INSTITUTO FEDERAL
Minas Gerais
Campus Sabará

Óptica da Fotografia

Uma proposta de ensino de óptica com abordagem CTS.

Orientações ao Professor

Professor: Felipe de Oliveira Luzzi
Mestrando em Ensino de Ciências – MPEC/UFOP
Orientador: Prof. Dr. Edson José de Carvalho

UFOP
Universidade Federal Ouro Preto

MPEC
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Sumário

APRESENTAÇÃO 3

O CONTEXTO CTS 5

A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA 6

INSTRUMENTOS AVALIATIVOS 9

OBJETIVOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA 10

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA 11

APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA 12

- INTRODUÇÃO 12
- CONCEITOS INICIAIS 12
- APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ÓPTICOS 14
- REFLEXÃO DA LUZ 15
  - *Atividade 1 – (Tempo sugerido: 10-15 minutos) 16*
- REFRAÇÃO DA LUZ 16
- DESVIO DA LUZ 17
  - *Atividade 2 – (Tempo sugerido: 15-20 minutos) 18*
- LENTES 18
- A CÂMERA ESCURA 19
- OFICINA DE CONSTRUÇÃO DA CÂMERA ESCURA 20
- CRÉDITOS DAS IMAGENS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 20

APÊNDICE – SUGESTÕES DE MATERIAIS 21

APRESENTAÇÃO

Prezad@ colega:

Obrigado por utilizar este material para suas aulas. Ele foi desenvolvido para tentar mudar a realidade do ensino do nosso país, a partir da abordagem CTS do conteúdo e dos princípios epistemológicos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Assim, nosso foco encontra-se na observação, interpretação e compreensão dos fenômenos, podendo melhorar as várias conexões do assunto abordado. A quantificação dos fenômenos foi deixada em segundo plano, assim como aplicações específicas das leis.

Esta Sequência Didática (SD) foi desenvolvida com o objetivo de desenvolver competências e habilidades nos alunos para melhorar a transposição do conhecimento para a prática, ampliando sua capacidade de interpretar e de relacionar fenômenos e suas relações com outros conhecimentos e outros campos. Isto prepara melhor o cidadão para atuar na sociedade moderna, amentando seu senso crítico, sua capacidade de observação, sua argumentação, suas percepções dos fenômenos e suas relações.

Durante a construção deste material, procurei utilizar organizadores prévios para que o novo conhecimento pudesse ser relacionado com sua vida cotidiana, aumentando a significação do aprendizado e demostrando uma aplicação. Uma aprendizagem mais significativa propicia maior fixação do conteúdo e maior aplicabilidade, já que o processo apresentado leva em consideração os conhecimentos anteriores (prévios) dos alunos em relação ao conteúdo, tornando a aprendizagem mais prazerosa.

Esta Sequência Didática é composta de três partes:

- Apostila do Aluno;
- Apresentação Multimídia;
- Orientações ao Professor (este documento).

A apostila do aluno tem a intenção de fornecer explicações dos fenômenos da óptica geométrica com uma fundamentação científica mais conceitual, promovendo certa alfabetização científica dos indivíduos por meio do desenvolvimento conceitual da ciência e do aumento de vocabulário. O estilo de escrita foi baseado nas explicações encontradas em apostilas de cursos de fotografia básica, porém com maior rigor científico e pedagógico. Tem a função de orientar os alunos na aquisição de conceitos e do vocabulário científico.

A Apresentação Multimídia tem a intenção de guiar a abordagem científica e é a "alma" do nosso curso. É por meio da SD que percebemos a ação dos organizadores prévios no desenvolvimento cognitivo dos alunos, alterando a estruturação do conhecimento prévio e fornecendo estruturas de fixação para os conhecimentos adquiridos. Nela procuramos estabelecer várias conexões com outras áreas, favorecendo o desenvolvimento de competências de transposição do conhecimento teórico para a prática, promovendo a habilidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo de toda sua vida.

Estas Orientações ao Professor tem a intenção de guiar o professor em relação ao uso da sequência didática, propondo elementos que podem maximizar a utilização deste material. Nas orientações, também ressalto pontos do conteúdo que acredito que o professor deve ter maior atenção ao abordar, assim como uma sugestão de abordagem utilizada.

No que se refere às relações multidisciplinares, este curso, desde o início, foi pensado de forma a permitir o desenvolvimento de um tipo de relação a partir de um tema transversal, o que permite tanto a interdisciplinaridade, quanto a transdisciplinaridade. No formato apresentado, ele se encontra transdisciplinar porque pode ser desenvolvido

de maneira independente e faz relações com outros campos (que podem ou não estar desenvolvendo o mesmo tema), mas acredito que facilmente o curso pode ser adaptado à interdisciplinaridade ou outro formato a critério do usuário. Algumas interações possíveis:

- Biologia: microscópios ópticos, funcionamento do cristalino;
- Astronomia: lunetas, telescópios ópticos de refração e reflexão;
- Tecnologia: máquinas fotográficas, leitores de CD/DVD/Blu-ray, projetores;
- Medicina: Raios X, Tomografia, funcionamento do olho;
- Química: compostos sensíveis à luz, reações, soluções;
- História: renascimento, revolução industrial, história moderna;
- Artes: perspectivas, teatro de sombras, câmeras artesanais;

A SD é multimetodológica, tenta exemplificar, demonstrar e explorar as aplicações da ciência em nosso cotidiano através de aplicativos do BIOE, vídeos, filmes e atividade prática. Para isso, ela faz uso de algumas demonstrações de conceitos e experimentos virtuais, tornando possível explorar outras dimensões cognitivas do aprendiz, mesmo em uma situação onde não há um laboratório de Física suficientemente equipado.

Os assuntos abordados durante a Apresentação Multimídia não estão necessariamente abordados da mesma maneira na *Apostila do Aluno* e na *Apresentação Multimídia* (com a mesma importância ou na mesma ordem). Isso é proposital e visa incentivar o aluno a buscar uma cópia digital do material, permitindo-o usufruir de sua interatividade. Na Apresentação Multimídia, o maior esforço se encontra na compreensão dos conceitos científicos e nas suas aplicações e relações. Já na Apostila do Aluno é a compreensão do processo de formação de imagens em uma câmera escura de orifício.

As Orientações ao Professor também foram elaboradas a partir da aplicação da SD, contendo os comentários e sugestões geradas a partir daquela situação.

O CONTEXTO CTS

O movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) teve início na década de 70 em diversos países, em diversas áreas do conhecimento, tendo destaque seu papel nas teorias educacionais, em que vem recebendo cada vez mais adeptos. O movimento CTS visa que a população tenha acesso aos conhecimentos científico-tecnológicos, assim como condições de avaliar e participar da sociedade e meio onde vivem. Nesse sentido, é preciso que o educando perceba as relações implícitas entre a ciência e a sociedade, compreendendo o desenvolvimento científico como um produto social, das necessidades criadas pelos fatores econômicos e políticos da nossa sociedade.

No relatório da "Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura" (UNESCO) sobre as práticas educativas para o século XXI, é perceptível o destaque dado às bases da educação, que segundo ele são os pilares dos "aprenderes" (aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser), de forma que o sujeito tenha uma aprendizagem a partir de uma postura ativa, uma educação que permita ao discente desenvolver sua autonomia de estudos e estar sempre aprendendo aquilo que tenha interesse.

Nos documentos oficiais (PCN's, LDB, CBC e similares), podemos perceber a expectativa de que o estudante desenvolva competências cognitivas para interpretar a realidade, para lidar com os avanços científicos e tecnológicos, para compreender e explicar os fenômenos naturais, para aplicar os conteúdos curriculares em situações do cotidiano e também para relacionar a Física com outras disciplinas, como momentos históricos e culturais do desenvolvimento humano, com transformações sociais, para que assim o estudante reconheça o caráter interdisciplinar e social das ciências naturais.

Para uma abordagem CTS relevante é preciso lembrar que neste tipo de abordagem temos como objetivo a aplicação do conhecimento e sua relação com a sociedade, devendo-se evitar casos muito particulares, com aplicações mais restritas, bem como generalizações muito amplas, em que o conhecimento é apenas superficial. Neste tipo de abordagem, em ciências privilegia-se a percepção das relações entre os conhecimentos, promovendo a alfabetização científica dos envolvidos, em que, além de ampliar o vocabulário específico da física, há também uma possibilidade de melhor compreensão das relações de causa e consequência.

Assim, as estratégias de ensino a serem desenvolvidas nos trabalhos com temas de relevância social na linha CTS têm papel fundamental para o desenvolvimento do senso crítico, capacidade de análise, estabelecimento de hipóteses e etc., formando um cidadão mais atuante e capaz socialmente. Segundo Santos e Mortimer (2000), para que os trabalhos sejam pedagogicamente relevantes, devemos atentar ao seguinte roteiro:

1. Introdução de um problema social;
2. Análise da tecnologia relacionada ao tema social;
3. Estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida;
4. Estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado;
5. Retomada da discussão da questão social original.

Dessa maneira, o estudo do conteúdo é o meio para atender um objetivo, que no nosso caso é compreender a óptica geométrica envolvida em uma fotografia. Recomendo fortemente que durante a aplicação deste material seja feita uma introdução ao tema e aos problemas da câmera escura, que serão retomados no fechamento da SD, momentos antes da oficina de construção da câmera escura.

Na SD desenvolvida aqui, a introdução do problema acontece juntamente com a contextualização histórica do surgimento da fotografia, os problemas inicialmente

encontrados e as diversas descobertas, independentes, que permitiram o registro de imagens. Em seguida, fazemos uma observação dos procedimentos adotados para a solução dos problemas, relacionando distintas áreas do conhecimento e iniciando o estudo dos conceitos básicos da óptica geométrica, apresentando também as aplicações tecnológicas dos assuntos. Ao final, retomamos a discussão dos problemas iniciais e das soluções apresentadas, aprofundando ainda mais nos conceitos da fotografia básica.

Caso seja do seu interesse aumentar ainda mais o conteúdo CTS neste curso, pode-se, alternativamente, começar a introdução ao tema pedindo que os alunos fotografem situações ambientais e/ou sociais que observam no seu cotidiano e classificando-as como adequadas ou inadequadas. Isso permite partir das situações apresentadas e da qualidade das imagens registradas para introduzir o tema, mostrando a importância de registro de imagens na atualidade e seus fins sociais, começando a discussão sobre como ocorreu a invenção da fotografia. Ao final da aplicação da SD, solicite aos alunos novas fotografias dessas situações, relacionando-as com os conceitos e assuntos abordados.

A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa foi desenvolvida inicialmente por David Ausubel, e se baseia no princípio de que "o fato mais importante na aquisição de novos conhecimentos é aquilo que o aluno já sabe", que inclusive é a frase mais famosa de Ausubel (PENICHE, 2000). Segundo Ausubel, a aprendizagem é mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento que o aluno já possui. A aprendizagem significativa envolve uma incorporação substantiva do conhecimento, não apenas a memorização de um novo conhecimento numa estrutura cognitiva prévia, denominada aprendizagem mecânica, rotineira ou automática.

É importante ressaltar que a oposição entre as aprendizagens significativa e mecânica não significam dicotomia, pois Ausubel realça, toda a aprendizagem em sala de aula pode localizar-se ao longo de duas dimensões independentes e contínuas, o contínuo *aprendizagem mecânica - aprendizagem significativa* e o contínuo *aprendizagem por recepção - aprendizagem por descoberta*. Tanto a aprendizagem por recepção quanto a aprendizagem por descoberta podem ser mecânicas ou significativas, dependendo da postura e empenho dos estudantes.

Para que a aprendizagem resultante de uma tarefa de um aluno seja significativa, existem duas condições: 1) que a tarefa de aprendizagem seja potencialmente significativa; e 2) que ele se empenhe psicologicamente de modo ativo, relacionando as novas ideias às ideias que já possui na sua estrutura de conhecimento prévia. (PENICHE, 2000, p. 4)

Gostaríamos de destacar então que não há livro, problema ou aula significativa, mas sim potencialmente significativa, pois seu significado é atribuído no momento de aprendizagem, junto com todos os fatores físicos e psicológicos envolvidos nessa experiência epistemológica. Despertar a curiosidade e a vontade de compreender algo é um dos caminhos para satisfazer a segunda condição, o empenho ativo do aprendiz em relacionar os conhecimentos adquiridos com os conhecimentos prévios de forma organizada e não literal, que seria a disposição para aprender.

As atividades potencialmente significativas são aquelas que causam um desequilíbrio cognitivo, um certo conflito entre as ideias, forçando o aluno a reconstruir seus modelos mentais de forma a evoluir sua percepção, como indica o construtivismo de Jean Piaget. A atividade é potencialmente significativa porque criou um significado

lógico e psicológico no indivíduo, conceitos ligados aos conhecimentos prévios e às memórias do aprendiz.

Ausubel denominou essa estrutura de ancoramento dos novos conhecimentos de '*subsunçor*' (ou '*subsumer*' em inglês), que Moreira (2010) também denomina ideia-âncora. Essas ideias-âncora são as estruturas responsáveis por permitir ao aprendiz filtrar os conteúdos que ele considera significativos para determinada situação, criando uma disposição para aprender alguns conteúdos enquanto outros são memorizados. Essas estruturas não estão associadas somente ao conhecimento adquirido, mas também sofrem influência do psíquico, associado à sua experiência vivenciada com a aquisição destes conhecimentos. (PELIZZARI, KRIEGL, et al., 2002).

Ausubel também propõe uma forma de se evitar o conhecimento mecânico e privilegiar o conhecimento significativo desenvolvendo o conceito de *organizadores prévios*. Quando o aluno não possui determinados *subsunçores* para ancorar o novo conhecimento, esses podem ser desenvolvidos a partir dos organizadores prévios. Tais organizadores são materiais introdutórios ao tema, mais amplos, apresentados ao aprendiz antes do conteúdo a ser ensinado, tendo como função estabelecer a ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e o novo conceito a ser ancorado e aprendido nessa estrutura, destacando a importância também do conhecimento vivencial do indivíduo.

Os organizadores prévios não são meros esquemas introdutórios. São informações com maior nível de generalidade, estabelecendo conexões mais amplas, mais abstratas e flexíveis, como as propostas com grande nível de CTS embarcado. A utilização desses organizadores estimula o desenvolvimento de habilidades cognitivas analíticas, no sentido de que o aprendiz é levado a perceber algumas ligações abstratas entre os temas e começa a fazer suposições a respeito de outras para serem verificadas e investigadas, aprofundando o conhecimento e favorecendo a sua transposição para o campo das aplicações (MACHADO, 2015). As conexões estabelecidas entre o conhecimento prévio e os organizadores prévios passam a ser utilizadas pelas novas informações aprendidas, funcionando como uma espécie de conhecimento prévio (já que a estrutura se "auto modifica" constantemente), pois estabelece ligações dinâmicas e significativas com o conhecimento prévio.

O raciocínio indutivo (do particular para o geral) também deve ser desenvolvido e não somente o raciocínio dedutivo, como geralmente acontece nas aulas tradicionais. Consequentemente, o estudante participa ativamente no processo de abstração e generalização, desenvolvendo competências e habilidades nos discentes para que possam aprender princípios e leis juntamente com a capacidade de aplicá-los em situações similares.

Portanto, organizar as situações de aprendizagem de maneira que as atividades se relacionem com a "investigação científica" permite aos alunos uma aprendizagem com perspectivas melhores para o desenvolvimento de competências de raciocínio e do senso crítico, porque eles: se envolvem com perguntas científicas, priorizam as evidências ao responder questões, formulam explicações e hipóteses e reavaliam suas explicações à luz de outras alternativas estabelecendo novas conexões. Apesar dos benefícios de cada um desses elementos, é natural que nem todos os elementos precisem ser incorporados à sequência de aulas (MUNFORD e LIMA, 2007). Partindo dessa ideia, verificamos que é necessário apresentar um elenco variado de aulas para trabalhar o ensino de ciências, com temas através da investigação, o que tentamos contornar com o uso de OE's durante a SD e defendemos que, quando a prática experimental é possível de ser realizada, ela deve ter maior nível de preferência, visto que geralmente esse tipo de intervenção possui um menor quantitativo nos currículos escolares brasileiros.

Acreditamos que o caminho para o planejamento e desenvolvimento do conteúdo a partir dos Organizadores Prévios passa também pelo desenvolvimento de concepções espontâneas desejáveis nos alunos. Nesse sentido, buscamos junto às memórias de vivências anteriores dos alunos, de forma a organiza-los e possibilitar amentar a significação dos novos conceitos, através de situações e fenômenos cotidianos que grande parte dos jovens já observou, como eclipses ou a "distorção" de uma imagem através de um vidro ou lente.

A disposição adotada para os objetos educacionais nesta SD foi planejada a partir das ideais-âncora e dos organizadores prévios para possibilitar o desenvolvimento das seguintes concepções espontâneas desejáveis:

Concepções que os Alunos Devem Desenvolver (Desejáveis)

1	Emissão da luz a partir de uma fonte - a luz se propaga a partir de todos os pontos da fonte de luz, em todas as direções.
2	Propagação retilínea - a luz se propaga em linha reta até atingir uma superfície.
3	Reprodução de uma fonte - para reproduzir um padrão de luz que seja uma reprodução de sua fonte, a luz de cada ponto do padrão deve ser originada de apenas um ponto da fonte.
4	Reflexão da luz - a luz é refletida por uma superfície de acordo com a lei da reflexão: o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência
5	Refração - quando a luz passa de um meio transparente a outro, ela muda de direção. Esse processo é chamado de refração. Quando passa do ar a um meio material sólido ou líquido, a luz desvia (se aproximando da normal) de aproximadamente 1/3 do ângulo entre a incidência e a normal (ângulo de incidência). Quando a luz passa do sólido ou líquido para o ar, o feixe de luz se afasta da normal por aproximadamente 1/2 do ângulo entre a normal e a direção original.
6	Imagem Real - a imagem real de um ponto é formada quando: 1) a luz diverge a partir de um objeto e; 2) é redirecionada pelo dispositivo ótico de tal forma a convergir em outro ponto do espaço. A imagem real é a coleção de todos os pontos da imagem.
7	O olho como instrumento ótico - o olho é um instrumento ótico cujo objetivo é formar imagens nítidas de objetos externos em sua tela (a retina). As partes funcionais principais do olho são: córnea, íris, lente e retina.
8	Enxergando um objeto - para que um objeto seja visto, a luz precisa divergir do objeto e entrar no olho do observador.
9	A retina contém regiões sensíveis à luz - a parte central da retina consiste de um grande número de pequenos sensores (regiões sensíveis). Quando a luz atinge uma destas regiões, um sinal elétrico é enviado ao cérebro. A magnitude desse sinal aumenta com a intensidade da luz.
10	Imagem Virtual - a imagem virtual de um ponto é formada quando a luz: 1) diverge de um ponto; 2) é redirecionada por um dispositivo ótico de tal forma a parecer divergir de outro ponto no espaço e; 3) entrar no olho do observador, o qual percebe a imagem como localizada nesse outro ponto.

INSTRUMENTOS AVALIATIVOS

(Inspirado em Luckesi 2000, O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem?)

Muitos professores restringem a avaliação quase apenas às provas, considerando-as como o principal meio de se avaliar. Por outro lado, independentemente dos tipos de instrumentos utilizados, todos são meios para aquisição de informações sobre a cognição dos alunos. Evidentemente, todos os meios utilizados têm aspectos negativos e positivos, que podem ser potencializados ou não, dependo das circunstâncias do uso e adequação.

Os instrumentos de avaliação da aprendizagem precisam ser adequados para coletar os dados importantes, permitindo verificar o estágio de desenvolvimento cognitivo do aluno. Isso implica que os instrumentos sejam adequados: a) ao tipo de conduta e de habilidades que estamos avaliando (informação, compreensão, análise, síntese, aplicação...); b) aos conteúdos planejados e, de fato, realizados no processo de ensino; c) na linguagem, na clareza e objetivo da comunicação; d) ao processo de aprendizagem do educando (responder às questões significativas implica em questionar e aprofundar as aprendizagens já realizadas).

Um instrumento de coleta de dados pode ser desastroso do ponto de vista da avaliação da aprendizagem, como em qualquer avaliação, na medida em que não coleta com qualidade os dados necessários ao processo de avaliação em curso. Um instrumento inadequado ou defeituoso pode distorcer completamente a realidade oferecendo uma base inadequada para a qualificação do objeto da avaliação e, consequentemente, conduzindo a observações também distorcidas.

A diversidade de instrumentos de avaliação é a estratégia mais segura para obter informações a respeito dos processos de aprendizagem. É fundamental a utilização de diferentes códigos de significação, como o oral, o escrito, o gráfico, o pictórico e o numérico.

Alguns critérios para a elaboração de instrumentos de avaliação:

- Reflexivos: que levem a pensar, a estabelecer relações, superar a mera repetição de informação ("Faça conforme modelo"); respeitar a inteligência dos alunos;
- Essenciais: ênfase naquilo que é fundamental, nos conteúdos realmente significativos e importantes, em consonância com a proposta de ensino;
- Abrangentes: o conteúdo da avaliação deve ser uma amostra representativa do que está sendo trabalhado, a fim de que o professor possa ter indicadores da aprendizagem do aluno na sua globalidade;
- Contextualizados: a contextualização (texto, gráfico, tabela, esquema, figura, etc.) é que permite a construção do sentido do que está sendo solicitado. Ouvimos muitas vezes a queixa de que “Os alunos não sabem ler enunciado”; será que se trata de problema de “leitura” (mera decodificação) ou de construção da significação?
- Claros: dizendo bem o que quer. Quando se deseja realmente saber como o aluno está, a avaliação deverá ser a mais clara e objetiva possível; quando o professor se utiliza de subterfúgios, de pegadinhas (enunciados ambíguos ou capciosos, frases de duplo sentido), poderá estar testando outra coisa, mas não tendo elementos sobre a efetiva construção do conhecimento por parte do aluno;
- Compatíveis: no mesmo nível do dia-a-dia - nem mais fácil, nem mais difícil, procurando, inclusive, usar uma linguagem de aproximação em relação ao trabalho realizado em sala de aula;

Algumas considerações sobre os instrumentos avaliativos:

- Todo trabalho realizado com o aluno é potencialmente um instrumento avaliativo;
- Provas, trabalhos de pesquisa, listas de exercícios (individuais ou em grupo), entre outros, devem avaliar os conteúdos e habilidades de forma clara e inteligível;
- Os instrumentos devem avaliar o aluno "passo a passo", de forma contínua.
- A auto avaliação, por parte do aluno, é de suma importância para as mudanças nas estruturas cognitivas;
- Toda proposta deve levar o aluno a estar em contato com a construção do conhecimento;
- Sem dúvida, a avaliação mais completa é aquela que recorre a diversos instrumentos e critérios. Ao mesmo tempo, é fundamental que o aluno perceba que as atividades avaliativas como um exercício efetivo de aprendizagem adicional e, por isso, é necessário ficar bem demarcada à continuidade da aprendizagem por meio da avaliação.

OBJETIVOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Geral:

- Melhorar a compreensão dos alunos a acerca de alguns fenômenos sobre fotografia e óptica geométrica, assim como a utilização destes fenômenos;

Específicos:

- Compreender a formação de imagens;
- Compreender o funcionamento básico da câmera fotográfica;
- Compreender que a luz, em um meio homogêneo isotrópico, se desloca em linha reta e com velocidade finita;
- Compreender que o espectro eletromagnético inclui ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios-X, e raios gama;
- Compreender que a luz pode ser refratada e saber representar graficamente a refração da luz;
- Identificar que a luz possui natureza dual: onda ou partícula;
- Representar graficamente a reflexão da luz;
- Saber explicar como as sombras são formadas;
- Saber explicar como objetos não luminosos podem ser vistos;

ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA

A Apresentação Multimídia foi construída articulando o contexto CTS com os organizadores prévios para melhor fixação dos conhecimentos, mesmo quando o aluno não possui o conhecimento prévio desejado. Os assuntos abordados na Apostila do Aluno e na Apresentação Multimídia não estão abordados da mesma maneira porque o objetivo deles é diferente. Durante a explanação das aulas e da Apresentação Multimídia, o foco está no desenvolvimento de competências e habilidades de aplicação do conhecimento, favorecendo a transposição do saber e percepção de suas relações. A Apostila do Aluno tem o papel de servir como uma referência confiável dos conceitos, oferecendo o conhecimento necessário para o seu objetivo, esclarecer o funcionamento da óptica envolvida no funcionamento de uma máquina fotográfica, e, inclusive, ofertando outras fontes bibliográficas ao aluno.

Outro fator que gostaríamos de ressaltar é que durante qualquer apresentação oral, como aulas e palestras, a maior importância é a do interlocutor, a Apresentação Multimídia serve apenas como guia de referência ao assunto momentâneo para os espectadores. A maior parcela de atenção dos envolvidos está em como você articula os conhecimentos, pensamentos e raciocínios, como interage com os espectadores. Os *slides* sempre devem ter pouco conteúdo escrito, evitando a "falta de atenção" do público enquanto lê o texto de referência.

Nesse sentido, temos uma aparente dicotomia, pois a Sequência Didática foi desenvolvida com foco no aluno, sua organização do pensamento e em como aprofundar a significação do aprendizado, e o foco da apresentação é o palestrante, ou professor nesse caso. Na verdade, não há antagonismo nisto, pois o papel do professor é o de articulador: é ele quem garante a condução do processo até que os objetivos sejam atingidos, de forma que sua atuação de maneira condizente aos objetivos é fundamental para o sucesso dos alunos.

Novamente gostaríamos de frisar a importância do aluno obter uma cópia digital deste material, já que o material impresso não apresenta os mesmos recursos. Ou seja, incentivar o acesso digital aos materiais desta Sequência Didática por meio de *smartphones*, *tablets*, computadores ou similares. Caso a apresentação do conteúdo seja em um laboratório de informática (ou recurso similar, como *smatphones* e etc.), pode-se preparar um recorte da Apresentação Multimídia, contendo todos os OE's ou apenas alguns selecionados, para que os alunos possam acompanhar e interagir de forma ainda mais dinâmica ao longo da apresentação do conteúdo.

A Apresentação Multimídia foi dívida em nove etapas: Introdução, Conceitos Iniciais, Aplicação dos Princípios Ópticos, Reflexão da Luz, Refração da Luz, Desvio da Luz, Lentes, A Câmera Escura e Oficina de construção. O objetivo e as considerações sobre cada etapa serão discutidos na próxima seção. **Todo o material a seguir deve ser considerado como uma referência para uso desta Sequência Didática, e de forma alguma se propõe a ser a última panaceia para o ensino de Física.**

Lembre-se de que a utilização de Objetos Educacionais (OE's) permite simular várias situações, permitindo a realização de práticas experimentais simuladas em situações onde não é possível realizar o experimento. A realização do experimento é sem dúvida um momento de maior aplicação dos conhecimentos, pois desenvolve mais habilidades e competências, como a preparação e a realização de outras tarefas. Assim, sempre que possível, prefira substituir os OE's com essa função pela realização de um experimento ou demonstração *in loco* e *ao vivo*.

APRESENTAÇÃO MULTIMÍDIA

Introdução

Slides 2 a 18

O objetivo dessa seção da apresentação é fazer a introdução ao tema, fazer uma contextualização histórica dos fenômenos que levaram a invenção da fotografia e dos problemas que foram surgindo para sua utilização. O contexto é fundamental para a motivação do tema, justificando a necessidade de compreender também o conteúdo científico para conseguir "resolver" as dificuldades encontradas.

A contextualização histórica oportuniza perceber as informações importantes, do ponto de vista científico, para a invenção da fotografia. Dentre estas informações, acreditamos que seja importante o aluno perceber que:

- A descoberta da câmara escura possibilitou a projeção da luz sobre um anteparo;
- Para se registrar a presença da luz, era necessário encontrar um material fotossensível, concretizando a fotografia;
- A inserção da lente convergente torna a câmera escura efetivamente utilizável, devido às melhorias que ela proporcionou na imagem, permitindo seu uso em ambientes um pouco menos iluminados e com imagens mais intensas e nítidas.

Essa etapa também é um bom momento para se discutir as soluções propostas para os problemas, como, por exemplo, a inversão da imagem na câmara escura. Discuta essa situação pedindo aos alunos para propor uma solução, explicitando que observar, pensar e procurar por novos conhecimentos é o que possibilita a superação. Dentre as respostas esperadas com este estimulo aparece o fato de que, em muitas ocasiões, o objeto pode ser colocado em outra posição, formando a imagem com a orientação pretendida. Destaque que, mesmo nas situações em que mudar a orientação do objeto, não é possível, a imagem é fiel, mesmo estando invertida.

Com relação à qualidade de nitidez da imagem de uma câmara escura, esse problema está diretamente relacionado aos princípios ópticos, que serão apresentados na próxima etapa. A propagação retilínea da luz tem como consequência regiões de sombra e penumbra, e as fontes luminosas, puntual e extensa também influenciam nesse fenômeno. A continuidade das ações e de busca pelas causas do problema são as motivações para continuidade de estudos.

Termine essa etapa demostrando que a aplicação do conhecimento deve ser feita para obtermos uma fotografia de boa qualidade, aumentando a motivação para aquisição dos conceitos científicos que começam a ser apresentados na próxima etapa.

Conceitos Iniciais

Slides 19 a 38

Nessa etapa, pretendemos apresentar um vocabulário básico ao nosso aluno e alguns princípios científicos sobre a propagação da luz. Vamos recorrer às experiências pessoais para algumas das atividades propostas, de forma a organizar o pensamento e permitir uma melhor fixação dos conceitos e suas relações. Os princípios da óptica

geométrica abordados são: Propagação retilínea, velocidade de propagação, espectro eletromagnético.

Essa etapa começa definindo e questionando a respeito do que é "Luz", apresentando a dualidade onda/partícula através de um vídeo do *youtube*. Opcionalmente pode ser apresentado, em uma breve discussão, o princípio da incerteza de Heisenberg, explicitando que a ideia deste princípio é de que o "mundo quântico" impõe restrições com relação à precisão com que se pode medir simultaneamente uma classe de pares de observáveis, não sendo possível a certeza da medida de uma delas sem interferir na certeza de medida da outra. Isso também pode gerar uma motivação à continuidade autônoma de estudos.

Nessa etapa também ampliamos a percepção do conceito de Luz, apresentando o espectro eletromagnético e possibilitando compreender a luz visível como um tipo de onda eletromagnética. Na demonstração, "a 'Luz' que não enxergamos" (*slide* 27), a intenção é demonstrar que muitas aplicações do conhecimento estão ao nosso redor e não percebemos, favorecendo a competência de estabelecer relações entre os conhecimentos. Preferencialmente, faça também a demonstração em sala de aula com o uso de um controle remoto e um celular dotado de câmera.

Após a atividade, temos um momento propício para retomar a discussão a respeito da "tecnologia da quarta camada de cor" dos filmes fotográficos (*slides* 12 a 14), relacionando isso com a capacidade da visão humana, que é complexa. Esse experimento também demonstra que os sensores de captação de luz dos aparelhos fotográficos não são extremamente fiéis à nossa visão, pois também são sensíveis à luz não visível, e que as câmeras de infravermelho são uma evolução (aplicação) desse conhecimento.

Outro fato interessante a se explorar é o comportamento da matéria para as diferentes frequências ("cor") da radiação luminosa, que possibilita a um mesmo material permitir a passagem de algumas radiações e outras não, levando a questionamentos sobre os Raios-X ou os vidros de uma estufa, por exemplo. Opcionalmente, pode-se trabalhar com a influência da radiação sobre a matéria a partir de OE's do PHET – Colorado como: "Moléculas e Luz", "Micro-Ondas" ou "O Efeito Fotoelétrico". Os links se encontram nas Sugestões de Materiais (apêndice 1 – seção: Sugestões de outros OE's).

Valorizando o conhecimento prévio do aluno, os *slides* 30 a 32 recorrem a um experimento que poderia ser realizado com, nas palavras de Einstein, "experimento mental", pelo qual o aluno recorre à sua experiência cotidiana para prever o princípio científico, ou seja, externalizar os seus conhecimentos, gerando autoconfiança para a continuidade dos estudos de forma autônoma.

Forme pequenos grupos e estipule um tempo para a atividade (sugerimos cerca de 3 a 5 minutos), deixando as perguntas do slide 32 na tela durante esse período. Lembre-se de que o posicionamento do professor deve ser de articulador, guia do desenvolvimento cognitivo, devendo interferir somente quando julgar necessário. Lembre-se que essa observação dos grupos lhe dará informações sobre o nível cognitivo e das situações que os educandos têm interesse para continuar o curso.

Esse conjunto de *slides* (30 a 32) dá um ponto de partida para os "experimentos" deles, propondo algumas situações para serem observadas e discutidas, estimulando o desenvolvimento epistemológico. Assim, o aluno começa a estabelecer relações entre as situações em que ocorrem sombras e penumbras, propiciando melhores condições para a abordagem das sombras, mais à frente, e favorecendo a aquisição de habilidades para transpor o conhecimento entre situações diversas.

Aplicação dos Princípios Ópticos

Slides 39 a 60

Nos *slides* 39 a 42, o nosso objetivo é que o aluno comece a aplicar os princípios aprendidos na etapa anterior, estabelecendo hipóteses para compreender a formação de sombras com fontes puntuais e da penumbra a partir das fontes e extensas. Os *slides* 43 a 45 demonstram um caso semelhante, permitindo a extrapolação e aplicação, como demonstrado no *slide* 46 e o no vídeo do *slide* 47.

Nos *slides* 48 a 50 continuamos o aprofundamento da propagação retilínea da luz, estabelecendo as relações de semelhança de triângulos, que vão permitir calcular as razões entre algumas variáveis intuitivas (altura do objeto – ou da imagem – e sua distância até a fonte luminosa).

Os eclipses são apresentados nos *slides* 51 a 57, induzindo os alunos a pensarem na relação entre os eclipses e as fases da lua, desenvolvendo competências de relacionar fenômenos aparentemente distintos, além de demonstrar a integração com outras áreas do conhecimento.

No slide 58, tem-se a intenção de que o aluno comece a perceber, questionando-se, como funciona o processo da visão, que a luz que enxergamos é absorvida pelos olhos. Caso tenha tempo disponível, sugiro aplicar a atividade "A sala do nada" (pg. 32/33) do artigo "O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão" do Cad. Cat. Ens. Fís., v. 18, n.1: p. 26-40, abr. 2001; que se encontra também nas Sugestões de Materiais (apêndice 1 – seção: materiais de aprofundamento).

No slide 59 continua o aprofundamento da visão com a intenção de ressaltar que apenas a luz absorvida pela nossa retina, no fundo do globo ocular, é luz a que percebemos, pois causa o estímulo das células denominadas cones e bastonetes. Opcionalmente, pode-se trabalhar a física envolvida na visão e a composição de cores a partir do OE do PHET – Colorado "Visão de Cor", que se encontra também nas Sugestões de Materiais (apêndice 1 – seção: Sugestões de outros OE's).

Terminamos essa etapa apresentando o modelo de raios que a ciência usa para estudar a luz e como é representada sua propagação. Enfatize para os alunos que essa representação é apenas um modelo, que não conseguimos observar a propagação da luz no espaço, somente a que foi desviada em direção aos nossos olhos. A câmera escura de orifício poderia ser explicada apenas com os conhecimentos adquiridos até aqui, porém, devido ao assunto principal da Sequência Didática, ela será explicada somente no final.

Os assuntos abordados até aqui são, de certa forma, um pouco mais espontâneos, observáveis no cotidiano e estabeleceram uma situação propícia para a introdução de conceitos mais abstratos. Nas próximas etapas, vamos continuar o aprofundamento gradual do conteúdo, pois o aprendiz já possui condições de tentar compreender a formação de imagens em espelhos ou perceber e "estranhar" os desvios de caminho da luz em esquema de refração.

Reflexão da Luz

Slides 61 a 79

Essa etapa conceitua a reflexão da luz e tem a intenção de permitir ao aluno compreender a formação de imagens, porém sem muita ênfase ao traçado de raios, que pode ser incluído em sua escolha.

Os *slides* de 61 a 67 apresentam as leis da reflexão. A intenção aqui é que o aluno perceba, intuitivamente, baseado em seu conhecimento prévio, como ocorre a reflexão especular (ou regular), que nem sempre a imagem de um objeto frente a um espelho é visível de todos os lugares e introduzir a ideia de campo visual, que pode ser desenvolvido opcionalmente.

No *slide* 64 voltamos a comentar sobre a inteiração entre luz e matéria para lembrar que quando a luz incide em um meio temos muitas possibilidades (reflexão especular e difusa, refração e absorção), o que explica o reflexo ser menos intenso que a "fonte" (objeto) e o aquecimento das águas do lago.

Para que os alunos possam concluir e "deduzir" as leis da reflexão baseados em sua vivência, foram montados os *slides* 65 e 66, definindo as leis da reflexão no *slide* 67. Inicie esse processo com o *slide* 65, questionando os alunos se um raio luminoso qualquer que parte do ponto "A" pode refletir no espelho e chegar ao ponto "B". A partir daí e, também, da discussão anterior sobre campo visual, induza o raciocínio com elaboração de hipóteses ou comentários de forma a concluir as leis da reflexão, apresentadas no próximo *slide* 67. Acredito ser pertinente ressaltar que o aluno deve saber por que traçamos a reta normal à superfície, a normal deve ser apresentada como a referência para as medidas de ângulos na óptica, introduzindo significado para este conceito.

Dois OE's foram utilizados para demonstrar as leis da reflexão. O primeiro (*slide* 68) é autoria do LIMC da UFRJ, onde a ênfase é em mostrar os ângulos de incidência e reflexão, fortalecendo as estruturas cognitivas ancoradas, e o segundo (*slide* 69) é de autoria de David Harrison, que demonstra uma situação comum em questões sobre o assunto, gerando memórias associativas entre as situações e favorecendo as competências envolvidas.

A formação de imagens nos espelhos planos surge nos *slides* 70 a 72, onde exemplificamos com alguns casos. Os espelhos curvos aparecem dos *slides* 73 a 77 mostrando aplicações e traçados de raios de uma situação do espelho côncavo, a título de demonstração. Os raios notáveis nos espelhos esféricos não foram abordados devido à escolha da aprendizagem significativa, sendo discutido o argumento de que um espelho curvo pode ser interpretado como muitos (infinitos...) pequeninos espelhos planos, cujas leis de reflexão já sabemos. Essa lacuna será parcialmente preenchida na abordagem das lentes esféricas, mas pode ser desenvolvida opcionalmente.

O OE do *slide* 78 é apresenta várias possibilidades de utilização. Nesse OE, nossa intenção é que o aluno se familiarize com a formação de imagens nos espelhos (planos e esféricos). Sugiro a utilização de uma atividade experimental virtual, que seja desenvolvida com base nesse aplicativo computacional. Deixe que os alunos trabalhem livremente por um tempo previamente determinado com o "Simulador de Imagens", permitindo que eles verifiquem as posições dos objetos e suas respectivas imagens, de acordo com seus próprios questionamentos. Peça a eles que naveguem também na aba "introdução ao conteúdo", que verifiquem as características possíveis para as imagens (real/virtual, direta/invertida, maior/igual/menor) e em que situação elas acontecem. A atividade 1, a seguir, é uma sugestão de prática desse tipo.

Atividade 1 – (Tempo sugerido: 10-15 minutos)

Clique no Simulador.

Na imagem aparece um objeto em frente a um espelho plano e sua respectiva imagem. Esta simulação possui, na parte superior, três abas (Espelho Plano, Espelho Côncavo e Espelho Convexo) e quatro "botões" (Trocar Objeto, Régua, Conteúdo e Fechar). Clique nos botões e veja o que acontece, ambiente-se com o aplicativo.

Clique na aba conteúdo e verifique seus conhecimentos fazendo uma breve leitura.

Agora faça o que se pede:

A) Clique na aba Espelho Plano. Nessa aba você pode mover o objeto. Coloque o relógio como objeto. Responda: Qual é a hora que o relógio está marcando? E sua imagem, indica qual hora? Por que isso aconteceu?

B) Clique na aba Espelho Côncavo. Nessa aba você também pode mover o objeto. O ponto "C" é o centro de curvatura dos espelhos esférico, o ponto "F" é o seu foco (ponto de convergência da luz), e o ponto "V" é o vértice da calota (é o centro da "tampinha da laranja").

Coloque o objeto na posição indicada e descreva como é a imagem formada (quais suas características – real/virtual; direta/invertida; maior/menor/igual).

B.1) Muito distante do espelho (a esquerda do ponto "C").

B.2) Sobre o ponto "C".

B.3) Entre os pontos "C" e "F".

B.4) Sobre o ponto "F".

Desafio: Você viu a imagem? Tente explicar o por quê.

B.5) Entre os pontos "F" e "V".

B.6) Quais dessas imagens podem ser projetadas? Explique.

C) Clique na aba Espelho Convexo. Observe que ele tem os mesmos pontos ("C", "F" e "V") do espelho côncavo, mas agora eles estão "atrás" do espelho. Varie a distância do objeto ao espelho. E responda:

C.1) Quais são as características da imagem? Elas dependem da distância que o objeto está do espelho? Explique.

C.2) Essa imagem pode ser projetada? Explique.

Para encerrar essa etapa e retomar a explanação, mostre o vídeo do *slide* 79, enfatizando junto aos alunos a importância da aplicação prática do conhecimento, que essa não é uma tarefa simples e fácil, alertando-os para a necessidade de cidadãos mais críticos e capazes de perceber os problemas e soluções. Ao final do vídeo, desafie os conhecimentos dos alunos questionando-os sobre as possíveis soluções desse problema, motivando novas conexões.

Refração da Luz

Slides 80 a 95

Os *slides* de 80 a 84 fazem a definição conceitual da refração, alertando que sempre há também a reflexão da luz, mas que representaremos somente a refração, pois a reflexão acaba de vista. O OE do *slide* 84 apresenta duas simulações, uma de reflexão da luz, que pode ser utilizada a título de revisão dos conceitos, e outra a respeito da refração da luz. Observe que o aplicativo de refração só é habilitado após a escolha dos meios. Essa

demonstração prepara o aluno para perceber as imagens formadas devido à refração da luz, visando à compreensão de lentes delgadas mais à frente. A formação de imagens por refração começa a ser discutida e exemplificada nos *slides* 85 a 87.

O índice de refração e a velocidade da luz em um meio são apresentados e explorados nos *slides* 88 a 94, de maneira que o discente é levado a perceber a relação entre o índice de refração, a velocidade da luz no meio e o desvio do raio luminoso. Isso serve de preparação para o entendimento da lei da refração (Snell-Descartes) que acontecerá na próxima etapa.

A etapa se encerra com o OE do *slide* 84, que apresenta a refração da luz mudando do ar para o vidro. Nesse OE podemos variar o índice de refração do vidro, alterando o desvio da luz, e o ângulo de incidência do raio luminoso. Questione a turma sobre quais as situações que eles gostariam de testar e apresente também a reflexão total, ainda sem maiores explicações, reforçando o vínculo entre a mudança de velocidade e o desvio em relação à normal, preparando para sua explicação, que acontecerá na próxima etapa.

Desvio da Luz

Slides 96 a 115

O objetivo desta etapa é preparar o aluno para que compreenda as lentes delgadas que serão apresentadas na próxima etapa. Para isso é importante que ele perceba o desvio, angular e de caminho, que o raio luminoso sofre e como isso pode ser determinado.

Iniciamos a etapa apresentando a lei da refração (Snell-Descartes) no *slide* 96, demonstrando, conceitualmente, que os desvios poderiam ser calculados a partir dessa equação matemática e evidenciando essas situações nos *slides* 97 e 98. Esse entendimento é importante para explicar a necessidade das lentes serem delgadas. É importante também contextualizar os limites de ampliação (lentes espessas produzem aberração cromática) devido à dispersão da luz branca. O *slide* 99 demonstra a aplicação da lei da refração da luz em um prisma triangular, permitindo verificar os desvios sofridos. Essa situação, refração em um prisma, também visa preparar a observação para a compreensão do desvio causado pelas lentes.

Nos *slides* seguintes, temos algumas aplicações da refração da luz, passando por formação de imagens, reflexão total, miragens, fibras ópticas e a dispersão da luz branca.

Ao final desta etapa, no *slide* 115, temos outro OE com várias possibilidades de utilização. Nossa intenção é fazer uma revisão prática dos conteúdos científicos com esse aplicativo, melhorando a fixação dos conteúdos abordados. Deixe que os alunos trabalhem livremente por um tempo previamente determinado com o “Desvio da Luz”, permitindo que eles verifiquem seus próprios questionamentos. Peça a eles que naveguem também nas abas “intro” e “prisma” verificando o que acontece em cada situação, e quais as ferramentas disponíveis elas acontecem. A atividade 2, a seguir, é uma sugestão de prática desse tipo. Sugiro a utilização de uma atividade experimental virtual, que seja desenvolvida com base nesse aplicativo computacional, como a atividade 2, a seguir.

Atividade 2 – (Tempo sugerido: 15-20 minutos)

Esta é uma simulação complexa, então vamos trabalhar em partes.

I) Clique na aba "intro". Observe e localize os controles. Clique no botão reiniciar e ligue o laser. Observe sua reflexão e sua refração (do ar para a água).

a) O raio luminoso sofreu refração? Sofreu desvio?

b) Meça em diferentes pontos e ângulos a intensidade do raio luminoso. Qual é o total da soma das intensidades dos raios?

c) Em alguma posição (ângulo) o raio luminoso parou de refratar? Explique.

d) Mude para o material "Mistério A" (o outro ainda é a água) e responda novamente à pergunta anterior.

e) Qual é o ângulo limite entre "Mistério A" e "Mistério B"? Se invertermos a situação dos meios, o que acontece com o ângulo limite?

Desafio: Sabendo-se que a velocidade da luz é cerca de 300.000 km/s, determine a velocidade da luz no material "Mistério A".

II) Clique na aba "prisma". Observe e localize os controles. Clique no botão reiniciar e selecione a normal para que ela seja mostrada.

a) Coloque um prisma triangular e ligue o laser. Descreva o que aconteceu com a luz ao entrar e ao sair do prisma, em relação à normal.

b) Ainda na situação anterior, varie o índice de refração do prisma (vidro). O que aconteceu com o desvio do raio? Explique.

c) Clique no botão reiniciar e selecione o feixe colimado (paralelo). Coloque a lente convergente e verifique o que acontece com a luz.

d) Ainda na situação anterior, varie o índice de refração do meio (ar). O que aconteceu?

e) Repita os procedimentos "c)" e "d)", porém para a lente divergente.

Desafio: Nessa simulação você consegue configurar a dispersão da luz branca e "dividir" o espectro da luz branca?

Lentes

Slides 116 a 130

As atividades desenvolvidas nas etapas anteriores voltam a aparecer nesta etapa, para introduzir o comportamento de lentes convergentes e divergentes a partir da ideia de sistemas ópticos, ou seja, um conjunto de prismas com formato aproximando de uma lente convergente (*slides* 116 e 117) ou divergente (*slides* 119 e 120). O *slide* 118 contém um vídeo de como fazer uma lente convergente a partir de uma lâmpada incandescente e demonstra sua utilização para convergir raios de luz.

No *slide* 121 temos outro OE que é utilizado para introduzir a formação de imagens em lentes convergentes e divergentes. Nesse OE, um dos controles pode alterar a distância focal da lente. Questione os alunos a fim de como isso pode ser feito, discutindo as variáveis que influenciam a distância focal de uma lente. Termine a discussão informando que existe uma equação (equação dos fabricantes de lentes – não abordada neste curso) que leva em consideração essas informações (formato e índice de refração) para calcular a convergência de uma lente, reforçando o papel dos índices de refração no desvio da luz. Os *slides* 122 a 124 exploram conceitualmente essas variáveis.

Opcionalmente, foram inclusos os *slides* 125 e 126 com o objetivo de apresentar os raios notáveis para aqueles que desejam desenvolver atividades de traçados de raios e imagens em lentes. Os esquemas mostrados aqui podem facilmente ser adaptados para explicar a formação de imagens e o traçado de raios nos espelhos esféricos, tratados anteriormente sem essa abordagem.

Os últimos quatro *slides* desta etapa (127 a 130) apresentam OE com objetivos e finalidades distintas. O *slide* 127 contém uma animação em que um objeto está fixo e uma lente convergente é movida na sua frente, mudando a posição onde a imagem é formada, permitindo estabelecer que existe uma relação matemática entre essas grandezas, mas que não será apresentada devido ao nosso objetivo do curso.

O OE do *slide* 128 apresenta a mesma situação anterior aplicada a uma câmera fotográfica, em que podemos esclarecer que, nesse caso, a limitação aparece devido à distância entre a lente e o anteparo da máquina (filme ou sensor).

No *slide* 129 temos um OE que simula a formação de imagens nas lentes convergentes, sendo um bom momento para trabalhar o traçado de raios dessa lente, ou o traçado com muitos raios. Nesta aplicação, é possível escolher a grandeza ou ponto de realce da simulação enquanto se discute.

Termino a etapa com um OE que permite fazer a revisão das aplicações de espelhos e lentes, assim como a formação de imagens neles. Além disso, podemos demonstrar os desvios da luz causados por espelhos e lentes. Essa revisão do conteúdo estudado tem o objetivo de sinalizar o início do encerramento da Sequência Didática e o retorno aos problemas inicialmente encontrados na câmara escura.

A Câmera Escura

Slides 131 a 146

O retorno ao contexto da câmara escura e de seus problemas começa a ser novamente trabalhado com os *slides* 131 a 133, sendo que as perguntas do *slide* 133 têm por objetivo preparar o aluno para perceber a função do diafragma, controlar a quantidade de luz que penetra na câmara.

O diafragma e seus efeitos sobre uma fotografia são apresentados nos *slides* 134 a 141. Também está relacionado a um efeito de fotografia denominado profundidade de campo, que pode ser entendido como a quantidade de planos focalizados ao mesmo tempo numa fotografia. No *slide* 137, o OE inserido tem por função exemplificar as condições de Gauss para a formação de imagens, no entanto nosso desejo é pela função do diafragma, logo utilizaremos como parte do curso apenas a parte “Alterando o ângulo de abertura do espelho”, que demonstra a “formação de imagens” quando pouca luz passa pelo diafragma, formando uma imagem com pouca intensidade luminosa, mas bem

definida na medida em que aumentamos a abertura de maneira que mais luz passa a entrar, porém os raios acabam por não formarem a imagem no mesmo ponto, embaçando a imagem formada, embora seja mais intensa.

Nos *slides* 138 a 142 o conceito de *Profundidade de Campo* é apresentado. Começamos por comparar duas imagens feitas da mesma situação com diferentes aberturas de diafragma. O vídeo do *slide* 140 apresenta o conceito de aberração cromática, explicitando o funcionamento do diafragma e sua influência para obtenção de uma foto nítida. Terminamos com duas imagens que são utilizadas para efeito de comparação, para a percepção da influência desse efeito sobre a fotografia, aplicando o conhecimento.

O OE do *slide* 143 é um aplicativo interativo, onde o estudante é guiado através de uma situação aplicada a explicar a câmera escura. Esse OE poderia ser apresentado ao final da etapa "Aplicação dos Princípios Ópticos", no momento em que os alunos já detém todo o conhecimento necessário à sua compreensão. Entretanto, optei por usá-la aqui devido à explicação da câmera fotográfica, que nada mais é que uma câmera escura onde foi adicionado um conjunto óptico convergente para que a imagem tenha maior intensidade luminosa, como apresentado no *slide* 144.

A etapa termina com as comparações entre a máquina fotográfica e o olho humano, demonstrando aos alunos, novamente, que o desenvolvimento de competências de transposição do conhecimento é importante para termos uma habilidade cada vez maior de relacionar fenômenos e aplicar o conhecimento adquirido ao longo da nossa vida, caminhando para a atividade de oficina de construção da câmera escura de papel.

Oficina de construção da Câmera Escura

Slides 147 a 149

Iniciamos a etapa com o *slide* 147 apresentando as situações que temos interesse em observar com a câmera escura de papel, de maneira a criar as situações a serem verificadas com a câmera construída. Os *slides* 148 e 149 apresentam o "projeto" da câmera escura. Observe que o projeto é o mesmo, mas que devido a erros de medida na construção por parte dos alunos, o modelo do *slide* 148 frequentemente apresenta problemas de encaixe entre a parte interna e externa, adequando ao projeto do *slide* 149.

A câmera construída pode ser facilmente adaptada para uma câmera de orifício com lente convergente, melhorando a qualidade da imagem, com o uso de uma pequena lupa, ficando a cargo dos alunos essa adaptação posterior.

Créditos das Imagens e Referências Bibliográficas

Slide 150

APÊNDICE – SUGESTÕES DE MATERIAIS

Um **exemplo de trabalho de continuidade** do tema, desenvolvido por alunos:

- Trabalho de física - Fotografia
  http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgVzMAG/trabalhofisicafotografia#

Sugestão de materiais de aprofundamento em aplicações da óptica geométrica:

- CÂMARA ESCURA
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7938/7304
- O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6687
- Câmera escura estéreo: Construção e atividades experimentais:
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p879
- Convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos: um equipamento para ambientes planejados de educação informal:
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n2p427
- Demonstrações em óptica geométrica: uma proposta de montagem para ambientes de educação não formal:
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1188
- A refração atmosférica e os seus problemas nas observações astronômicas:
  https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p410
- Fotografando estrelas com uma câmera digital
  http://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n1/a02v32n1.pdf

Sugestões de outros OE's para aprofundamento e outras aplicações:

- PHET – Colorado: Moléculas e Luz
  https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html
- PHET – Colorado: Visão de Cor
  https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html
- Micro-Ondas (*download* – Java)
  https://phet.colorado.edu/sims/microwaves/microwaves_pt_BR.jnlp
- O Efeito Fotoelétrico (*download* – Java)
  https://phet.colorado.edu/sims/photoelectric/photoelectric_pt_BR.jnlp

Algumas fontes de OE's:

- http://ambiente.educacao.ba.gov.br/fisicaecotidiano/
- http://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php
- https://faraday.physics.utoronto.ca/GeneralInterest/Harrison/Flash/index.html
- http://www.fisicavivencial.pro.br/
- http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/
- https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new
- http://walter-fendt.de/