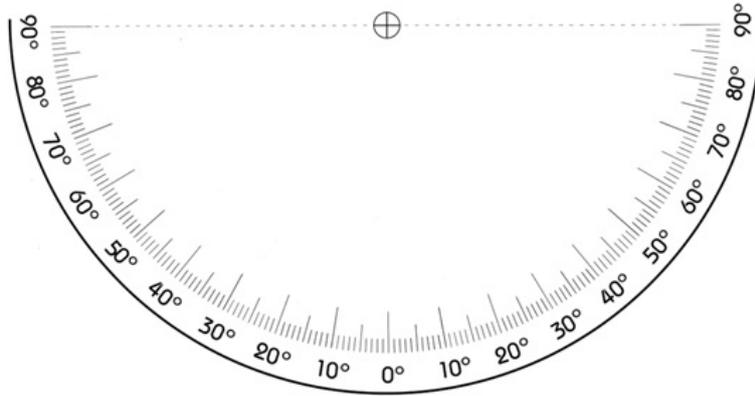
-
4. Crie, junto com seus colegas, um modelo para explicar como vemos um objeto, desenhando o caminho da luz e mostrando como ela se comporta ao bater no objeto.

Quando a reflexão da luz não forma imagem refletida, ela é chamada de reflexão difusa. Já quando ela forma imagem refletida, como acontece em um espelho, nós a chamamos de reflexão especular.

- Etapa 3

1. Desenhe como um raio luminoso é refletido por um espelho.

2. Utilize a imagem abaixo (transferidor) com um espelho para comparar o ângulo do raio incidente com o ângulo do raio refletido.



3. Pegue um pedaço de papel alumínio. Você acha que ele reflete a luz?

4. Agora amasse, e estique a folha. Ela continua refletindo?

5. Aponte o laser na direção do papel alumínio e diferencie o que ocorre em um espelho do que ocorre em um outro objeto.

6. Aponte o laser para a folha de papel. Qual é a semelhança do que ocorre com a luz ao bater no papel alumínio e em um outro objeto?

-
-
-
7. Usamos o espelho para nos ver, mas ele tem outros usos. Cite alguns outros usos que fazemos do espelho no nosso dia a dia.

-
-
8. (Opcional) Observe o vídeo e diga quais são as semelhanças entre as ondas na cuba de ondas e o comportamento da luz ao refletir em um espelho.

O modelo de raio luminoso é uma simplificação do modelo de ondas. O raio representa a direção de propagação da onda luminosa.

Para Casa:

Entre no blog, veja o vídeo e responda as questões.

http://laylafisica.blogspot.com.br/p/blog-page_22.html

Aula 2

Conteúdo: Reflexão total, lei de Snell, refração.

Material: aquário, laser.

- Etapa 1

Observe o experimento que o professor vai apresentar.

- Etapa 2

1. Observe o aquário de diversos ângulos diferentes. Quais são os elementos que influenciam a mudança na trajetória da luz?
-

- Etapa 3

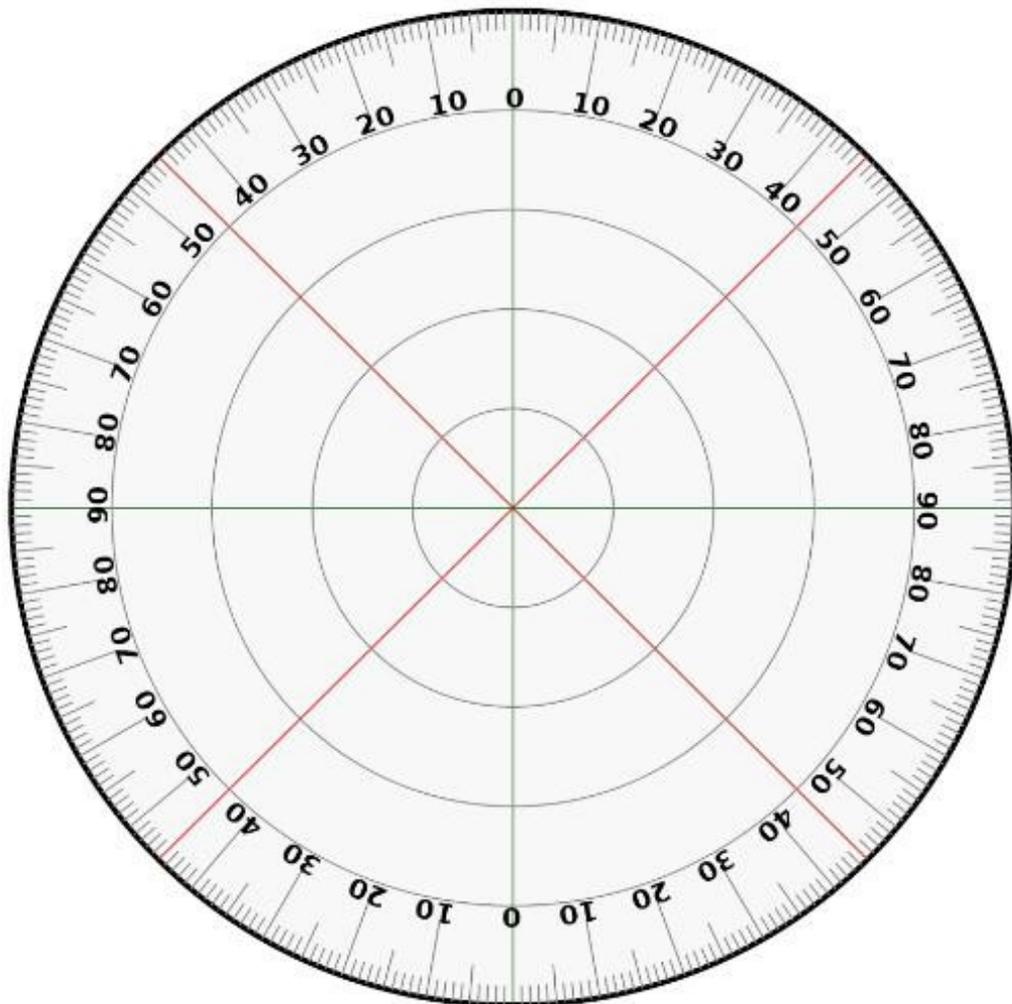
Conteúdo: Lei de Snell-Descartes.

Material: Laser, aquário, calculadora científica (presente em alguns celulares).

1. O que ocorre com a luz ao bater na superfície do aquário?
-

2. Qual a diferença entre os fenômenos que ocorrem quando a luz bate na superfície do aquário?
-

Na aula passada vimos a reflexão da luz. Agora vamos estudar apenas o fenômeno que acontece com a luz que atravessa a água. Pegue o aquário com água e o posicione em cima do transferidor impresso, de modo que a maior parede do aquário fique em cima da linha central. Aponte o laser em direção ao centro do transferidor, para a parede lateral e próximo ao fundo do aquário (para facilitar a visualização do raio).



3. O que ocorre com a luz que sai do laser quando apontamos na direção 0° ?

Ângulo de incidência é o ângulo que o raio faz com a normal (ou reta perpendicular) à superfície da substância, ao entrar nela. Ângulo de refração é o ângulo que o raio refratado faz com a normal à superfície depois de mudar de meio.

-
4. Utilize os valores dos ângulos de incidência para preencher a tabela abaixo com os valores dos ângulos de refração correspondentes.

i (ângulo de incidência)	r (ângulo de refração)	Divida i por r
60°		
45°		
30°		

5. Agora encontre o seno de cada ângulo da tabela. O seno do ângulo pode ser obtido utilizando a função “sin”, que é uma tecla da calculadora científica geralmente presente nos celulares.

$\sin i$	$\sin r$	Divida $\sin i$ por $\sin r$
0,87		
0,71		
0,50		

6. Observando a última coluna das duas tabelas, qual das duas fornece uma regra mais simples para a relação entre os ângulos de incidência e refração?

-
7. Será que, se mudarmos o material, o ângulo de desvio da luz muda?

Para a luz que penetra num cubo todo de vidro, em vez de água, eu fiz esse mesmo experimento e preenchi a tabela abaixo:

$\sin i$	$\sin r$	Divida $\sin i$ por $\sin r$
0,87	$\sin(35,3^\circ) = 0,58$	1,5
0,71	$\sin(28,1^\circ) = 0,47$	1,5
0,50	$\sin(19,5^\circ) = 0,33$	1,5

O experimento histórico sobre a lei de Snell-Descartes é de grande

importância para ótica.

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (4)$$

Índice de refração (n) também é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v):

$$n = \frac{c}{v} \quad (5)$$

A velocidade da luz no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8 m/s$. A velocidade da luz no ar é aproximadamente a mesma.

8. Determine a velocidade da luz na água. Para isso, precisamos do índice de refração da água determinado acima e da expressão:

$$n = \frac{c}{v} \quad (6)$$

9. A refração é um fenômeno explorado para nosso benefício. Cite usos comuns da refração em nosso dia a dia.
-

- Etapa 4 – Reflexão total

1. Observando o aquário você percebe que algumas paredes refletem a luz como um espelho. Estas superfícies são sempre espelhadas? O que faz elas se tornarem espelhadas ou deixarem de fazê-lo?
-

2. Como você relaciona o que observou no vídeo com a lei de Snell-Descartes?
-

Chamamos de reflexão total da luz o fenômeno luminoso em que a luz é refletida totalmente ao tentar passar de um meio transparente para um outro. Ele só acontece em condições específicas.

3. Você conhece alguma aplicação da reflexão total? Qual?

Aula 3

Conteúdo: Arco-íris, formação de cores.

Material: Celular, prisma, fonte de luz.

1. Quais são os elementos necessários para formação do arco-íris?

2. Desenhe o caminho que a luz faz para que se formem as cores do arco-íris.

3. Quais os conceitos que conhecemos nas aulas anteriores que podem ter a ver com a explicação do arco-íris. Explique.

4. Olhando a lâmpada através do prisma, o que você observa? O que ocorreu com a cor da lâmpada?

-
5. Coloque uma pequena gota de água na tela do celular e observe - o que ocorreu com a luz branca que vem da tela do celular? Pensando na Lei de Snell-Descartes, como é possível que a luz branca (da lâmpada) se transforme em várias cores?

-
-
6. O arco íris não pode ser visto de qualquer ângulo. Pensando na lei de Snell-Descartes, sugira uma explicação para isso.
-
-

Aula 4

Nesta aula seu grupo deve apresentar um trabalho oral sobre uma das faixas de comprimentos de onda abaixo e destacar os seguintes aspectos:

- Forma de detecção
- Exemplos de uso, aparelhos
- Benefício/malefício à saúde

Observação: Embora alguns aparelhos tenham nomes comerciais iguais (Ex. Micro-ondas e Rádio), aqui queremos entender melhor a faixa de comprimentos de onda que dá nome aos aparelhos.

Rádio	10^3m
Micro-ondas	$10^{-2}m$
Infravermelho	$10^{-5}m$
Visível	$0,5 \cdot 10^{-6}m$
Ultravioleta	$10^{-8}m$
Raio X	$10^{-10}m$
Raio gama	$10^{-12}m$

Aula 5

Classifique as afirmações dos alunos como verdadeiras ou falsas; justifique utilizando os resultados dos experimentos que realizamos nas aulas anteriores.

1. Sobre tudo o que é necessário para enxergar um objeto:

- () **Aluno A:** Apenas ter olhos.
- () **Aluno B:** Ter olhos e visão (capacidade de enxergar).
- () **Aluno C:** Luz e ter visão (capacidade de enxergar).

2. Sobre o mecanismo da visão:

- () **Aluno A:** Para enxergar, algo, como um raio, sai do meu olho e atinge o objeto.
- () **Aluno B:** Algo, como miniaturas do objeto, se soltam dele atingindo os meus olhos.
- () **Aluno C:** A luz bate nos olhos, que a refletem na direção do objeto.

3. Sobre a reflexão da luz:

() **Aluno A:** Reflexão da luz é o que ocorre no espelho, mas não na parede.

() **Aluno B:** Acontece reflexão em todos os objetos que podemos enxergar.

() **Aluno C:** Para um objeto poder refletir é preciso que luz bata nele.

4. Sobre a refração:

() **Aluno A:** É a mesma coisa que reflexão.

() **Aluno B:** Acontece quando luz atravessa para um meio diferente e muda de direção.

() **Aluno C:** É o que ocorre quando a luz atravessa as lentes dos óculos.

5. Sobre a Luz:

() **Aluno A:** É aquilo que podemos ver.

() **Aluno B:** Luz em alguns experimentos se comporta como onda.

() **Aluno C:** Luz em alguns experimentos se comporta como pequenas partículas.

6. Ainda sobre a luz:

- () **Aluno A:** Luz é energia solar.
- () **Aluno B:** Existem vários tipos de fonte de luz.
- () **Aluno C:** Luz é radiação.

7. Sobre luz e cores:

- () **Aluno A:** Cada cor corresponde a uma frequência de onda eletromagnética (luz).
- () **Aluno B:** Se misturarmos luzes de cores diferentes na mesma proporção, por exemplo, verde, vermelho e azul, obtemos o preto.
- () **Aluno C:** Se misturarmos pigmentos (tintas) de cores diferentes na mesma proporção, por exemplo, verde, vermelho e azul, obtemos o branco.

Aula 6

Conteúdo: Construção de câmara escura, inversão de imagens.

Material: Tesoura, cola, papel vegetal, régua, papel alumínio, cartolina.

A câmara escura foi um dos primeiros modelos que se aproximou da explicação para o funcionamento do olho humano. Podemos com ela produzir um modelo simplificado do olho humano.

Construa uma câmara escura, segundo o modelo:

- Faça as marcações na cartolina segundo a figura;
- Recorte a cartolina;
- dobre e cole as abas

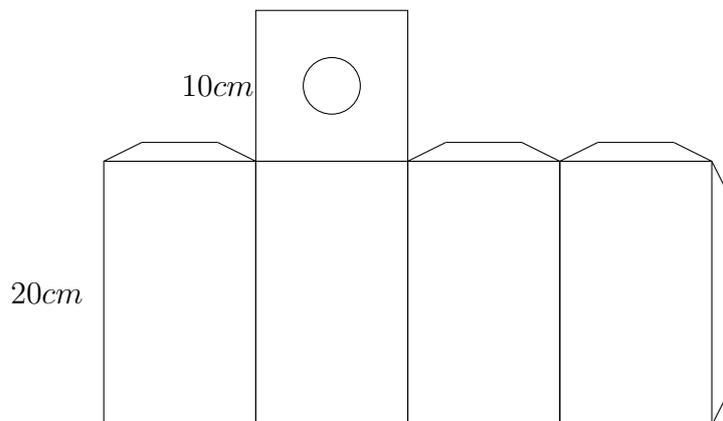


Figura 9: Parte de fora

- Corte a cartolina no formato abaixo;
- Dobre nas linhas tracejadas;
- Verique se este cabe dentro da caixa que fizemos anteriormente;
- Cole a aba fechando a caixa.

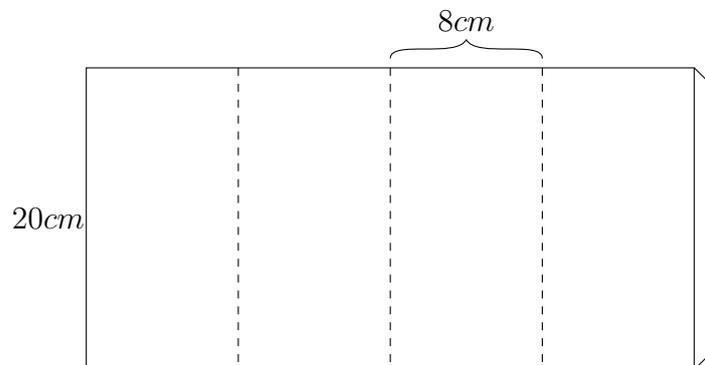


Figura 10: Parte de dentro.

- Cole um pedaço de papel alumínio no orifício circular feito na caixa;
 - Faça um pequeno furo no papel alumínio no centro com o auxílio de um alfinete ou lapiseira;
 - Cole o papel vegetal em um dos lados abertos da outra caixa;
 - Depois que as partes secarem, encaixe uma caixa na outra colocando o lado com papel vegetal do mesmo lado que o papel alumínio;
 - Agora observe, através da câmara escura, objetos bem iluminados. Por exemplo, olhe pela janela e responda as perguntas:
1. O que ocorre com a imagem formada no papel vegetal quando você se aproxima ou se afasta do objeto? Quando ela aumenta ou diminui?

2. Por que a imagem aparece invertida? Desenhe um modelo para o funcionamento da câmara escura utilizando o modelo de raios.

3. O que ocorre com a imagem se aumentarmos o furo da caixa? Peça que o professor mostre a imagem formada com o furo maior. Quanto maior o furo, maior é a quantidade de luz que entra pelo orifício.

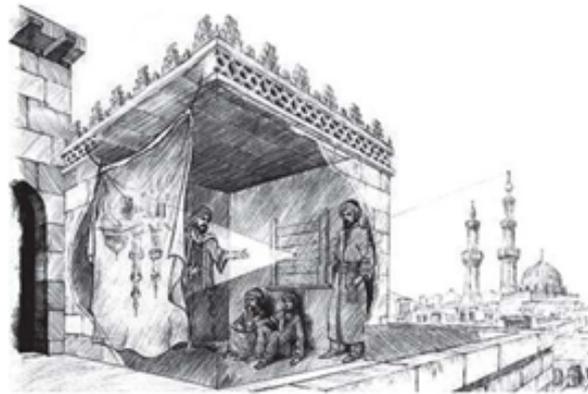
Avaliação

Nome: _____ N°: _____ Turma: _____

1. O que é necessário para enxergar um livro que está em cima da mesa?
Explique ou desenhe o caminho que a luz faz.

2. Por que quando eu olho na parede não me vejo e quando eu olho no espelho eu me vejo?

-
3. (Enem-2015) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



ZEWAIL, A. H. Micrographia of the twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010 (adaptado).

Figura 11

Se fizermos uma analogia entre a ilustração¹¹ e o olho humano, o tecido corresponde ao(a)

- (a) íris
- (b) retina
- (c) pupila
- (d) córnea
- (e) cristalino

4. De onde vêm as cores do arco-íris? Desenhe como isso acontece.

5. Como é formada a luz branca, por exemplo na tela do celular?

6. O que é luz?

Referências Bibliográficas

CARVALHO, A. M. P. d. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (sei). *O uno e o diverso na educação, Uberlândia: EDUFU*, p. 253–266, 2011.

PONTOCIENCIA. *Pontociência Câmara escura parte1*. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=S4wzF7xb8Cw>>. Acesso em: 09 dez 2017.

RAMOS, P. Ambiente virtual vivências: análise do processo de desenvolvimento na perspectiva da pesquisa baseada em design rio. Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Saúde – UFRJ, 2010. Tese de Doutorado.