



PIRÂMIDE “HOLOGRÁFICA”:

uma introdução ao
estudo da óptica no
Ensino Fundamental

Emanuel Pereira de Araújo
Milton Schivani

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo 51 - UFRN

Prezado (a) Professor (a)

A sequência didática que aqui propomos configura-se em um produto educacional oriundo de uma dissertação² do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 51 (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Tratamos da introdução de conceitos básicos da óptica, como reflexão e refração, para o nível de Ensino Fundamental. Para isso, desenvolvemos inicialmente e discutimos o princípio de funcionamento de dispositivos ópticos conhecidos por Pirâmides “Holográficas”. Essas pirâmides podem fornecer a nítida impressão de que o espectador está observando um objeto real e tangível. Em alguns casos, as imagens exibidas também geram a ilusão de interação com objetos concretos. Todavia, essas imagens além de não serem hologramas de fato, não passam de imagens bidimensionais. Isso pode gerar excelentes oportunidades para o debate sobre temáticas referentes a ilusões de óptica e o que são os *hologramas*. Somado ao seu caráter essencialmente lúdico, essas pirâmides apresentam um rico potencial didático para a introdução e discussão de conceitos como reflexão e refração da luz. Assim, partindo da construção e manipulação das pirâmides “holográficas”, desenvolvemos uma sequência didática que busca instigar a curiosidade do educando no estudo da óptica, especialmente em estudantes do ensino fundamental (9º ano). Esperamos que esse material possa auxiliar suas aulas de ciências e dinâmicas de classe.

Os autores,

Emanuel Pereira de Araújo
Milton Schivani

² Disponível em <<http://mnpef.ect.ufrn.br>> Acesso em 01 de julho de 2018.

SUMÁRIO

1. Orientações preliminares e texto de apoio ao professor	4
1.1. Objetivos da sequência didática	6
1.2. Estrutura geral da sequência didática	7
2. PRIMEIRO ENCONTRO: uma imagem misteriosa	9
2.1. Orientação para construção e funcionamento da pirâmide “holográfica” 10	
2.1.1. Montagem alternativa para a pirâmide “holográfica” com impressão dos trapézios:	12
2.2. Problematização Inicial.....	13
3. SEGUNDO ENCONTRO: estudando os fenômenos da luz.	14
4. TERCEIRO ENCONTRO: Por que a imagem está torta? Por que não consigo enxergar?.....	19
5. Conclusão:	22
6. Sugestão de aplicação para ensino médio.....	23
ANEXOS	25
Anexo 1 - Página de impressão de múltiplas pirâmides.....	26
Anexo 2 – Slides a serem utilizados no momento 1, 2 e 3 do encontro 2.	27
Anexo 3 – Imagem de transferidor utilizada para execução do experimento 2 – Lata Mágica.....	33
Anexo 4 - Modelo de questionário a ser produzido para a conclusão em sala de aula ou ser respondido em casa pelos alunos	34

1. Orientações preliminares e texto de apoio ao professor

A indústria cinematográfica, especialmente quando se trata de filmes de ficção científica e de ação, faz constantemente alusão a imagens tridimensionais que o grande público, geralmente, classifica como hologramas. Nesse universo ficcional, encontramos cenas e situações de filmes nos quais supostos hologramas são empregados



Star Wars Episode IV: A New Hope

para os mais diversos fins, por exemplo: *Resident Evil: O Hóspede maldito* (BERND EICHINGER; SAMUEL HADIDA; JEREMY BOLT; PAUL ANDERSON, 2002), quando a “rainha vermelha” conversa com os protagonistas; *Star Wars Episode IV: A New Hope* (GARY KURTZ, 1977), nas mensagens transmitidas pelo robô R2D2; *Prometheus* (DAVID GILER; WALTER HILL; RIDLEY SCOTT; TONY SCOTT, 2012) e *Avatar* (JAMES CAMERON E JON LANDAU, 2009), na exibição de mapas com informações geográficas e geológicas de uma determinada região investigada; e *Homem de Ferro 2* (KEVIN FEIGE, 2010), nas diversas situações em que a personagem Tony Stark interage com seus sistemas que geram imagens virtuais. Quem não se recorda da cena em que esse protagonista “condensa” a imagem tridimensional de um modelo de elemento químico criado por ele e o segura com a ponta de seus dedos?



Coachella Fest (2012)

Além de nas telas dos cinemas, também podemos encontrar menção aos hologramas em grandes eventos de premiação, campanhas de marketing, campanhas eleitorais, shows de música e até mesmo em campanhas em aeroportos para auxiliar no controle das filas de embarque. O *Billboard Music Awards* (edição de 2014) e o *Coachella Fest* (edição 2012), por exemplo, surpreenderam boa parte do público ao exibirem no palco performances encenadas por cantores já falecidos, como Michael Jackson (1958 - 2009) e Tupac Shakur (1971 - 1996), respectivamente. Já os aeroportos de Manchester, no Reino Unido, e o de Luton, em Londres, não “ressuscitaram os mortos”, mas geraram algumas polêmicas em meados de 2011 quando anunciaram uma possível redução de seu quadro de funcionários ao utilizarem assistentes virtuais para orientar os passageiros.

Já algumas campanhas de marketing e eventos corporativos, para divulgarem seus produtos por meio de supostas imagens holográficas, utilizam-se de dispositivos vulgarmente denominados “pirâmides holográficas”¹. Diferente das imagens apresentadas nos shows e nas campanhas nos aeroportos, que possuem a altura de uma pessoa mediana, as imagens geradas através dessas pirâmides quadrangulares possuem pequenas proporções, geralmente não ultrapassam 50cm de altura. Contudo, não deixam nada a desejar quanto à qualidade das imagens e quanto ao nível de sofisticação que podem alcançar. Essas pirâmides podem fornecer a nítida impressão de que o espectador está observando um objeto real e tangível. Em alguns casos, as imagens exibidas também geram a ilusão de interação com objetos concretos, além de apresentarem a noção de profundidade, a exemplo do caso ilustrado pela **Figura 1** em que se observa uma garrafa de vidro de champanhe com rótulo, lacre e rolha.

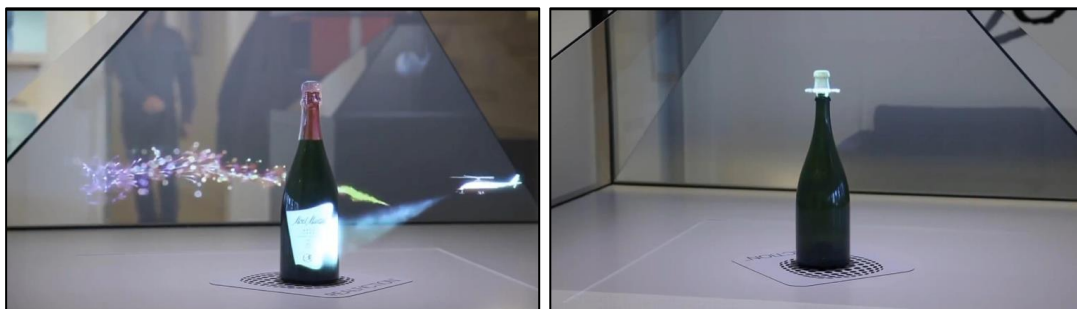


Figura 1 - Garrafa de champanhe dentro de uma pirâmide quadrangular “holográfica”. O lacre e o rótulo (a), bem como a rolha (b), não existem de fato enquanto objetos tangíveis. Fonte: Imagens obtidas por captura de tela (Print Screen) de vídeo disponível pelo canal Moon Media no Youtube em <https://youtu.be/IOcsci5ZuF4> Acesso em 29 de março de 2017.

Tanto as cenas presentes nos filmes e séries quanto as imagens de possíveis hologramas, que encontramos em determinados eventos, têm o potencial de alavancar o imaginário popular e fomentar a *curiosidade ingênua* (FREIRE, 1996), especialmente do público jovem ávido por novidades tecnológicas. Essa curiosidade está associada ao saber de senso comum, a uma cultura primeira do indivíduo. Todavia, “[...] é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodicamente rigorosa do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica”. (FREIRE, 1996, p. 31). Desse modo, como forma de promoção à transição da curiosidade ingênua para a *curiosidade epistemológica*, podemos tecer vários questionamentos, por exemplo: essas imagens de artistas, assistentes virtuais e objetos em geral podem mesmo ser consideradas como hologramas? Como se formam e quais são as propriedades que definem os hologramas? Toda vez que um palestrante usa uma ponteira laser para destacar uma parte do *slide*, se observa apenas um ponto de luz ou todo o feixe do laser? Se geralmente observamos somente o ponto de luz na tela, uma vez que para ver o feixe é necessário um anteparo para refletir a luz e atingir nossa visão, a exemplo da poeira suspensa no ar ou uma cortina de fumaça, como visualizar e interagir com supostos hologramas gerados por fontes de luz laser sem o auxílio de óculos ou telas especiais?

Como bem destaca o educador brasileiro Paulo Freire,

[...] a construção ou a produção do conhecimento do objeto implica o exercício da curiosidade, sua capacidade crítica de ‘tomar distância’ do objeto, de observá-lo, de delimitá-lo, de cindi-lo, de “cercar” o objeto ou fazer sua aproximação metódica, sua capacidade de comparar, de perguntar. (FREIRE, 1996, p. 85).

Assim, incluímos nessa sequência didática definições conceituais e técnicas a respeito da concepção e do desenvolvimento dos hologramas, o que pode fomentar a curiosidade epistemológica frente as pirâmides “holográficas”. Também discutimos alguns erros conceituais quando se considera como holograma determinadas imagens exibidas em diferentes contextos. No caso das imagens produzidas por meio das pirâmides “holográficas”, além de indicar procedimentos para sua construção em sala de aula com materiais de fácil acesso e manipulação, também tratamos dos fenômenos de reflexão e refração sofridos pela luz ao atingir as superfícies que formam as faces da pirâmide, evidenciando não se tratar de hologramas e muito menos de imagem tridimensional.

Essa sequência didática pode ser aplicada em conjunto com outros professores e disciplinas, como Artes (no estudo das cores e formação das imagens, por exemplo) e Matemática (no estudo da geometria, por exemplo).

Recomenda-se que o momento de exibição das imagens por meio das pirâmides seja realizado em um ambiente com luz reduzida, como em um laboratório de óptica. O ambiente escuro vai proporcionar uma melhor qualidade na visualização das imagens refletidas pelas faces da pirâmide.

As imagens ou vídeos projetados nas faces da pirâmide³ são encontradas facilmente nas mídias sociais. Compõem vídeos dos mais diferentes tipos, desde desenhos animados e objetos virtuais até simulações gráficas e propaganda de produtos comerciais, basta fazer uma busca por *Pyramid Hologram Screen*, por exemplo.

No que diz respeito a quantidade de pessoas, sugerimos que se tenha de 15 a 20 alunos, pois acima desta quantidade fica comprometida a discussão e conseqüentemente o atendimento (o atendimento deve ser feito com a divisão de grupos já estabelecidas, cumprindo um total de 5 estudantes para cada grupo).

Ao se trabalhar com as concepções prévias dos estudantes e demais modelos explicativos, ou respostas para os questionamentos levantados, evite classificar como certo ou errado. Todas as respostas devem ser consideradas e listadas para posterior investigação e reformulação, especialmente pelos próprios alunos que vão observando gradativamente que seus modelos não são suficientes para explicar, em termos científicos, os fenômenos observados e experimentos em sala de aula ou no laboratório didático da escola.

Sugestões de slides para as apresentações envolvendo os diversos momentos da seqüência didática estão disponíveis⁴ no **Anexo 2**.

Por fim, quanto aos processos avaliativos, recomenda-se que seja uma avaliação contínua observando a interação dos grupos, o empenho e desenvoltura dos indivíduos na execução das atividades propostas e participação nas discussões coletivas.

1.1. Objetivos da seqüência didática

O **objetivo geral** dessa seqüência didática remete a utilização em sala de aula das pirâmides “holográficas” como tema gerador de discussão para o ensino óptica no ensino fundamental (9º ano). O foco principal é promover a curiosidade do educando por meio do ficcional empregado pelas pirâmides e fomentar o ensino de alguns tópicos de óptica, tais como princípios da óptica geométrica, reflexão e refração da luz. Quanto aos **objetivos específicos**, almejamos:

- a. Possibilitar a discussão e o entendimento sobre o conceito de hologramas partindo da construção de uma pirâmide “holográfica”;
- b. Discutir temas da óptica que explicam a formação das imagens na “pirâmide holográfica”;
- c. Promover nos educandos a capacidade de observação, comunicação, controle de variáveis, formulação de hipóteses, coleta e interpretação de dados;

³ Disponibilizados alguns exemplos para download através do seguinte endereço eletrônico https://www.youtube.com/channel/UCQZnkc27LYuJ0i504tzeicq?disable_polymer=true Acesso em 28 de junho de 2018.

⁴ Para download no formato digital de apresentação, acessar: <https://drive.google.com/open?id=1NM0yYU8MNIYsduFEjfXbze3qfAu3NUT> Acesso em 28 de junho de 2018.

- d. Correlacionar os fenômenos ópticos experimentados nas pirâmides “holográficas” como outros sistemas ópticos;
- e. Compreender o que são dispositivos holográficos e seu emprego na sociedade contemporânea;
- f. Discutir os conceitos da óptica geométrica e seus princípios, conceituando a reflexão e refração da luz.

1.2. Estrutura geral da sequência didática

A sequência didática compõe um total de 9 (nove) aulas com 50min de duração cada. Deve ocorrer ao longo de três encontros, sendo três aulas para cada encontro. O objetivo principal de cada encontro, acompanhado das respectivas atividades realizadas estão descritas na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Quadro síntese das atividades realizadas nos encontros 1, 2 e 3.

	Objetivo principal	Síntese das atividades realizadas	
1º Encontro (150min)	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver e/ou estimular nos estudantes a curiosidade “ingênua” através do trabalho com formação das imagens através das “pirâmides holográficas”. • Gerar a problematização inicial. 	1º Momento (50min)	<ul style="list-style-type: none"> • Inicialmente, é apresentado pelo professor aos alunos uma pirâmide “holográfica” que servirá como ponto de partida para a discussão. • Os alunos são questionados como a imagem observada através da pirâmide é formada e denominada. • O professor reúne os modelos explicativos dos alunos sobre a formação de imagens através das pirâmides.
	<ul style="list-style-type: none"> • Selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações representados de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações-problema. 	2º Momento (60min)	<ul style="list-style-type: none"> • Prosseguiremos com a orientação para a montagem da pirâmide por parte dos alunos, que deverão ser divididos em pequenos grupos; • Montada a pirâmide, pediremos que os alunos armazenem em seus celulares os vídeos de “hologramas” que previamente foram escolhidos para serem projetados nas pirâmides. <i>Os alunos serão previamente avisados para que tragam os celulares, ficando um celular por grupo (de dimensões de 4 e 5”).</i> • Questionaremos os alunos a respeito das imagens produzidas nas pirâmides e com isso desencadaremos modelos de explicações para a formação das imagens nas pirâmides “holográfica”.
	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar e discutir as informações levantadas no momento inicial para melhor discutir a formação das imagens pelas pirâmides. 	3º Momento (40min)	<ul style="list-style-type: none"> • Retomaremos os questionamentos feitos no 1º momento que possibilitaram o início da discussão e reformulação de concepções iniciais que os alunos possuíam a respeito do significado das pirâmides e, por conseguinte dos hologramas.

2º Encontro (150min)	<ul style="list-style-type: none"> Retomar as discussões anteriores com foco sobre as explicações sobre a formação de imagens pelas pirâmides. 	1º Momento (45min)	<ul style="list-style-type: none"> Momento destinado para o debate e retomada do modelo explicativo sobre a formação das imagens na pirâmide que os alunos propuseram no encontro 1.
	<ul style="list-style-type: none"> Promover a transição da curiosidade “ingênua” em curiosidade “epistemológica” 	2º Momento (45min)	<ul style="list-style-type: none"> Discussão sobre a diferença entre os hologramas e as projeções bidimensionais. Para isso, será utilizado slides com cenas de filmes que são tratadas na mídia como supostos hologramas. Exibição de vídeos curtos de campanhas com supostas projeções holográficas. Contraponto com o emprego de hologramas enquanto dispositivo de segurança com nos cartões de crédito, cédulas de dinheiro e em alguns ingressos de shows e documentos de identificação.
		3º Momento (60min)	<ul style="list-style-type: none"> Estudo sobre propagação retilínea da Luz (Princípios da Óptica Geométrica). Para isso, será feito um experimento demonstrativo usando uma fonte de luz laser e farinha de trigo. Estudo sobre ângulo de incidência e de reflexão (Princípios da Óptica Geométrica e reflexão da luz). Para isso, será feito um experimento demonstrativo utilizando uma lata cilíndrica, espelho e papel milimetrado.
3º Encontro (150min)	<ul style="list-style-type: none"> Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema. 	1º Momento (50min)	<ul style="list-style-type: none"> O momento 1 será marcado pela retomada de conceitos sobre a reflexão e os princípios da óptica geométrica por meio de questionamento e experimentos realizados no encontro 2.
		2º Momento (40min)	<ul style="list-style-type: none"> Introduziremos o conceito de refração com a investigação desenvolvida com o auxílio do experimento do “Copo mágico”. Nesta investigação, lançaremos o problema a respeito do porque a imagem da colher fica torta, posteriormente iremos questionar as etapas experimentais que se seguem ao mudarmos as substâncias presentes no copo: de água para óleo.
	<ul style="list-style-type: none"> Apropriar-se de informações da física para compreender e interpretar os dados, de modo a aplicar o conhecimento em seu dia-a-dia. Analisar a mudança de conceitos ocorrida do encontro 1 para o encontro 3. 	3º Momento (60min)	<ul style="list-style-type: none"> Trabalho de manipulação sobre como a composição dos materiais realizada em três etapas: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1º: Realização de pequenos testes a respeito da visualização das imagens por entre os objetos; ➤ 2º: Questionamentos e levantamento de conceitos provenientes da observação; ➤ 3º: Colagem das películas nas chapas de vidro/acrílico, afim de testarmos a quantidade de luz que passa pelo corpo; ➤ 4º: Questionamentos finais e retomada de conceitos importantes da sequência de ensino investigativa.

			<ul style="list-style-type: none"> • Conclusão: discutir e analisa os fenômenos físicos com o intuito de retomar a diferença de um holograma para uma projeção de superfície.
--	--	--	---

2. PRIMEIRO ENCONTRO: *uma imagem misteriosa*

O primeiro encontro foca no desenvolvimento da problematização inicial sobre como funciona a pirâmide “holográfica” e o que são os hologramas, ou seja, questiona-se sobre a natureza das imagens geradas pelas pirâmides “holográficas”. Esse encontro se desenvolve em três momentos.

- i. Inicia-se com alguns questionamentos a respeito das imagens produzidas por esses dispositivos ópticos;
- ii. Segue com discussões sobre a concepção popular de hologramas, especialmente aqueles relacionados ao universo cinematográfico;
- iii. Por fim, é proposta a construção das pirâmides “holográficas” para melhor investigar e responder os questionamentos levantados inicialmente.

Objetivos: Questionar a natureza das imagens geradas pelas pirâmides “holográficas”.

Recursos/ Matérias: Pirâmide e base com suporte construído previamente.

Duração: 3 aulas de 50 minutos.

Tópicos abordados: Formação de imagens; Reflexão da luz; Princípios da óptica geométrica; Discussão do conceito de holograma.

1º Momento (50min)

Esse momento inicia-se com a apresentação para a turma de uma imagem gerada por uma pirâmide “holográfica” construída previamente (**Figura 2**). Orientamos que o professor monte a pirâmide antes do início da aula, haja vista que o objetivo é que os alunos sejam indagados sobre o princípio de funcionamento desses dispositivos ópticos. As orientações para construção e funcionamento da pirâmide estão especificadas a seguir.

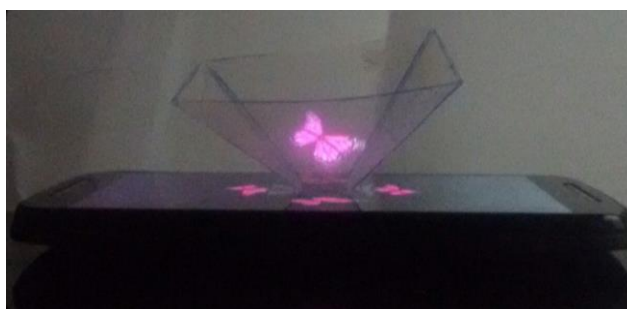


Figura 2 – Pirâmide “holográfica” indicada para montagem com a imagem de um suposto “holograma” em uma de suas faces. Fonte: Autoria própria.

2.1. Orientação para construção e funcionamento da pirâmide “holográfica”

Materiais necessários:

- ✓ Tesoura;
- ✓ Papel milimetrado;
- ✓ Régua;
- ✓ Lápis;
- ✓ Fita (durex);
- ✓ Capa de CD ou papel de transparência;
- ✓ Smartphone.

Nosso objetivo é montar uma pirâmide “holográfica” de base quadrangular seguindo as etapas do processo de montagem e que ao final a mesma possa possuir a seguinte forma.

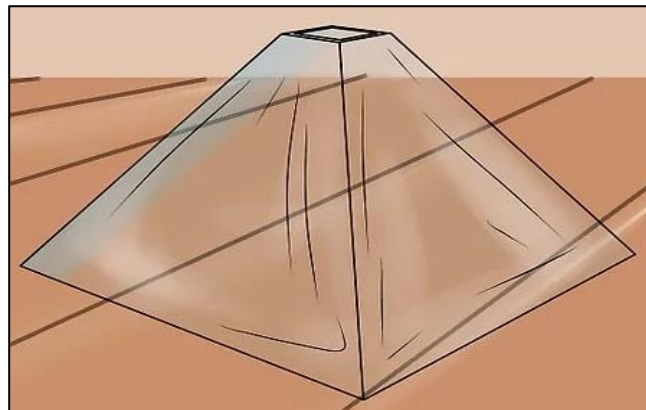


Figura 3 – Pirâmide “holográfica” de base quadrangular após montagem. Fonte: Wikihow. <https://www.wikihow.com/Make-a-Holographic-Illusion-Pyramid> Acesso em 23 de junho de 2018.

1º **Marcação na folha de papel milimetrado para a construção dos moldes:** com o uso da caneta, régua e papel milimetrado, tome as dimensões padrão da **Figura 4**. Trace a linha da base maior com 6 cm, em seguida encontre na base maior, o ponto mediano. Acompanhado disso, trace uma linha na vertical de altura de 3,5 cm em direção a base menor. Após este procedimento, trace novamente na horizontal 0,5 cm a esquerda e 0,5 cm a direita, formando assim a base menor de 1 cm de comprimento. Este procedimento dará o molde para a confecção dos quatro necessários para a construção da pirâmide. Abaixo, ilustramos os respectivos valores traçados no papel milimetrado.

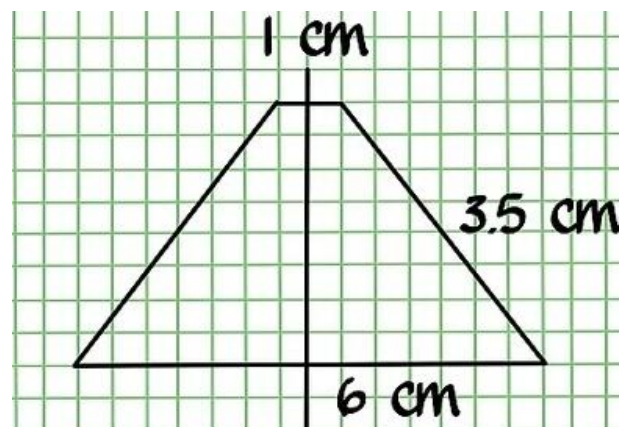


Figura 4 – Medida do trapézio na folha milimetrada. Fonte: Wikihow. <https://www.wikihow.com/Make-a-Holographic-Illusion-Pyramid> Acesso em 23 de junho de 2018

- 2º **Corte da folha de papel milimetrado com o formato dos moldes:** os alunos ou o professor deve cortar as faces e o centro das pirâmides de acordo com o modelo que expomos na **Figura 5** de modo que os traços sejam exatos e sem irregularidades. Pode ser feito o corte para o papel milimetrado e transparência com tesoura ou estilete, mas a capa de CD teve de ser feita apenas com estilete.

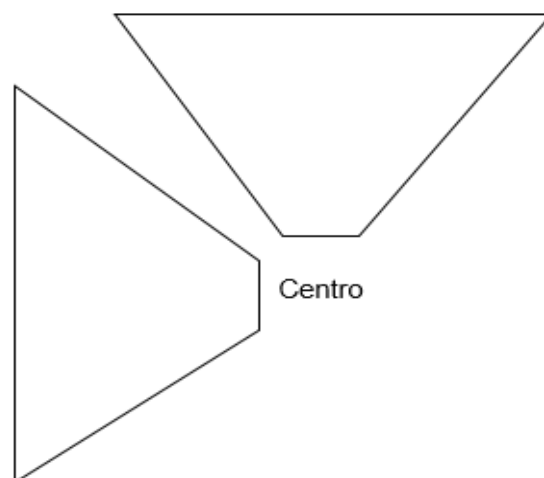


Figura 5 - Figura do trapézio pronto após a marcação das medidas indicadas. Fonte: Autoria própria

- 3º **Marcação e corte dos trapézios com uso dos moldes na capa de CD e folha de transparência:** coloque sobre uma superfície plana a capa de CD ou a folha de transparência, de modo que com uma das mãos possa pressionar o molde e com a outra, persiga com a caneta para que se tenha a marcação do trapézio sobre a superfície. Lembre-se que será necessária a marcação de quatro trapézios (**Figura 6**)

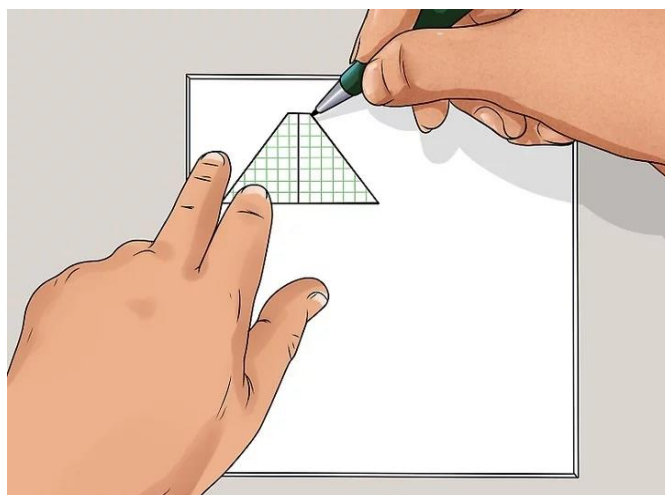


Figura 6 - Marcação e corte das superfícies. Fonte: Wikihow. <https://www.wikihow.com/Make-a-Holographic-Illusion-Pyramid> . Acesso em 23 de junho de 2018

Após as marcações, com o uso do estilete e uma régua, siga as linhas traçadas nas figuras de modo a cortar cada uma delas e obter os quatro trapézios.

- 4º **Montagem final da pirâmide “holográfica”:** inicialmente os alunos devem juntar lado a lado duas peças do modelo de plástico previamente cortado (**Figura 7**). Em seguida, bote um pedaço de fita na parte superior e na parte inferior, onde suas margens se encontram. Assegure-se de que a fita seja afixada em ambos os lados dos trapézios, sempre os mantendo juntos.

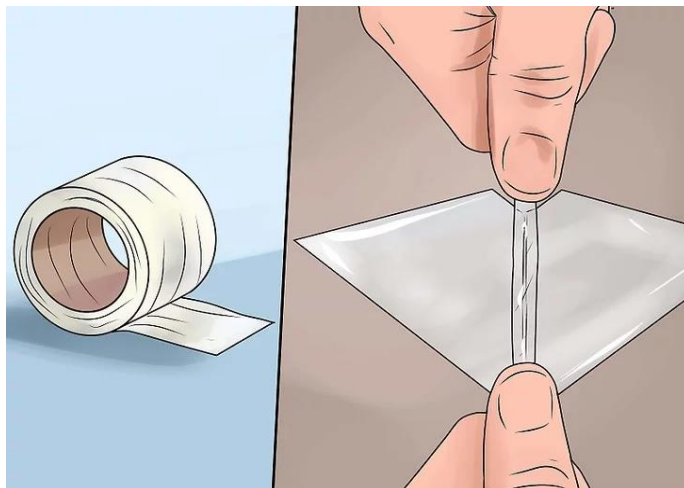


Figura 7 - Fixação dos moldes com fita adesiva. Fonte: Wikihow. <https://www.wikihow.com/Make-a-Holographic-Illusion-Pyramid>. Acesso em 23 de junho de 2018

Depois, prenda as duas peças que restam em cada extremidade do mesmo modo que a **Figura 6**, de forma que as quatro peças devam ser coladas juntas e formem a **Figura 7**.

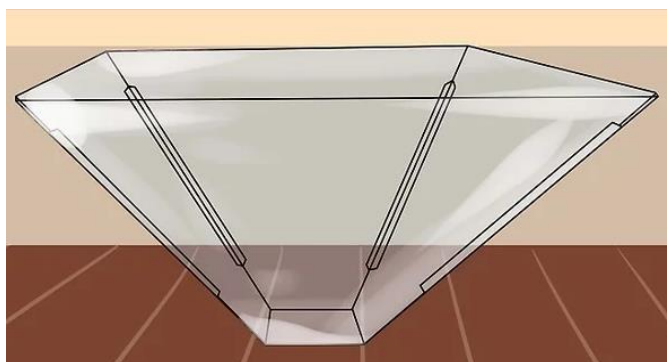


Figura 7 - Modelo pronto após a fixação de todas os moldes. Fonte: Wikihow. <https://www.wikihow.com/Make-a-Holographic-Illusion-Pyramid>. Acesso em 23 de junho de 2018

- 5º **Fixação da pirâmide “holográfica” no display do smartphone:** selecione previamente uma sequência de vídeo de *hologramas* disponível no youtube de acordo com a sugestão de link que passamos na sequência didática. Leve sempre em consideração que nas escolas não pode haver sinal de wifi, o que impossibilitará que o professor ou o aluno faça o download na hora. Fixe a pirâmide no display do celular e ajuste de forma a centralizá-la após dar o play no vídeo, desse modo teremos uma igualdade de proporção da tela.

2.1.1. Montagem alternativa para a pirâmide “holográfica” com impressão dos trapézios:

Uma outra maneira viável para a construção da pirâmide, é utilizar a página de impressão com os moldes prontos a serem impressos nas folhas de papel de transparência (**Anexo 1**). Como guia para impressão e agilidade na confecção, aconselhamos também que o professor imprima os moldes, o que irá agilizar o corte e montagem da pirâmide, ficando para os alunos a tarefa do corte e fixação com fita adesiva.

2.2. Problematização Inicial

Iniciaremos a aula com uma perspectiva investigativa, aonde o aluno será levado a descrever o fenômeno observado por ele. Busca-se promover a curiosidade primeira (curiosidade ingênua), aquela baseada no senso comum. Desta forma, propomos uma perspectiva de aula em que o professor possa desafiar os alunos através dos questionamentos sobre a formação das imagens na pirâmide que ele está apresentando.

Pode-se ainda utilizar pirâmides com diferentes angulações ou objetos geométricos diferentes (um cubo, por exemplo) construídos com o mesmo material da pirâmide “holográfica” (acrílico ou folhas de acetato) para discutir se elas terão o mesmo efeito ou resultado com relação a formação das imagens pela pirâmide apresentada inicialmente.

É importante que o professor desencadeie uma sequência de anotações no quadro de respostas, pois estas facilitaram as discussões ao longo da atividade.

Questionamentos iniciais com a exibição da pirâmide:

- *Vocês já viram algo deste tipo? Aonde?*
- *Como poderíamos chamar estas imagens?*
- *Que situação mais chama sua atenção nesta imagem?*
- *Como as imagens que você ver são formadas?*
- *De que forma podemos ver estas imagens?*
- *Que mistério existe por trás deste experimento?*

Orientamos que o professor faça uma lista no quadro com os possíveis argumentos/respostas apresentados pelos alunos aos questionamentos e após o segundo momento, refaça algumas perguntas para que se observe um potencial avanço nas ideias contidas no problema central.

2º Momento (60min)

Nesta etapa, orientaremos a construção das pirâmides holográficas por parte dos alunos. Para isso, apresente a sequência de montagem especificada anteriormente para a pirâmide “holográfica”. Deve-se incentivar a participação, a criatividade e o interesse sobre o que eles vêem e de que forma eles podem descrever e/ou reproduzir o fenômeno observado.

Projetamos para o momento 2, uma possibilidade de desenvolver a criatividade e como um todo a recriação de possibilidade de testes e organização de conhecimentos que os alunos possuem e que ao mesmo tempo podem determinar a necessidade de aquisição de novos conhecimentos para explicar o que ali são desafiados a inventar.

A turma deve ser dividida em grupos de no máximo 5 alunos e seja levado em consideração o tempo e as condições do ambiente a aplicação do produto, pois existe uma necessidade de um local com baixa luminosidade.

Como cada escola difere pelas suas características próprias, o professor pode levar os quatro trapézios que compõem a pirâmide cortados, para que no final se ganhe mais tempo nas discussões e formação de conclusões.

Todavia, também indicamos que existe uma riqueza de propósitos a serem alcançados, quando levamos em conta que as construções das pirâmides podem ser feitas do “zero”, desde a marcação até a colagem de cada face.

Questionamentos para desafiar a construção das pirâmides:

- *Você saberia construir algo parecido com isto?*
- *Como você poderia construir algo parecido com isto?*

Após a divisão dos grupos e distribuição dos materiais, o professor irá orientar a montagem das pirâmides, pedindo para que recortem pedaços de fita ou durex e em seguida cole as laterais dos trapézios deixando sempre a base menor (1 cm) para baixo.

Com a montagem feita, orientaremos que os alunos utilizem seus smartphones para pesquisarem e baixarem vídeos no *Youtube* com o título: Pyramid Hologram Screen para que posteriormente possam ser projetadas ou o professor poderá neste caso fazer o download anteriormente a aula e compartilhar com os alunos em sala. Abaixo alguns exemplos:

Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=TC6gaT9B04E>

Vídeo 3: https://www.youtube.com/watch?v=ASX_d0H0HYw

Vídeo 4: <https://www.youtube.com/watch?v=3eVSJkwjSmY&t=5s>

Com obtenção dos vídeos por parte dos alunos, pediremos que eles executem o vídeo e visualizem a parte central para que possam afixar a pirâmide no ponto entre as quatro imagens. Encontrado este ponto, pediremos que cole com um pequeno pedaço de fita a pirâmide na tela do *smartphone* e em seguida com todas as luzes da sala apagadas faremos as projeções holográficas.

Momento 3 (40 min):

Este momento foi idealizado para que o professor possa retomar alguns questionamentos e levantar hipóteses sobre o que foi reformulado das suas concepções iniciais com a construção das pirâmides.

Nesta etapa, fomentamos que haja um conflito de ideias que possam permitir nos alunos, uma inquietação sobre o que eles vêem e o que relacionam com os seus conhecimentos prévios, no entanto que sejam questionados e levados a entender que há uma necessidade de aceitar a mudança e perceber que os erros existem e que estes devem buscar uma nova solução. “A finalidade desse momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão, e fazer com que ele sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém”. (MUENCHEN et al, 2014, p. 620).

Questionamentos de finais:

- *Então, agora que você montou sua pirâmide, o que de fato notou de diferente na formação da imagem?*
- *O que mais te chamou atenção após construir a pirâmide?*
- *Qualquer vídeo que for exibido terá este efeito?*

3. SEGUNDO ENCONTRO: estudando os fenômenos da luz.

Ao compor a segunda parte da sequência, este encontro dois será marcado por discussões a respeito da luz e suas relações com a holografia, desmitificando o propósito de que holograma é uma mera projeção de luz no espaço ou em superfícies. Este encontro dois está dividido em três momentos.

- i. Retomaremos e discutiremos os modelos explicativos a respeito da formação das imagens nas pirâmides de acordo com o que foi levantado no encontro anterior;
- ii. Em seguida iremos discutir a “vulgarização” da exposição do conceito dos hologramas aos diversos casos de filmes e reproduções da mídia, contrapondo com o uso da holografia na sociedade, tais como: segurança, informática e tecnologias no geral.
- iii. Seguiremos no momento 3, com a realização de dois experimentos a fim de discutir o fenômeno da reflexão da luz e sua relação com a formação das imagens na pirâmide “holográfica”.

Objetivos: Conceituar e distinguir um holograma de uma reflexão comum de imagens.

Recursos/ Matérias: atividades experimentais e recurso multimídia.

Duração: 3 aulas de 50 minutos.

Tópicos abordados: formação de imagens, reflexão da luz, princípios da óptica geométrica e discussão do conceito de holograma.

Momento 1 (45 min):

Faremos aqui uma discussão sobre o que foi abordado no encontro anterior, dessa maneira bancaremos questionamentos para que os alunos possam inferir sobre as mudanças percebidas antes e depois da construção da pirâmide. O intuito principal é discutir sobre a formação das imagens e também sobre a influência da forma geométrica a ser adotada para efetivo efeito da projeção. Retomaremos as discussões anteriores e enfatizaremos o que ficou aberto, neste momento iremos observar se o conceito formado pelos alunos é ou não o de holograma.

Questionamentos de retomada e ligação com o momento 2:

- *Para vocês o que foi trabalhado na aula passada surtiu alguma diferença na forma como algumas coisas são observadas agora?*
- *Por que não conseguimos enxergar o efeito daquelas imagens sem construir aquela pirâmide?*

Orientamos que o professor faça uma lista no quadro com os possíveis argumentos/respostas apresentados pelos alunos aos questionamentos e compare a evolução das respostas obtidas posteriormente.

Momento 2 (45 min):

Iremos discutir inicialmente a respeito de algumas imagens mostradas nos filmes que utilizam supostos hologramas e realidade virtual. Nesta etapa da aula levantaremos algumas questões sobre o que os alunos entendem sobre holograma, holografia, imagens 3D e realidade virtual e quais ligações fazem com sua vivência diária.

Para que as imagens não sejam jogadas de maneira aleatória e que o professor possa ter um norte para a condução do **momento 1, 2 e 3**, produzimos uma sequência de slides (**Anexo 2**) com as imagens e questionamentos que deverão ser colocados no momento oportuno. Não descartamos que o professor possa fazer qualquer tipo de alteração na sequência de slides ou perguntas.

Abaixo, colocamos os questionamentos que também se encontram nos slides, contudo o que queremos enfatizar neste momento é a capacidade dos alunos em poderem relacionar e posteriormente entenderem a diferença que existe nos hologramas e os “falsos” hologramas.

É a partir desta perspectiva, que primeiro mostraremos exemplos que vulgarmente são conhecidos como “holograma” no nosso dia-a-dia e posteriormente contrapor esta ideia discutindo a questão da real aplicabilidade dos hologramas na sociedade, sendo estes como elementos de segurança.

Para que possamos atingir tal meta, primeiro iremos expor as imagens de filmes que se dizem utilizar os hologramas como: Homem de Ferro, Avatar, Star Wars e Minority Report. Além disso, também iremos expor um suposto holograma utilizado para a promoção do protesto da Lei da Mordança.

Questionamentos:

Apresentação das questões relacionadas as imagens:

- *Qual o significado que estas imagens têm para você?*
- *Em sua opinião, por que este tipo de tecnologia causa tanto fascínio pelas pessoas que o veem?*
- *Qual o nome que você daria para estas imagens ou representações?*
- *Por que que a exemplo da pirâmide, algumas dessas imagens precisam de uma superfície para serem projetadas? Você consegue observar isso?*
- *Se você fosse um publicitário e desejasse divulgar a marca do seu produto, seria válido utilizar esta tecnologia para sua campanha? Quais seriam os pontos positivos?*

Refletindo sobre como contrapor as ideias empregadas de forma “vulgar” a respeito dos hologramas, discorreremos na exposição e discussão sobre a aplicabilidade dos hologramas na sociedade, utilizando como referencial os itens de segurança presentes nos papéis e documentos que são empregados pela esfera federativa como item de segurança.

Neste instante reproduziremos para os alunos dois vídeos que tem como foco a explicação sobre como identificar os elementos de segurança das notas da segunda família do real. Esperamos que com o correr do vídeo os alunos sejam instigados a descobrirem estes itens e frisamos que no tempo 3:13 do vídeo 5, o mesmo irá tratar sobre as faixas holográficas como elemento de segurança. Sentindo a necessidade, o professor pode ter em mãos cédulas de R\$ 50,00 e R\$ 100,00 para evidenciar o real sentido das faixas holográficas. Utilizaremos o vídeo 6 para gerarmos um conflito sobre a diferença entre as faixas holográficas e projeções em superfícies aonde no vídeo 6 teremos a exposição de projeções em superfícies.

Vídeo 5: <https://www.youtube.com/watch?v=xbyNp0Gxsg8&t=3s>

(Vídeo de treinamento Segunda Família do Real – 4:33)

Vídeo 6: <https://www.youtube.com/watch?v=k41mbUBF2SQ>

(Vídeo Iron Man 2 Amazing interfaces and holograms. – 2:34)

Combinando o vídeo que discorre sobre as faixas holográficas nas notas como dispositivo de segurança contra falsificação, seguiremos a alteração mostrando a questão que envolve outras esferas dos hologramas como item de segurança. Desta maneira iremos expor duas figuras de cartão de crédito que evidencia os selos holográficos e acompanhada dela, uma imagem da habilitação que mostra a faixa holográfica característica do nome do DETRAN.

Questionamentos:

- *De acordo com os seus conhecimentos, como você poderia explicar o funcionamento de um holograma?*

Estas questões servirão como ligação para que o professor possa trabalhar a diferença dos hologramas para projeções em superfícies.

- De acordo com as imagens vistas e os vídeos que foram exibidos, ambos possuem o mesmo significado, ou seja, são hologramas? Qual a diferença? Como você consegue perceber isto?
- Como você poderia descrever o mecanismo utilizado na pirâmide e o que foi utilizado no protesto? Eles têm alguma coisa em comum?

Propomos no final deste momento, a discussão a respeito da elaboração das respostas que foram feitas pelos alunos e em seguida um comentário coletivo sobre o tema: “holograma”, afim de que os alunos possam intervir no momento 3 com explicações e relações com os experimentos feitos.

Momento 3 (60 min):

Nesta etapa trataremos dos fenômenos da reflexão e discutiremos a respeito de como de fato as imagens são formadas na pirâmide holográfica. Para que possamos iniciar a discussão perguntaremos aos alunos: **o que acontece se modificarmos o ângulo de observação na pirâmide que construímos na aula anterior?**

Experimento 1: “Propagação retilínea da luz”

Materiais: laser e talco/farinha de trigo.

Descrição: pretendemos analisar por meio do experimento os princípios da óptica geométrica e evidencia uma possível explicação para a formação das imagens na pirâmide holográfica.

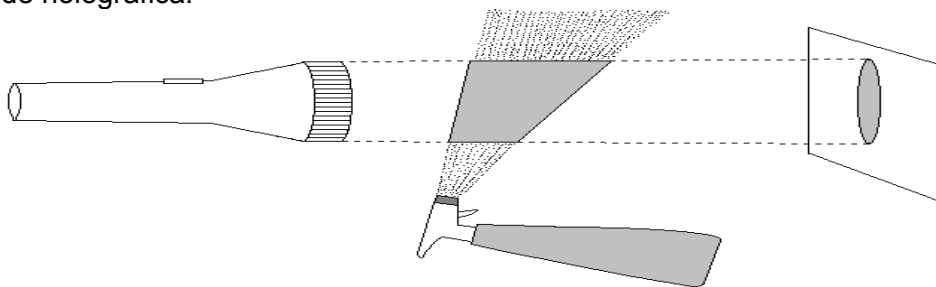


Figura 9 - Esquema da montagem - Fonte: <http://fisicanoja.blogspot.com/2009/10/1-existencia-e-propagacao-retilinea-da.html>. Acesso em 23 de junho de 2018.

Montagem e execução: incentive a participação dos alunos, pergunte quem quer participar da atividade experimental e siga as seguintes orientações:

- Chame um dos alunos e o oriente a apontar o laser para o fundo da sala, na direção horizontal;
- Chame o aluno dois e o oriente para que com o uso da farinha de trigo ou talco, libere lentamente o pó paralelo a direção do laser e em seguida caminhe para o final da sala;
- Os demais alunos podem formar uma meia lua e observar a execução do experimento, lembrando que o mesmo pode ser repetido por várias vezes conforme demanda do professor.

Após a execução do experimento, o professor irá discutir com os alunos, levantando os questionamentos e relacionando o a questão da formação da imagem na pirâmide “holográfica”, de acordo com as questões abaixo.

Questionamentos:

- Ao observar o experimento, como você poderia descrever o caminho que a luz percorreu? Ela sofreu desvios?
- O fato da luz se propagar desta forma, explicaria o caso da formação da imagem na pirâmide?

- *Ao observar o experimento, você conseguiria explicar o que é um raio de luz, um feixe de luz e uma fonte de luz?*
- *Quais os tipos de fontes de luz? Citar exemplos.*
- *Será que podemos generalizar e montar um princípio para propagação da luz?*

Desafiados pelo momento inicial, confrontamos os alunos sobre a relação entre a propagação da luz e a formação das imagens na pirâmide. Pretendemos aqui, fornecer meios aos quais os alunos possam através da sua curiosidade primeira, se distanciar lentamente pela quebra dos paradigmas para a curiosidade epistemológica. De fato, transitamos do primeiro momento pedagógico (problematização inicial) para o segundo momento (organização do conhecimento), aonde “sob a orientação do professor, os conhecimentos de física necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados”. (MUENCHEN et al, 2014, p. 620).

Experimento 2: “Lata mágica”

Materiais: lata de alumínio, espelho, laser e folha impressa com um transferidor.

Descrição: analisaremos a reflexão da luz e observaremos a correspondência no ângulo de incidência e no ângulo de reflexão da luz.

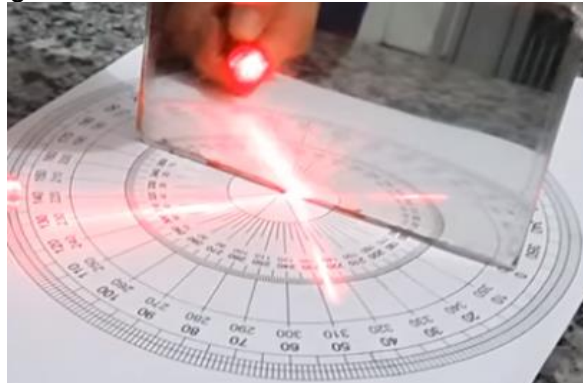


Figura 10 - Imagem do Youtube. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=N7NilzmSfwk>. Acesso em 23 de junho de 2018

Montagem e execução:

- Reúna os alunos no centro da sala e apoie sobre uma mesa o aparato experimental;
- Os alunos devem se acomodar de forma que consigam visualizar o experimento para o ângulo de incidência e de reflexão;
- Coloque a folha impressa (**Anexo 3**) sobre a mesa e fixe o espelho na vertical acima da folha;
- Aponte o laser para o espelho de acordo com o ângulo incidente desejado e observe o ângulo refletido.

Questionamentos:

- *Por que quando estamos diante de um espelho podemos observar nossa imagem?*
- *Por que se mudarmos nossa posição, possivelmente não conseguimos enxergar a nossa imagem?*
- *Imagine que você possui duas superfícies: uma totalmente polida (espelho) e outra totalmente rugosa (superfície de um lago), qual a diferença que existe nas imagens observadas?*
- *O que você observou quando foi colocado o laser em diferentes ângulos? Como explicar isso?*
- *Que relação entre os ângulos podemos levantar e comparar quando nos referimos com as pirâmides? Existe um ângulo específico para podemos observar as imagens?*

Conclusão: O professor ao final da atividade deve reunir os alunos e ajudar na organização das ideias:

- ❖ *Afinal, vocês acham que todas as imagens que observamos são hologramas? E os vídeos? Como você explicaria essa diferença que existe?*
- ❖ *Empregando os experimentos e o conceito de reflexão que utilizamos, como podemos explicar a formação da imagem na pirâmide? De que forma?*

4. TERCEIRO ENCONTRO: Por que a imagem está torta? Por que não consigo enxergar?

Com o objetivo de retomar o conceito dos hologramas e, por conseguinte as suas bases fenomenológicas, utilizaremos no 3º encontro um momento de recapitulação de conceitos e posterior discussão sobre o fenômeno da refração. Tal proposta baseia-se no entendimento sobre a utilização de diferentes materiais aos quais a pirâmide “holográfica” pode ser construída, assim aproveitaremos o viés dessa diferença para discutir o índice de refração e a influência na formação das imagens. Evidenciamos a divisão dos encontros da seguinte maneira:

- i.* Retomada inicial dos modelos explicativos a respeito dos hologramas, bem como a visão dos alunos a respeito das imagens e vídeos utilizados no encontro anterior ao relacionarmos com o fenômeno da reflexão da luz;
- ii.* Desencadeamento experimental para tratar o fenômeno da refração e sua relação com o caso da formação das imagens na pirâmide;
- iii.* Proposta final de manipulação com diferentes tipos de materiais, a fim de configurar uma relação do índice de refração e o caso da formação das imagens na pirâmide.

Objetivos: Discutir o conceito de refração e índice de refração.

Recursos/ Matérias: chapas de vidro, plástico, acrílico e diferentes tipos de película (*insulfim*, mais conhecida no mercado como número 2 e número 3).

Duração: 3 aulas de 50 minutos.

Tópicos abordados: formação de imagens; refração da luz; índice de refração; princípios da óptica geométrica; discussão do conceito de holograma.

Momento 1 (50 min):

Faremos a retomada dos conceitos da reflexão e princípios da óptica geométrica com questionamento a respeito do que eles conseguem lembrar. ***Indicamos que o professor divida os alunos em grupos de no máximo 5 alunos e que os oriente para escreverem as respostas em uma única folha de caderno, afim de que esta sirva para análise e possíveis avaliações sobre a atividade ao final da sequência.***

Questionamentos iniciais para a retomada de conceitos:

- *Você seria capaz de lembrar os experimentos dos encontros anteriores?*
- *Você conseguiu encontrar alguma aplicação do que estudamos em sua casa? Aonde? Você consegue explicar?*
- *Quais as dificuldades encontradas para se estudar a luz?*
- *Por que para conseguirmos enxergar a propagação da luz, tivemos que espalhar a farinha de trigo? Será que se colocarmos outra coisa funciona? Qual? (Sugerimos que o professor possa refazer o experimento da propagação retilínea da luz, utilizando talco ou outra substância).*

➤ *Você conseguiria imaginar a natureza ou as coisas a sua volta sem que pudéssemos ter o fenômeno da reflexão? Explique sua resposta.*

Momento 2 (40 min):

Seguiremos a sequência para o momento 2 com a proposta do experimento do “copo mágico”, este está baseado no fenômeno da refração. Aqui expomos aos alunos, o despertar da curiosidade no que se refere a entender o porquê que os diferentes corpos possuem diferentes forma de propagação da luz.

Experimento 1: “Copo Mágico”

Materiais: copo de vidro, colher, óleo de comida e água.

Descrição: analisaremos a refração da luz e observaremos a mudança do objeto e a imagem, com esse resultado faremos a análise com a questão do tipo de material para que a pirâmide seja construída.



Figura 11 – Brasil Escola. Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-refracao-luz.htm>. Acesso em 23 de junho de 2018

Montagem e execução:

- Inicialmente organize os alunos de forma que eles formem uma meia lua e consigam enxergar o experimento;
- A primeira etapa do experimento deve ser realizada com água e em seguida sendo executadas as primeiras quatro perguntas e em seguida deve trocar a água pelo óleo e executar as demais perguntas.

Questionamentos:

Executar o experimento apenas com água:

- *Por que ao colocarmos a colher dentro do copo conseguimos enxergá-la?*
- *O que acontece com a colher ao colocarmos no interior do copo?*

- *Você saberia ilustrar a trajetória do raio antes e depois de adentrar o copo?*
- *Qual explicação você daria para o fenômeno que acontece com o copo e a água?*
- *O que você observa quando colocamos na frente do copo uma régua na vertical e compara com a imagem da colher dentro do copo com água? O que você observou permaneceu na mesma linha que a régua marcava? A colher colocada no copo com água ficou na mesma linha da régua? Qual a principal diferença encontrada?*

Execução do experimento com óleo:

- *Agora vamos mudar, coloque no copo óleo de comida ao invés de água e mergulhe a colher. O que acontece?*
- *Ilustre novamente a trajetória do raio, agora quando colocamos óleo e mergulharmos a colher. Comparando com a ilustração anterior, qual diferença você observou?*
- *Pois bem, colocamos a água e o óleo juntos, que efeito acontecerá ao adicionarmos a colher? Descreva o que você consegue enxergar.*

No momento final sugerimos que o professor coloque um transferidor junto da régua, para que este consiga observar o desvio angular provocado pelo índice de refração presente na água e no óleo.

- *Que efeito você conseguiu observar ao colocar o transferidor na frente do copo e comparar a imagem original e a que você observa no copo? Será que é a mesma imagem?*

Momento 3 (60 min):

Propomos nesta etapa o trabalho de manipulação, a fim de testarmos os diferentes materiais e possíveis entraves na formação das imagens e assim podermos estabelecer que para a construção da pirâmide, levamos em conta a influência dos diferentes materiais.

Materiais:

- ✓ Chapa retangular de acrílico de 20 cm x 20 cm;
- ✓ Chapa retangular vidro transparente de 20 cm x 20 cm;
- ✓ Chapa retangular de plástico transparente de 20 cm x 20 cm;
- ✓ Película de carro ("insulfilm") com diferentes níveis de transparência;

Orientamos ao professor que inicie a discussão perguntando aos alunos se algum deles conhece estes materiais e em que eles podem ser aplicados.

Etapa 1:

Peça aos alunos que utilizem as chapas dos diferentes materiais e façam as seguintes análises ao colocarem um objeto atrás das chapas.

- *O que vocês conseguem observar de diferença ao colocar os objetos por trás das chapas?*
- *O que será que causa esta diferença que vocês descreveram?*
- *Existe alguma relação com o que vocês observaram no experimento do "copo mágico" e estes materiais? Descreva estas observações.*

Etapa 2:

Utilize com os alunos as chapas de vidro e oriente a colagem das películas e compare os diferentes resultados obtidos antes e depois da colagem das películas,

deixando bem evidente que a mudança de material influencia na “passagem” de luz pelo vidro, podendo ao final associar este quesito com o índice de refração.

Questionamentos:

Antes da colocação da película:

- *O que você observou ao colocar o objeto atrás da chapa de vidro?*
- *Como isso é possível? Você saberia explicar?*

Após colocar a película, de acordo com a orientação abaixo:

Orientação para colocação da película na chapa: coloque a chapa de vidro ou acrílico na mesa “deitada” e cole a película na chapa, retirando o adesivo da película e seguidamente adesivando a chapa.

- *Quais as mudanças que você observou em relação a chapa com e sem película?*
- *Como você explicaria este fenômeno?*
- *Qual relação existe com o experimento do “copo mágico”?*
- *De acordo com o que nós já estudamos nos encontros anteriores e lembrando o experimento da pirâmide, será que conseguiríamos montá-la com qualquer tipo de material? Explique sua resposta.*

5. Conclusão:

Dialogando sobre a perspectiva da transição da curiosidade ingênua para a curiosidade epistemológica e por assim utilizar a mediação ao qual os três momentos pedagógicos se fazem necessário, vislumbramos nessa etapa as relações principais aos quais os alunos deverão fazer para que apoiem seu conhecimento e possam dialogar sobre a gênese da diferença entre hologramas e pseudo hologramas.

Com isso, fomentamos que o professor ao final da aplicação do produto perpassasse as etapas de modo a examinar e mediar as hipóteses, conclusões e modelos explicativos que foram formados ao longo desta sequência de ensino.

Elaboramos assim, uma temática de discussão e relações importantes para que seja utilizada pelo professor ao final da sequência e poder com isso, fechar a atividade alcançando as analogias e possibilitando aos alunos aplicar o conhecimento “as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento”. (MUENCHEN et al, 2014, p. 620).

Caso o professor queira utilizar o material pronto como uma folha guia para a resolução, preenchimento ou até mesmo como instrumento de avaliação (**Anexo 4**).

- **Intervenção 1:**

Com o intuito de entender o problema conceitual que envolve a caracterização dos hologramas, ou seja, sobre o problema central em diferenciar um holograma de um falso holograma, aconselhamos que o professor retome o uso da pirâmide “holográfica”, agora já pronta como ferramenta de discussão.

Inicie a discussão:

- *A respeito do fascínio e sensação pela qual percebemos que as imagens estão flutuando, por que pensamos que as imagens nas pirâmides são 3D?*

- **Intervenção 2:**

Nesta segunda intervenção, trabalharemos com o erro do emprego dos hologramas muito utilizado em filmes, shows e até propagandas no nosso cotidiano. Aqui iremos expor a relação do fenômeno da reflexão e os princípios de propagação da luz no show de Snoop Dog, ao qual empregou um “holograma” que teria como princípio o mecanismo do *Fantasma de Pepper* e por assim dizer com o funcionamento da pirâmide “holográfica”.

Inicie a discussão:

Mostre o esquema utilizado para a projeção no show do Snopp Dog do Tupac Shakur, vide **Figura 12**. (Caso o professor queira ler sobre maiores detalhes, indicamos o capítulo 2 da dissertação).

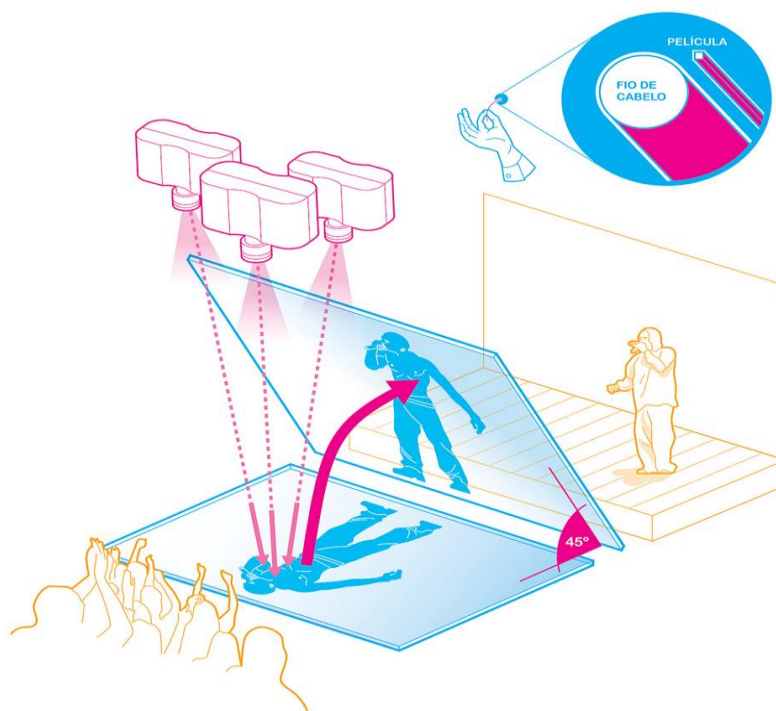


Figura 12 - Esquema explicativo do dispositivo gerador de imagem de Tupac Shakur. Fonte: Superinteressante/Holograma Tupac | Rabisco Estúdio, <https://www.flickr.com/photos/rabiscoestudio/8039969263>. Acesso: em 31 de maio de 2018.

Em seguida, inicie os questionamentos:

- *Como você explicaria a formação da imagem que os expectadores conseguem visualizar no esquema da figura? Existe alguma relação com as pirâmides?*
- *Você conseguiria montar um desenho que explicaria o funcionamento para o dispositivo gerador de imagem?*

➤ Intervenção 3:

Nesta última etapa, iremos evidenciar o fenômeno da refração e suas relações com a intervenção 1 e 2 desta conclusão. Aqui podemos dialogar sobre a perspectiva da relação entre a construção do material que constitui a pirâmide e o processo que envolve a propagação da luz nos corpos em função da influência deste material.

Inicie com:

- *Quando construímos a pirâmide utilizamos o papel de transparência, mas será que o efeito produzido seria o mesmo caso colocássemos uma película sobre o papel? Por que?*

6. Sugestão de aplicação para ensino médio

Por fazerem parte de um grupo de alunos com idades entre 15 e 17 anos, sugerimos ao professor que execute as atividades enfatizando as ligações diretas com a Física e adaptando o processo a um rigor matemático maior. Como estamos trabalhando a óptica e em especial tópicos como: princípios da óptica geométrica, reflexão e refração da luz e espelhos planos.

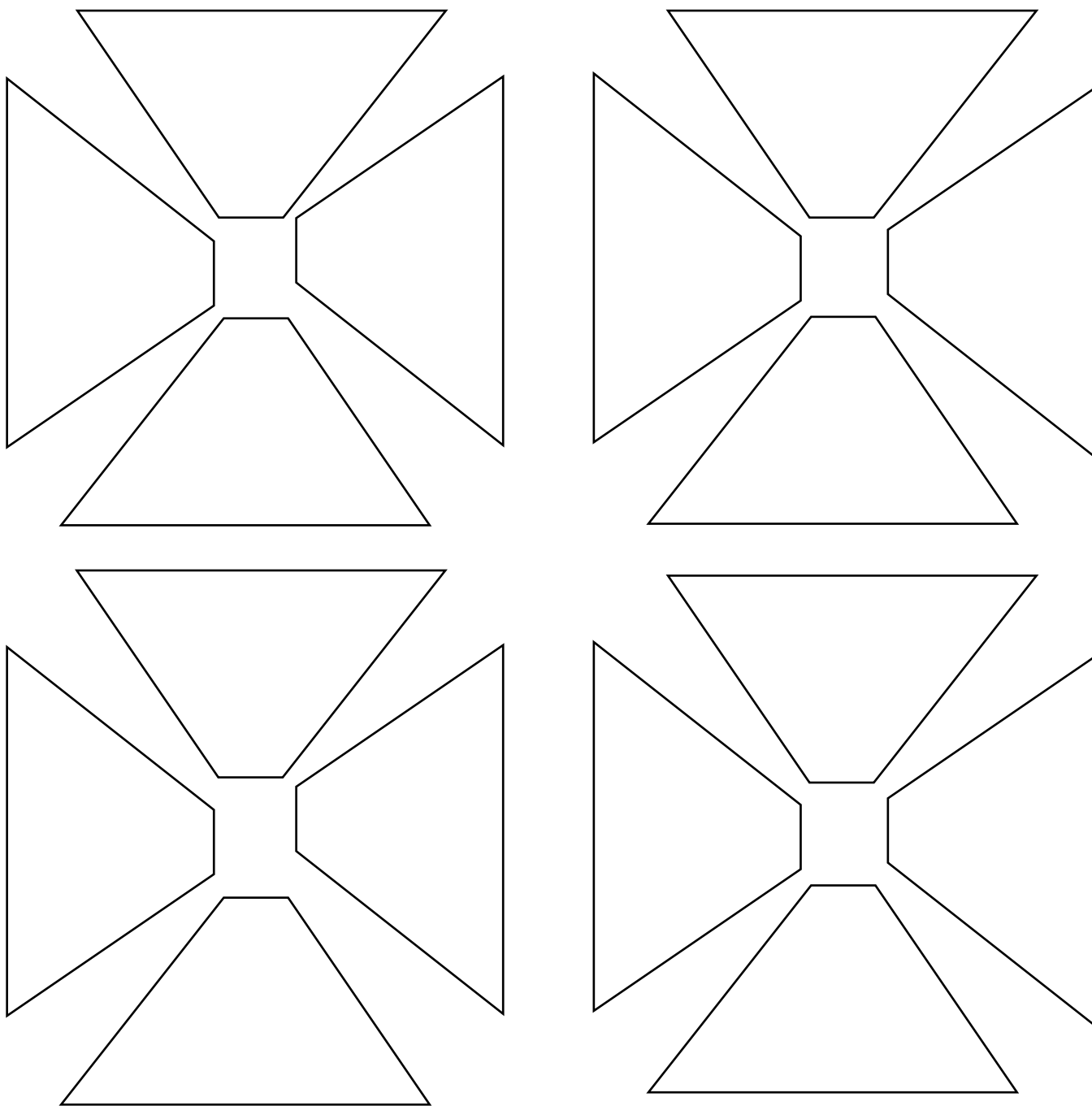
Abaixo, colocamos algumas sugestões de trabalho e abordagens a serem realizadas no ensino médio.

- Reflexão: que o professor possa abordar em uma maior ênfase, os processos matemáticos que enfatizam o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão, de forma que os alunos possam visualizar a igualdade dos ângulos ao jogarem sobre o experimento a farinha de trigo que indicamos para a realização da atividade. Propomos também que o professor exemplifique o valor dos ângulos complementares, aos quais podem trabalhar de 0° a 180° . A principal aplicabilidade da atividade experimental é construir com os alunos o conceito dos princípios da reflexão.
- Refração: propomos que o professor possa trabalhar com os alunos sobre a questão do índice de refração, evidenciando a diferença do tipo de material empregado para a construção da “pirâmide holográfica”. Desta forma se faz necessário questionar a utilização de diferentes materiais: Será que se trocarmos as folhas de transparência por qualquer outro plástico transparente teremos o mesmo efeito? Será que o tipo de material influencia na qualidade da imagem? Como podemos explicar a relação do material com a qualidade da imagem? Por exemplo, qual explicação vocês poderiam dar ao lembrarmos da película utilizada nos carros? Como mesmo com a película ainda podemos visualizar as imagens do outro lado de onde estamos? Quando nós fizemos o experimento da trajetória da luz, observamos que ela estava em linha reta, mas e agora como você acha que essa trajetória estaria? Por que isso acontece?
- Espelhos Planos: podemos utilizar o aparato experimental e abordar a qualidade das imagens produzidas por um espelho plano: virtual, igual e direita. Dessa forma ao enfatizarmos tais características ao pedirmos que eles coloquem diante dos espelhos palavras ou suas próprias mãos e dessa forma pode-se pedir que eles expliquem o fenômeno. O que acontece com a imagem da nossa mão direita quando colocamos diante do espelho? Por que isso acontece? Caso o professor queira enfatizar mais ainda a questão da reflexão, o mesmo pode abordar o experimento descrito no artigo do Alexandre Medeiros (MEDEIROS, Alexandre. A história e a física do fantasma de Pepper. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 329-345, 2006) que evidencia a explicação, contexto histórico e, por conseguinte indica passos para a confecção do aparato experimental.

Dessa forma o professor pode a cada atividade tramar com os seus alunos os referidos conceitos e a partir disso questionar de forma que a construção dos princípios sejam estabelecidas, haja vista que no ensino médio o tempo hábil para a disciplina de física é maior que no fundamental.

As aulas estão divididas em encontros, cada encontro com dois ou três momentos. As atividades foram propostas para cada momento de 3 horas/aula por semana, porém ressaltamos que se o professor não observar o tempo, o mesmo não conseguirá realizar a atividade programada para aquele momento.

ANEXOS

Anexo 1 - Página de impressão de múltiplas pirâmides.

Uma dica para aumentar o mistério e desafio é ocultar o dispositivo que projeta as imagens nas faces da pirâmide. Com isso, o celular deve ser colocado ou supostamente “ocultado” de forma que ele fique sempre escondido. Um exemplo é utilizar a própria caixa que vem ao adquirirmos o mesmo, aonde ao cobrir a caixa com cartolina e colocar o celular no interior, ao final terá só que ajustar a pirâmide no display do *smartphone*. Orientaremos mais à frente a montagem da pirâmide “holográfica”.

Anexo 2 – Slides a serem utilizados no momento 1, 2 e 3 do encontro 2.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Escola de Ciências e Tecnologia
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Emanuel Pereira
emanuelfisica2010@gmail.com

Milton Schivani
schivani@fisica.ufrn.br

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PIRÂMIDE “HOLOGRÁFICA”:
uma introdução ao estudo da óptica no ensino fundamental

Questionamentos:

- Para vocês, o que foi trabalhado na aula passada surtiu alguma diferença na forma como algumas coisas são observadas agora?
- Por que não conseguimos enxergar o efeito daquelas imagens sem construir aquela pirâmide?

Observando as imagens

Imagem 1: Star Wars – 1977 (Guerra nas Estrelas):



Observando as imagens

Imagem 2: Avatar – 2009 (Avatar):



Questionamentos

- Das imagens 1 e 2 observadas anteriormente, que relação você consegue estabelecer com a pirâmide holográfica?

Observando as imagens

Iron Man – 2008 (Homem de Ferro):



Observando as imagens

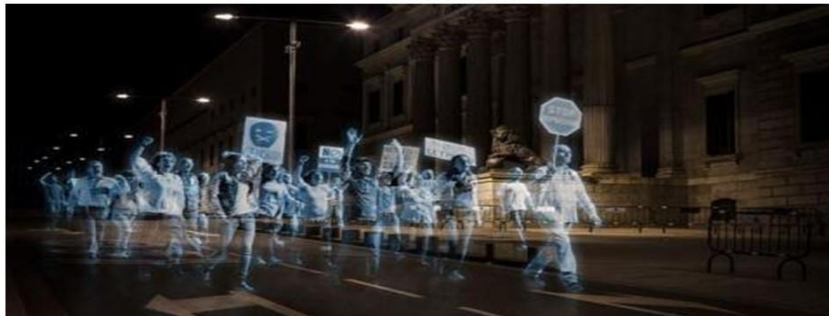
Minority Report – 2002 (Minority Report – A nova lei):



Questionamentos

- Você saberia explicar por que que estas imagens sempre aparecem como se estivessem sobre alguma superfície?
- Por que existe essa necessidade?

Observando as imagens



(Milhares de hologramas encerrou em Madri, um protesto em frente ao Congresso dos Deputados contra a "repressão", Lei sobre a proteção da segurança pública, conhecida como 'Lei da Mordaça' que entrará em vigor em 1 de julho, e reivindicará a sua revogação - Fonte: O Jornaleiro).

Como você conseguiria explicar o mecanismo utilizado para a construção do holograma neste protesto?

Agora vamos assistir o vídeo abaixo do protesto:

<https://www.youtube.com/watch?v=B2X4kxKDdH8>

Questionamentos:

- Qual o significado que estas imagens têm para você?
- Em sua opinião, por que este tipo de tecnologia causa tanto fascínio pelas pessoas que o veem?
- Qual o nome que você daria para estas imagens ou representações?
- Por que que a exemplo da pirâmide, algumas dessas imagens precisam de uma superfície para serem projetadas? Você consegue observar isso?
- Se você fosse um publicitário e desejasse divulgar a marca do seu produto, seria válido utilizar esta tecnologia para sua campanha? Quais seriam os pontos positivos?

Agora assista aos vídeos e observe as imagens:

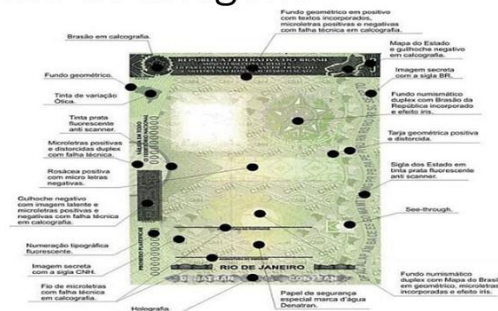
- https://www.youtube.com/watch?time_continue=235&v=n67qu3tyHdU

(Vídeo de treinamento Segunda Família do Real – 4:33)

- <https://www.youtube.com/watch?v=mRi1dmFgRfo>

(Vídeo Iron Man 2 Amazing interfaces and holograms. – 2:34)

Observando as imagens

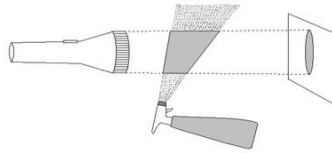


- De acordo com os seus conhecimentos, como você poderia explicar o funcionamento de um holograma?
- De acordo com as imagens vistas e os vídeos que foram exibidos, ambos possuem o mesmo significado, ou seja, são hologramas? Qual a diferença? Como você consegue perceber isto?
- Como você poderia descrever o mecanismo utilizado na pirâmide e o que foi utilizado no protesto? Eles têm alguma coisa em comum?

Experimento 1: "Propagação retilínea da luz"

Materiais: laser e talco/farinha de trigo.

Descrição: pretendemos analisar por meio do experimento os princípios da óptica geométrica e evidenciar uma possível explicação para a formação das imagens na pirâmide holográfica.



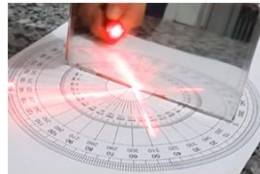
Questionamentos:

- Ao observar o experimento, como você poderia descrever o caminho que a luz percorreu? Ela sofreu desvios?
- O fato da luz se propagar desta forma, explicaria o caso da formação da imagem na pirâmide?
- Ao observar o experimento, você conseguiria explicar o que é um raio de luz, um feixe de luz e uma fonte de luz?
- Quais os tipos de fontes de luz? Citar exemplos.
- Será que podemos generalizar e montar um princípio para propagação da luz?

Experimento 2: "Lata mágica"

Materiais: lata de alumínio, espelho, laser e folha pautada.

Descrição: analisaremos a reflexão da luz e observaremos a correspondência no ângulo de incidência e no ângulo de reflexão da luz.



Questionamentos:

- Por que quando estamos diante de um espelho podemos observar nossa imagem?
- Por que se mudarmos nossa posição, possivelmente não conseguimos enxergar a nossa imagem?
- Imagine que você possui duas superfícies: uma totalmente polida (espelho) e outra totalmente rugosa (superfície de um lago), qual a diferença que existe nas imagens observadas?
- O que você observou quando foi colocado o laser em diferentes ângulos? Como explicar isso?
- Que relação entre os ângulos podemos levantar e comparar quando nos referimos com as pirâmides? Existe um ângulo específico para podemos observar as imagens?

Anexo 3 – Imagem de transferidor utilizada para execução do experimento 2 –
Lata Mágica.

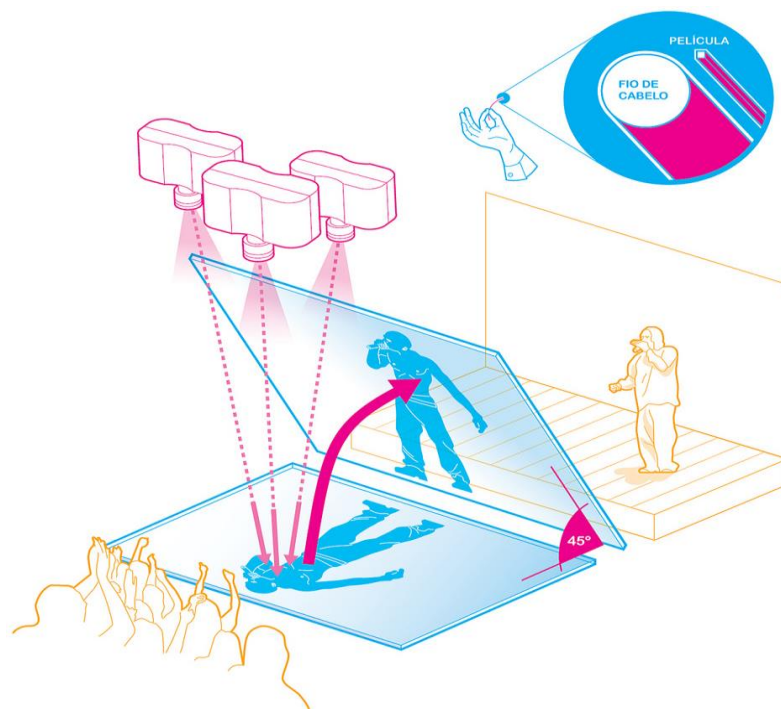


Anexo 4 - Modelo de questionário a ser produzido para a conclusão em sala de aula ou ser respondido em casa pelos alunos

Aluno: _____ Série: _____ Turma: _____

1. A respeito do fascínio e sensação pela qual percebemos que as imagens estão flutuando, por que pensamos que as imagens nas pirâmides são 3D?

Observe a imagem abaixo que representa o esquema utilizado em um show de rap e responda:



2. Como você explicaria a formação da imagem que os expectadores conseguem visualizar no esquema da figura? Existe alguma relação com as pirâmides?

3. Você conseguiria montar um desenho que explicaria o funcionamento para o dispositivo gerador de imagem?

4. Quando construímos a pirâmide utilizamos o papel de transparência, mas será que o efeito produzido seria o mesmo caso colocássemos uma película sobre o papel? Por que?