

APÊNDICE A

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

INTRODUÇÃO AO ENSINO DE ÓPTICA POR MEIO DE UMA OFICINA
DE FOTOGRAFIA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

ALEX SANDER TEIXEIRA SILVA

BRASÍLIA – DF

2020

1 APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional tem por objetivo oferecer aos professores do ensino fundamental uma alternativa viável às aulas expositivas verbais tradicionais, frequentemente utilizadas para o ensino introdutório de óptica geométrica. Para colaborar com os colegas, serão disponibilizadas, ao longo do texto, instruções para se compreender e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), referenciada pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003) e elaborada segundo orientações de Moreira (2011a), para o ensino do referido conteúdo. Embora este trabalho tenha sido desenvolvido para ser aplicado em uma turma do 9º ano do ensino fundamental, não há restrições para que seja adaptado e aplicado em outras séries da educação básica.

Segundo Ausubel (2003), para que ocorra a aquisição duradoura e significativa de determinado saber, os novos conhecimentos apresentados ao sujeito devem se relacionar de maneira não arbitrária e não literal com os conhecimentos significativos que habitam o conjunto de saberes formadores de sua estrutura cognitiva. O processo para ancoragem significativa, de acordo com esse autor, é longo e gradativo, pautado pela reconciliação integradora e pela diferenciação progressiva, e é duradouro, em virtude da aquisição de significados remanescentes de processos. Do proposto por Ausubel (2003), inferiu-se que não basta apenas apresentar aos estudantes conteúdos soltos e desconexos, é a exposição verbal significativa, gradual e hierárquica de conceitos e proposições potencialmente significativos que facilitará a aquisição de novos significados e a retenção de uma grande quantidade de informações.

O produto educacional em questão foi elaborado segundo a perspectiva ausubeliana. Portanto, acredita-se que o sujeito aprende significativamente, seja um conceito, seja um conjunto de conceitos, quando a transformação de sua estrutura cognitiva, durante e após o ensino, o leva a progredir em direção ao saber que se quer ensinar, ou seja, a mutabilidade sofrida pela estrutura cognitiva não resultará no fim do processo, mas a tornará mais complexa e estável, pronta a ancorar informações mais refinadas, assim como a reestruturar conexões e saberes. Partindo-se desse pressuposto, e com intuito de potencializar as chances de aprendizagem significativa, o produto educacional apresenta uma sequência didática sob o formato de uma UEPS, disponibilizada por meio de planos de aula elaborados conforme a estrutura proposta por Ferreira e Silva Filho (2019). Os planos de aula contemplam e orientam a execução de seis aulas hierarquicamente organizadas, a fim de gerar situações e intervenções propícias à aprendizagem significativa de conceitos e de proposições introdutórias de óptica geométrica.

Para viabilizar a UEPS e potencializar as chances de êxito, são propostos na sequência do trabalho:

- a adaptação de uma estrutura física da escola para servir como uma câmara escura em tamanho suficiente para comportar grupos de, no mínimo, cinco alunos.
- a investigação de fenômenos ópticos associados à formação de imagens no interior da câmara escura;
- a readaptação dessa estrutura, com objetivo de servir como um laboratório fotográfico;
- a realização de uma oficina de fotografia utilizando câmeras fotográficas pinhole (buraco de agulha);
- a realização de aulas expositivas verbais potencialmente significativas.

A opção pelo trabalho com a câmara escura e a oficina de fotografia se deu em razão do grande apelo entre os adolescentes por instrumentos de captura e de projeção de imagens (máquinas fotográficas, *tablets*, celulares, entre outros). Cabe ressaltar que a câmara escura e a oficina de fotografia não são um fim, mas os meios para a criação de um ambiente propício à problematização, à investigação e à promoção de situações potencialmente significativas.

A ideia de uma câmara escura em grande formato pode até parecer estranho ao leitor, visto ser mais conveniente optar por projetos mais simples. No entanto, a técnica de fotografia utilizada ao longo da execução da UPES exige um laboratório fotográfico para a revelação das imagens. Além disso, nada mais prático do que fazer da câmara escura um laboratório fotográfico, e vice-versa.

Os objetivos gerais que levaram o professor pesquisador a incorporar, ao longo da UEPS, uma câmara escura de orifício e uma oficina de fotografia foram:

- criar um ambiente em que os estudantes possam investigar o processo de formação de imagens dentro de uma câmara escura;
- revelar fotografias tiradas com máquina pinhole;
- proporcionar o debate entre pares sobre o processo experimental; e
- levantar hipóteses e compará-las ao exposto teórico referente à propagação retilínea e à reflexão da luz.

Quanto aos objetivos específicos, durante a aplicação da sequência didática, espera-se:

- levantar conhecimentos prévios específicos relacionados à óptica geométrica (subsunçores);
- levantar hipóteses sobre a formação de imagens em razão da propagação retilínea da luz em meios homogêneos e isotrópicos;
- abordar princípios ópticos relacionados à reflexão da luz;
- levantar dados para avaliar o quanto foi efetiva a sequência didática para a promoção de aprendizagem significativa de tópicos específicos da óptica geométrica; e
- potencializar as chances de aprendizagem de tópicos específicos introdutórios da óptica geométrica.

2 ORGANIZAÇÃO PARA APLICAÇÃO DA UEPS

Para aplicação da UEPS, é necessário o professor aplicador escolher e adaptar uma estrutura física para funcionar, a princípio, como uma câmara escura de orifício e posteriormente, como um laboratório fotográfico.

Visando à adaptação do local, todas as janelas e entradas de luz devem ser vedadas com ⁷papelão ondulado ou similar. Outros materiais podem ser utilizados para evitar a entrada de luz visível no ambiente, mas, durante a pesquisa, notou-se que esse tipo de papelão se mostrou mais versátil e eficiente. É importante uma boa vedação das entradas de luz, principalmente no que tange ao processo de alimentar as máquinas fotográficas com papel fotossensível e revelar as fotografias. Necessariamente, esses processos devem ser realizados em ambiente iluminado por luz monocromática vermelha, isso porque o papel fotográfico é coberto por uma emulsão de sais de prata não sensível a esse tipo de luz. Segundo Hewitt (2015, p. 588) tem-se que:

O filme fotográfico consiste em uma emulsão contendo grãos de cristais de sais de prata, onde cada grão contém cerca de 10^{10} átomos de prata. Cada fóton absorvido cede sua energia, hf , para um único grão da emulsão. Essa energia ativa os cristais circundantes do grão inteiro e é usada a seguir para completar o processo fotoquímico. Muitos fótons ativando muitos grãos produzem a exposição fotográfica comum. Quando a fotografia é tirada com luz excessivamente fraca, descobrimos que a imagem é formada por fótons individuais que chegam de forma independente e são aparentemente aleatórios em suas distribuições.

⁷ Papelão ondulado é um tipo de papelão facilmente encontrado em lojas que vendem materiais para construção. Esse material é opaco e bastante versátil; sua utilização proporciona boa vedação à entrada de luz no laboratório e na câmara escura. Uma bobina de 1,20m x 10 m desse tipo de papelão custa, em média, 25 reais.

Na escola de aplicação e de validação do produto educacional, o vestiário feminino foi o local escolhido para servir como câmara escura. Para isso, após a vedação das entradas de luz, a porta metálica da entrada do vestiário foi substituída por uma placa de madeira MDF⁸, de espessura de 0,3 cm, com as seguintes dimensões: 211,5 cm × 90 cm. Nela, foi feito um orifício, utilizando-se uma furadeira e uma broca para madeira com espessura de 1 mm.

No decorrer das atividades, o vestiário deve ser adaptado para servir como um laboratório fotográfico. A adaptação consistiu em retirar a placa de MDF, vedar as entradas de luz da porta metálica com uma cortina feita de papelão ondulado e substituir as lâmpadas do interior por uma única lâmpada de LED (luz vermelha).

As câmeras fotográficas utilizadas neste trabalho são do tipo pinhole, e sua confecção deve anteceder a aplicação da UEPS. Elas devem ser preparadas pelo professor ou, a depender da conveniência, pelos próprios alunos. Para confeccionar as câmeras fotográficas, utilizamos os seguintes materiais:

- latas metálicas vazias com tampa removível;
- uma furadeira e uma broca para metal;
- recortes de latas de alumínio;
- tinta spray preto fosco;
- tesoura;
- cola adesiva;
- fita isolante;
- agulha de costura.

Quanto ao processo de produzir e de revelar as fotografias tiradas com as câmeras pinhole, o professor deve ficar atento, pois os insumos químicos para revelação e o papel fotográfico são encontrados apenas em *sites* especializados. Para este trabalho, os insumos foram comprados pelo *site*: <https://orangephoto.com.br/>. São eles:

- uma resma de papel fotográfico Kentmere Warmtone, 25 folhas;
- um litro de revelador líquido Multigrade Ilford;
- um litro de fixador Ilford Rapid Fixer.

⁸ Placa de madeira MDF (Medium-Density Fiberboard) é uma placa de fibra de madeira de média densidade, facilmente encontrada em lojas que vendem materiais para construção. Seu preço médio é de 35 reais o m².

Informações quanto à confecção, ao processo de revelação e ao manuseio desse tipo de máquina fotográfica são encontradas em *sites* especializados em fotografia pinhole. Para auxiliar o professor, recomendamos:

- <https://pinhole.org/>
- <http://pinholeday.org/>
- <http://www.fotografia.ufrgs.br/latamagica/projeto.html>
- <https://www.pinhole.cz/en/index.php>

3 QUADRO ORGANIZACIONAL DA UEPS

AULA	DESCRIÇÃO	DATA	TEMPO
01	Apresentação da UEPS, formação dos grupos, visita à câmara escura e levantamento de hipóteses sobre a formação de imagens em seu interior.	__/__/__	40 min.
02	1º momento – aplicação do questionário de sondagem inicial, em grupos colaborativos, para registro das concepções sobre formação de imagens em diversas situações.	__/__/__	30 min.
	2º momento – após a aplicação do questionário, será proposto um debate a respeito das questões abordadas, a fim de auxiliar na promoção de subsunções e na reestruturação cognitiva de ideias pré-concebidas.	__/__/__	10 min.
03	Os alunos são convidados a fotografar com a latinha (câmera pinhole) e revelar as	__/__/__	40 min.

	fotografias no laboratório fotográfico.		
04	Demonstração do espalhamento sofrido pela luz ao passar por um prisma, levantamento de subsunçores sobre o porquê das cores dos objetos e sobre a formação de imagens no interior da câmara escura.	__/_/_/	40 min.
05	Aula expositiva verbal e apresentação no quadro de modelos para retratar: o princípio da propagação retilínea da luz, o espalhamento sofrido pela luz ao passar por um prisma, o porquê das cores, a formação de imagens no interior do globo ocular e as relações métricas matemáticas que relacionam o tamanho entre imagens e objetos em câmaras escuras.	__/_/_/	40 min.
06	1º momento – os alunos são convidados a refletir sobre os fenômenos ópticos investigados, em particular, a formação de imagens no interior da câmara escura e a formação de imagens em câmeras fotográficas.	__/_/_/	20 min.
	2º momento – é distribuída aos alunos uma atividade em folha A4, com questões abertas e a	__/_/_/	20 min.

	serem respondidas individualmente (sondagem final).		
--	---	--	--

4 PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DE CONCEITOS BÁSICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

Objetivo: potencializar as possibilidades de aprendizagem de conceitos introdutórios de óptica geométrica em turmas do 9º ano do ensino fundamental.

Sequência:

1 – Situação inicial: primeiramente, o professor deve realizar uma breve apresentação da UEPS para que os alunos tomem ciência do trabalho a ser realizado e, depois, solicitar que formem grupos de, no máximo, cinco integrantes, a fim de organizar a visita à câmara escura.

Antes de entrar na câmara escura com os primeiros estudantes, o docente deve solicitar que um aluno de outro grupo fique à frente do orifício de entrada de luz da câmara escura, mantendo distância entre 2,0 metros e 2,5 metros (isso facilitará a visualização da imagem no anteparo).

Além de controlar a entrada de um grupo por vez na câmara escura, o professor deve vedar o máximo possível qualquer entrada de luz que por ventura tenha sobrado e fazer os seguintes questionamentos:

I – Será possível visualizar o que se encontra fora desse local?

Objetivo: verificar se todos os alunos estão atentos à pequena entrada de luz, uma vez que essa é a única forma de olhar diretamente o meio externo.

II – Utilizando esse pequeno orifício (momento em que o professor aponta para a pequena entrada de luz), mas sem olhar diretamente por ele, é possível visualizar o que se encontra fora desse local?

Objetivo: verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva dos discentes, necessários à aprendizagem dos princípios ópticos relacionados à formação de imagens.

Aguardar e anotar as respostas relevantes para, em momento futuro, verificar se há indícios de aprendizagem significativa.

Logo em seguida, o professor deve posicionar o anteparo à frente do orifício para que os alunos possam visualizar a projeção da imagem externa. Após aguardar a reação dos estudantes, levantar os seguintes questionamentos:

I – Como é possível visualizarmos a imagem externa no anteparo?

Objetivo: verificar novamente a existência de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva dos discentes, necessários à aprendizagem dos princípios ópticos relacionados à formação de imagens.

II – Girando o anteparo, a imagem continua invertida?

Objetivo: além de verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes, fazer uso do momento e do diálogo com os alunos como organizador prévio, tendo em vista o grau de complexibilidade e de profundidade que a discussão pode tomar.

III – Afastando o anteparo do orifício, o que acontece com a imagem? E aproximando?

Objetivo: além de verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes, fazer uso do momento e do diálogo com os alunos como organizador prévio, tendo em vista o grau de complexibilidade e de profundidade que a discussão pode tomar.

2 – Situação-problema: primeiramente, o professor deve solicitar que os alunos formem os grupos da aula anterior, para que, de forma colaborativa, respondam a um questionário composto por questões sobre: a sensação visual causada pela luz visível; o porquê da inversão da imagem no anteparo, no interior da câmara escura; e o funcionamento das máquinas fotográficas, em particular, das que utilizam filme fotográfico. Ainda, os grupos devem elaborar um desenho que retrate hipóteses para a formação da imagem no anteparo. O intuito é verificar quais subsunçores o aluno já possui e a necessidade de uma proposta mecânica introdutória.

Após a aplicação do questionário, o professor deve propor um debate a respeito das questões abordadas, com objetivo de auxiliar na promoção da aquisição e da reestruturação cognitiva de subsunçores de forma não impositiva e não literal, ou seja, fazer da discussão, com a mediação do professor, um novo organizador prévio, em razão de intervenções construtivas e esclarecimento de dúvidas.

3 – Oficina pinhole: o professor organiza a oficina pinhole, instrui os alunos quanto à atividade e convida os estudantes a visitar novamente o espaço do laboratório fotográfico que, anteriormente, era utilizado como câmara escura.

Primeiramente, o docente deve solicitar que os alunos formem os grupos da aula anterior e apresentar a máquina fotográfica pinhole (latinha fotográfica), mas sem dar muitos detalhes sobre seu funcionamento. No entanto, precisa instruir os estudantes sobre como fotografar, apresentar o laboratório fotográfico e esclarecer como são reveladas as fotografias tiradas com máquina fotográfica pinhole.

Em seguida, deve distribuir a cada grupo uma latinha já carregada com papel fotográfico, pronta para fotografar, e deixar os alunos entrarem em ação. Posteriormente, deve convidar de um a dois grupos por vez para revelar a(s) fotografia(s).

O número de participantes durante a revelação depende de quantas pessoas o espaço comporta, mas é muito importante que todos os estudantes possam visualizar o processo, a fim de despertar o interesse pela investigação do processo fotoquímico.

Para que a aula seja bem-sucedida, é fundamental a organização prévia do professor. Quando os alunos chegarem ao laboratório, as câmeras fotográficas pinhole devem estar carregadas, assim como o aparato para revelação das fotografias organizado. Ainda, é fundamental que o dia esteja ensolarado. Isso diminui o tempo de exposição do filme fotográfico à luz e amplia as chances de se obter fotografias com maior qualidade.

4 – Nova situação-problema em nível maior de complexidade: com auxílio de um prisma, o professor deve apresentar aos alunos o fenômeno de espalhamento sofrido pela luz. Isso pode ser feito na sala de aula, aproveitando uma fresta e a entrada de luz solar, ou, também, é possível convidar a classe para, em local adequado, visualizar os efeitos da passagem de luz branca por um prisma.

Em seguida, o docente deve mediar uma roda de conversa pautada pelas questões a seguir.

A roda de conversa objetiva à sondagem de conhecimentos a respeito do fenômeno, assim como à apropriação de conceitos e de proposições, em razão da troca de saberes entre os alunos e da mediação do professor.

1 – Como se forma um arco-íris?

Objetivo: verificar a existência de subsunçores que interpretem a luz branca como sendo a junção de todas as cores.

Após apresentar o questionamento, sugere-se deixar que o debate aconteça naturalmente entre os alunos e registrar possíveis indícios de conhecimentos prévios relevantes. As

intervenções do professor devem ser pontuais e direcionadas à promoção de aprendizagem significativa.

II – A visão, ou seja, processo que nos permite enxergar, acontece de dentro para fora, ou de fora para dentro de nós?

Objetivo: verificar se o estudante já apresenta subsunçores que remetam à necessidade de reflexão luminosa para que ocorra a sensação visual e retomar questionamentos da aula 1.

Sugere-se deixar que o debate aconteça naturalmente entre os alunos, mediar a discussão e registrar possíveis indícios de conhecimentos prévios relevantes.

Nessa etapa do processo de ensino, são apresentados, por exposição verbal e na lousa, diagramas, infográficos (projeção de imagens) e proposições que levem o estudante a compreender formalmente o fenômeno da reflexão luminosa e da absorção da luz.

Após a exposição verbal, sugere-se questionar os alunos sobre:

III – Por que os objetos têm cores diferentes?

Objetivo: verificar se, apresentado o conceito sobre reflexão, os estudantes fazem alguma correlação entre o fenômeno da reflexão luminosa e o fenômeno da absorção para fornecer uma explicação física para a cor dos objetos.

IV – Lembrar aos alunos que a imagem projetada no anteparo dentro da câmara escura é colorida e perguntar se existe alguma relação direta entre o processo de reflexão e a projeção da imagem no anteparo.

Objetivo: verificar se a discussão e o diálogo levam os estudantes a conciliar o fenômeno da reflexão luminosa e o fenômeno da absorção como necessários à formação de imagens, i.e., para explicar a cor dos objetos.

V – Nesse ponto da aula, deve-se retomar a exposição verbal na lousa para rediscutir o fenômeno do espalhamento.

Objetivo: mostrar que a luz branca é a junção de todas as cores, rediscutir o fenômeno da absorção e apresentar um diagrama que retrate a refração da luz ao passar pelo prisma.

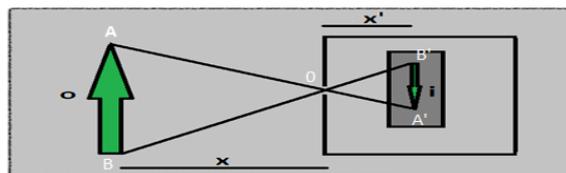
5 – Aula expositiva dialogada integradora final: nessa aula, o professor deve resgatar conceitos, avaliar a interpretação que os alunos têm a respeito dos fenômenos apresentados, reavaliar subsunçores e testar sua estabilidade, lançando questões mais complexas, assim como analisar dados e comparar o aporte teórico ao experimental. Para isso, deve apresentar

formalmente, por meio de exposição verbal, modelos mediadores e exemplos desenhados no quadro:

- o princípio da propagação retilínea da luz;
- a luz branca refratada ao passar por um prisma;
- o porquê das cores dos objetos, dando ênfase à absorção e reflexão da luz;
- a concepção óptica geométrica para a formação de imagens no interior do olho humano.

Em um segundo momento, deve o professor revisar as relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes para solucionar problemas que envolvam câmaras escuras. Além disso, deve aplicar o aporte matemático para solucionar exemplos que relacionem a altura de um modelo (**o**) e o tamanho de sua imagem (**i**), assim como as distâncias entre o objeto e o orifício de entrada da luz (**x**) e a distância entre o orifício e a imagem no anteparo (**x'**).

Figura 1 – Ilustração esquemática do funcionamento de uma câmara escura



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Onde: **o** é a altura do objeto, **i** é o tamanho de sua imagem, **x** é a distância entre o objeto e o orifício, e **x'** é a distância entre o orifício e a imagem.

A relação entre o tamanho do objeto (**o**) e o tamanho da imagem (**i**) é obtida em função da semelhança entre os triângulos OAB e OA'B':

$$\frac{i}{o} = \frac{x'}{x} \quad 1$$

Em seguida, deve-se realizar um breve debate sobre o aporte teórico matemático para validar o princípio físico da propagação retilínea da luz. Cabe ao professor incitar e mediar a discussão, para que os alunos percebam a importância da matemática para a ruptura empírica indutivista dos conceitos.

6 – Sondagem final: o docente deve investigar, por meio de perguntas simples, se os discentes apontam alguma semelhança entre o processo de formação de imagens no interior da câmara escura e dentro da máquina pinhole. Sugere-se os seguintes questionamentos.

- O princípio da propagação retilínea da luz fornece uma explicação lógica para a formação de imagens no interior da câmera pinhole?
- O princípio da propagação retilínea da luz fornece uma explicação lógica para a formação de imagens no interior da câmara escura?
- A relação matemática apresentada para relacionar o tamanho do objeto e sua imagem ajuda a comprovar a validade do princípio da propagação retilínea da luz?

O professor deve observar se novos problemas, em maior nível de complexibilidade, são compreendidos e explicados com uso de argumentos não indutivistas.

A sondagem deve ser oral e dialogada, e o docente deve estar pronto a colaborar com o esclarecimento de dúvidas. Os indícios de aprendizagem significativa devem ser anotados para uma análise futura. É necessário estar atento e sondar se há indícios de progresso causados pela reconciliação integradora e pela diferenciação progressiva dos saberes. A sondagem oral e dialogada depende da observação do professor.

7 – Avaliação: o docente deve aplicar um questionário de sondagem final. O questionário visa a aferir a interpretação conceitual dos alunos sobre proposições e fenômenos ópticos, em particular, sobre a propagação retilínea da luz, a necessidade de reflexão luminosa para a formação de imagens e a correlação entre a formação de imagens no interior da câmara escura e no interior da câmera pinhole.

A atividade deve ser distribuída para os alunos em folha A4 e respondida individualmente, pois visa a uma última sondagem.

A avaliação da UEPS é feita ao longo de todo o processo e tem apenas o intuito de colaborar na verificação, ou não, da existência de indícios de aprendizagem significativa.

8 – Avaliação da própria UEPS: deve o professor aplicador da UEPS reavaliar a efetividade dos processos. Para isso, recomenda-se a análise global dos dados das sondagens inicial e final, assim como a análise qualitativa das anotações feitas ao longo da aplicação da sequência didática, das falas dos estudantes durante as atividades realizadas, dos desenhos que evidenciam a interpretação dos fenômenos ópticos e dos demais materiais que possam colaborar para que seja possível avaliar a existência, ou não, de indícios de aprendizagem significativa.

5 PLANOS DE AULA

Plano de aula 1⁹

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Apresentação do produto educacional e sondagem inicial – conhecendo a câmara escura
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	40 min.

2. Problema

Levantar hipóteses sobre a formação de imagens em um anteparo no interior de uma câmara escura.

3. Objetivos principais

Sondar a existência de conhecimentos prévios relevantes, prontos ou não a ancorar conceitos e proposições a respeito do fenômeno físico da formação de imagens no interior de câmaras escuras, assim como o grau de maturidade intelectual dos alunos quanto à investigação por intuição e por evidências.

3.1. Objetivos complementares

Verificar a necessidade de uma exposição verbal mecânica introdutória necessária para viabilizar a aprendizagem significativa de princípios sobre óptica geométrica.

⁹ Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

Levantar informações que auxiliem, ao final da UEPS, a avaliar quanto a evidências, ou não, de aprendizagem significativa.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Concepções sobre a necessidade da reflexão luminosa e da propagação retilínea da luz para a formação de imagens.

5. Metodologia

Apresentação (5 minutos): apresentação da UEPS e exposição de motivos. É esclarecido aos alunos que eles estão prestes a iniciar seus estudos no campo da óptica geométrica, e que nesta, e nas próximas cinco aulas, a luz visível, em diversas situações, será nossa matéria-prima para o estudo de fenômenos ópticos. Para isso, eles serão convidados a investigar sobre o comportamento da luz para a formação de imagens em diversas situações. Logo em seguida, os alunos são convidados a visitar a câmara escura.

Visita à câmara escura (35 min.): os estudantes são convidados a formar grupos de até cinco integrantes para conhecer e iniciar a investigação do fenômeno físico da formação de imagens no interior da câmara escura. O número de integrantes pode variar, o importante é que a câmara escura comporte os alunos de maneira confortável e propícia para o professor ministrar as atividades investigativas.

Durante e após a visita à câmara escura, o professor deve incentivar os estudantes a discutir e levantar hipóteses sobre o fenômeno observado (formação da imagem externa no anteparo). Ainda, deve registrar ideias e diálogos que julgar necessários à condução das próximas atividades e à busca por indícios de aprendizagem significativa.

5.1. Estratégias didáticas

Inicialmente, o professor deve realizar uma breve apresentação da UEPS e, depois, solicitar que os alunos formem grupos de, no máximo, cinco integrantes e organizar a visita à câmara escura.

Antes de entrar na câmara escura com o primeiro grupo, o professor deve solicitar que um aluno fique à frente do orifício de entrada de luz da câmara escura. Deve, também, recomendar que o estudante mantenha distância entre 2,0 metros e 2,5 metros da câmara escura (isso facilitará a visualização da imagem no anteparo dentro da câmara escura).

Posteriormente, o professor deve solicitar a entrada de um grupo por vez na câmara escura, vedar o máximo possível qualquer entrada de luz e fazer os seguintes questionamentos a cada grupo que entrar na câmara escura:

I – Será possível visualizar o que se encontra fora desse local?

Objetivo: verificar se todos os alunos estão atentos à pequena entrada de luz, uma vez que essa é a única forma de olhar diretamente o meio externo.

II – Utilizando esse pequeno orifício (momento em que o professor aponta para a pequena entrada de luz), mas sem olhar diretamente por ele, será possível visualizar o que se encontra fora desse local?

Objetivo: verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva dos discentes, necessários à aprendizagem dos princípios ópticos relacionados à formação de imagens.

Aguardar e anotar as respostas relevantes para, em momento futuro, levantar indícios de aprendizagem significativa.

Logo em seguida, posicionar o anteparo à frente do orifício para que os alunos possam visualizar a projeção da imagem externa. Esperar a reação dos estudantes e levantar os seguintes questionamentos:

I – Como é possível visualizarmos a imagem externa no anteparo?

Objetivo: verificar novamente a existência de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva dos discentes, necessários à aprendizagem dos princípios ópticos relacionados à formação de imagens.

II – Girando o anteparo, a imagem continua invertida?

Objetivo: além de verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes, usar do momento e do diálogo com os alunos como organizador prévio, visto o grau de complexibilidade e a profundidade que a discussão pode tomar.

III – Afastando o anteparo do orifício, o que acontece com a imagem? E aproximando?

Objetivo: além de verificar a existência de conhecimentos prévios relevantes, usar do momento e do diálogo com os alunos como organizador prévio, visto o grau de complexibilidade e de profundidade que a discussão pode tomar.

6. Recursos necessários

- Escolher uma estrutura física da escola e adaptá-la para servir como uma câmara escura.
- Papelão ondulado ou similar para vedação das entradas de luz.
- Fita adesiva crepe de 24 mm x 50 mm.
- Placa de madeira MDF com espessura 3 mm, ou similar, recortada para substituir porta ou janela.
- Furadeira.
- Broca para madeira com espessura 1 mm para fazer o orifício de entrada de luz na placa de madeira MDF.
- Folha de papel vegetal translúcido para a projeção da imagem. Recomenda-se fazer uma moldura de papelão, ou similar, para facilitar o manuseio do anteparo.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação qualitativa pautada nas observações e anotações do professor aplicador. Deve-se, durante a avaliação, buscar por subsunçores e tentar mensurar se o nível e a complexibilidade da discussão foram potencialmente significativos para servirem como organizador prévio.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias**: curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGEB; CAP/UERJ, 2018. Disponível em:
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf.

Plano de aula 2¹⁰

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Sondagem inicial – questionário de sondagem
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	40 min.

2. Problema

Verificar a existência de subsunçores e fazer do estudo em grupo uma atividade potencialmente significativa.

3. Objetivos principais

Sondar a existência de conhecimentos prévios relevantes, prontos ou não a ancorar conceitos e proposições a respeito do fenômeno físico da formação de imagens, assim como o grau de maturidade intelectual dos alunos quanto à investigação por intuição e a investigação por evidências.

3.1. Objetivos complementares

Gerar um ambiente potencialmente significativo para aquisição de significados e levantamento de hipóteses a respeito dos processos ópticos relacionados à formação de imagens.

Verificar a necessidade de uma exposição verbal mecânica introdutória para viabilizar a aprendizagem significativa de princípios sobre óptica geométrica.

¹⁰ Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

Levantar informações que auxiliem, ao final da UEPS, a avaliar quanto a evidências, ou não, de aprendizagem significativa.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Concepções sobre a necessidade da reflexão luminosa e da propagação retilínea da luz para a formação de imagens em diversas situações.

5. Metodologia

Os alunos são convidados a formar grupos de até cinco integrantes, para, colaborativamente, responder a um questionário e registrar concepções sobre a formação de imagens em diversas situações. Além disso, são convidados a elaborar um desenho com hipóteses para a formação da imagem no anteparo.

Acredita-se que a interação em grupos colaborativos sirva, de maneira não impositiva, para trocar conhecimentos, auxiliando na aquisição de subsunçores adequados por alunos que ainda não os tenham. Além disso, a troca de ideias serve para colaborar com a reestruturação de conceitos e de proposições existentes na estrutura cognitiva dos estudantes.

5.1. Estratégias didáticas

Aplicação do questionário (30 min.): primeiramente, o professor deve solicitar aos alunos que reúnam os grupos da aula anterior. De forma colaborativa, pedir que respondam a um questionário composto por questões sobre: a sensação visual causada pela luz visível, o porquê da inversão da imagem no anteparo no interior da câmara escura; e o funcionamento das máquinas fotográficas, em particular, das que utilizam filme fotográfico. Ainda, os alunos devem elaborar um desenho que retrate hipóteses para a formação da imagem no anteparo. O intuito dos questionamentos é verificar quais subsunçores o aluno já possui e a necessidade de uma proposta mecânica introdutória.

Questões do questionário inicial

1 – Como ocorre a visão, como enxergamos? Discuta com seu grupo e, em poucas palavras, tente dar uma explicação.

2 – Por que dentro da câmara escura a imagem no anteparo fica de cabeça para baixo? Discuta com seu grupo e, em poucas palavras, tente dar uma explicação.

3 – Você sabia que as câmeras antigas utilizavam filme fotográfico? Como era o funcionamento desse tipo de câmera fotográfica? Discuta com seu grupo e, em poucas palavras, tente dar uma explicação.

4 – Discuta com seu grupo e, de forma colaborativa, ou seja, com a participação de todos os integrantes, faça um desenho que tente explicar como a imagem se forma dentro da câmara escura. Use setas, riscos e rabiscos para tentar dar uma explicação coerente.

Debate (10 min.): após a aplicação do questionário, o professor deve propor um debate a respeito das questões abordadas, a fim de ajudar na promoção da aquisição e da reestruturação cognitiva de subsunçores de forma não impositiva e não literal, ou seja, fazer da discussão um novo organizador prévio, em razão de intervenções construtivas e do esclarecimento de dúvidas.

6. Recursos necessários

Questionário de sondagem inicial, impresso em quantidade suficiente para os grupos colaborativos.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação quantitativa em razão da tabulação e da categorização das respostas, segundo os parâmetros propostos por Ferreira *et al.* (2018). Avaliação qualitativa pautada nas observações e anotações do professor aplicador.

Deve-se, durante a avaliação, buscar por subsunçores e tentar mensurar se o nível e a complexibilidade da discussão foram potencialmente significativos para servir como organizador prévio.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias:** curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGE; CAP/UERJ, 2018. Disponível em:
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf.

Plano de aula 3¹¹

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Oficina pinhole
Tipo predominante	Experimental
Duração prevista	40 min.

2. Problema

Atividade potencialmente significativa, por meio de uma oficina de fotografia pinhole.

3. Objetivos principais

Fotografar com uma câmera fotográfica pinhole e revelar as fotografias para, em momento futuro, verificar se os alunos percebem a necessidade da propagação retilínea da luz e do fenômeno da reflexão para a formação de imagens em situações diversas.

3.1. Objetivos complementares

Aguçar o senso crítico dos estudantes e estabelecer uma relação de intimidade entre os discentes e a luz visível.

Em razão de a câmera pinhole oferecer apenas uma possibilidade de sucesso a cada vez em que é utilizada, incentivar o aprendiz a prestar maior atenção ao seu redor.

Fazer com que os alunos prestem atenção em fatores como intensidade e exposição luminosa.

Despertar a atenção dos estudantes, tanto para o processo que envolve o ato de fotografar quanto para a interpretação física de um fenômeno natural.

¹¹ Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

Usar da projeção da imagem no interior da câmera pinhole para auxiliar em futura problematização durante a validação do princípio da propagação retilínea da luz.

Usar do processo físico que envolve o caminhar da luz até a grafia do papel fotográfico para, em momento futuro, dar sentido ao artifício matemático que utiliza a semelhança de triângulos para calcular a relação entre a altura de um objeto fotografado e a altura da imagem desse objeto, no papel fotográfico.

A atividade objetiva, ainda, a auxiliar a quebra de concepções empírico-indutivistas que, por ventura, os alunos venham a postular sobre a projeção de imagens.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Conhecimentos sobre o funcionamento básico de câmeras fotográficas que utilizam filme fotográfico.

Concepções sobre a necessidade da reflexão luminosa e da propagação retilínea da luz para a formação de imagens em diversas situações.

5. Metodologia

O professor deve organizar a oficina pinhole, instruir os alunos quanto a fotografar e convidar os estudantes a acompanhar a revelação das fotografias no laboratório fotográfico.

5.1. Estratégias didáticas

Primeiramente, o docente deve solicitar que os alunos formem os grupos da aula anterior e apresentar a máquina fotográfica pinhole (latinha fotográfica), mas sem dar muitos detalhes sobre seu funcionamento. No entanto, precisa instruir os estudantes sobre como fotografar, apresentar o laboratório fotográfico e esclarecer como são reveladas as fotografias tiradas com máquina fotográfica pinhole.

Em seguida, deve distribuir a cada grupo uma latinha já carregada com papel fotográfico, pronta para fotografar, e deixar os alunos entrarem em ação. Posteriormente, deve convidar de um a dois grupos por vez para revelar a(s) fotografia(s).

O número de participantes durante a revelação depende de quantas pessoas o espaço comporta, mas é muito importante que todos os estudantes possam visualizar o processo, a fim de despertar o interesse pela investigação do processo fotoquímico.

Para que a aula seja bem-sucedida, é fundamental a organização prévia do professor. Quando os alunos chegarem ao laboratório, as câmeras fotográficas pinhole devem estar

carregadas, assim como o aparato para revelação das fotografias organizado. Ainda, é fundamental que o dia esteja ensolarado. Isso diminui o tempo de exposição do filme fotográfico à luz e amplia as chances de se obter fotografias com maior qualidade.

6. Recursos necessários

Para o laboratório fotográfico:

- Escolher uma estrutura física da escola propícia a ser adaptada.
- Papelão ondulado ou similar para vedação das entradas de luz.
- Fita adesiva crepe de 24 mm x 50 mm.
- Lâmpada de luz vermelha.
- Bocal adaptador para lâmpada.
- Pinça plástica, ou de madeira, para manipular os negativos das fotografias durante a revelação.
- Três vasilhas plásticas, sendo duas para as químicas, e uma para água.
- Bancada de trabalho.
- Revelador líquido Multigrade Ilford.
- Fixador Ilford Rapid Fixer.

Para as câmeras fotográficas pinhole:

- Latas metálicas vazias com tampa removível.
- Uma furadeira e uma broca para metal.
- Recortes de latas de alumínio.
- Tinta spray preto fosco.
- Tesoura.
- Cola adesiva.
- Fita isolante.
- Agulha de costura.
- Uma resma de papel fotográfico Kentmere Warmtone, 25 folhas.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação quantitativa em razão da participação dos alunos e do diálogo com os estudantes. Deve-se buscar por subsunções e avaliar o quanto efetiva foi a prática para cumprir com os objetivos preestabelecidos.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias:** curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGEb; CAp/UERJ, 2018. Disponível em:

https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf.

Plano de aula 4¹²

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Aula mista em um nível mais complexo
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	40 min.

2. Problema

Proporcionar uma nova situação-problema, em nível mais complexo, por meio de uma aula mista.

3. Objetivos principais

Proporcionar uma nova situação-problema, em nível mais complexo, por meio de uma aula mista, a fim de ajudar os alunos a reelaborar, diferenciar e reorganizar conceitos e proposições sobre fenômenos luminosos.

¹² Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

3.1. Objetivos complementares

Sondar a existência de subsunçores sobre: a composição da luz branca, as cores dos objetos e o fenômeno físico de espalhamento, reflexão e absorção da luz.

Levantar informações que auxiliem, ao final da UEPS, a avaliar quanto a evidências, ou não, de aprendizagem significativa.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Concepções sobre a necessidade da reflexão luminosa e da propagação retilínea da luz para a formação de imagens em diversas situações.

Concepções primárias sobre a formação de arco-íris e da composição da luz branca.

5. Metodologia

Por meio da exposição oral verbal significativa, espera-se que o aluno que ainda não tenha subsunçores venha a adquiri-los – ou, tanto melhor, que substitua aqueles de significação inferior ao esperado, de maneira não mecânica, literal ou impositiva. Ou, ainda, seja ao aluno proporcionado um momento reflexivo para que processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora ajudem sua estrutura cognitiva a reorganizar e diferenciar subsunçores.

Nessa aula, com o auxílio de um prisma, os estudantes são convidados a observar o fenômeno de espalhamento sofrido pela luz ao passar por meios materiais com índice de refração diferente.

Por meio do diálogo com os alunos, é feita uma série de indagações para tentar realizar o levantamento de possíveis subsunçores que colaborem a dar sentido ao entendimento do porquê da luz branca se dividir em diferentes cores ao passar pelo prisma e do porquê das cores dos objetos. É explorado o conceito físico acerca da reflexão e da absorção da luz, e os estudantes são instigados a levantar hipóteses sobre como se dá a projeção da imagem externa colorida no anteparo dentro da câmara escura.

5.1. Estratégias didáticas

Com auxílio de um prisma, o professor deve apresentar aos alunos o fenômeno de espalhamento sofrido pela luz. Isso pode ser feito na sala de aula, aproveitando uma fresta e a entrada de luz solar, ou, também, é possível convidar a classe para, em local adequado, visualizar os efeitos da passagem de luz branca por um prisma.

Em seguida, o docente deve mediar uma roda de conversa pautada pelas questões a seguir.

A roda de conversa objetiva à sondagem de conhecimentos a respeito do fenômeno, assim como à apropriação de conceitos e de proposições, em razão da troca de saberes entre os alunos e da mediação do professor.

I – Como se forma um arco-íris?

Objetivo: verificar a existência de subsunçores que interpretem a luz branca como sendo a junção de todas as cores.

Após apresentar o questionamento, sugere-se deixar que o debate aconteça naturalmente entre os alunos e registrar possíveis indícios de conhecimentos prévios relevantes. As intervenções do professor devem ser pontuais e direcionadas à promoção de aprendizagem significativa.

II – A visão, ou seja, processo que nos permite enxergar, acontece de dentro para fora, ou de fora para dentro de nós?

Objetivo: verificar se o estudante já apresenta subsunçores que remetam à necessidade de reflexão luminosa para que ocorra a sensação visual e retomar questionamentos da aula 1.

Sugere-se deixar que o debate aconteça naturalmente entre os alunos, mediar a discussão e registrar possíveis indícios de conhecimentos prévios relevantes.

Nessa etapa do processo de ensino, são apresentados, por exposição verbal e na lousa, diagramas, infográficos (projeção de imagens) e proposições que levem o estudante a compreender formalmente o fenômeno da reflexão luminosa e da absorção da luz.

Após a exposição verbal, sugere-se questionar os alunos sobre:

III – Por que os objetos têm cores diferentes?

Objetivo: verificar se, apresentado o conceito sobre reflexão, os estudantes fazem alguma correlação entre o fenômeno da reflexão luminosa e o fenômeno da absorção para fornecer uma explicação física para a cor dos objetos.

IV – Lembrar aos alunos que a imagem projetada no anteparo dentro da câmara escura é colorida e perguntar se existe alguma relação direta entre o processo de reflexão e a projeção da imagem no anteparo.

Objetivo: verificar se a discussão e o diálogo levam os estudantes a conciliar o fenômeno da reflexão luminosa e o fenômeno da absorção como necessários à formação de imagens, i.e., para explicar a cor dos objetos.

V – Nesse ponto da aula, deve-se retomar a exposição verbal na lousa para rediscutir o fenômeno do espalhamento.

Objetivo: mostrar que a luz branca é a junção de todas as cores, rediscutir o fenômeno da absorção e apresentar um diagrama que retrate a refração da luz ao passar pelo prisma.

6. Recursos necessários

Prisma óptico para dispersão da luz, quadro branco, pincéis para quadro branco e apagador.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação qualitativa pautada nas observações e anotações do professor aplicador. Deve-se buscar por subsunçores e tentar mensurar se o nível e a complexibilidade da discussão durante a prática pedagógica foram potencialmente significativos.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias:** curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGEB; CAp/UERJ, 2018. Disponível em:
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf.

Plano de aula 5¹³

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Aula expositiva dialogada integradora final
Tipo predominante	Teórica
Duração prevista	40 min

2. Problema

Apresentar, por meio de exposição oral e de modelos no quadro, o princípio da propagação retilínea da luz, o porquê de a luz branca ser refratada ao passar pelo prisma, o porquê das cores dos objetos e a concepção geométrica para a formação de imagens externas no interior do olho humano.

Revisar as relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes.

Validar o princípio da propagação retilínea da luz.

3. Objetivos principais

Apresentar formalmente aos alunos o princípio da propagação retilínea da luz, o porquê de a luz branca ser refratada ao passar pelo prisma, o porquê das cores dos objetos e a concepção geométrica para a formação de imagens externas no interior do olho humano.

Revisar as relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes.

Proporcionar um breve debate sobre o aporte teórico matemático para validar o princípio físico da propagação retilínea da luz.

¹³ Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

3.1. Objetivos complementares

Investigar se os alunos correlacionam o argumento matemático apresentado com o princípio da propagação retilínea da luz para explicar a formação de imagens no interior da câmera fotográfica pinhole e sua altura.

Verificar se processos de reconciliação integradora e de diferenciação progressiva estão ocorrendo.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Concepções sobre o princípio da propagação retilínea da luz, a composição da luz branca e a estrutura básica do olho humano.

Relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes.

5. Metodologia

O professor deve resgatar conceitos, avaliar a interpretação que os alunos têm a respeito dos fenômenos apresentados, reavaliar subsunçores e testar sua estabilidade, lançando questões mais complexas, assim como analisar dados e comparar o aporte teórico ao experimental. Para isso, deve apresentar formalmente, por meio de exposição verbal, modelos mediadores e exemplos desenhados no quadro:

- o princípio da propagação retilínea da luz;
- a luz branca refratada ao passar por um prisma;
- o porquê das cores dos objetos, dando ênfase à absorção e reflexão da luz;
- a concepção óptica geométrica para a formação de imagens no interior do olho humano;
- as relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes para solucionar problemas que envolvam câmaras escuras.

5.1. Estratégias didáticas

Primeiramente, deve o professor apresentar, por meio de exposição verbal, modelos mediadores e exemplos desenhados no quadro:

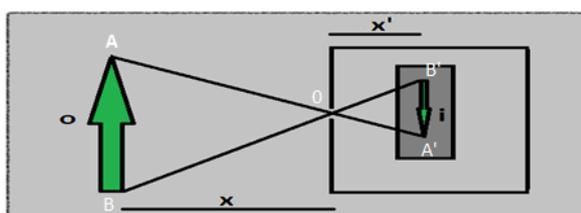
- princípio da propagação retilínea da luz;
- luz branca refratada ao passar por um prisma;
- o porquê das cores dos objetos, dando ênfase à absorção e reflexão da luz;

- concepção óptica geométrica para a formação de imagens no interior do olho humano.

Em um segundo momento, é necessário o docente revisar as relações métricas matemáticas em triângulos semelhantes e dar ênfase à validade desse método matemático para solucionar problemas que envolvam câmaras escuras.

Logo em seguida, deve apresentar o esquema de funcionamento de uma câmara escura, conforme proposto a seguir.

Figura 1 – Ilustração esquemática do funcionamento de uma câmara escura



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Onde: **o** é a altura do objeto, **i** é o tamanho de sua imagem, **x** é a distância entre o objeto e o orifício, e **x'** é a distância entre o orifício e a imagem.

A relação entre o tamanho do objeto (**o**) e o tamanho da imagem (**i**) obtida em função da semelhança entre os triângulos OAB e OA'B' é apresentada a seguir:

$$\frac{i}{o} = \frac{x'}{x} \quad 1$$

Faltando cinco minutos para o fim da aula, o professor deve mediar um debate sobre a validade do aporte teórico matemático para validar o princípio físico da propagação retilínea da luz.

6. Recursos necessários

Quadro branco, pincéis para quadro branco e apagador.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação qualitativa pautada nas observações e anotações do professor aplicador. Deve-se tentar mensurar se processos de reconciliação integradora e de diferenciação progressiva estão ocorrendo. O professor deve, ainda, tentar perceber se a complexibilidade da discussão, durante a prática pedagógica, foi potencialmente significativa.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias:** curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGEB; CAP/UERJ, 2018. Disponível em:
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf.

Plano de aula 6¹⁴

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino fundamental
Instituição	
Natureza	Sequência didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Óptica geométrica
Título (tópico) da aula	Aula de sondagem e avaliação final
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	40 min.

2. Problema

3. Objetivos principais

Buscar por indícios de aprendizagem significativa.

Investigar se os discentes apontam alguma semelhança entre o processo de formação de imagens no interior da câmara escura, dentro da máquina fotográfica pinhole e dentro do olho humano.

Investigar a compreensão dos alunos quanto à necessidade da propagação retilínea da luz e do fenômeno da reflexão luminosa para a formação de imagens.

¹⁴ Conforme modelo de Ferreira e Silva Filho (2019).

Sondar se novos problemas, em maior nível de complexibilidade, são compreendidos e explicados por meio de argumentos não indutivistas.

Sondar a efetividade dos processos de reconciliação integradora e de diferenciação progressiva.

Aplicar o questionário de sondagem final para obter dados que ajudem a validar, ou não, indícios de aprendizagem significativa.

3.1. Objetivos complementares

Aferir a interpretação conceitual dos alunos sobre proposições e fenômenos ópticos, em particular, a propagação retilínea da luz e o fenômeno da reflexão luminosa como necessários à formação de imagens.

Verificar se os estudantes compreendem a formação de imagens no interior da câmara escura, no interior da câmara pinhole e dentro do olho humano como fenômenos físicos que existem em razão dos mesmos princípios ópticos.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Compreensão do fenômeno de reflexão luminosa, do princípio da propagação retilínea da luz, da estrutura básica do olho humano e do funcionamento básico de câmeras fotográficas, em particular, as que necessitam de filme fotográfico.

5. Metodologia

Nessa aula, espera-se verificar se o processos de reconciliação integradora e de diferenciação progressiva já resultam em estruturas cognitivas prontas a ancorar saberes mais complexos. A aula é dividida em dois momentos.

No primeiro momento, é feita a comparação entre o aporte teórico e o aporte experimental para a reflexão da luz e a propagação retilínea em meios homogêneos e isotrópicos, por meio de exposição oral e do diálogo com os alunos.

Já no segundo momento, é aplicado um questionário, em que os alunos são convidados a fazer uma reflexão sobre os fenômenos ópticos investigados. É distribuída aos estudantes uma atividade em folha A4, a ser respondida individualmente, pois visa a uma última sondagem.

5.1. Estratégias didáticas

O docente deve investigar, por meio de perguntas simples, se os discentes apontam alguma semelhança entre o processo de formação de imagens no interior da câmara escura e dentro da máquina pinhole. Sugere-se os seguintes questionamentos.

- O princípio da propagação retilínea da luz fornece uma explicação lógica para a formação de imagens no interior da câmara pinhole?
- O princípio da propagação retilínea da luz fornece uma explicação lógica para a formação de imagens no interior da câmara escura?
- A relação matemática apresentada para relacionar o tamanho do objeto e sua imagem ajuda a comprovar a validade do princípio da propagação retilínea da luz?

O professor deve observar se novos problemas, em maior nível de complexibilidade, são compreendidos e explicados com uso de argumentos não indutivistas.

A sondagem deve ser oral e dialogada, e o docente deve estar pronto a colaborar com o esclarecimento de dúvidas. Os indícios de aprendizagem significativa devem ser anotados para uma análise futura. É necessário estar atento e sondar se há indícios de progresso causados pela reconciliação integradora e pela diferenciação progressiva dos saberes. A sondagem oral e dialogada depende da observação do professor.

No restante da aula, o docente deve aplicar o questionário de sondagem final. O questionário visa a aferir a interpretação conceitual dos alunos sobre proposições e fenômenos ópticos, em particular, sobre a propagação retilínea da luz, a necessidade de reflexão luminosa para a formação de imagens e a correlação entre a formação de imagens no interior da câmara escura e no interior da câmara pinhole.

A atividade deve ser distribuída em folha A4 e respondida individualmente, pois visa a uma última sondagem.

A seguir, têm-se as questões abordadas no questionário de sondagem final:

1 – Faça um desenho que tente explicar como a imagem se forma dentro da latinha que foi utilizada como câmara fotográfica.

2 – Faça um desenho que tente explicar como a imagem se forma dentro da câmara escura, ou seja, como a imagem se forma na folha de papel de seda (anteparo).

3 – Como ocorre a visão, como enxergamos? Em poucas palavras, tente dar uma explicação.

4 – Você que está lendo esta pergunta, saberia dizer se dentro de uma câmera fotográfica, daquelas antigas, que utilizavam filme fotográfico, a imagem se forma direta (de cabeça para cima) ou invertida (de cabeça para baixo)?

6. Recursos necessários

Quadro branco, pincéis para quadro branco, apagador, questionário de sondagem final impresso em quantidade suficiente para todos os alunos.

7. Proposta de avaliação (com referencial teórico)

Avaliação quantitativa em razão da tabulação e da categorização da resposta, segundo os parâmetros propostos por Ferreira *et al.* (2018). Avaliação qualitativa pautada nas observações e anotações dos professor aplicador.

Deve-se buscar por indícios de aprendizagem significativa e tentar mensurar se o nível e a complexibilidade da discussão durante a aplicação da UEPS foram potencialmente significativos.

8. Sugestões de leituras complementares

MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias:** curso de atualização para professores da educação básica. Rio de Janeiro: PPGEB; CAp/UERJ, 2018. Disponível em:

https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf. Acesso em: 16 abr. 2020.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Plátano, 2003. Disponível em: <http://files.mestrado-em-ensino-de-ciencias.webnode.com/200000007-610f46208a/ausebel.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- CARVALHO, A. M. P. de D. **As práticas experimentais no ensino de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010
- FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. Proposta de plano de aula para o ensino de física. **Physicae Organum**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2019. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/23074/21239>. Acesso em: 16 abr. 2020.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- MARTINS, A. P.; PORTO, M. B. D. da S. M. **A luz, sua história e suas tecnologias: curso de atualização para professores da educação básica**. Rio de Janeiro: PPGEB; CAp/UERJ, 2018. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%20da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf. Acesso em: 16 abr. 2020.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011a. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011b.