



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

Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio

Layla Costa da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:
Ildeu de Castro Moreira
Jorge Simões de Sá Martins

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio

Layla Costa da Silva

Orientadores:

Ildeu de Castro Moreira
Jorge Simões de Sá Martins

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Ildeu de Castro Moreira (Presidente)

Prof. Erica Ribeiro Polycarpo Macedo

Prof. Vitorvani Soares

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

- 586 Silva, Layla Costa da
Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio / Layla Costa da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2018.
x, 213 f. : il. ; 30 cm.
Orientadores: Ildeu de Castro Moreira; Jorge Simões de Sá Martins.
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.
Referências Bibliográficas: f. 159-160.
1. Ensino de Física. 2. Ótica. 3. Experimentos sobre a luz. I. Moreira, Ildeu de Castro. II. Martins, Jorge Simões de Sá. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio.

Dedico esta dissertação a meu marido Allan, a minha família e aos meus
alunos.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar meus orientadores Ildeu e Jorge por terem me orientado dedicando tempo e paciência, acreditando no projeto e dando incentivo e subsídios para desenvolvê-lo com sucesso.

Ao professor Marcos Farina por ter doado um kit de ótica que foi utilizado em algumas aulas. O kit foi desenvolvido e produzido no âmbito dos projetos “Museu do microscópio: Módulo escolas - Fase II” e “Montagem de banco óptico em escolas públicas: estímulo ao ensino da Física-Biologia e à vocação científica”. Ambos os projetos foram coordenados pelo Professor Marcos Farina de Souza do Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ e receberam financiamento da FAPERJ.

Aos meus alunos e ao Colégio Estadual Leopoldina da Silveira por possibilitarem o desenvolvimento e a aplicação do módulo.

E a tantas outras pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação.

RESUMO

Um módulo sobre a luz para o Ensino Médio

Layla Costa da Silva

Orientadores:

Ildeu de Castro Moreira
Jorge Simões de Sá Martins

Esse trabalho detalha o desenvolvimento e aplicação de um módulo sobre ótica em uma turma de um colégio estadual da Zona Oeste do Rio de Janeiro. Ele foi baseado na metodologia Pesquisa Baseada em Design e na Sequência de Ensino Investigativa. A sequência de 8 aulas utiliza experimentos demonstrativos e investigativos, tanto qualitativos quanto quantitativos além de vídeos em atividades em grupo sob a mediação do professor. O resultado dessa sequência foi avaliado por meio de pré e pós-teste. Os principais temas abordados foram: Mecanismo da visão, trajetória da luz, incluindo reflexão e refração, espectro luminoso e cores. O módulo foi aplicado no 3º ano do Ensino Médio seguindo currículo mínimo do Estado do Rio de Janeiro vigente em 2016.

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

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

ABSTRACT

A module about light for High School

Layla Costa da Silva

Supervisors:

Ildeu de Castro Moreira
Jorge Simões de Sá Martins

This work details the development and application of an educational module about optics in classes of a State's high school of Rio de Janeiro's western zone. It was based on Design Based Research (DBR) methodology and appeals to Investigative Teaching Sequences. The module comprises 8 lectures. Each lecture uses both demonstrative and investigative experiments, qualitative and/or quantitative, and also movie experiments, as basis for group activities ran with teacher's assistance. The result of the application was evaluated through pre and post-tests. The module addresses, as main concepts: mechanism of vision, trajectory of light, including reflection and refraction, colors and light spectrum. The sequence was applied in the 3rd year of high school, according to the prescriptions of the minimum curriculum of the State of Rio de Janeiro, as effective in 2016.

Keywords: Physics education, Optics, experimental activities.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

Sumário

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Público Alvo | 2 |
| 1.2 | Motivação | 4 |
| 1.3 | Características | 4 |
| 1.4 | Resumo dos capítulos seguintes | 5 |
| 2 | Metodologia | 7 |
| 2.1 | Justificativa Teórica | 7 |
| 2.2 | Síntese das Referências principais | 9 |
| 2.2.1 | Pesquisa Baseada em <i>Design</i> | 10 |
| 2.3 | Instrumento utilizado | 12 |
| 2.3.1 | Tema | 13 |
| 2.3.2 | Participação dos alunos | 17 |
| 3 | Estruturas | 18 |
| 3.1 | Estrutura da avaliação | 18 |
| 3.1.1 | Pré-teste | 19 |
| 3.1.2 | Pós-teste | 21 |
| 3.2 | Estrutura do módulo | 21 |
| 3.2.1 | Uso de Experimentos | 22 |
| 4 | Aplicação do módulo | 35 |
| 4.1 | Local | 36 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2 | Material | 36 |
| 4.3 | Relatos da aplicação do Pré-teste | 38 |
| 4.4 | Relato da aplicação do módulo | 39 |
| 4.5 | Pós-Teste | 57 |
| 4.6 | Limitações na aplicação | 58 |
| 5 | Resultados das Atividades | 59 |
| 5.1 | Resultados da aplicação - Pré-teste | 59 |
| 5.1.1 | Questão 1 | 59 |
| 5.1.2 | Questão 2 | 62 |
| 5.1.3 | Questão 3 | 62 |
| 5.1.4 | Questão 4 | 62 |
| 5.1.5 | Questão 5 | 63 |
| 5.1.6 | Questão 6 | 65 |
| 5.1.7 | Questão 7 | 66 |
| 5.2 | Resultados da aplicação - Módulo | 67 |
| 5.2.1 | Aula 1 | 68 |
| 5.2.2 | Aula 2 | 87 |
| 5.2.3 | Aula 3 | 93 |
| 5.3 | Resultados da aplicação - Pós-teste | 101 |
| 5.3.1 | Questão 1 | 102 |
| 5.3.2 | Questão 2 | 117 |
| 5.3.3 | Questão 3 | 119 |
| 5.3.4 | Questão 4 | 120 |
| 5.3.5 | Questão 5 | 125 |
| 5.3.6 | Questão 6 | 143 |
| 5.4 | Comparação entre pós e pré-teste | 146 |
| 5.4.1 | Questão 1 | 147 |
| 5.4.2 | Questão 2 | 147 |
| 5.4.3 | Questão 3 | 149 |

| | | |
|----------|---------------------------------------|------------|
| 5.4.4 | Questão 4 | 150 |
| 5.4.5 | Questão 5 | 151 |
| 5.4.6 | Questão 6 | 152 |
| 5.5 | Reformulação | 153 |
| 5.5.1 | Aula 1 | 153 |
| 5.5.2 | Aula 2 | 154 |
| 5.5.3 | Aula 3 | 154 |
| 5.5.4 | Aula 4 | 154 |
| 5.5.5 | Aula 5 | 155 |
| 5.5.6 | Aula 6 | 155 |
| 6 | Considerações finais | 156 |
| A | Pré-teste | 161 |
| B | Atividades | 164 |
| C | Atividades - Guia do professor | 184 |
| D | Pós-Teste | 211 |

Capítulo 1

Introdução

O estudo de ótica no Ensino Médio envolve ótica geométrica, com o uso do modelo de raios luminosos, e aspectos da ótica ondulatória. Muitas vezes o ensino se limita ao uso de raios e modelos geométricos, nos quais o aluno se vê obrigado a memorizar os comportamentos de raios e o uso de lentes, sem compreender sua conexão com os fenômenos luminosos observados no dia a dia.

Com a abordagem tradicional frequentemente os alunos acabam por manter suas concepções sobre a luz e a visão. É importante desenvolver um plano de aula que preveja e explore as concepções que os alunos trazem para que possa ocorrer uma efetiva mudança conceitual.

Para que essa mudança seja possível é necessário também que o professor tenha uma postura que permita aos alunos expor suas observações, reflexões e conclusões e que as discuta com seus colegas.

Proponho aqui um módulo de ótica composto por uma sequência de atividades para serem feitas em grupo na maioria das aulas. Essas atividades contém também experimentos simples e de baixo custo. As questões propostas foram desenvolvidas para incentivar a reflexão sobre as observações dos experimentos feitas pelos alunos.

1.1 Público Alvo

O projeto é voltado para os alunos do 3º ano do Ensino Médio e foi testado em um colégio estadual da Zona Oeste do Rio de Janeiro, Colégio Estadual Leopoldina da Silveira (CELS).

O colégio é localizado no centro de Bangu, um bairro da Zona Oeste do Rio de Janeiro. Diferente da maioria dos colégios estaduais do bairro, ele não é localizado perto ou dentro de uma comunidade mas recebe alunos de diversas localidades e até mesmo de outras cidades.

Os alunos moram em sua maioria em comunidades carentes e com alto índice de violência. Essas comunidades são relativamente distantes da escola e por isso grande parte dos alunos usa o transporte público para chegar à escola. Em geral, os alunos que estudam em colégios dentro das comunidades são submetidos a uma violência ainda maior, já que alunos, professores e funcionários são constrangidos com tiroteios, entre outros problemas que assolam as comunidades mais carentes do Rio de Janeiro.

Praticamente todos os alunos estão dentro da idade para cursar o 3º ano, exceto os repetentes. Os alunos com mais problemas disciplinares e que estão muito fora da idade são transferidos para o turno da tarde e noite. O ambiente escolar é bem diferente em cada turno.

Observei a formação deficiente em matemática dos alunos ao aplicar o módulo e outras atividades durante o ano anterior. Para corroborar minhas observações desenvolvi um teste de matemática para ser aplicado em todas as minhas turmas de 1º ao 3º ano do Ensino Médio no ano de 2017.

Esse teste mostrou que alunos do 1º ano têm grande deficiência em matemática básica. Apresentaram dificuldades em realizar operações tais como: representar uma fração em forma de desenho, simplificar frações, passar uma fração para a forma decimal, escrever dízima periódica em forma de fração, somar frações simples, fazer operações básicas com números, com e sem decimais, resolver equações de 1º e 2º grau e abordar problemas de razão e proporção. Os resultados foram arrasadores: das 7 turmas de 1º ano

apenas 1 aluno completou corretamente todo o teste e no 3º apenas 2 alunos. As dificuldades eram maiores no 1º ano em que a maioria dos alunos não sabia que uma fração representava uma divisão e tinha grandes dificuldades para efetuar os cálculos, Essas dificuldades eram apenas menores no 3ºano.

Os alunos também demonstraram falta de habilidade com o uso de instrumentos de medida e calculadora. A diversidade do nível dos alunos é um obstáculo que se deve vencer. É esperado que eles não tenham o mesmo nível de conhecimento matemático, porém essa ampla distribuição de deficiências de aprendizado é um fator que deve ser levado em conta no ensino de física.

O colégio também recebe alunos com deficiências, que são de natureza intelectual, motora ou auditiva. Estes alunos são incluídos nas turmas regulares, geralmente recebem auxílio de um monitor e são atendidos na sala de recursos. Consequentemente, o projeto deve prever a participação de pessoas com deficiência. Durante minha experiência no CELS sempre tive alunos com deficiência em pelo menos duas turmas.

Uma intervenção educacional em um cenário real deve levar em conta essas características e as dificuldades que os alunos podem enfrentar para que se possa proporcionar uma aprendizagem significativa. A avaliação dos resultados também deve levar em conta o nível de dificuldade que estes alunos enfrentaram para realizá-la.

O projeto visou gerar um módulo didático que, embora voltado para a realidade particular dessa turma, fosse também utilizável em outras turmas com a esperança de que se possa produzir resultados relevantes para realidades diversas e para o ensino de Física como um todo.

1.2 Motivação

Em minha monografia ¹ produzi aulas baseadas nos experimentos do laboratório portátil ² e em vídeo-experimentos do canal *Galera da Física*. Apliquei este material em duas turmas do 3º ano logo que ingressei na rede estadual de ensino em 2015.

Considero que obtive bons resultados. Os alunos se mostraram bem empolgados com as aulas que ocorreram em ambientes distintos, o laboratório de informática e a sala de aula. Os resultados nas provas do 4º bimestre foram melhores do que nas provas do 3º bimestre; acredito que um dos fatores tenha sido as aulas diferenciadas proporcionadas pela aplicação do projeto.

Porém a aplicação me mostrou que os alunos ainda não compreendiam uma coisa mais fundamental: qual o papel da luz para a visão e como essa luz era transformada em imagem. Esse fato me levou a desenvolver o projeto de dissertação com esse tema.

Com os problemas observados no contexto de ensino que enfrento no meu dia a dia, o tema e o método de pesquisa visam criar intervenções de ensino com a esperança de produzir melhora significativa no aprendizado.

1.3 Características

O trabalho foi constituído por um módulo que foi projetado para atender as necessidades de uma turma específica do Colégio Estadual Leopoldina da Silveira (CELS). Ele foi aplicado nesta turma com todos os alunos e no horário habitual da aula de física. Foi redesenhado a partir dos resultados obtidos com a primeira aplicação. O produto final é constituído por um caderno de atividades para os alunos e outro para o professor, que contém os objetivos e instruções para sua aplicação.

¹Defendida em 13/12/13, como requisito para obtenção de Licenciatura em Física na Universidade Federal Fluminense

²Uma maleta de experimentos de ótica produzida no PIBID sob orientação de Leonardo Pereira Vieira e coordenação de Jorge Simões de Sá Martins

O módulo consiste em 8 aulas, sendo a última uma avaliação respondida preferencialmente de forma individual. As outras sete aulas são compostas por atividades em grupo projetadas para serem aplicadas em sessões de 50 a 100 min. O módulo privilegia a abordagem conceitual utilizando diferentes metodologias didáticas: experimentos demonstrativos, investigativos e vídeos. O módulo dá ênfase à importância da luz para a visão e ao caminho que a luz percorre, à conexão com fenômenos observados no dia a dia, e à estrutura do olho. As atividades foram ancoradas também em experimentos feitos com material de baixo custo.

1.4 Resumo dos capítulos seguintes

O capítulo 1 apresenta o projeto com sua motivação e público alvo.

O capítulo 2 apresenta a justificativa teórica do projeto e apresenta o pré-teste.

O capítulo 3 apresenta as estruturas do pré e pós-testes e do módulo, descrição e orientações para uso dos experimentos.

O capítulo 4 detalha a aplicação: local, material, com relatos de cada aula.

O capítulo 5 detalha os resultados, a resposta dos alunos a cada pergunta e a comparação entre pré e pós-testes.

O capítulo 6 apresenta a reformulação do módulo após a primeira aplicação, com as alterações separadas por aulas e com as justificativas baseadas nos relatos apresentados no capítulo 3 e nas respostas dos alunos apresentadas no capítulo 4.

Nas considerações finais conclui o trabalho fazendo também sugestões de aplicação para o módulo.

Os apêndices A e D são os pré e pós-testes respectivamente.

O apêndice B é o caderno de atividades para os alunos, com as mo-

dificações justificadas no capítulo 5, e o Apêndice C é a versão do professor, que contém instruções para o uso em sala de aula.

Capítulo 2

Metodologia

2.1 Justificativa Teórica

O módulo, desenvolvido e aplicado em sala de aula, pretendeu tratar, de uma forma menos tradicional, temas importantes relacionados com a física da luz e a ótica da visão. Para isso, utilizou, de forma conjugada, metodologias e recursos diversificados, que já são usados em atividades de ensino: discussões conceituais; demonstrações práticas; experimentos investigativos (quantitativos e qualitativos); história da ciência; e vídeos. Além disso, ele buscou avaliar o aprendizado dos alunos de diferentes formas, a partir do uso de textos escritos, desenhos, apresentação oral e investigar a forma como se montam e se exploram experimentos.

O módulo foi construído também com o objetivo de incentivar o engajamento do aluno na construção do seu conhecimento. Como propõe Carvalho (2013):

"Urge a necessidade do ensino de ciências que permita aos alunos trabalhar e discutir problemas envolvendo fenômenos naturais como forma de introduzi-los ao universo das ciências e não mais ensinando uma ciência 'acabada' e 'pronta' em que não há espaço para discussões acerca de seus fenômenos, mas somente a

sua operacionalização em exercícios de lápis e papel."

O engajamento dos alunos se dá por meio das atividades que foram construídas de modo a facilitar e estimular sua argumentação. Eles têm, nessas atividades, oportunidades para discutir e expor suas ideias com os colegas e com o professor construindo ativamente seu conhecimento. Os alunos são também expostos a questões que os levam a questionar concepções prévias argumentando com o que foi visto nos experimentos das aulas anteriores.

Assim como destacado por Carvalho, em outro artigo, Carvalho (2011), as atividades experimentais devem estar acompanhadas de situações problematizadoras. A construção dessas atividades experimentais deve colocar o aluno em situação confortável para explorar e debater suas observações e a dos seus colegas. Conforme Azevedo Azevedo (2004), uma atividade pode ser considerada investigativa quando o aluno não é apenas um mero observador ou executor da atividade, mas reflete, experimenta, descreve, interage, discute e tenta encontrar explicações. Ou seja, exerce atividades características de uma investigação científica. No nosso caso, buscou-se que a sequência tivesse um cunho investigativo pois o objetivo era desenvolver um modelo para a visão, por meio de diversas atividades.

Além de utilizarmos vários recursos em atividades de cunho investigativo, também utilizamos um pouco de história da ciência com a finalidade de promover uma inserção do aluno no contexto da produção daquele conhecimento científico. A construção do conhecimento científico se deu por meio da criação de modelos e teorias para explicar os fenômenos observados e do uso da experimentação. A ideia é que, no módulo que utilizamos, os alunos pudessem vivenciar pelo menos parte destes procedimentos e que os modelos pudessem ir sendo aprimorados à medida que se chegava a novos resultados, em contraposição à percepção usual do senso comum que apresenta uma ciência construída por gênios isolados.

2.2 Síntese das Referências principais

Ana Maria Pessoa de Carvalho (2011) expôs as linhas orientadoras para a construção de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), uma caracterização que pode ser atribuída a esse módulo. Utilizou, em seu texto, duas perguntas que foram respondidas através de tópicos, e a cada pergunta utilizou um grupo de referenciais específicos. A primeira pergunta que coloca é: "Como o indivíduo constrói o conhecimento científico?"

Baseada em Piaget, entre outros autores, ela relaciona as características que podem contribuir para responder a esta pergunta. Elas podem ser assim sintetizadas:

- Identificar um problema importante para o aluno, que dê início ao processo de construção de seu conhecimento;
- Criar oportunidade para que o aluno elabore a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, ou seja, a construção de novas hipóteses: pensar para agir melhor;
- Levar o aluno a tomar consciência de quais ações tomou para resolver o problema proposto;
- Auxiliar a formação de conceitos por meio da interação professor-aluno.

A segunda pergunta é: "Como o aluno constrói o conhecimento da escola? "Essa pergunta trata da relação do aluno com os demais alunos e como o professor deve construir a SEI. Ela é referenciada nos trabalhos de Vygotsky e outros psicólogos e em alguns autores de Ensino de Ciências como Gil et al. (1999) com as características:

- Propiciar a participação ativa do estudante;
- Encorajar a interação em pequenos grupos de alunos para reflexão;
- Elaborar questões que dirijam o raciocínio dos alunos e que os levem a sistematizar dados e observações;

- Criar um ambiente encorajador, que incentive todos a participarem ativamente das discussões;
- Ensinar a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;
- Destacar a importância do conteúdo para o aluno;
- Relacionar ciência, tecnologia e sociedade;
- Possibilitar a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica: criar uma linguagem cientificamente coerente.

No próximo item, tendo como referencial geral as características requisitadas para a construção de uma SEI, introduzimos a estratégia metodológica que utilizaremos para a construção do módulo didático.

2.2.1 Pesquisa Baseada em *Design*

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

“conjunto de abordagens que assumem como compromisso aliar pesquisa e desenvolvimento de intervenções pedagógicas em contextos reais de aprendizagem, com o objetivo tanto de promover a melhoria das práticas educativas quanto de produzir conhecimentos sobre o processo de ensino-aprendizagem”. (RAMOS, 2010)

Também, segundo Ramos (2010) essa metodologia foi iniciada por Brown (1992) e Collins (1992) e nas últimas décadas tem sido mais utilizada como metodologia para desenvolver ambientes virtuais de aprendizado.

Embora existam várias metodologias de pesquisa com algumas características da PBD, apenas essa reúne um conjunto mais amplo e consistente,

segundo Wang e Hannafin (2005). Paula Ramos (2010) em sua tese fez um resumo destas características. Esta metodologia é:

- Pragmática/intervencionista – uma vez que a pesquisa é intimamente ligada à prática educacional e tem como pressuposto propor intervenções para lidar com desafios presentes no cotidiano;
- Situada – visto que é realizada em cenários reais de pesquisa e de aprendizagem, possibilitando que os participantes interajam e sejam influenciados pelo contexto. Dessa forma, não se pretende isolar as variáveis em cenários de laboratório, mas compreendê-las em sua complexidade;
- Interativa, já que os pesquisadores trabalham em parceria com as pessoas envolvidas na prática de ensino-aprendizagem, para que estas participem do processo de definição do problema pedagógico, identificando abordagens e desenvolvendo princípios para as intervenções pedagógicas;
- Iterativa, porque a pesquisa é caracterizada por ciclos intermitentes de *design*, realização ou implementação, análise e *re-design*. Isto significa que os resultados de cada ciclo oferecem arcabouço teórico para pesquisas subsequentes;
- Flexível, uma vez que os produtos educacionais desenvolvidos devem comportar mudanças ao longo do processo de pesquisa, enriquecendo o planejamento inicial de acordo com os resultados de cada implementação;
- Integrativa, uma vez que a pesquisa é realizada a partir de uma variedade de abordagens e métodos (tais como entrevistas, painel de especialistas, estudo de caso, avaliação etc.), permitindo que diferentes abordagens de pesquisa sejam integradas para a compreensão do contexto e da resolução do problema pedagógico;
- Contextual, o processo de pesquisa, os resultados e as mudanças no plano inicial são registrados, e estão relacionados com o contexto es-

pecífico. No entanto, há possibilidade de modificações e adaptações a outros contextos.

2.3 Instrumento utilizado

Nessa seção será apresentado o instrumento e produto desse trabalho de dissertação, destacando suas principais características e cotejando-as com aquelas que já foram mencionadas anteriormente para uma SEI baseada na metodologia Pesquisa Baseada em Design (PBD). Como o trabalho foi inspirado na PBD, que é flexível mas bem definida, expomos a seguir as características de nosso trabalho que exibem sua ligação com esta metodologia:

- Pragmática e Intervencionista: o módulo foi projetado para uma turma de Ensino Médio de um colégio estadual público, situada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, com a intenção de superar obstáculos oferecidos pelo ensino usual da Física;
- Situada: o módulo foi projetado e testado em uma turma real de um colégio público;
- Interativa: o projeto integra o professor com dois pesquisadores. No nosso caso, a professora, eu autora dessa dissertação, também faz parte do grupo de pesquisadores;
- Integrativa: o módulo desenvolvido integra diferentes tipos de estratégias como o uso de demonstrações práticas, experimentos investigativos (quantitativos e qualitativos), história da ciência, utilização de vídeos etc. Um dos pontos de partida preliminares foi a análise de concepções dos alunos, resultado de observações em turmas anteriores, seja em exames ou decorrentes das percepções do professor ao decorrer do ano;
- Iterativa: o procedimento adotado seguiu um ciclo de aperfeiçoamento: *Design*, *Aplicação*, *Análise*, *Re-Design* e então nova aplicação. No nosso

caso, a nova aplicação será feita no ano escolar seguinte, depois da defesa desta dissertação;

- Flexível: o material desenvolvido possibilita mudanças para se adequar a novas aplicações. O módulo é flexível, podendo se adequar à forma de trabalho de outros professores;
- Contextual: embora tenha sido produzido para um contexto específico, uma turma de Colégio Estadual da Zona Oeste do Rio, pode ser aplicado a outros contextos.

Como foi dito, o projeto foi desenvolvido no formato cíclico: *Design*, implementação, análise dos resultados, *re-design*. Na fase de design, na qual buscamos identificar concepções dos alunos, produzimos um pré-teste, analisamos o seu resultado e, a partir daí, construímos o módulo. Na fase de implementação, o módulo foi aplicado em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio; este módulo inclui o pós-teste. Na fase de análise dos resultados foram comparados os resultados do pré-teste e do pós-teste, e foram analisadas as descrições das atividades reunidas no registro que o professor fez sobre as aplicações e as respostas dos alunos registradas no caderno de atividades. A partir disso foi possível fazer adaptações, e sugerir mudanças para um *re-design* do módulo.

2.3.1 Tema

O tema foi escolhido pela sua importância e pela dificuldade de se compreender o comportamento da luz e das ondas eletromagnéticas nesta fase do EM. O tema é amplo por englobar ótica geométrica, fenômenos físicos, aparelhos presentes no cotidiano, e temas multidisciplinares como visão e uso prático de ondas eletromagnéticas.

Ótica é um tema que desperta muito interesse das pessoas, como visto na pesquisa sobre materiais de divulgação científica feita por Silva e Kawamura (2001). As principais perguntas feitas por leitores dos periódicos envolvidos nesta pesquisa foram relacionadas à luz. Eles demonstraram

curiosidade sobre aspectos de seu mundo vivencial que relacionam avanços tecnológicos e fenômenos cotidianos. Apesar de ser muito interessante, o tratamento do tema no ensino não é, em geral, adequado e os modelos sobre a luz geralmente são apresentados desconectados dos fenômenos luminosos.

Ensina-se física para que os alunos sejam formados com uma melhor compreensão do mundo ao seu redor, como proposto nos PCN+ (p.61): “Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (BRASIL, 2007).

Além da ótica ser um tema de grande interesse, seus fenômenos são muito pouco compreendidos, mesmo após instrução formal, como exposto no texto “Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica” de Harres (1993).

As explicações e os conceitos que os alunos trazem consigo antes da instrução formal são conhecidos como concepções alternativas. Esses conceitos provêm da experiência pessoal, do meio cultural no qual o aluno está inserido, são transmitidos através da oralidade e podem surgir misturados com conceitos e termos científicos. Algumas pesquisas, como a citada acima, confirmaram a permanência dessas concepções, que já foram chamadas de prévias, mesmo depois da instrução formal. Levando isso em consideração, não devemos ignorá-las e sim trabalhá-las.

No módulo, o tema ótica da visão é apresentado por partes divididas por etapas dentro de cada aula. Cada aula tem um tema central, uma pergunta chave, e é esperado que o aluno consiga responder a esta pergunta ao final do módulo:

Aula 1 - Como a luz chega até os olhos para que enxerguemos um objeto?

Aula 2 - O que pode afetar a trajetória da luz?

Aula 3 - Qual é o papel dos receptores para que enxerguemos um objeto?

Aula 4 - O que é luz?

Aula 5 - De que forma a luz entra nos olhos?

Aula 7 - Como funciona a visão? Quais são os elementos dos olhos e quais são as suas funções?

A lista apresentada na tabela a seguir reúne os temas de cada aula com as habilidades e competências que podem nela ser desenvolvidos. Utilizei aqui o elenco das habilidades e competências que são exigidas no currículo mínimo do Estado do RIO DE JANEIRO (2012) e outras que são específicas do módulo que foi desenvolvido, o tema de ótica e ondas eletromagnéticas é desenvolvido no 3º e 4º Bimestre do 3º ano do EM.

Tabela 2.1: Tabela com habilidades e competências

| Aula | Conteúdo | Habilidades e Competências |
|---------|---|---|
| 1ª aula | Importância da Luz para a Visão. Modelo de raios luminosos. Reflexão especular e reflexão difusa. | Reconhecer que a luz é importante para visão. Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos luminosos. Identificar o caminho que a luz faz para que uma pessoa veja um objeto. Conectar a reflexão que ocorre no papel laminado e na parede. |
| 2ª aula | Refração. Lei de Snell. Reflexão total. | Identificar o caminho que a luz faz ao mudar de meio. Entender e utilizar o conceito de meio. Conhecer e saber utilizar o transferidor. Conhecer a função Seno e saber calcular seu valor utilizando a calculadora. Identificar que na mudança de meio ocorrem diferentes fenômenos. Seguir roteiro. |

| | | |
|---------|--|--|
| 3ª aula | Arco-íris. | Identificar a cor como uma característica das ondas luminosas Identificar o caminho que a luz faz ao mudar de meio. |
| 4ª aula | Espectro eletromagnético. Modelo ondulatório da luz. | Compreender os fenômenos relacionados à luz como fenômenos ondulatórios. Conhecer as características do espectro eletromagnético, reconhecendo as diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas a partir de sua frequência. Compreender a importância dos fenômenos ondulatórios na vida moderna em vários aspectos, entre eles sua importância para a exploração espacial e na comunicação. Produzir, compreender e apresentar um texto. |
| 5ª aula | Recapitular | Utilizar modelos vistos em aulas anteriores em novas situações. Conectar diferentes conceitos. |
| 6ª aula | Câmara escura. Olho humano. | Compreender a formação de imagens na câmara escura. |
| 7ª aula | Visão. Modelo simples de olho humano | Conectar conceitos de ótica à estrutura do olho. Reconhecer o olho humano como um receptor de ondas eletromagnéticas. Discutir modelos para a explicação da natureza da luz, vivenciando a ciência como algo dinâmico em sua construção. Compreender a formação da imagem no olho humano. |

A conexão entre Ciência, Tecnologia e Sociedade não foi particular-

mente enfatizada nesse módulo, embora a aula 4 pretenda que os alunos reflitam sobre os efeitos do uso das tecnologias na vida das pessoas, seus potenciais benefícios e malefícios.

2.3.2 Participação dos alunos

O comportamento usual dos alunos é de se agrupar para resolver problemas propostos. Muitas autores assim como Carvalho (2013), afirmam que é a melhor maneira deles aprenderem. Os colegas de classe conseguem expressar as observações e os conceitos por eles formados de forma mais próxima à sua realidade e por meio dessas conversas tentar chegar a um "consenso" para formular um modelo explicativo.

Em função disto, foram formados sete grupos na sala de aula para aplicação do módulo. O papel do professor é o de formular as questões e intermediar a relação aluno-aluno para que uma aprendizagem significativa possa ser alcançada. Esse papel é limitado pois o número de grupos, o tamanho da turma na maioria das atividades não permite que esse acompanhamento seja feito com todos os grupos ao mesmo tempo. Porém, em uma dessas aulas, a aula de revisão, a interação deve se dar através dos representantes dos grupos, assim a participação do professor deve ser de mediador do diálogo, sem inibir a participação dos alunos e incentivando a argumentação deles para que a turma chegue a uma percepção coletiva.

Capítulo 3

Estruturas

3.1 Estrutura da avaliação

Utilizamos os pré e pós-testes e as apostilas dos alunos como instrumentos de avaliação do módulo. Com isso, temos material para fazer as alterações futuras necessárias para o módulo se tornar mais adequado ao público-alvo. Muitos testes de concepções sobre ótica tem sua ênfase na ótica geométrica, como Goldberg e McDermott (1986). Exploramos as pré-concepções dos alunos, já conhecidas na literatura e citadas por Gircoreano e Pacca (2001):

"raio visual" constitui um conceito fundamental para explicar a visão (La Rosa et al, 1984): a luz vai do olho até o objeto para captá-lo visualmente; a visão não depende da existência de luz; (...) objetos com cores claras podem ser vistos independentemente de haver luz no ambiente; cores claras prevalecem sobre as escuras.

Buscando explorar essas concepções alternativas, construímos um teste com sete questões. Elas tratavam do caminho percorrido pela luz, da estrutura do olho humano, da reflexão difusa, das cores, e da natureza da luz.

Para o pré-teste escolhemos o trabalho em grupo para propiciar um ambiente favorável à argumentação e investigação.

3.1.1 Pré-teste

Nessa subseção descrevemos o pré-teste, explicitando o objetivo de cada questão.

O teste continha sete perguntas, dentre elas três exclusivamente discursivas, uma múltipla escolha (retirada do ENEM 2016), uma onde o aluno deveria responder exclusivamente desenhando, e duas nas quais o aluno poderia optar pelo desenho e/ou resposta escrita.

Questão 1

"O que é necessário para enxergar um livro que está em cima da mesa? Explique com suas palavras como ocorre ou desenhe."

O objetivo desta questão é nomear os elementos necessários para a visão, reconhecer a importância da luz para a visão e o caminho que a luz faz até os olhos.

Questão 2

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

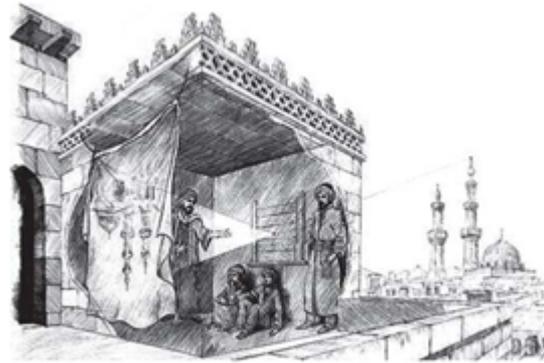
Esta é uma questão que espera que o aluno reconheça que há reflexão na parede e no espelho e saiba diferenciá-las.

Questão 3

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

1. Se fizermos uma analogia entre a ilustração (3.1) e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

(a) íris



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

Figura 3.1

- (b) retina
- (c) pupila
- (d) córnea
- (e) cristalino"

O objetivo desta questão é investigar o conhecimento sobre o papel da retina para a visão.

Questão 4

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

A questão 4 espera que o aluno pelo menos cite os elementos necessários para a formação do arco-íris, sendo importante explicitar a importância do Sol.

Questão 5

"Coloque a lupa em cima de uma imagem branca na tela do celular. Como é formada a luz branca na tela do celular?"

A questão 5 espera que o aluno consiga observar que a luz branca é formada de "coisas" coloridas.

Questão 6

"Do que é feita a luz?"

O objetivo desta questão é sondar o conceito de luz que o aluno tem antes da instrução.

Questão 7

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

Essa questão é uma pesquisa de interesse, além de querer entender se o aluno relaciona a ótica com objetos do seu cotidiano.

3.1.2 Pós-teste

O pós-teste foi elaborado de forma bastante similar ao pré-teste para podermos avaliar, comparar os resultados, exceto pela questão 5, na qual a pergunta foi alterada para "Como é formada a luz branca, por exemplo na tela do celular?" e pela questão 7, que foi retirada.

Os apêndices contêm módulos em duas versões, a do aluno e a do professor, esta a mais completa, contendo orientações e os objetivos de cada questão e experimento. Os pré e pós-testes constituem os apêndices A e D. Essas versões já incorporam as sugestões de aprimoramento feitas após a aplicação das atividades. Estas atividades serão detalhadas no próximo capítulo.

3.2 Estrutura do módulo

O módulo é dividido em 7 aulas, algumas aulas são divididas em etapas que apresentam diferentes temas ou experimentos. Na maioria das aulas os alunos observam fenômenos em experimentos simples, que eles montam ou que o próprio professor executa, e respondem perguntas. O único experimento que pede coleta de dados é sobre a Lei de Snell. Os conceitos primeiro são apresentados aos alunos através de observação, questionamentos e trabalho

em grupo. Depois se apresenta o nome associado ao conceito (ARONS, 1997) em pequenos textos que vem após as perguntas.

A versão do módulo aluno contém: conteúdo, material, perguntas e textos de apoio. A versão do módulo professor contém objetivos e instruções, além do que já consta na versão do aluno.

Escolhemos a divisão de temas apresentada na tabela abaixo:

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

Tabela 3.1: Temas das aulas

3.2.1 Uso de Experimentos

O objetivo dos experimentos utilizados não é comprovar leis, e sim enfatizar a ligação entre conceitos e fenômenos observados. Como citado por Borges (2002):

"Para se alcançar este objetivo recomenda-se que a atividade concentre-se apenas nos aspectos desejados, com um planejamento cuidadoso que considere as ideias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança (Hodson, 1988)."

Com o objetivo de cumprir com todos esses requisitos escolhi experimentos simples, muitos deles monoconceituais, que enfatizam apenas um

fenômeno, pensando também nas habilidades que os alunos teriam na manipulação dos instrumentos de medida, supondo o tempo de 100 min por aula. Como o conjunto de atividades é projetado para um bimestre, ele contém 8 aulas, sendo uma delas a avaliação.

Algumas aulas podem ser divididas em até três etapas, as etapas fazem uma divisão temática e de experimentos.

A tabela (3.2) lista os experimentos separados por aula.

Tabela 3.2: Listas de experimentos por aula

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

Aula 1

- Experimento da caverna.

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

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



(a) Objeto na caixa



(b) Olhando através do buraco

Figura 3.2: Exemplo de objetos dentro da caixa

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

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

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

- Objeto no centro da sala.

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

Material: Um objeto.

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

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

- Reflexão especular.

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

Material: Espelho plano e laser.

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

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

- Reflexão especular x difusa

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

Material: Pedaco de papel alumínio.

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

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

Aula 2

- Qual é o material?

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

Material: Aquário com água, vidros com diferentes substâncias transparentes¹.

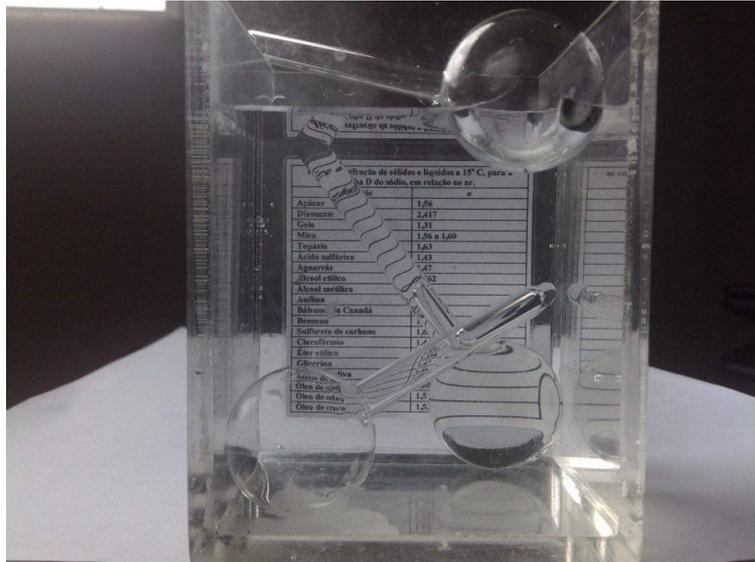


Figura 3.3: Vidros com diferentes substâncias mergulhados num aquário com água.

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

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

- Lápis no aquário.

¹Esse material foi produzido pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo e distribuído durante o curso de Experimentos de Ótica no ano de 2012.

Objetivo no módulo: Enfatizar a mudança de trajetória da luz ao mudar de meio.

Material: Lápis e aquário com água.

Descrição: Coloque o objeto longo no aquário de forma que uma parte fique acima do nível da água.

- Refração x reflexão.

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

Material: Ponteiro laser, aquário com água.

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

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

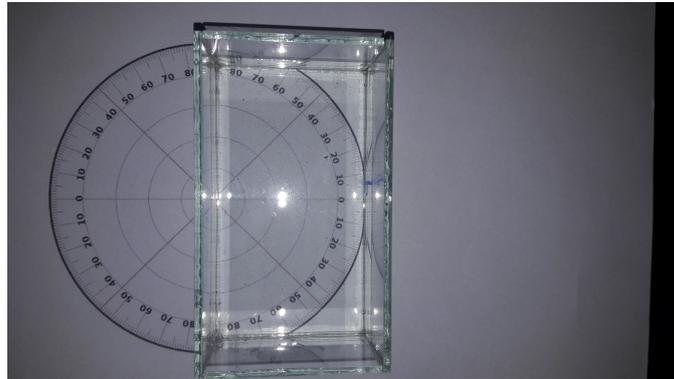
- Lei de Snell-Descartes.

Objetivo no módulo: Reconhecer que existe uma conexão matemática específica entre ângulo de incidência e de refração.

Material: Aquário e laser.

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

Opções: O experimento da forma que foi proposto não debate os erros de medida e utiliza um grupo pequeno de dados. Essa forma não esgota as possibilidades de uma abordagem experimental. Caso seja possível,



(a) Aquário em cima do transferidor



(b) Aquários e laser pointer

Figura 3.4: Material utilizado

o professor pode fazer uma discussão mais aprofundada levando em consideração erro de medida e margens de erro nos resultados dos cálculos. O professor pode também utilizar os dados para construir gráficos.

- Reflexão total.

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

Material: Aquário e um objeto.

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

determinados ângulos a mão não pode ser observada completamente.

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

Aula 3

- Fazendo um arco-íris (vídeo).

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

Material: Mangueira e luz do sol

Descrição: O vídeo mostra uma pessoa de costas para o sol molhando um gramado de modo a possibilitar a visualização de um arco-íris.

- Prisma.

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

Material: Prisma, projetor.

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

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

- Branco é a combinação de todas as cores.

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

Material: Celular e uma gota de água

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

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

Aula 4

- Esta aula não tem experimentos próprios pois se trata da apresentação dos alunos, os experimentos podem ser utilizados aqui para auxiliar os alunos, levando alguns experimentos que enfatizam a existência **Objetivo no módulo:** Reforçar a apresentação dos alunos.

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

Descrição: Apontar a luz ultravioleta para o objeto.

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

Aula 5

A aula 5 é de recapitulação, não contém experimentos, mas as opções abaixo podem ser utilizadas.

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

Os alunos devem fazer a tarefa individualmente e depois de um tempo discutir as ideias em grupo. Essa parte deve ser corrigida em sala de

aula com a participação dos alunos. Pode-se também montar juris de defesa e acusação para cada aluno.

Aula 6

- Câmara escura

Objetivo no módulo: Compreender a formação de imagens a partir de uma câmara escura.

Material: Cartolina, tesoura, cola, papel vegetal, régua, papel laminado

Descrição:

- Faça as marcações na cartolina segundo a figura 3.5;
- Recorte a cartolina;
- dobre e cole as abas

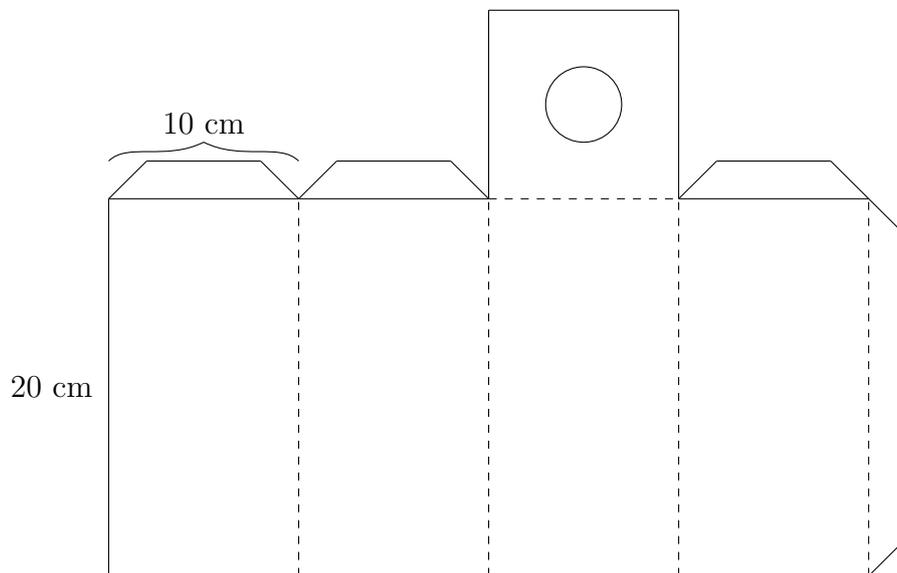


Figura 3.5: Parte de fora

- Corte a outra cartolina no formato abaixo;

- Dobre nas linhas tracejadas;
- Verifique se esta montagem cabe dentro da primeira caixa que fizemos anteriormente;
- Cole a aba fechando a caixa.

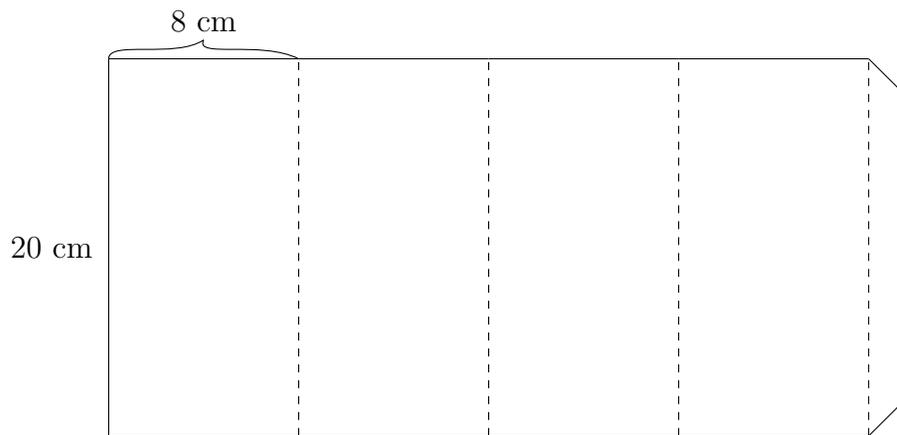


Figura 3.6: Parte de dentro

- No buraco circular feito na caixa, cole um pedaço de papel laminado;
- Fure-o no centro com o auxílio de um alfinete ou ponta de lapiseira;
- Em um dos lados da outra caixa cole o papel vegetal;
- Depois que as partes secarem, encaixe uma caixa na outra colocando o lado com papel vegetal do mesmo lado que o papel laminado;
- Agora observe objetos bem iluminados; por exemplo, olhe pela janela (...)

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

Aula 7

- Banco ótico

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

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



Figura 3.7: Lâmpada de filamento

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

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

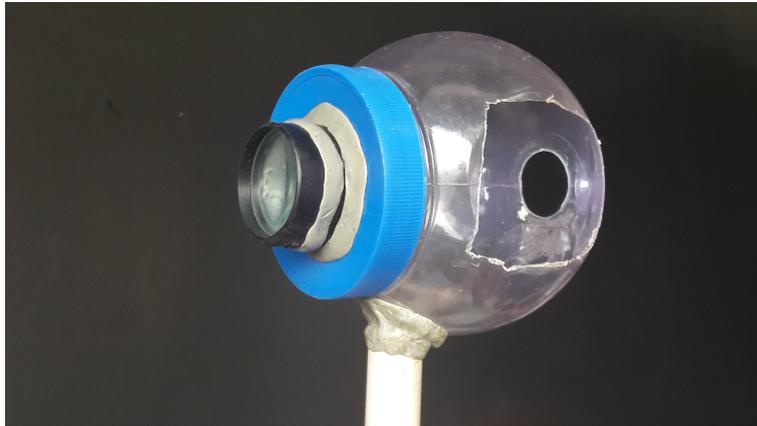


Figura 3.8: Objeto imitando olho humano

Capítulo 4

Aplicação do módulo

Esse capítulo traz um relato das aplicações do módulo e dos testes (pré e pós). As aplicações são parte importante do projeto, que é de caráter eminentemente prático. É a partir da aplicação de um projeto desta natureza e da análise dos resultados obtidos que podemos reunir evidências a respeito de suas pertinência e eficácia. Quanto à importância, a questão que a aplicação deve responder diz respeito ao encadeamento dos conteúdos que propõe e das habilidades que quer desenvolver. Este encadeamento deve construir uma sequência didática que indique um caminho lógico possível de ser trilhado pelo aluno. Seus passos devem sejam pequenos o suficiente para permitir um percurso possível e reforçar a auto-estima dos alunos, mas se forem pequenos demais o trabalho deixa de ser intelectualmente estimulante. Além disso, a aplicação vai gerar elementos que possibilitem a avaliação do progresso intelectual que o projeto ajudou a produzir nos alunos. À luz destes resultados, podemos gerar modificações no módulo que corrijam eventuais erros de rota e compor orientações de como aplicá-lo.

Diversos fatores externos, relativos ao ambiente escolar no qual o projeto será usado, podem impactar os resultados alcançados e/ou modificar a melhor forma de sua aplicação. O local (sala de aula), o material e sua disponibilidade, a facilidade de manuseio deste material e de trânsito de professora e alunos, a disposição dos alunos para as práticas de discussão em grupo, são

fatores que podem influenciar de forma decisiva o sucesso de uma aplicação.

4.1 Local

O local de aplicação, usualmente, a sala de aula, é um fator importante para a boa realização de um trabalho. Um local adequado para realização de atividades como as que proponho deve ter espaço para a circulação dos alunos e professor, além de ser fresco, limpo, iluminado. A falta de espaço em sala de aula dificulta não somente a mobilidade do professor e alunos em sala de aula; a proximidade geográfica que provoca entre os grupos acaba por forçar os alunos a falar mais alto para que seus colegas de grupo consigam ouvi-lo. As atividades foram realizadas geralmente na própria sala regular da turma, que não era muito adequada para atividades em grupo devido à falta de espaço para o professor transitar. Quando possível, a aula ocorreu em salas maiores.

4.2 Material

A escolha e disponibilidade de material são fatores importantes para o andamento e sucesso do módulo.

Lista de materiais utilizados para as atividades em grupo:

- Caixa de sapato;
- Espelho;
- Transferidor;
- Aquário;
- Laser;
- Calculadora científica (presente em alguns celulares);

- Caneta para quadro branco;
- Régua;
- Cartolina;
- Cola;
- Papel vegetal;
- Papel alumínio.

Dos 13 materiais listados a maioria pode ser solicitada aos alunos e ao colégio ou são encontrados a baixo custo no mercado. Os lasers foram comprados também em comércio popular, são chaveiros, cada um saiu a R\$2. Já os aquários saíram a R\$6 cada. O espelho não precisa ser grande e pode também ser pedido a alunos, pois estão em estojos de maquiagem.

Lista de materiais utilizados para demonstrações:

- Prisma;
- *Data Show*(Fonte de luz forte e apresentações de trabalho);
- Kit Banco óptico ¹;
- Outros objetos que podem ser adaptados.

O prisma utilizado foi obtido através do desmonte de binóculos comprados no comércio popular pelo preço de R\$30. O Kit Banco ótico foi utilizado aqui para demonstrar a formação de imagem no olho humano, com a utilização de lentes, fonte de luz (com formato reconhecível) e um anteparo. Montados

¹O kit foi desenvolvido e produzido no âmbito dos Projetos “MUSEU DO MICROSCÓPIO: MÓDULO ESCOLAS – FASE II” e “MONTAGEM DE BANCOS ÓPTICOS EM ESCOLAS PÚBLICAS: ESTÍMULO AO ENSINO DA FÍSICA- BIOLOGIA E À VOCAÇÃO CIENTÍFICA”. Ambos os projetos foram coordenados pelo Professor Marcos Farina de Souza do Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ e receberam financiamento da FAPERJ.

em cima de um trilho e organizados de maneira a facilitar a visualização da formação da imagem e aparentar um olho humano.

Diversas dificuldades foram enfrentadas para aplicar o módulo. Uma delas foi o momento no período letivo em que isto pôde ocorrer. O planejamento original previa aplicar o módulo no terceiro Bimestre, porém isto só foi feito no quarto graças ao ano atípico em que fizemos mais de 4 meses de greve. Isto não causou grande prejuízo já que ele inclui habilidades e competências do 3º e 4º bimestres.

4.3 Relatos da aplicação do Pré-teste

A aplicação do pré-teste foi realizada no dia 26 de fevereiro em aula.

Conteúdo: Arco-íris, formação da luz branca, estrutura do olho, reflexão difusa.

Material: Celular/iPad (ligado em uma tela branca), gota de água.

Resumo da atividade: Separei a turma em grupos - os dois alunos com necessidades especiais ficaram no mesmo grupo e foram auxiliados pela intérprete. Distribuí as apostilas. Caminhei pela sala observando e auxiliando os grupos a fazerem o teste. Expliquei o objetivo da atividade. Quando os alunos chegaram na pergunta que precisava do iPad ou de um celular, eu levei o meu e coloquei uma gota pequena para os alunos observarem. Eles tiveram tempo suficiente para fazer suas observações.

Pontos positivos: Os alunos pareceram ter gostado de participar desse teste, principalmente pela questão sobre a formação das cores que pedia que eles discutissem a partir das observações. As interrupções que eu fazia incentivavam os alunos a discutir mais cada questão.

Problemas enfrentados: Os alunos não têm costume de responder questões com desenhos e muitos dos desenhos eram apenas ilustrações e não diagramas, ou seja, não continham representação de conceito ou ideia. Na questão 1, os alunos optaram por desenhar e/ou escrever olhos, somente, ao

invés de representar o mecanismo de visão em que eles acreditavam, dificultando a constatação das concepções sobre a luz. Muitos deles também não conseguiram compreender o objetivo de perguntas que exigem que o aluno conectassem conceitos para respondê-las.

4.4 Relato da aplicação do módulo

Os módulos foram aplicados como exposto abaixo.

| Atividade | Data de aplicação | Conteúdo |
|-----------|-------------------|---|
| Aula 1 | 11-11-2016 | Importância da Luz para a Visão. Modelo de raios luminosos. Reflexão especular e reflexão difusa. |
| Aula 2 | 16-11-2016 | Refração. Lei de Snell. Reflexão total. |
| Aula 3 | 18-11-2016 | Arco-íris |
| Aula 4 | 21-11-2016 | Espectro eletromagnético. modelo ondulatório da luz. |
| Aula 5 | 22-11-2016 | Recapitular |
| Aula 6 | 23-11-2016 | Câmara escura. Olho humano. |
| Aula 7 | 24-11-2016 | Visão. Modelo simples de olho humano. |
| Pós-teste | 25-11-2016 | |

Tabela 4.1: Tabela das datas de aplicações das atividades

Para que fosse possível a aplicação foram marcadas aulas extras durante a semana de prova.

O capítulo anterior detalhou os experimentos, material de cada um dos experimentos separados por aulas.

Aula 1 (11/11)

Conteúdo: Importância da luz para visão, Modelo de raios luminosos e reflexão.

Material: 7 caixas de sapato com broche para todos os grupos, 2 apostilas para cada grupo, 1 apontador laser, 1 pedaço de papel laminado, uma garrafa (objeto colocado no centro da sala)², lanterna do celular dos alunos.



Figura 4.1: Caixa de sapato com broche: exemplo de objeto que pode ser colocado dentro da caixa

Atividade:

- 1ª Etapa: Importância da luz para a visão - Experimento caverna
 1. Coloque o objeto dentro da caixa, feche bem. Olhe através do orifício: você vê o objeto?
 2. O que falta para enxergar o objeto?
Chamamos de fonte de luz o lugar de onde sai a luz.
 3. Ligue a lanterna dentro da caixa. Você consegue ver o objeto agora? Qual é a fonte de luz?
 4. Desenhe, utilizando setas, o caminho que a luz faz para que você consiga ver o objeto.

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

²Pode ser mochila ou qualquer outro objeto

- 2ª Etapa

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

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

- 3ª Etapa:

1. Desenhe como um raio luminoso é refletido por um espelho.
2. Utilize a imagem abaixo (transferidor) com espelho para verificar sua resposta. (Imagem retirada da internet <<http://www.siamparamotor.com/180/knowledge>>)
3. Pegue um pedaço de papel laminado. Você acha que ele reflete?
4. Agora amasse, e estique a folha. Ela continua refletindo?

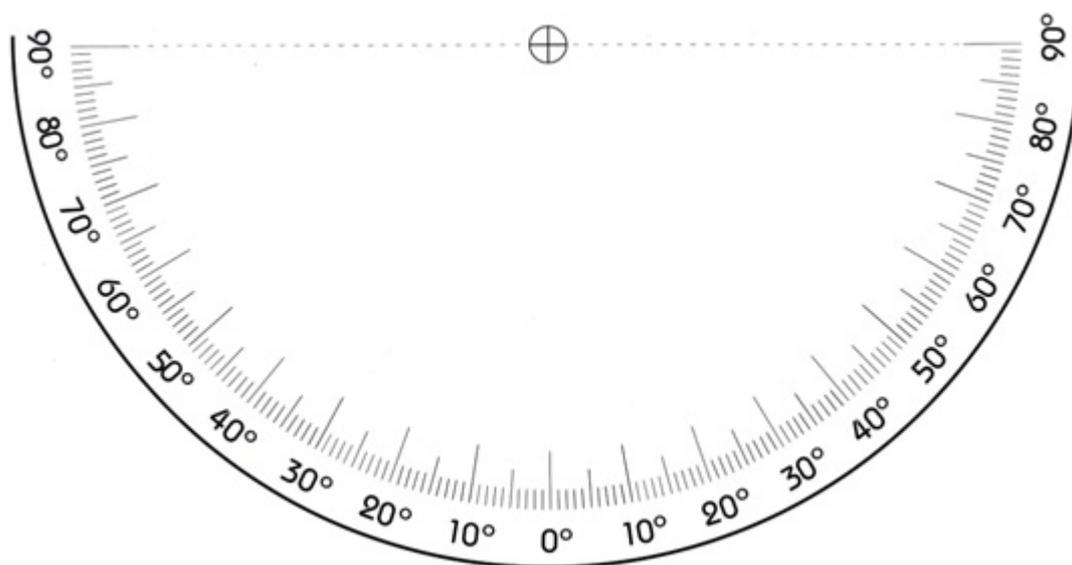


Figura 4.2

5. Aponte o laser na direção do papel laminado e diferencie o que ocorre em um espelho do que ocorre em um objeto.
6. Usamos o espelho para nos ver, mas ele tem outros usos. Cite alguns outros usos que fazemos do espelho no nosso dia a dia.
7. Observe o vídeo e diga quais são as semelhanças entre as ondas na cuba de onda e o comportamento da luz ao refletir em um espelho.

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

Para Casa <http://laylafisica.blogspot.com.br/p/blog-page_22.html>

Resumo da atividade: Distribuí as apostilas e os materiais com o auxílio da estagiária, respeitando a divisão de grupos estabelecida na aula anterior. Orientei os alunos mesa a mesa.

Os alunos começaram a fazer a atividade. De modo geral eles entenderam o que a atividade pedia, mas tiveram um pouco de dificuldade para entender quais elementos deviam ser desenhados para explicar o caminho

da luz. Os alunos precisaram de ajuda para utilizar o espelho, o laser e o transferidor na etapa 3.

Também os auxiliei no uso do papel laminado, pois o laser que utilizei foi o verde, que pode danificar a visão. E falei dos cuidados com o uso.

Pontos positivos: Os grupos interagiram bem, fizeram as atividades com interação.

O material utilizado era de fácil manuseio. A escolha da caixa de sapato é interessante pois quando os alunos olharam pelo buraco, com a caixa fechada e não conseguiram enxergar nada, logo balançaram a caixa. Tiveram que seguir o roteiro para conseguir saber que tinha algo dentro da caixa. Mesmo quando procuraram dentro da caixa não enxergaram o broche na parede da caixa.

O uso do transferidor no papel permitiu que eles percebessem que o ângulo de reflexão é igual ao de incidência.

Auxiliei os grupos e os alunos N.E. contavam com o auxílio do intérprete.

Pontos negativos: O material não foi suficiente para todos os alunos. Além disso, esqueci os espelhos e os alunos tiveram que se revezar em seu manuseio.

O uso do transferidor no papel não permitiu que eles ganhassem intimidade com este instrumento de medida; eles não conseguiram associar o transferidor representado no papel e o transferidor de acrílico. Nessa atividade não era necessária a leitura dos ângulos no transferidor.

Problemas enfrentados: O grupo 3 não entendeu que o material descrito no início da atividade não era para ser utilizado todo na 1ª Etapa.

O grupo 6 não conseguiu compreender as atividades, não entendeu o que era para ser feito. Os demais grupos conseguiram fazer as atividades sem problemas.

Um componente do grupo 1 disse que a atividade era muito fácil, porém apresentou dificuldade em explicar o caminho da luz para enxergar o

objeto dentro da caixa.

Imprevistos: Não consegui imprimir apostila para todos os alunos. Alguns alunos utilizaram uma apostila só e depois copiavam as respostas para as outras. Apenas os grupos 1 e 3 utilizaram os textos para ler e depois tentar responder em grupo. Por isso parte da turma reservou tempo para a copiar.

A atividade foi incompleta pois a última questão necessitava do uso de projetor e do computador que não é fornecido pela escola, e eu esqueci de levar o meu computador. O uso do vídeo nesta parte deixou a atividade mais longa e parece um certo desvio de foco na sua realização.



Figura 4.3: A figura mostra a caixa de sapato com o broche preso. Visão feita a partir do buraco extra que vem em caixas de sapato



Figura 4.4: Aquário com pequenos recipientes de vidro que contém diferentes substâncias

Aula 2(16/11)

Conteúdo: Lei de Snell

Material: Aquário para todos os grupos; laser para todos os grupos; caneta para quadro branco; régua; transferidor; para demonstração – lápis; aquário; lentes.

Atividade:

- 2ª Etapa Lei de Snell
 1. Observe o aquário de diversos ângulos, diferentes. (Aquário com objetos não totalmente submersos) Quais são os elementos que influenciam a mudança na trajetória da luz?

3ª Etapa atividade de lei de Snell

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

Ângulo de incidência é o ângulo que raio faz com a normal à superfície da substância, ao entrar nela. Ângulo de refração é o ângulo que o raio refratado ao mudar de meio, com a normal ao plano.

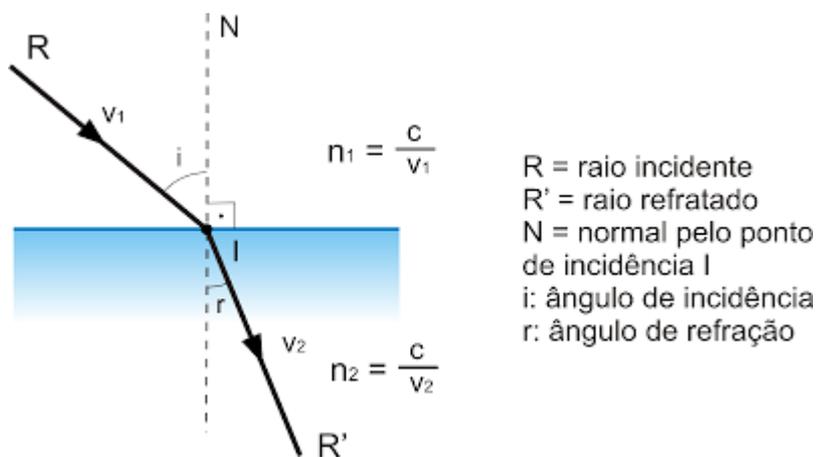


Figura 4.5

2. Preencha a tabela abaixo com os valores dos ângulos de incidência que o laser faz com a perpendicular e de refração. Como no exemplo abaixo:

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

3. Agora encontre o seno de cada ângulo da tabela e marcando os pontos no gráfico O seno do ângulo pode ser obtido utilizando a função “sin” tecla da calculadora do celular (samsung com certeza tem).

| sen i | sen r | Divida sen i por sen r |
|---------|---------|----------------------------|
| 0,87 | | |
| 0,71 | | |
| 0,50 | | |

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

5. Se mudarmos o material o ângulo de desvio da luz muda?

Para a vidro, eu fiz esse mesmo experimento e preenchi a tabela abaixo:

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

Tabela 4.2

Índice de refração (n) também é a razão da velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v): $n = c/v$ A velocidade da luz no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8 m/s$. A velocidade da luz no ar é aproximadamente a mesma.

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

$$n = c/v$$

• 4ª Etapa Reflexão total

1. Observando o aquário você percebe que algumas paredes refletem a luz como um espelho, elas são sempre espelhadas? O que faz elas deixarem de ser ou se tornarem espelhadas?
2. Como você relaciona o que observou no vídeo com a lei de Snell-Descartes?

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

3. Você conhece alguma aplicação da reflexão total?

Resumo da atividade: Alguns grupos tinham poucos componentes presentes, e por isso agreguei seus componentes a outros grupos. Fiz uma breve demonstração com uso das lentes e aquário (Fig.1). Os alunos se mostraram interessados em entender melhor. Porém encontraram dificuldades

em entender o procedimento a ser realizado. Eu fiz a demonstração com um laser de maior intensidade, o que deixou os alunos incomodados, mesmo com o laser não sendo apontado diretamente para eles, mas mesmo a reflexão difusa também é algo agressiva para os olhos.

Pontos positivos: Os alunos se envolveram tentando entender o que devia ser feito.

Pontos negativos: Os alunos não sabiam utilizar o transferidor, uma componente do grupo 3 tinha um transferidor, mas também não sabia utilizar. Acredito que o tempo não foi suficiente para realizar a tarefa.

Problemas enfrentados: O número de alunos estava reduzido

Imprevistos: Cheguei atrasada 15 min. Devido à chuva no dia anterior, a sala de aula, que alaga com facilidade, estava suja e fedendo a manga. Fui à direção pegar a chave da sala de vídeo e a atividade foi realizada ali.

2ª Tentativa (18/11)

Resumo da atividade: Distribuí as apostilas e o material.

Como na primeira tentativa ocorreram muitos problemas que impediram que a atividade fosse concluída, voltamos a ela. Porém, os alunos não sabiam mesmo como utilizar o transferidor. Alguns, ao lerem a apostila, me perguntaram o que era transferidor, outro aluno respondeu: “é aquela régua tortinha”. Como novamente não foi possível a realização de medidas decidi pular essa parte e ler a partir do número 5) da página 7.

Pontos positivos: Os alunos, inclusive os no grupo com os surdos, conseguiram perceber que ocorrem 2 fenômenos com a luz que é apontada para a superfície da água.

Os alunos surdos criaram sinais para simbolizar refração e reflexão!

Pontos negativos: A atividade não pôde ser concluída com sucesso, por isso os alunos se sentiram perdidos e desmotivados, além de não entenderem o procedimento.

Problemas enfrentados: Os alunos tiveram dificuldade em enxer-

gar os feixes luminosos pois a potência do apontador laser não era grande. O tamanho do aquário distribuído aos alunos também dificultou o trabalho dos alunos.

O intérprete dos alunos surdos da turma não estava lá, e os alunos foram auxiliados por outro intérprete.



Figura 4.6: Material utilizado na aula 2

Aula 3 (21/11)

Conteúdo: Arco-íris, formação das cores.

Material: Prismas de vidro; aquário em formato de prisma; vídeo; computador; projetor; celular (dos próprios alunos).

Atividade:

Arco-íris

1. Quais são os elementos necessários para formação do arco-íris?
2. Desenhe a formação do arco-íris
3. Quais os conceitos que conhecemos nas aulas anteriores que podem ter a ver com a explicação do arco-íris. Explique.

4. Olhando a lâmpada através do prisma, o que você observa? O que ocorreu com a cor da lâmpada?
5. Coloque uma pequena gota de água na tela do celular e observe, o que ocorreu com a luz branca que vem da tela do celular. Pensando na Lei de Snell, como é possível que a luz branca (da lâmpada) se transforme em várias cores?
6. O arco íris não pode ser visto de qualquer ângulo. Pensando na lei de Snell sugira uma explicação para isso.

Resumo da atividade: Mostrei o vídeo da página Galera da Física (Como fazer seu arco-íris caseiro), fiz a demonstração no próprio projetor, e distribuí alguns prismas de vidro.

Alguns grupos interagiram, como planejado, porém outros não o fizeram, dividiram entre si as questões e cada um fez uma parte, estavam com pressa de ir embora. A atividade correu bem. Eu passei de mesa em mesa para auxiliar os alunos.

Um aluno me questionou sobre a veracidade do vídeo, já que ele já tinha brincado com a água e a mangueira em casa e não tinha observado o fenômeno, mas na interação com o grupo acredito que ele tenha entendido que também depende da posição da luz do Sol, do observador e das gotículas de água, como seu colega falou.

Pontos positivos: Os alunos não tiveram dificuldade para enxergar a dispersão da luz. A atividade foi simples, portanto o tempo foi mais que suficiente para sua conclusão. O intérprete estava presente, o que facilitou a interação dos alunos surdos com seu grupo.

Pontos negativos: A atividade foi muito curta. Os alunos dividiram entre si as questões no grupo para terminar mais rápido.

Problemas enfrentados: Os alunos tiveram dificuldade de entender a relação entre a lei de Snell e o surgimento de cores devido a não conclusão da atividade anterior.

Aula 4 (22/11)

Conteúdo: Espectro eletromagnético.

Material: Lâmpada fluorescente ultravioleta (luz negra); placa fluorescente.

Resumo da atividade: Os grupos apresentaram as faixas do espectro em ordem decrescente de comprimento de onda. Ao final da apresentação de cada grupo eu fazia uma pequena complementação, ou correção, quando necessária. O grupo 1, que falava sobre raios gama, optou por não apresentar. A maior parte do grupo não quis se mobilizar para fazer o trabalho.

O grupo 5 apresentou bem, falou sobre a detecção de ondas eletromagnéticas e demonstrou domínio do assunto. Porém, deram ênfase ao aparelho de som, o rádio, falando sobre sua aplicação, benefícios e malefícios.

O grupo 4 não entendeu bem o objetivo do trabalho e falou sobre o aparelho micro-ondas. De relevante para o objetivo da atividade, apenas comentaram, no início, qual o comprimento de onda que o aparelho utiliza.

O grupo 7 apresentou muito bem o trabalho, mostrou domínio. A apresentação foi completa, cumpriu todos os itens pedidos, utilizando suas próprias palavras para explicar.

O grupo 6 apresentou muito mal o trabalho fazendo uma mistura de texto da internet, lendo e fazendo referência a figuras “abaixo” que não apareciam no slide. Não tinham ideia do que estavam falando. Além disso o trabalho estava incompleto.

O grupo 2 apresentou o trabalho de forma completa. Porém apenas um componente demonstrou domínio do assunto. Os slides deste grupo estavam muito bem feitos.

O grupo 3 fez uma apresentação que no geral foi ruim, usando slides que apresentavam muito texto e nenhuma ilustração. Fizeram uma leitura mecânica do texto, o que demonstrou pouco domínio do assunto. Porém os alunos NE apresentaram muito bem o trabalho, com o auxílio do intérprete. Foram os que melhor demonstraram conhecimento do texto, que foi deco-

rado e transmitido através de libras. Após a apresentação, eles falaram que poderiam ter se saído melhor se o trabalho fosse realmente feito com a participação deles, com eles próprios fazendo a pesquisa da parte que eles iriam apresentar.

Pontos positivos: A participação dos alunos NE com o auxílio do intérprete; as excelentes apresentações dos grupos 7 e 2, que apresentaram de forma dinâmica e ilustrando bem a apresentação.

Pontos negativos: Os problemas citados nos imprevistos fizeram com que os alunos se dispersassem um pouco.

Problemas enfrentados: A baixa qualidade de algumas apresentações mostrou que parte dos alunos não compreenderam o bem assunto.

Aula 5(24/11)

Conteúdo: Recapitular.

Material: Apostilas.

Atividade: Classifique as afirmações dos alunos como verdadeiras ou falsas; justifique usando os resultados dos experimentos que realizamos

- Sobre tudo o que é necessário para enxergar um objeto
 1. Aluno A: Apenas ter olhos
 2. Aluno B: Ter olhos e visão (capacidade de enxergar)
 3. Aluno C: Luz e ter visão (capacidade de enxergar).

- Sobre o mecanismo da visão
 1. Aluno A: Para enxergar, algo, como um raio, sai do meu olho e atinge o objeto.
 2. Aluno B: Algo, como miniaturas do objeto, se soltam dele atingindo os meus olhos.
 3. Aluno C: A luz bate nos olhos, que a refletem na direção do objeto. Após justificativa dos alunos, se pergunta qual é o modelo correto para a visão.

- Sobre a reflexão da luz
 1. Aluno A: Reflexão da luz é o que ocorre no espelho, mas não na parede.
 2. Aluno B: Acontece reflexão em todos os objetos que podemos enxergar.
 3. Aluno C: Para um objeto poder refletir é preciso que luz saia dele.
- Sobre a refração
 1. Aluno A: É a mesma coisa que reflexão.
 2. Aluno B: Acontece quando luz atravessa um meio diferente e muda de direção.
 3. Aluno C: É o que ocorre quando a luz atravessa as lentes dos óculos.
- Sobre a Luz
 1. Aluno A: É aquilo que podemos ver
 2. Aluno B: Luz em alguns experimentos se comporta como onda
 3. Aluno C: Luz em alguns experimentos se comporta como pequenas partículas.
- Ainda sobre a luz
 1. Aluno A: Luz é energia solar.
 2. Aluno B: Existem vários tipos de fonte de luz
 3. Aluno C: Luz é radiação.
- Sobre luz e cores
 1. Aluno A: Cada cor corresponde a frequência de onda eletromagnética (luz).
 2. Aluno B: Se misturarmos luzes de cores diferentes, por exemplo verde, vermelho e azul obtemos o preto.

3. Aluno C: Se misturarmos pigmentos (tinta) de cores diferentes, por exemplo verde, vermelho e azul obtemos o branco.

Resumo da atividade: Como havia poucos alunos presentes, cada aluno fez a atividade de forma individual, por 20 min. Foi o tempo necessário para eles terminarem. E depois discutimos cada questão. Eu lia e perguntava o que eles achavam, baseados nos experimentos que fizemos.

Pontos positivos: Foi uma ótima oportunidade de desfazer alguns equívocos. Eles não tinham entendido que a luz que enxergamos faz parte do espectro eletromagnético e nem todos tinham entendido a refração e a reflexão. Como havia poucos alunos, a interação acabou sendo facilitada. Todos participaram. A participação do intérprete foi fundamental, também neste dia, pois permitiu uma melhor interação.

Pontos negativos: Poucos alunos foram a essa aula.

Problemas enfrentados: Em relação ao formato das questões: cada questão tinha 3 falas que eram para ser julgadas como certas ou erradas. Os alunos acharam que apenas uma das falas estava correta, o que os confundiu um pouco.

Aula 6(25/11)

Conteúdo: Câmara escura.

Material: Tesouras; réguas; cartolina; fita adesiva; papel alumínio; papel vegetal.

Atividade:

A câmara escura foi um dos primeiros modelos para explicar o funcionamento do olho humano.

1. Quando você se aproxima ou se afasta do objeto o que ocorre com a imagem formada no papel vegetal? Quando aumenta ou diminui?
2. Por que a imagem aparece invertida? Desenhe um modelo para o funcionamento da câmara escura utilizando o modelo de raios

3. Se aumentarmos o furo da caixa o que ocorre com a imagem? Peça para o professor para mostrar a imagem formada com o furo maior. Quanto maior o furo, maior é a quantidade de luz que entra pelo buraco.
4. Que aplicações você vê para a câmara escura?

Resumo da atividade: Falei brevemente sobre a importância histórica da câmara escura para a compreensão da visão, desenhei o modelo da caixa no quadro e distribuí os materiais, em grande parte fornecidos pela escola.

Pontos positivos: Os alunos que conseguiram montar a câmara escura ficaram impressionados com seu funcionamento.

Pontos negativos: O tempo não foi suficiente para que todos os alunos entendessem a montagem da caixa, a montassem e respondessem às perguntas. A maior parte da turma só conseguiu ver o funcionamento da caixa na aula seguinte. Apenas os grupos 2 e 7 terminaram a montagem e só o grupo 2 utilizou o experimento, já que, por ser semana de provas, as aulas só duravam uma hora.

Problemas enfrentados: Um dos grupos teve grande dificuldade de entender a montagem da caixa, chegando a cortar os lados onde era para dobrar. Conversei com a professora de artes sobre o ocorrido e ela falou da dificuldade que os alunos têm em artes por não conseguirem visualizar em 3 dimensões.

Imprevistos: O tempo não foi suficiente para a montagem da câmara escura. O material distribuído não foi suficiente para todos os grupos.

Aula 7(30/11)

Conteúdo: Conclusão: funcionamento do olho humano.

Material: Câmara escura do grupo 2; Kit “Banco ótico”(Lentes, anteparos, luminária, suportes). ³

Resumo da atividade: Continuei a aula anterior com a câmara

³O kit Banco ótico

escura construída pelo grupo 2. Ela passou de mão em mão para que os alunos conseguissem ver a projeção. Montei o Kit “ Banco ótico”. Os alunos ficaram impressionados com a projeção da imagem da lâmpada no anteparo, com o aumento e diminuição da imagem e com sua inversão. Logo após a demonstração do funcionamento distribuí os pós-testes.

Pontos positivos: A curiosidade motivada pela formação da imagem proporcionou interesse maior na teoria.

Pontos negativos: Os alunos não tiveram muito tempo para mexer no material e me pareceram tímidos.

Problemas enfrentados: Pouco tempo para aprofundar o funcionamento e a estrutura do olho.

4.5 Pós-Teste

(30/11)

Conteúdo: Arco-íris, formação da luz branca, estrutura do olho, reflexão difusa.

Material: Apenas o teste.

Resumo da atividade: O pós-teste foi distribuído para que os alunos o respondessem individualmente, com a finalidade de avaliar o aprendizado, além de avaliar o módulo. O pós-teste foi respondido sem consulta. Um dos alunos afirmou que em uma aula anterior eu tinha falado de 2 tipos de luz, e queria saber se a questão queria saber da luz "ocular– a que sai do olho"ou da luz do Sol. Eu afirmei que não tinha falado isso e o aluno insistiu; logo, pedi para que ele me mostrasse, na apostila, onde aparece o termo "luz ocular", ele pegou a apostila e se convenceu que tinha se confundido.

Pontos positivos: Os alunos se empenharam em fazer o teste. Acredito que é porque era uma avaliação quantitativa.

Pontos negativos: Alguns alunos chegaram atrasados e fizeram o

teste separados do resto da turma.

Imprevisto: Algumas aulas foram adiadas, por motivos diversos, com isso não sobrou tempo para aplicar o pós-teste em um dia separado. Por isso ele foi aplicado no mesmo dia que a aula 7.

4.6 Limitações na aplicação

Uma das limitações que mais influenciou o resultado das aplicações foi a minha pequena experiência em sala de aula. Não tive o contato esperado com a turma, pois, devido à greve, da qual participei em 2016, não acompanhei a turma por 4 meses, e, mesmo repondo as aulas, a minha relação com os alunos não era boa.

Além disso tive dificuldade de identificar o nível dos alunos, que durante esse período apresentaram dificuldade grandes em cálculos, especialmente em operações de divisão, compreensão do significado de uma fração, passagem de fração para número decimal. Percebi que as diversas formas de representar uma divisão também não eram de domínio da turma. Tiveram dificuldade também em somar números com sinais diferentes. Esses problemas não eram tão comuns nas minhas turmas anteriores de 3^o ano. E o módulo foi desenhado para que a matemática não fosse um empecilho ao aprendizado das noções de física por parte desses alunos.

Capítulo 5

Resultados das Atividades

Este capítulo apresenta a resposta dos alunos a cada questão do instrumento de avaliação e reflexões sobre estas respostas.

5.1 Resultados da aplicação - Pré-teste

5.1.1 Questão 1

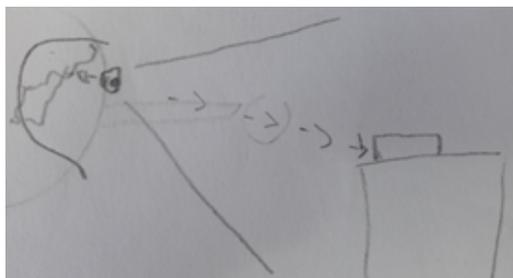
O que é necessário para enxergar um livro que está em cima da mesa? Explique com suas palavras como ocorre ou desenhe.

| Respostas | Número de grupos |
|----------------------------|------------------|
| Raios saindo dos olhos | 2 |
| Apenas olhos | 2 |
| Visão ¹ e olhos | 2 |
| Luz e visão (capacidade) | 1 |

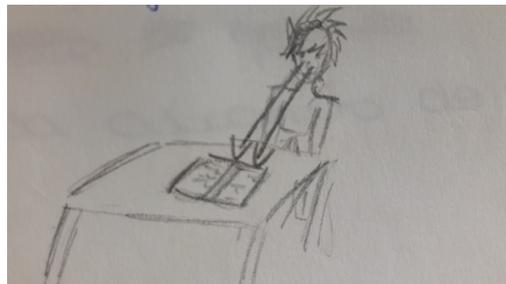
Tabela 5.1: Respostas da questão 1

Nessa pergunta três grupos optaram por apenas desenhar, um grupo optou por apenas escrever e três grupos optaram por desenhar e escrever. Porém apenas dois desenhos não eram apenas ilustrações. A partir disso

podemos detectar a já conhecida concepção da visão como sendo produzida por "luz" saindo dos olhos, representada como flechas.



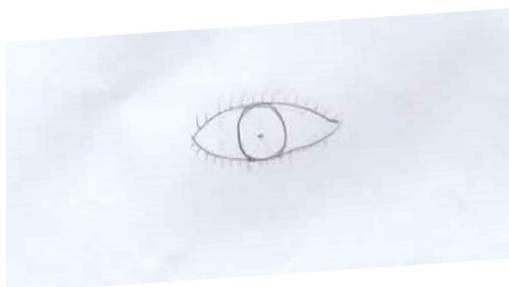
(a) Grupo 1



(b) Grupo 2



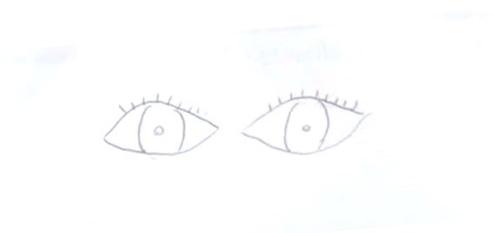
(c) Grupo 3



(d) Grupo 4



(e) Grupo 5



(f) Grupo 7

Figura 5.0: Desenhos contidos nas respostas dos grupos

5.1.2 Questão 2

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

| Respostas | N. de grupos |
|--|--------------|
| Não existe reflexão na parede por causa da falta de elementos que fazem refletir | 1 |
| Não tem luz (na parede) então não tem reflexão | 1 |
| Efeito de reflexo só no espelho e não na parede | 3 |
| Superfície da parede não reflete | 1 |
| Espelho tem reflexo | 1 |

Tabela 5.2: Resposta da questão 2

5.1.3 Questão 3

(Enem) Formação da imagem no olho humano.

| Respostas | Número de grupos |
|-----------|------------------|
| Íris | 3 |
| Pupila | 3 |
| Retina | 1 |

Tabela 5.3: Resposta da questão 3

Acredito que os grupos optaram pela alternativa que nomeava a parte do olho mais conhecida por eles, o que demonstrou o desconhecimento da estrutura básica do olho humano.

5.1.4 Questão 4

De onde vem as cores do arco-íris Nesta questão, alguns grupos responderam com desenhos e textos escritos. Além disso, a coluna de respostas apresenta

aspectos que foram destacados das respostas que foram dadas pelos alunos.

| Respostas | N. de grupos |
|--|--------------|
| Luz solar atravessando pequenas gotas de água no ar são transformadas em cores | 1 |
| Luz solar + água no ar | 1 |
| Luz solar + água da chuva | 1 |
| Raio infravermelho que reflete na água | 1 |
| Sol + chuva = raios saindo das gotas | 1 |
| Sol + chuva | 2 |
| Pote de ouro | 2 |

Tabela 5.4: Resposta da questão 4

Embora a questão fosse para ser respondida em forma de desenho, três grupos optaram por apenas escrever. E suas respostas são as três primeiras da tabela [5.4]. Apenas um grupo optou por escrever e desenhar, e apresentou elementos que ainda não haviam sido debatidos em sala de aula. Acredito que em algum momento da vivência desses alunos esses termos lhes foram apresentados. Como já mencionado anteriormente, ressalto que o aluno não vem de mente vazia para a escola; ele já traz consigo conceitos que devem ser considerados para um ensino mais eficiente. Este mesmo grupo, em seu desenho, não deixou claro de que maneira “Sol” (desenho de Sol) e “chuva” (desenho da nuvem chovendo) formariam o arco-íris. Dos outros três grupos que optaram por apenas desenhar, um, o primeiro que aparece na tabela, desenha raios que saem do Sol, vão para as nuvens e as gotas enviando raios para o lugar onde é formado o arco-íris. Na figura, abaixo, aparecem os raios saindo da poça, mas, segundo os alunos do grupo, era para sair das gotas.

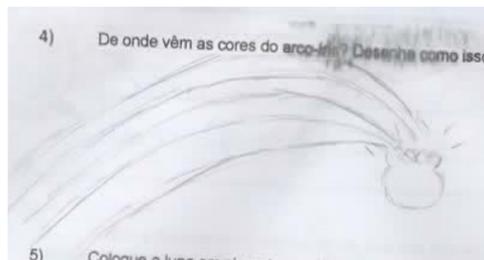
5.1.5 Questão 5

– Formação da luz branca do celular

Na tabela a seguir alguns grupos, acredito que por não entrarem em



(a) Grupo 1



(b) Grupo 2



(c) Grupo 3



(d) Grupo 4

Figura 5.1: Desenhos contidos nas respostas dos alunos

consenso deram mais de uma resposta.

| Respostas | Número de grupos |
|---|------------------|
| Micropartículas que formam só luz | 1 |
| Várias radiações coloridas | 1 |
| Através de pixels | 1 |
| “digitas” e cores que refletem a luz do fundo | 1 |
| Através de várias cores que quando passam por um prisma de vidro se transformam em branca | 1 |
| Verde, azul, vermelho, preto e branco | 2 |
| Em branco | 1 |

Tabela 5.5: Respostas da questão 5

Nessa questão os alunos podiam observar gotículas de água depositadas na tela de um tablet. Um grupo, optou por desenhar o tablet com as cores que conseguiram observar, outro grupo descreveu as cores que observaram. Podemos mais uma vez observar que ficou claro que alguns alunos já haviam sido expostos a explicações dos fenômenos que envolvem luz e cores, mas não tem deles uma concepção científica. Observei também que utilizam com frequência termos comuns no mercado de eletrônicos. Um único grupo respondeu com imagem: desenhou o que observou, as cores vistas através da gota de água, além de ter feito uma resposta escrita.

5.1.6 Questão 6

– Do que é feita a luz?

| Respostas | Número de grupos |
|-----------|------------------|
| Energia | 6 |
| Luz solar | 1 |

Tabela 5.6: Resposta da questão 6

Essa questão, possivelmente por ser muito aberta, não guiou os alunos



Figura 5.2: Desenho do Ipad com as gotas de água coloridas desenhadas pelos alunos

para uma resposta mais plural ou precisa.

5.1.7 Questão 7

– O que você gostaria de entender sobre a luz (visão, laser)

| Respostas | Número de grupos |
|--------------|------------------|
| Arco-íris | 2 |
| Cinema 3D | 4 |
| Óculos | 1 |
| Microscópio | 1 |
| Televisão | 1 |
| Celular | 1 |
| Ultravioleta | 2 |
| Laser | 2 |

Tabela 5.7: Resposta da questão 7

Essa foi uma pesquisa de interesse do aluno. Apenas um grupo apre-

sentou interesse em Televisão que não estava na lista de exemplos

5.2 Resultados da aplicação - Módulo

A presença e participação de cada aluno é essencial para o aprendizado significativo. Porém em função de: cansaço devido ao fim do ano, semana de provas, e a aplicação de algumas atividades serem em horário de reposição a participação dos alunos pode ter sido afetada. A figura[5.3] mostra o gráfico da participação dos alunos da turma em cada aula.

| | |
|-------------------|---|
| 1ª aula | Importância da Luz para a Visão; Modelo de raios luminosos; reflexão especular e reflexão difusa. |
| 2ª aula e 3ª aula | Refração; Lei de Snell, Reflexão total. |
| 4ª aula | Arco-íris. |
| 5ª aula | Espectro eletromagnético; modelo ondulatório da luz. |
| 6ª aula | Recapitular. |
| 7ª aula | Câmara escura; olho humano. |
| 8ª aula | Visão; modelo simples de olho humano. |

Tabela 5.8: Lista das aulas e conteúdos

O módulo foi aplicado em grupo, por isso nessa seção serão apresentadas as respostas por grupo, o que é importante para avaliação da evolução durante as atividades. Foram distribuídas mais de uma apostila por grupo e registrei apenas as respostas que não são duplicadas.

Os alunos não conseguiram responder as questões da aula 6 pois houve não tempo necessário. A aula 4 e 7 não exigem respostas. E as respostas da aula 5 foram discutidas com toda a turma, é parte do verdadeiro e falso, os poucos alunos que foram tiveram um tempo para responder individualmente e depois discutimos todas as respostas juntos. Eu não registrei as justificativas verbais dos alunos.

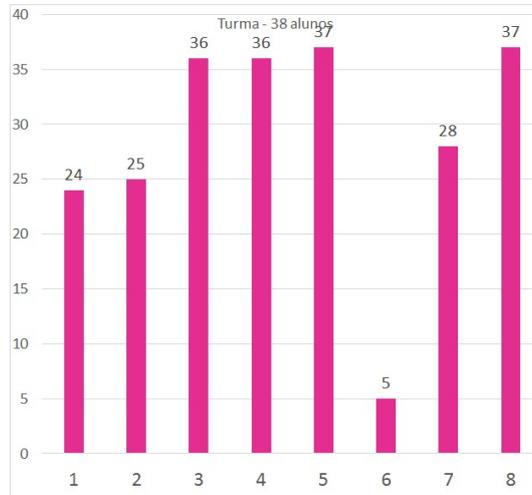


Figura 5.3: Presença dos alunos por turmas

5.2.1 Aula 1

1ªEtapa: Importância da luz para a visão - Experimento caverna

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

| grupo | Respostas |
|-------|---------------------|
| 1 | Não. |
| 2 | Não. |
| 3 | Não. |
| 4 | Não vemos o objeto. |
| 5 | Não. |
| 6 | Não. |
| 7 | Não. |

Tabela 5.9

2. O que falta para enxergar o objeto?

| Grupo | Respostas |
|-------|-----------|
| 1 | Luz. |
| 2 | Luz. |
| 3 | Luz. |
| 4 | Luz. |
| 5 | Luz. |
| 6 | Luz. |
| 7 | Luz. |

Tabela 5.10

3. Ligue a lanterna dentro da caixa. Você consegue ver o objeto agora? Qual é a fonte de luz?

| Grupo | Respostas |
|-------|--|
| 1 | Sim, a lanterna. A luz que vem do objeto. |
| 2 | Sim, a lanterna do celular. |
| 3 | Sim, lanterna do celular |
| 4 | Sim, a lanterna do celular. |
| 5 | Sim, Lanterna ; Sim, a fonte de luz vem da lanterna. |
| 6 | Sim, a lanterna do celular. |
| 7 | Sim, a lanterna do celular. |

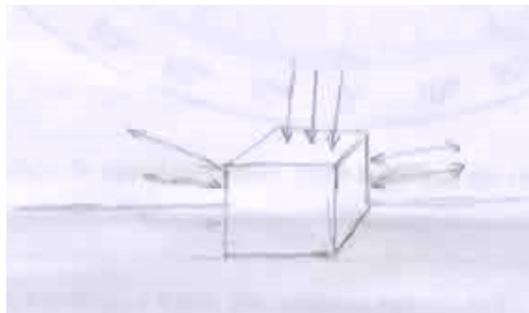
Tabela 5.11

Nas questões 1 e 2, se os alunos seguissem o roteiro, iriam obter essas respostas. Eles responderam como o esperado. Já na questão 3 o grupo 1 respondeu que a fonte de luz era a lanterna e o objeto (além do que era esperado para a questão).

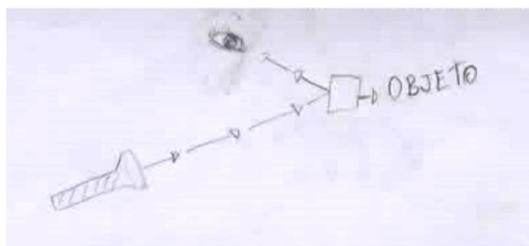
4. Desenhe, utilizando setas, o caminho que a luz faz para que você consiga ver o objeto. ²

²respostas na próxima página

Os alunos reconheceram a importância da luz para ver o objeto. Todos os grupos representaram a luz saindo da lanterna, 3 grupos representaram a luz indo na direção do observador. Porém, apenas o grupo 1 representou a luz refletindo no objeto.



(a) Grupo 1



(b) Grupo 1 - 2

Figura 5.4: Desenhos contidos nas respostas do grupo 1

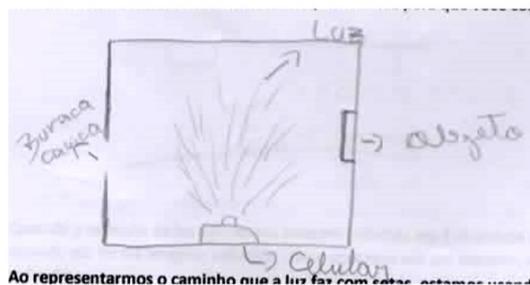
2ª Etapa

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



(a) Grupo 2

Figura 5.5: Desenho contido nas respostas do grupo 2



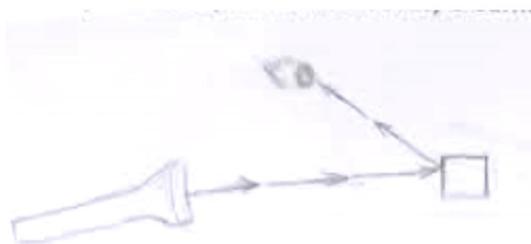
(a) Grupo 3

Figura 5.6: Desenho contido nas respostas do grupo 3

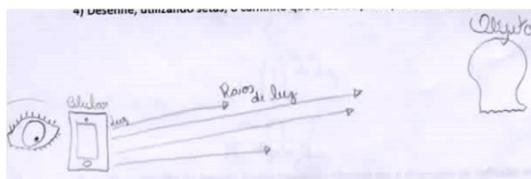
he, utilizando setas, o caminho que a luz



(a) Grupo 4

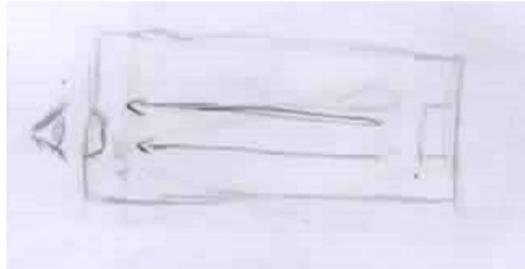


(b) Grupo 4 - 1



(c) Grupo 4 - 2

Figura 5.7: Desenhos contidos nas respostas do grupo 4



(a) Grupo 5

Figura 5.8: Desenho contido nas respostas do grupo 5



(a) Grupo 7

Figura 5.9: Desenho contido nas respostas do grupo 7

| Grupo | Respostas |
|-------|-----------|
| 1 | Sim. |
| 2 | Sim. |
| 3 | Sim. |
| 4 | Sim. |
| 5 | Sim. |
| 6 | Não. |
| 7 | Sim. |

Tabela 5.12

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

| Grupo | Respostas |
|-------|--|
| 1 | Luminosidade |
| 2 | A visão e a luz |
| 3 | Luz e visão |
| 4 | Luz e visão |
| 5 | Olho |
| 6 | Colocar o objeto no centro da sala e pôr os alunos ao redor. |
| 7 | A visão |

Tabela 5.13

A partir das respostas do grupo 6 vemos que ele não podia ver o objeto, estava, provavelmente, atrás de outro grupo.

Aqui vemos que os alunos reconhecem luz como elemento necessário para ver observar o objeto.

A palavra visão pode ser relacionada com poder olhar diretamente para um objeto ou a capacidade de ver.

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

| Grupo | Respostas |
|-------|--|
| 1 | A sala está bem iluminada. Como tem luz refletindo para todos os lados, ao chegar os objetos sua imagem irá ser vista de todos os lados. |
| 2 | Olhando para o mesmo lugar, só que em sentidos/direções diferentes. A luz reflete nos olhos das pessoas. |
| 3 | A luz interage com o campo de visão de cada um. |
| 4 | Sim, a luz deveria estar no centro da sala, acima do objeto para que todos consigam ver da mesma forma.; Porque estando no centro da sala, todos conseguem enxergar. |
| 5 | Sim, a luz deve refletir no objeto para que conseguirmos enxergar. |
| 6 | Porque através de ângulos diferentes é possível. |
| 7 | Olhando todos na direção do objeto, pois em sentidos diferente. Refletindo nos olhos das pessoas. |

Tabela 5.14

Era esperado que os alunos assumissem que o objeto iluminado refletia em todas as direções. O grupo 1 citou alguns elementos: Iluminação, reflexão em objetos. Os grupos 2 e 7 compreenderam de forma errônea, para eles, a luz reflete nos olhos. O grupo 3 acredita numa forma de interação da luz com o campo de visão. O grupo 4 considera a luz e sua localização como elemento para que o objeto seja observado. Os grupos 2, 6 e 7 apontam a direção como que possibilita a visão por todos da sala. Vemos aqui três modelos de visão diferentes, todos eles necessitam de luz, o que faz da 1ª fase bem sucedida.

4. Crie, junto aos seus colegas, um modelo para explicar como vemos um objeto, desenhando o caminho da luz e mostrando como ela se comporta ao bater no objeto.³

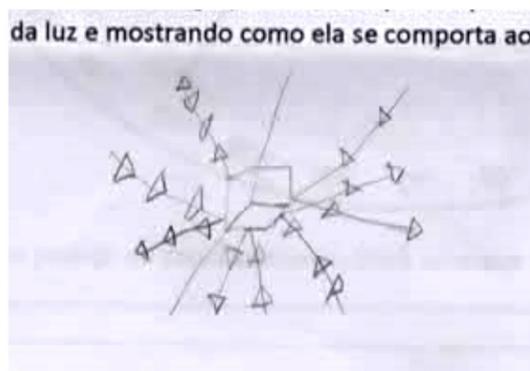
³Esse exercício foi respondido através de imagens que são apresentadas na próxima

Esse item induzia o aluno a pensar que a luz bate no objeto. Os grupos 1, 2 e 7 representaram a luz sendo refletida no objeto. O grupo 1 preocupou-se mais com como ela refletia no objeto e os grupos 2 e 7 como a luz saía da lâmpada, batia no objeto e ia para os olhos, mostrando o caminho completo.

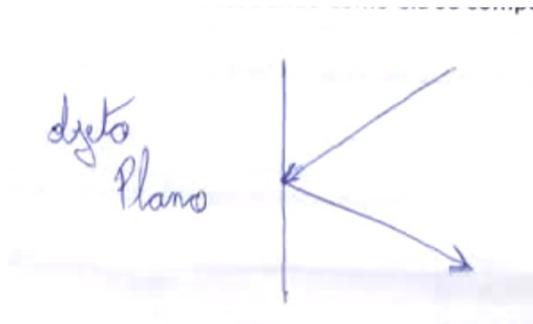
O grupo 3 não representou o caminho da luz apenas ela saindo da lâmpada e o objeto.

O grupo 4 representou a luz saindo dos olhos.

O grupo 5 representou a situação da etapa anterior de forma pouco diferente. O grupo 6 desenhou 2 lâmpadas iluminando um objeto.



(a) Grupo 1

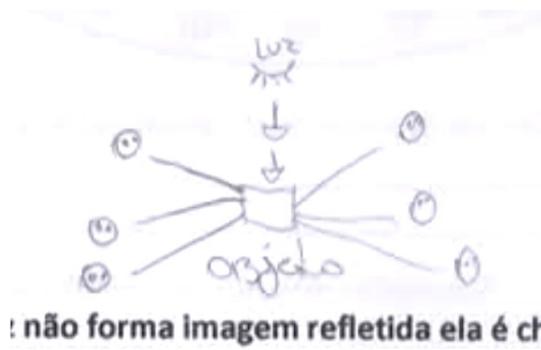


(b) Grupo 1 - 2

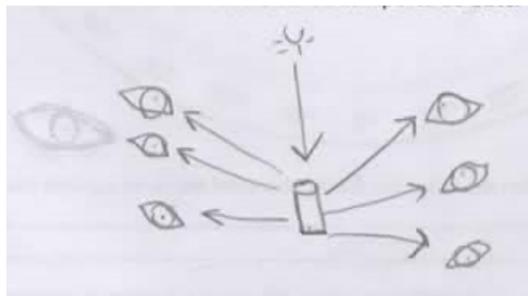
Figura 5.10: Desenhos contidos nas respostas do grupo 1



(a) Grupo 2



(b) Grupo 2- 2



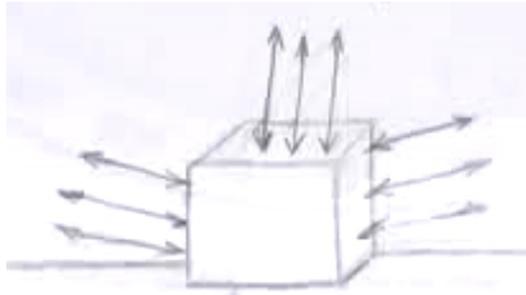
(c) Grupo 2 - 3

Figura 5.11: Desenhos contidos nas respostas do grupo 2



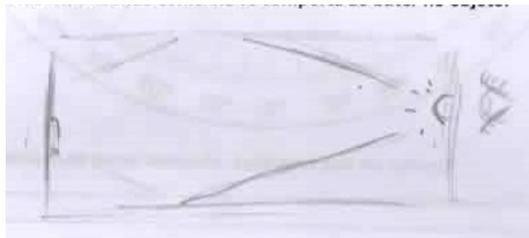
(a) Grupo 3

Figura 5.12: Desenho contido nas respostas do grupo 3



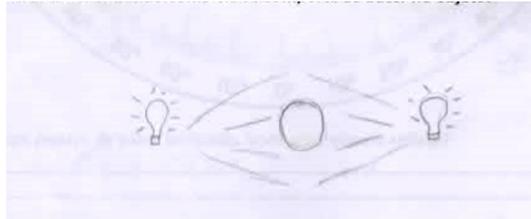
(a) Grupo 4

Figura 5.13: Desenho contido nas respostas do grupo 4



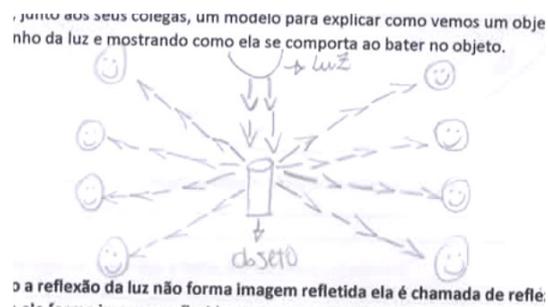
(a) Grupo 5

Figura 5.14: Desenho contido nas respostas do grupo 5



(a) Grupo 6

Figura 5.15: Desenho contido nas respostas do grupo 6



(a) Grupo 7

Figura 5.16: Desenho contido nas respostas do grupo 7

3ª Etapa:

1. Desenhe como um raio luminoso é refletido por um espelho.⁴

Nesse item os grupos conseguiram compreender a reflexão no espelho.

Os grupos 1, 5 e 7 utilizaram o laser os grupos 2, 3, 4 e 6 a lanterna do celular.



(a) Grupo 1

Figura 5.17: Desenho contido nas respostas do grupo 1

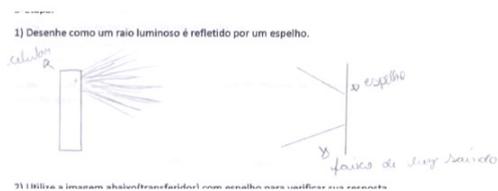


(a) Grupo 2

Figura 5.18: Desenho contido nas respostas do grupo 2

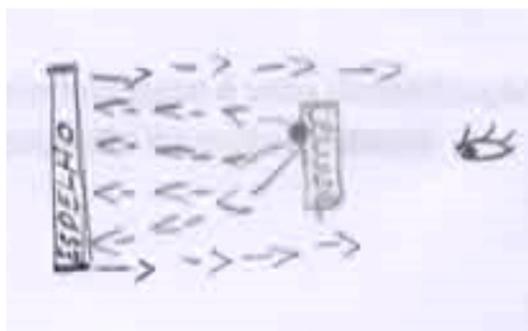
2. Utilize a imagem abaixo (transferidor) com espelho para verificar sua

⁴Esse exercício foi respondido através de imagens que são apresentadas na próxima página

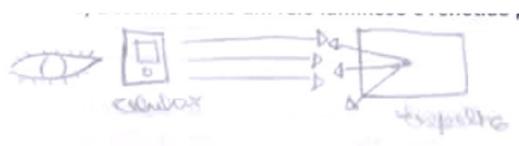


(a) Grupo 3

Figura 5.19: Desenho contido nas respostas do grupo 3

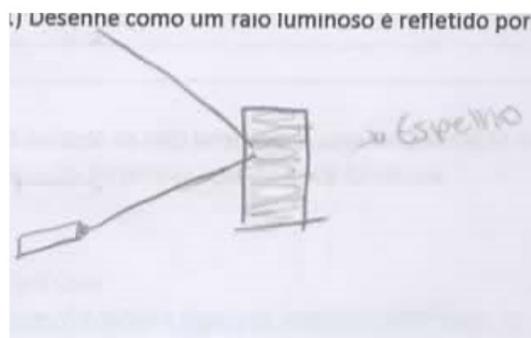


(a) Grupo 4



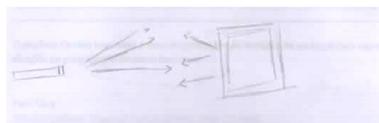
(b) Grupo 4 - 1

Figura 5.20: Desenhos contidos nas respostas do grupo 4



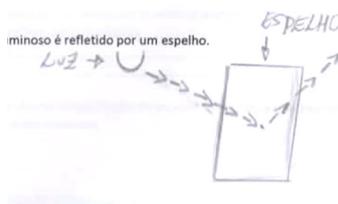
(a) Grupo 5

Figura 5.21: Desenho contido nas respostas do grupo 5



(a) Grupo 6

Figura 5.22: Desenho contido nas respostas do grupo 6

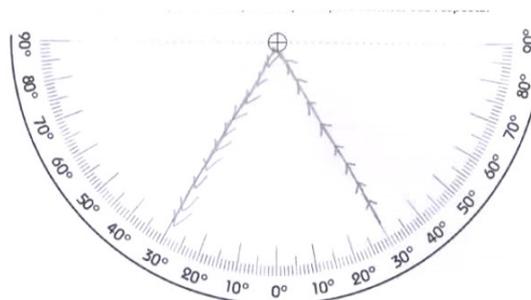


(a) Grupo 7

Figura 5.23: Desenho contido nas respostas do grupo 7

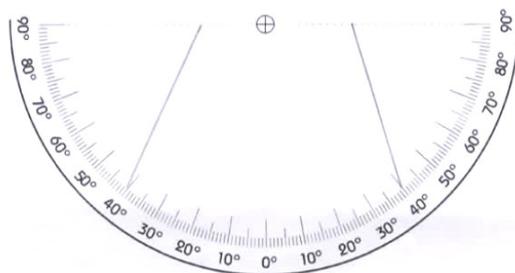
resposta.⁵

O grupo 3 continuou usando a lanterna do celular .



(a) Grupo 2

Figura 5.24: Desenho contido nas respostas do grupo 2



(a) Grupo 3

Figura 5.25: Desenho contido nas respostas do grupo 3 e fotos dos alunos em atividade

3. Peque um pedaço de papel laminado. Você acha que ele reflete?

⁵Esse exercício foi respondido através de imagens que são apresentadas na próxima página

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | Sim. |
| 2 | Sim. |
| 3 | Sim, mas não com a mesma intensidade que o espelho. |
| 4 | Sim, mas não nitidamente. |
| 5 | Sim. |
| 6 | Sim. |
| 7 | Sim. |

Tabela 5.15

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

| Grupo | Repostas |
|-------|--|
| 1 | Sim, porém, ocorre reflexão difusa. |
| 2 | sim |
| 3 | Não, o papel reflete mas não forma a imagem. |
| 4 | Sim. |
| 5 | Sim. |
| 6 | Sim. |
| 7 | Sim. |

Tabela 5.16

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

| Grupo | Respostas |
|-------|--|
| 1 | No espelho, o laser é refletido perfeitamente, já no papel alumínio cada parte amassada reflete numa direção diferente. |
| 2 | O espelho reflete mais e perfeitamente, já o papel reflete menos e distorce. |
| 3 | Eles refletem de forma diferente. |
| 4 | No espelho a luz do laser fica bem nítida e no papel laminado não temos essa visão tão nítida. ; O espelho reflete o laser e continua a mesma coisa, já quando reflete no papel alumínio o reflexo fica fosco.; O espelho reflete a luz no mesmo formato original, o papel laminado distorce a forma do desenho. |
| 5 | O espelho reflete de uma forma mais idêntica e o papel laminado mais embaçada. |
| 6 | No espelho, se pôr o objeto em um específico ângulo ele reflete o mesmo. E o papel laminado ele também reflete e se espalha. O processo é semelhante, e o resultado diferente. |
| 7 | Acontece de forma diferente, porque o papel laminado distorce a imagem. Sim, o espelho apenas. |

Tabela 5.17

Esse sequência de perguntas tinha como objetivo apontar semelhanças e diferenças de reflexão no espelho e no papel laminado. Os grupos conseguiram identificar que não havia a formação de imagem no papel laminado amassado. Acredito que faltou uma pergunta para relacionar o que ocorre no papel laminado e no objeto que estava no centro da sala.

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

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | O outro uso mais comum para o espelho é no trânsito, tanto nos carros como nas motos. |
| 2 | Para ampliar o ambiente e enxergar o que tem a sua volta. |
| 3 | Em retrovisor de carros. |
| 4 | Em retrovisores de automóveis.; Através do espelho conseguimos ver o que está em volta. Mesmo sem olhar diretamente para ele.; Usamos para ver os carros quando dirigimos. Pelo espelho retrovisor. |
| 5 | Ampliar a imagem. |
| 6 | Retrovisor de carro. Em estojos de maquiagens, para ampliar imagens. |
| 7 | Para ampliar o ambiente, para ver o que está em sua volta. |

Tabela 5.18

7. Observe o vídeo e diga quais são as semelhanças entre as ondas na cuba de onda e o comportamento da luz ao refletir em um espelho.

Apenas o grupo 1 fez a tarefa de casa.

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | Assim como numa superfície lisa, na cuba de onda observa-se que a onda refletida terá o mesmo ângulo da incidência. |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | - |

Tabela 5.19

5.2.2 Aula 2

2ª Etapa

Lei de Snell

1. Observe o aquário de diversos ângulos, diferentes. (Aquário com objetos não totalmente submersos) Quais são os elementos que influenciam a mudança na trajetória da luz?

| Grupo | Resposta |
|-------|--|
| 1 | Água e vidro |
| 2 | Luz influencia a trajetória da luz |
| 3 | A influência da luz na água causa a distorção da imagem.; A influência da luz na água e no vidro junto com o ângulo que fazem a distorção da imagem. |
| 4 | Vidro e água.; Em contato com a água a luz fica mais fraca, e quando entra em contato com o objeto a luz fica mais forte e reflete. |
| 5 | Água e ângulo. |
| 6 | O ângulo onde o objeto está direcionado |
| 7 | Refração da luz e a velocidade que ela se propaga. |

Tabela 5.20

Alguns grupos deram Respostas que não fazem sentido. Os grupos 1, 2, 3, 4, 5 mencionaram que a mudança de meio influencia. O grupo 5 deu a resposta mais completa, ângulo e o meio. O grupo 7 copiou a resposta da internet, provavelmente.

3ª Etapa atividade de lei de Snell

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

| Grupo | resposta |
|-------|---|
| 1 | Forma uma reta. Não há desvio. |
| 2 | Continua na direção 0° . |
| 3 | Ela fica exatamente no ângulo e 0° . |
| 4 | A luz reflete formando a linha do ângulo. |
| 5 | Cria um raio reto.; Fica Reto, desvio igual a zero. |
| 6 | Onde o laser está direcionado, ele entra no contato com a água gerando um reflexo que se espalha. |
| 7 | Forma um ângulo reto. |

Tabela 5.21

O grupo 6 mostrara uma falta de compreensão sobre o conceito de reflexão. E o grupo 4 utiliza a palavra reflete como refração. O grupo 7 não sabe o que é ângulo reto.

2. Preencha a tabela abaixo com os valores dos ângulos de incidência que o laser faz com a perpendicular e de refração. Como no exemplo abaixo:

| i (ângulo de incidência) | r (ângulo de refração) | Divida i por r |
|--------------------------|------------------------|----------------|
| 60° | 0° (grupo 4) | |
| 45° | 28° (grupo 4) | |
| 30° | 20° (grupo 4) | |

Tabela 5.22

Claramente os grupos não compreenderam o que era para ser feito nesse item e nos seguintes e não fizeram.

3. Agora encontre o seno de cada ângulo da tabela e marcando os pontos no gráfico O seno do ângulo pode ser obtido utilizando a função “sin” tecla da calculadora do celular (*samsung* com certeza tem).

| Seno i (ângulo de incidência) | Seno r (ângulo de refração) | Divida $(\text{sen } i)$ por $(\text{sen } r)$ |
|---------------------------------|-------------------------------|--|
| 0,87 | | |
| 0,71 | | |
| 0,50 | | |

Tabela 5.23

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

| Grupo | resposta |
|-------|----------|
| 1 | - |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | - |

Tabela 5.24

5. Se mudarmos o material o ângulo de desvio da luz muda?

| Grupo | resposta |
|-------|----------|
| 1 | - |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | - |

Tabela 5.25

6. Determine a velocidade da luz na água. Para isso, precisamos do índice de refração da água determinado acima e da expressão: ⁶

$$n = \frac{c}{v} \quad (5.1)$$

Como os alunos não compreenderam as etapas anteriores, o valor do índice de refração foi dado. E a partir das Respostas constatamos que a maioria dos grupos possivelmente não compreende as operações matemáticas necessárias para responder corretamente este item.

$$1,5 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

$$v = 1,5 \cdot 3 \times 10^8$$

$$v = 4,5 \times 10^8$$

(a) Grupo 1

Figura 5.26: Desenho contido nas respostas do grupo 1

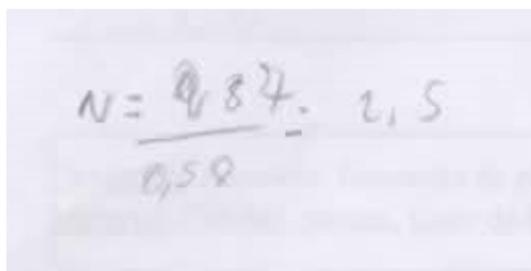
$$1,5 = \frac{3 \times 10^8}{v}$$

$$v = \frac{3 \times 10^8}{1,5} = 2 \times 10^8$$

(a) Grupo 2

Figura 5.27: Desenho contido nas respostas do grupo 2

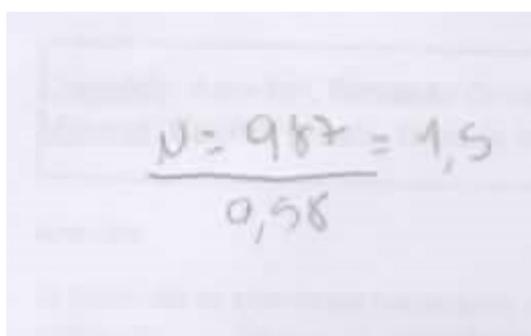
⁶Esse exercício foi respondido através de imagens que são apresentadas na próxima página



A photograph of a handwritten calculation on lined paper. The calculation is $N = \frac{987}{0,58} = 1,5$. The number 987 is written above a horizontal line, and 0,58 is written below it. To the right of the line, the result 1,5 is written.

(a) Grupo 5

Figura 5.28: Desenho contido nas respostas do grupo 5



A photograph of a handwritten calculation on lined paper. The calculation is $N = \frac{987}{0,58} = 1,5$. The number 987 is written above a horizontal line, and 0,58 is written below it. To the right of the line, the result 1,5 is written.

(a) Grupo 6

Figura 5.29: Desenho contido nas respostas do grupo 6

4ª Etapa-Reflexão total

1. Observando o aquário vc percebe que algumas paredes refletem a luz como um espelho, elas são sempre espelhadas? O que faz elas deixarem ou se tornarem espelhadas?

| Grupo | resposta |
|-------|---|
| 1 | Não. A luz. |
| 2 | Não, a água. |
| 3 | Não. A água. |
| 4 | Elas deixam quando chega o limite do ângulo. |
| 5 | Sim, o vidro e a água fazem refletir. |
| 6 | Não. Elas se tornam espelhadas em contato com o laser e a água sobre um determinado ângulo em que possibilita refração. |
| 7 | - |

Tabela 5.26

Apenas o grupo 6 percebeu que o ângulo é importante para o fenômeno.

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

| Grupo | Resposta |
|-------|----------|
| 1 | - |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | - |

Tabela 5.27

3. Você conhece alguma aplicação da reflexão total?

Os alunos não sabiam responder e quatro grupos me perguntaram e eu respondi fibra ótica e eles escreveram no caderno Outros três grupos deixaram em branco. Embora essas perguntas que relacionam instrumentos do dia a dia com que é estudado, se o aluno não consegue relacionar, devemos então apresentar essas relações.

5.2.3 Aula 3

Arco-íris

Após assistir o vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=FF5k_H9JWmU> responda:

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

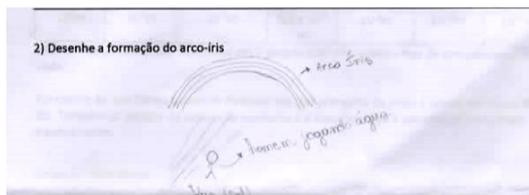
| Grupo | Respostas |
|-------|-------------------------------------|
| 1 | Luz e água |
| 2 | Sol nas costas e água.; Luz e água. |
| 3 | Água e uma fonte de luz. |
| 4 | Luz do Sol, Sol nas costas, água. |
| 5 | Água, Sol e ângulo. |
| 6 | Água, luz solar ou branca. |
| 7 | Luz e água. |

Tabela 5.28

Os grupos 2 e 4 falaram do Sol nas costas baseado no vídeo que eles assistiram. Que é o mesmo que dizer que o ângulo entre o observador a água e a luz, assim como o grupo 5. O grupo 6 relacionou o arco-íris a dispersão da luz, como demonstrado por mim em sala. Os demais grupos não atentaram para o ângulo.

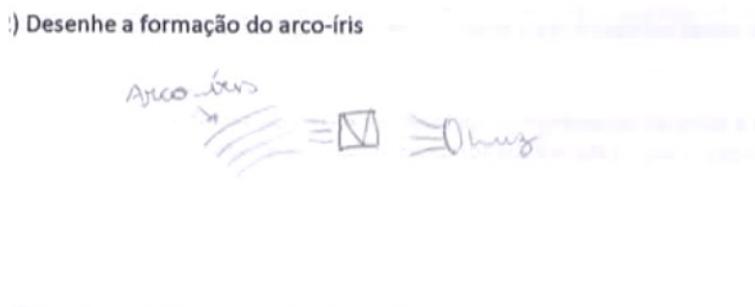
2. Desenhe a formação do arco-íris ⁷.

Os grupos 2, 6 e 7 desenharam o aquário que foi utilizado por mim para a demonstração. Nenhum grupo desenhou o observador. Apenas o grupo 3 não mostrou a luz passando pela água ou prisma.



(a) Grupo 1

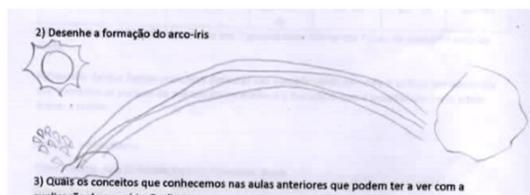
Figura 5.30: Desenho contido nas respostas do grupo 1



(a) Grupo 2

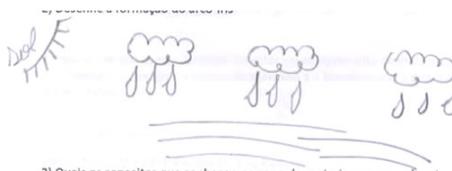
Figura 5.31: Desenho contido nas respostas do grupo 2

⁷Esse exercício foi respondido através de imagens que são apresentadas na próxima página



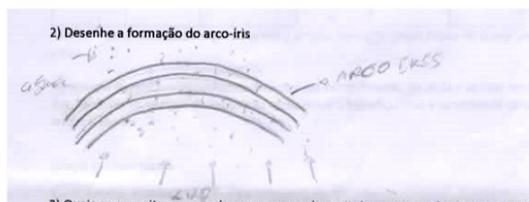
(a) Grupo 3

Figura 5.32: Desenho contido nas respostas do grupo 3

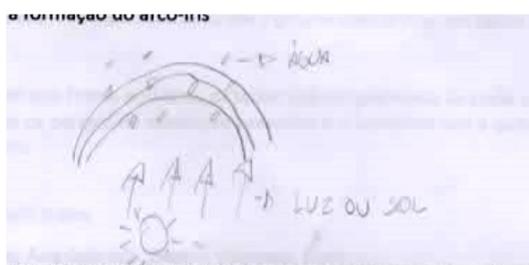


(a) Grupo 4

Figura 5.33: Desenho contido nas respostas do grupo 4

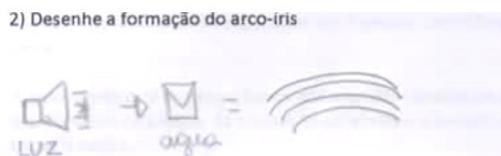


(a) Grupo 5



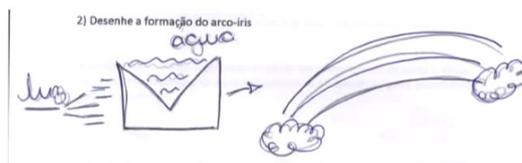
(b) Grupo 5 - 2

Figura 5.34: Desenhos contidos nas respostas do grupo 5



(a) Grupo 6

Figura 5.35: Desenho contido nas respostas do grupo 6



(a) Grupo 7

Figura 5.36: Desenho contido nas respostas do grupo 7

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

| Grupo | Respostas |
|-------|--|
| 1 | Reflexão. A luz do Sol reflete nas gotículas de água e assim dá o efeito de arco-íris. |
| 2 | A luz reflete através do recipiente. ; reflexo da luz na água. |
| 3 | O raio incidente sendo representado pela luz, atinge a água formando um ângulo refratado arco-íris. |
| 4 | Reflexão, refração. |
| 5 | O conceito de reflexão e refração da luz. A luz branca quando irradiada pelo Sol penetra nas gotas de água, ao mudar de meio de propagação, a luz sofre refração que é acompanhado pelo desvio de luz gerando ondas de cores diferentes. (http://alunosonline.uol.com.br/fisica/arco-iris.html) |
| 6 | O conceito da reflexão e refração da luz. A luz branca quando rodeada pelo Sol penetra nas gotas de água ao mudar de meio de propagação, a luz sofre refração que é acompanhado pelo desvio da luz. |
| 7 | A luz atinge a água formando o refratado arco-íris. |

Tabela 5.29

Os grupos 1 e 2 mencionaram reflexão como conceito que explica a formação do arco-íris. Os grupos 3 e 7 mencionaram refração. O grupo 5 utilizou a internet para responder a pergunta. Os grupos 4 e 6 relacionaram com refração e reflexão.

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

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | Virou um arco-íris, a luz ficou dividida em várias cores.; virou arco-íris, ficou colorida. |
| 2 | Que ela se transformou em várias cores.; Transformou em arco-íris. |
| 3 | A luz branca, refratado no prisma vira um arco-íris. |
| 4 | Aparecem as cores. |
| 5 | Observamos que fica colorido.; Observamos que a cor da lâmpada fica com várias cores. |
| 6 | Observamos que a cor da lâmpada fica com várias cores diferentes. |
| 7 | A luz emitida troca de cor. |

Tabela 5.30

Os grupos 1, 3 compreendem que a luz é formada por várias cores. Mas os grupos 2, 4, 5, 6 e 7 entenderam como uma transformação em cores.

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

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | Ficou colorida, através do processo de refração. |
| 2 | Vira arco-íris. A luz é refletida totalmente ao tentar passar um meio transparente para o outro em condições específicas.; Um arco-íris a luz é refletida totalmente ao tentar passar de um meio para o outro conceder luz. |
| 3 | Quando você pega a luz branca, da tela do celular e coloca uma gota de água, ela reflete todas as cores do branco. |
| 4 | Ficou colorida, a transparência da água em contato como celular faz com que as cores reflitam. |
| 5 | Quando a luz bate no prisma sua velocidade é alterada e sua cor da luz branca tem um índice de refração diferente. |
| 6 | Quando a luz bate no prisma sua velocidade é alterada e sua cor da luz branca tem índice de refração diferente. |
| 7 | - |

Tabela 5.31

Os grupos 1, 2, 5 e 6 foram conduzidos pela pergunta a relacionar refração, Lei de Snell, com transformação da luz em cores. Os grupos 3 e 4 relacionaram com o conceito de reflexão, novamente.

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

| Grupo | Respostas |
|-------|---|
| 1 | Pois depende do ângulo de incidência.; Porque depende do ângulo que a luz está incidindo. |
| 2 | Tem que estar na mesma direção da luz. |
| 3 | - |
| 4 | Pois depende da posição do Sol. |
| 5 | Porque a luz é refletida em uma grande variedade de ângulos de cerca de 40° a 42° . |
| 6 | Porque a luz é refletida em uma grande variedade de ângulos de cerca de 40° a 42° . |
| 7 | Tem que estar de costas para o Sol. |

Tabela 5.32

Os grupos 5 e 6, novamente, copiaram essa resposta da internet. A resposta mais completa foi apresentada pelo grupo 1 que utilizou termo da lei de Snell, ângulo de incidência, para explicar a relação do ângulo com a luz. Os grupos 2, 4 e 7 não relacionaram o ângulo de forma mais formal, como era esperado neste item.

Observação: Acredito que o local mais apropriado para esta pergunta seja antes do item sobre a tela do celular.

5.3 Resultados da aplicação - Pós-teste

O pós-teste foi aplicado individualmente e suas respostas foram agrupadas por grupo para facilitar a análise.

As respostas em forma de imagem serão apresentadas em uma tabela separada da tabela de respostas escritas.

5.3.1 Questão 1

O que é necessário para enxergar um livro que está em cima da mesa? Explique com suas palavras como ocorre ou desenhe.

Grupo 1

- É necessário ter visão e luz.^{8,9}
- Luz, porque a luz bate no objeto e reflete nos olhos permitindo ver.¹⁰
- Luz, a luz é necessária para enxergarmos. A luz reflete em tudo, assim também é como nossa retina, a imagem refletida na nossa direção é projetada nos olhos e enviada para o cérebro.
- A luz. A nossa retina projeta a imagem. A luz bate no objeto e reflete no seu olho.¹¹

Grupo 2

- Luz, mesa, livro e olhos, a luz ilumina a mesa onde estão livro facilitando enxerga-lo.

Grupo 3

- É necessário luz refletindo no livro.
- Basta ter visão e luz. Com o auxílio da luz, os olhos conseguem detectar objetos e pessoas a uma determinada distância.
- luz, visão.¹²

⁸Essa resposta foi apresentada junto com a imagem (1)

⁹Aluno compareceu a aula de recapitulação

¹⁰Aluno compareceu a aula de recapitulação

¹¹Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(2)

¹²Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(3)

Grupo 4

- Luz
- É necessário estar em um ângulo que você consiga enxergar o objeto desejado, e também da luz estar forte o suficiente para te fazer ver.
- É necessário luz, visão e também um ângulo de cima no qual você possa enxergar. A luz bate no livro e reflete nos olhos.¹³

Grupo 5

- É necessário estar em um ângulo que você consiga enxergar o objeto desejado, e também da luz estar forte o suficiente para te fazer ver.
- É necessário luz, visão e também um ângulo de cima no qual você possa enxergar. A luz bate no livro e reflete nos olhos. (Aluno que foi a aula de recapitulação)

Grupo 6

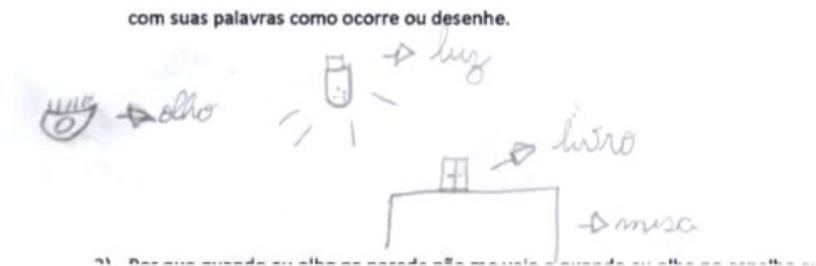
- Detectar a luz (*ondas eletromagnéticas no espectro visível*) e a as imagens também, nesse caso, o livro, ou seja, ver.
- É necessário encontrar algum ângulo para depois enxergar o livro

Grupo 7

- É necessário a visão, os livros sobre a mesa e luz.
- É necessário luz e visão.
- É preciso que os olhos centralize em um ângulo, no caso, diretamente para o livro que se encontra em cima da mesa.¹⁴

¹³Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(4)

¹⁴Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(5)



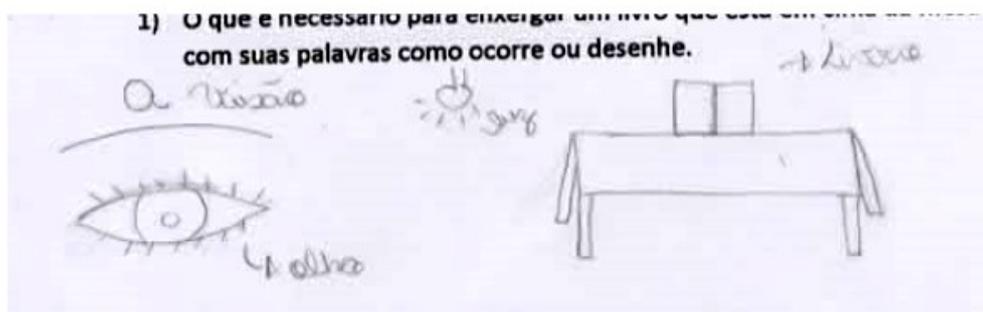
(a) Grupo 1 - aluno 1



(b) Grupo 1 - aluno 2



(c) Grupo 1 - aluno 3

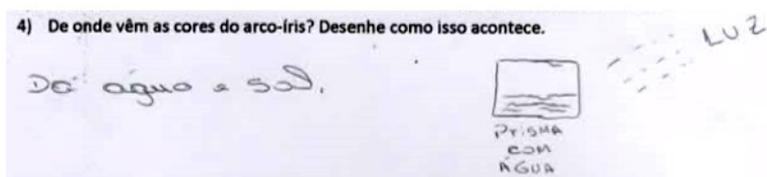


(d) Grupo 1 - aluno 4

Figura 5.36: Continuação - Desenhos contidos nas respostas do grupo 1



(a) Grupo 2 - aluno 1



(b) Grupo 2 - aluno 2



(c) Grupo 2 - aluno 3

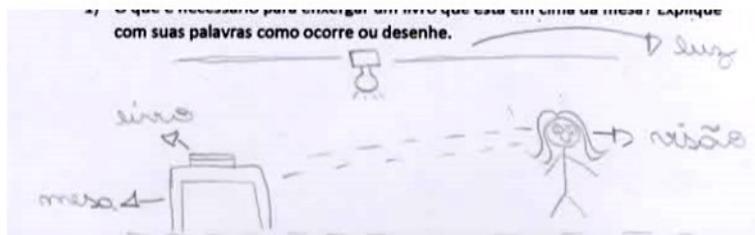


(d) Grupo 2 - aluno 4

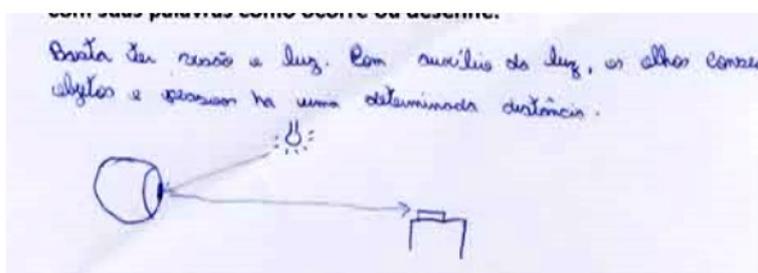
Figura 5.36: Continuação Desenhos contidos nas respostas do grupo 2



(a) Grupo 3 - aluno 1



(b) Grupo 3 - aluno 2



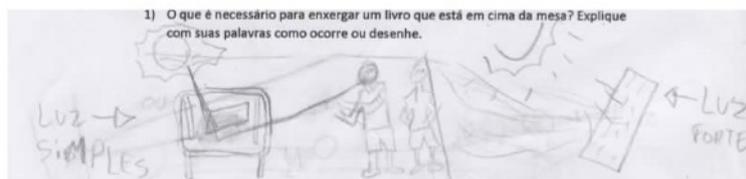
(c) Grupo 3 - aluno 3



(d) Grupo 3 - aluno 4

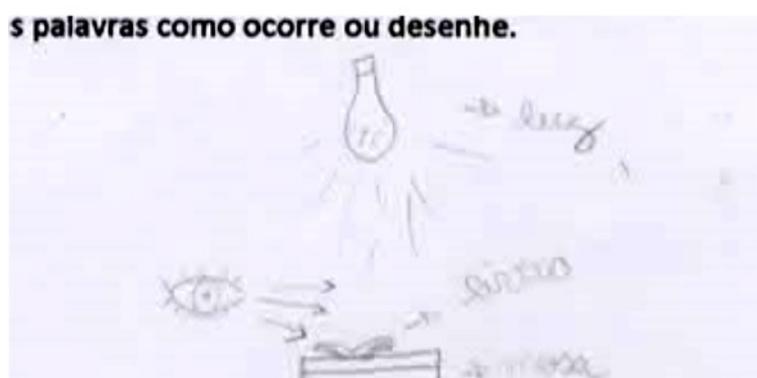


(e) Grupo 3 - aluno 5

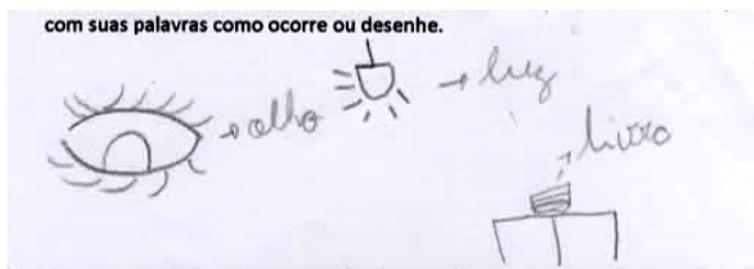


(f) Grupo 3 - aluno 6

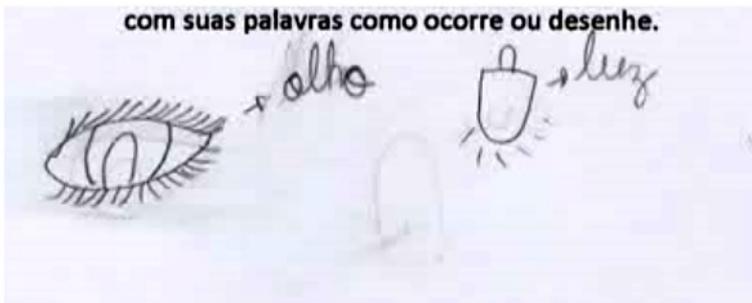
Figura 5.35: Desenho contido nas respostas do grupo 3



(a) Grupo 4 - aluno 1



(b) Grupo 4 - aluno 2



(c) Grupo 4 - aluno 3



(d) Grupo 4 - aluno 4



(e) Grupo 4 - aluno 5

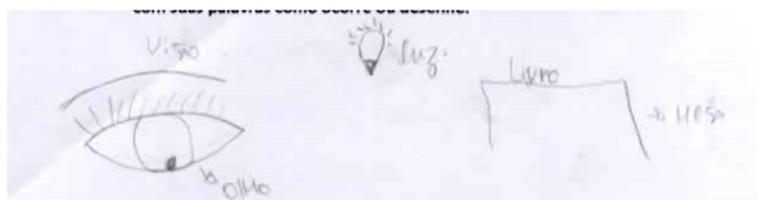


(f) Grupo 4 - aluno 6

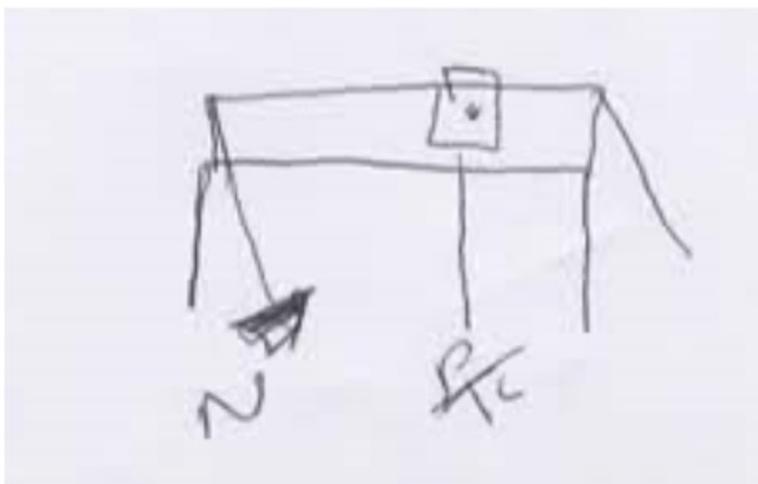
Figura 5.34: Desenhos contidos nas respostas do grupo 4



(a) Grupo 5 - aluno 1

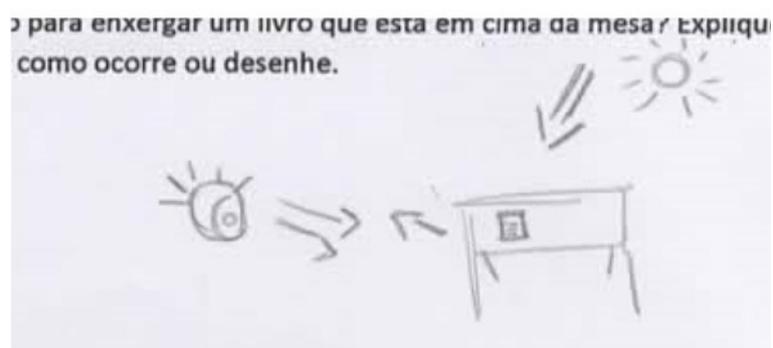


(b) Grupo 5 - aluno 2



(c) Grupo 5 - aluno 3

Figura 5.34: Desenhos contidos nas respostas do grupo 5



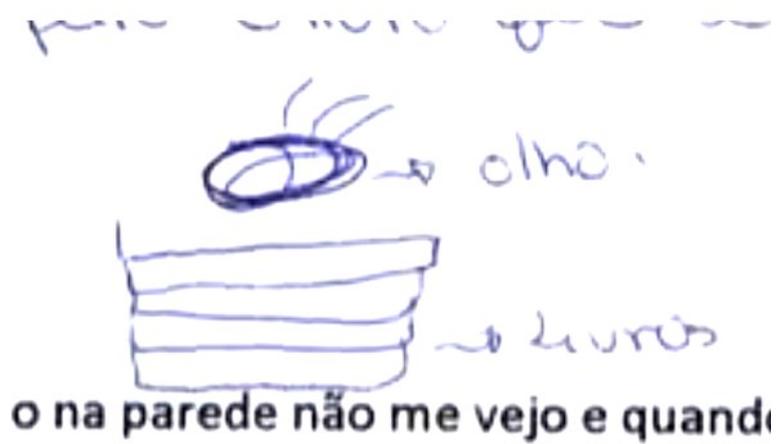
(a) Grupo 6

Figura 5.35: Desenhos contidos nas respostas do grupo 6

É necessário a luz e a visão.



(a) Grupo 7 - aluno 1



(b) Grupo 7 - aluno 2

Figura 5.36: Desenho contido nas respostas do grupo 7

5.3.2 Questão 2

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

Grupo 1

- Porque na parede a forma como a luz é refletida é diferente, porque ela não é plana.
- Porque a parede não tem reflexão própria ela precisa de uma luz que se projeta na parede, temos o exemplo do projetor. Mas no espelho não precisa disso pois já tem luz.
- Porque quando você olha no espelho você vê o seu reflexo e na parede não aparece o seu reflexo.
- Pois o espelho reflete e tem reflexo e a parede não.

Grupo 2

- Por causa do reflexo da luz no espelho
- Porque a parede não reflete a imagem igual ao espelho.
- Porque a parede não pode refletir a imagem.
- Porque o espelho reflete a imagem e a parede reflete só a sombra.

Grupo 3

- Espelho dá para ver o reflexo mas a parede não tem reflexo.
- Pois na parede não existe reflexão, já no espelho sim. Por isso vemos nosso reflexo.
- Porque na parede não há nenhum objeto refletor como o espelho.

- Uma parede sólida não possui a mesma habilidade de um espelho. O espelho devido a sua formação é capaz de refletir imagens de objetos que estão em sua frente.
- Porque no espelho há um reflexo feito pelo material usado, e na parede não.
- Pois no espelho existe a refração e na parede apenas reflete.

Grupo 4

- – Na parede não tem reflexo como no espelho.
 - Pois a parede não reflete e o espelho possibilita esse reflexo.
 - Porque o espelho reflete e a parede não.
 - Porque a parede não tem reflexo e o espelho tem. Pela lei da reflexão, a luz que existe no seu corpo faz refletir no espelho.
 - Porque o espelho tem reflexo de luz e a parede não tem essa capacidade.

Grupo 5

- Porque a parede não tem reflexo de luz, já o espelho tem possibilidade de refletir.
- Pois a parede não possui nada que o ajude a refletir, já o espelho possui uma camada de prata e outros metais.
- Porque o espelho é feito de vidro com prata e outro metal que reflete o que está na frente dele.
- Porque o espelho tem reflexo e a parede não e tudo que tem reflexo dá para se ver.
- Existem dois tipos de reflexão, uma na qual forma imagem e outra na qual a imagem não é formada. No caso do espelho temos uma imagem formada já a parede não temos uma imagem formada.

Grupo 6

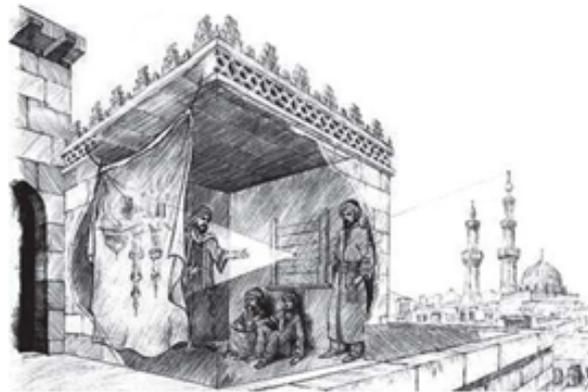
- O espelho é feito por uma folha de vidro com fundo metálico, formando assim um reflexo ao olhar-se nele.
- O espelho é onde se tem inúmeras partículas que compõe o processo de refração, onde é capaz de reluzir o objeto.
- Porque a parede não tem o efeito de reflexo, no espelho se encontra.
- Porque só o espelho é capaz de refletir a luz e a imagem de pessoas e objetos.

Grupo 7

- Porque o espelho reflete nossa imagem e a parede não.
- Porque o espelho tem a capacidade de refletir, a parede não.
- Porque a parede não tem os componentes como o espelho tem para refletir.
- Pois o espelho é feito de vidro juntamente com outros materiais apropriados para refletir imagem, já a parede não.

5.3.3 Questão 3

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



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

Figura 5.37

Se fizermos uma analogia entre a ilustração 5.37 e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

1. íris
2. retina
3. pupila
4. córnea
5. cristalino

5.3.4 Questão 4

De onde vêm as cores do arco-íris?

Desenhe como isso acontece.

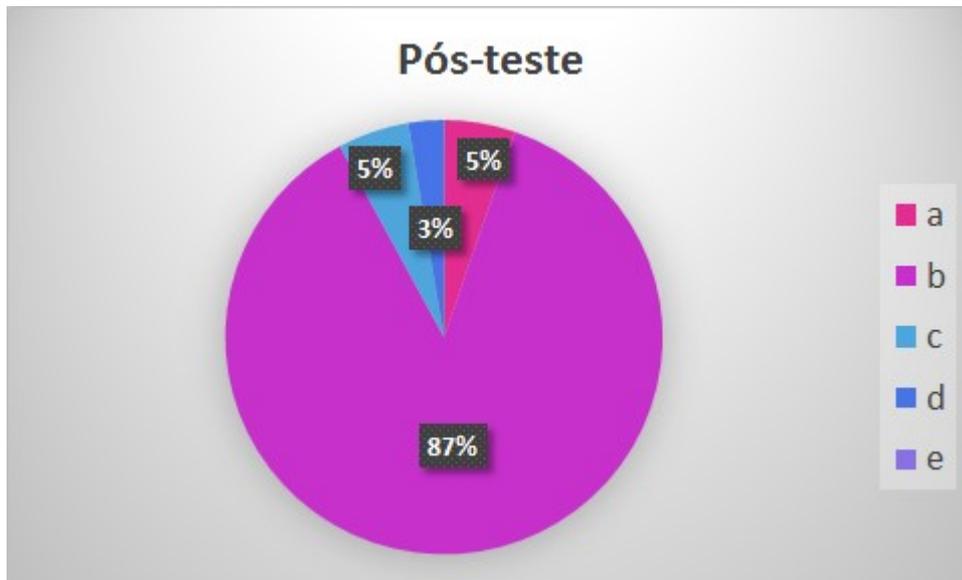


Figura 5.38: Respostas de todos os alunos da turma

Grupo 1

- Da luz, que bate nas costas e na água, e reflete formando as cores do arco-íris.¹⁵
- De um prisma natural, formado por gotículas de água recebendo luz do Sol¹⁶

Grupo 2

- Ao passar pelo ar e pela água a luz solar tem a velocidade alterada e acaba mudando sua direção.¹⁷
- Água e luz.¹⁸
- Da água e Sol¹⁹

¹⁵Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(1)

¹⁶Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(2)

¹⁷Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(3)

¹⁸Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(4)

¹⁹Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(5)

Grupo 3

- As cores vêm do reflexo do Sol na água, formando o arco-íris. Ou um prisma sendo refletido.²⁰

Grupo 4

- As cores do arco-íris após ter chuva e Sol. A cor do Sol reflete nas gotas de água da chuva formando as cores do arco-íris.²¹

Grupo 5

- Ao passar de um meio (ar) para outro (gotículas de água), a luz solar tem sua velocidade alterada, e muda também a direção. E a velocidade da luz solar se altera de forma diferente para cada comprimento de onda.
- Refração, dispersão, reflexão e absorção se deriva quando a luz solar branca atravessa gotículas de água presentes no ar e se decompõe em outras cores.²²

Grupo 6

- Vem de derivados processos físicos acontece quando a luz solar branca, atravessa gotículas de água presente no ar e se dispersam em outras cores. Ocorre no processo a refração, dispersão e reflexão.²³

Grupo 7

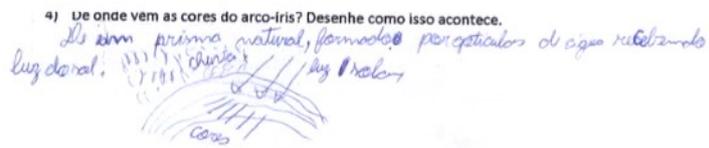
Esse grupo não respondeu em forma de texto.

²⁰Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(6)

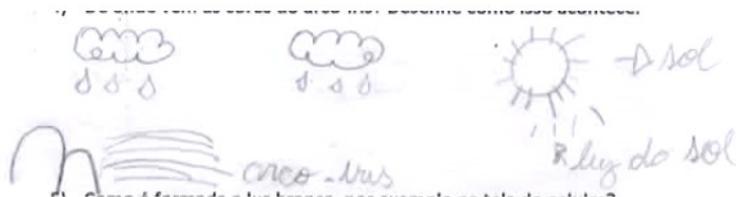
²¹Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(7)

²²Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(8)

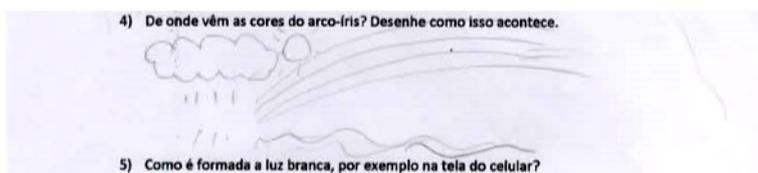
²³Essa resposta foi apresentada junto com a imagem(9)



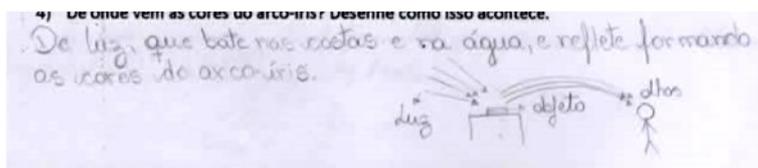
(a) Grupo 1 - aluno 1



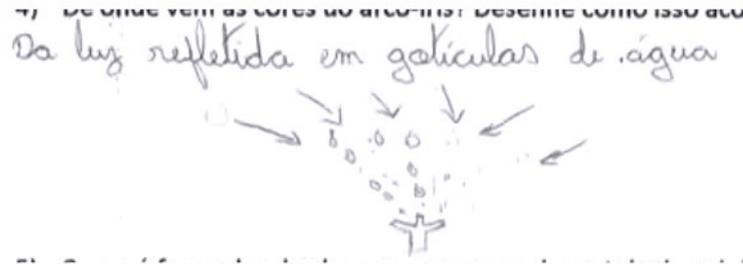
(b) Grupo 1 - aluno 2



(c) Grupo 1 - aluno 3



(d) Grupo 1 - aluno 4



(e) Grupo 1 - aluno 5

Figura 5.37: Desenhos contidos nas respostas do grupo 1

5.3.5 Questão 5

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

Grupo 1

- É uma junção de luzes de todas as cores.
- A luz é formada pela ausência de todas as cores.
- Por energia, a luz elétrica é formada artificialmente aquecendo um pequeno objeto.
- Mistura de todas as cores.
- É falta de cores.

Grupo 2

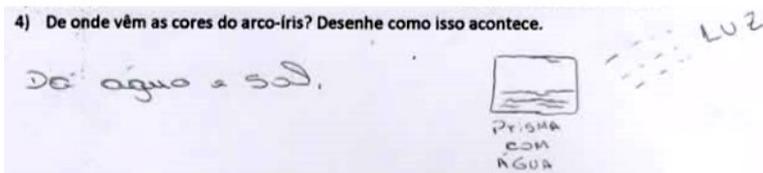
- Pela junção de grandes radiações coloridas.

De onde vêm as cores do arco-íris? Desenhe como iss



Como é formada a luz branca, por exemplo na tela do

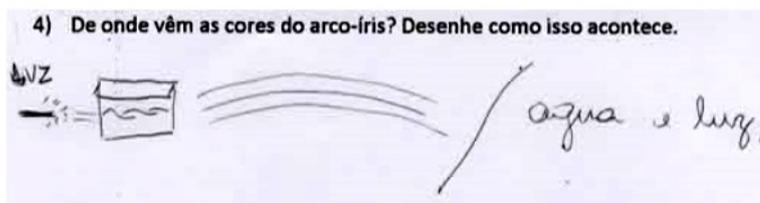
(a) Grupo 2 - aluno 1



(b) Grupo 2 - aluno 2

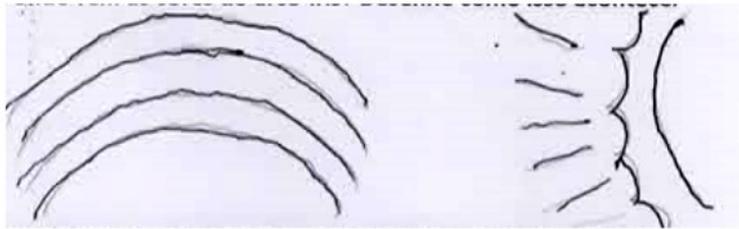


(c) Grupo 2 - aluno 3

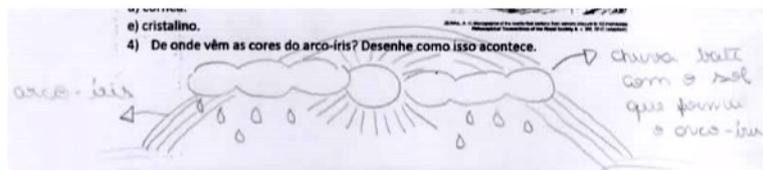


(d) Grupo 2 - aluno 4

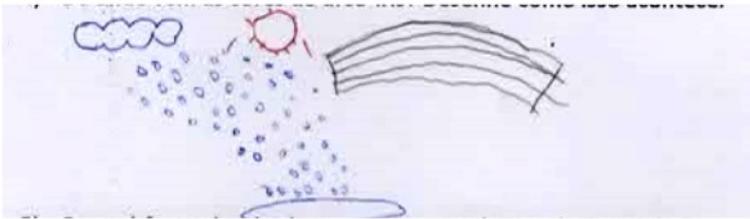
Figura 5.37: Desenhos contidos nas respostas do grupo 2



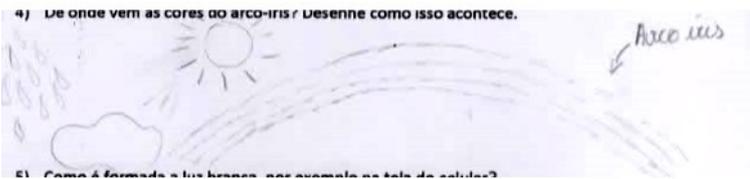
(a) Grupo 3 - aluno 1



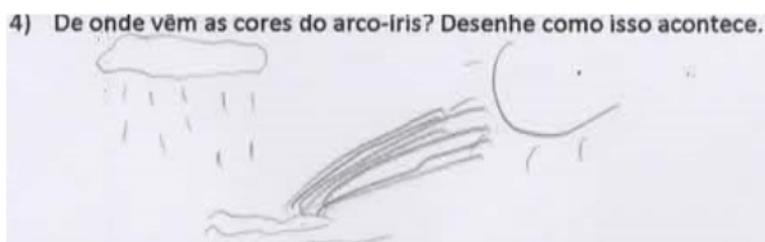
(b) Grupo 3 - aluno 2



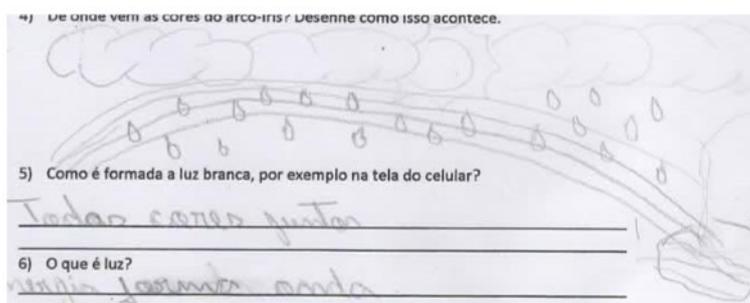
(c) Grupo 3 - aluno 3



(d) Grupo 3 - aluno 4

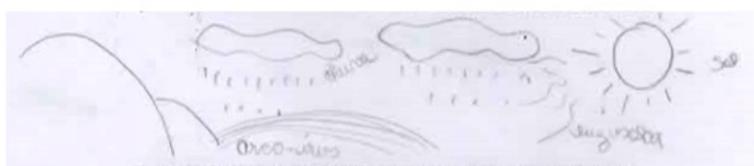


(e) Grupo 3 - aluno 5



(f) Grupo 3 - aluno 6

Figura 5.36: Desenho contido nas respostas do grupo 3



(a) Grupo 4 - aluno 1



(b) Grupo 4 - aluno 2



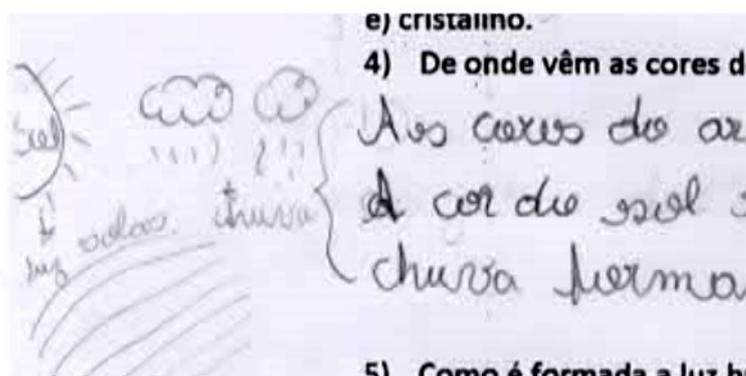
(c) Grupo 4 - aluno 3



(d) Grupo 4 - aluno 4



(e) Grupo 4 - aluno 5



(f) Grupo 4 - aluno 6



(g) Grupo 4 - aluno 7

Figura 5.34: Desenhos contidos nas respostas do grupo 4

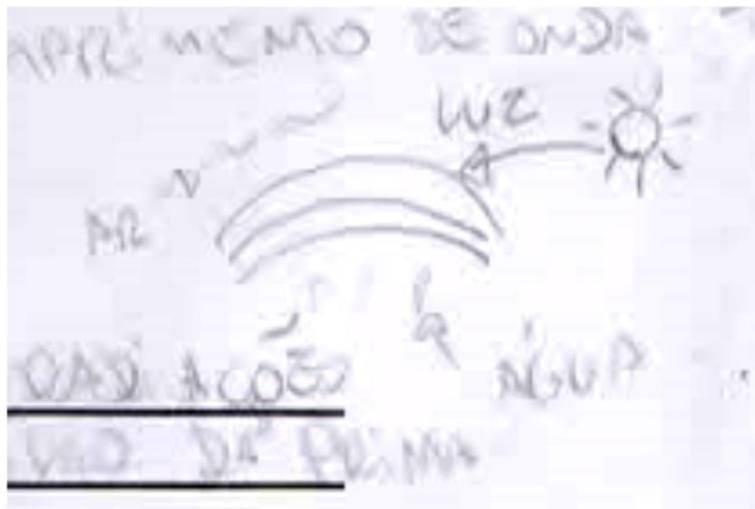
- Mistura de todas as cores.
- É formada a partir da mistura de todas as cores.

Grupo 3

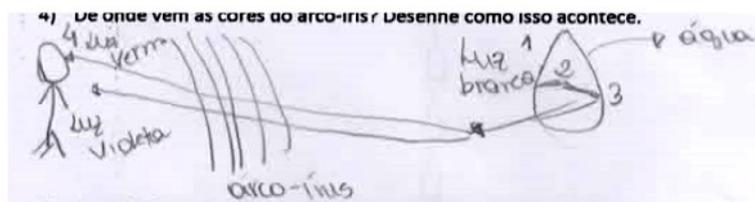
- Todas cores juntas.
- É formada pela radiação.
- Com partículas tecnológicas que quando juntam com a visão, pode se ver.
- Com a junção de partículas coloridas formada a luz branca no celular.
- Com a junção de todas as cores.

Grupo 4

- Sem formação das cores.
- A luz branca é formada pela mistura de todas as cores.



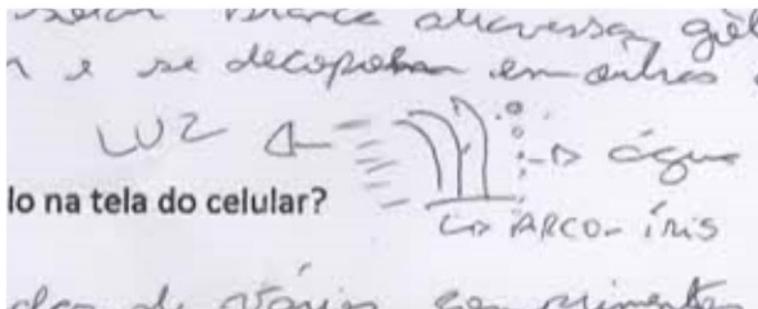
(a) Grupo 5 - aluno 1



(b) Grupo 5 - aluno 2

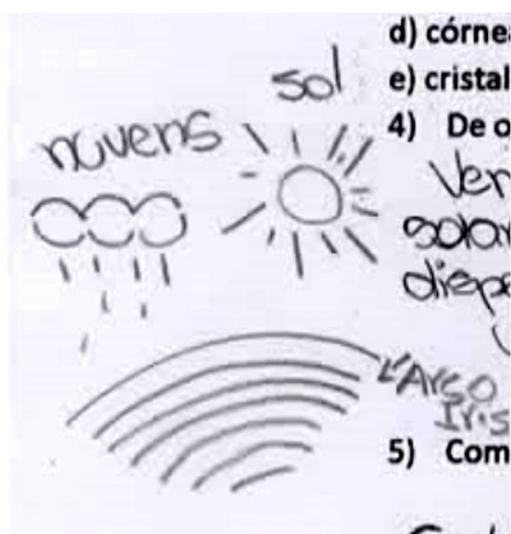


(c) Grupo 5 - aluno 3

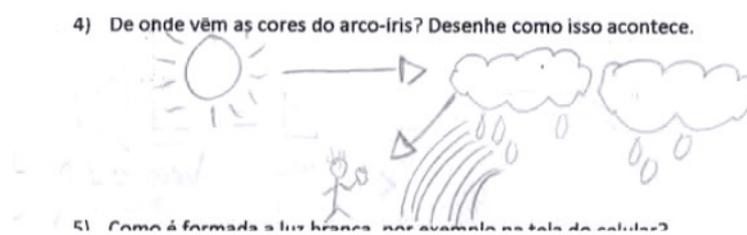


(d) Grupo 5 - aluno 4

Figura 5.34: Desenhos contidos nas respostas do grupo 5



(a) Grupo 6 - aluno 1



(b) Grupo 6 - aluno 2

4) De onde vem as cores do arco-iris? Desenhe como isso a

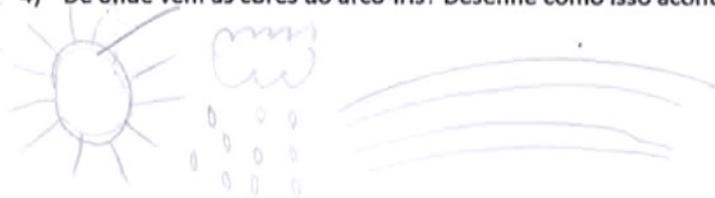


(c) Grupo 6 - aluno 3



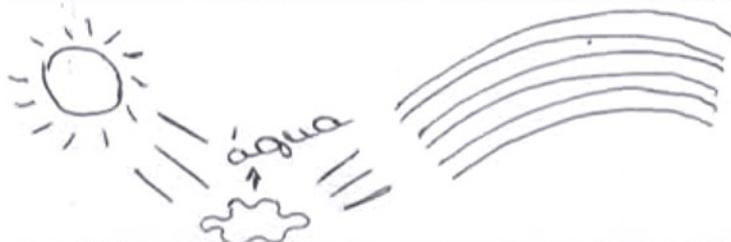
(d) Grupo 6 - aluno 4

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



(e) Grupo 6 - aluno 5

1) De onde vem as cores do arco-íris? Desenhe como isso acontece.



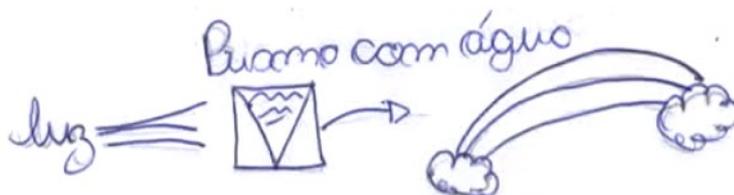
ii) Como é formada a luz branca, por exemplo na tela do celular?

(f) Grupo 6 - aluno 6

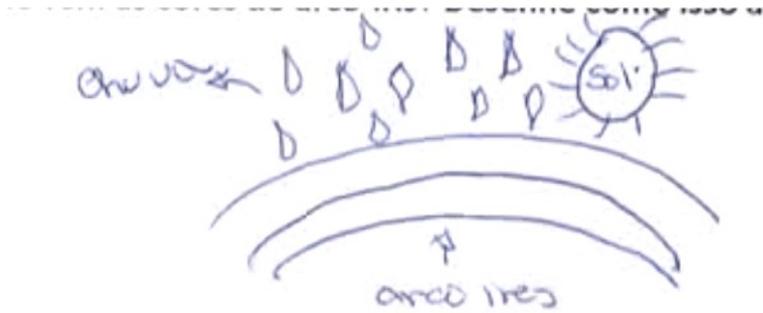
Figura 5.33: Desenhos contidos nas respostas do grupo 6



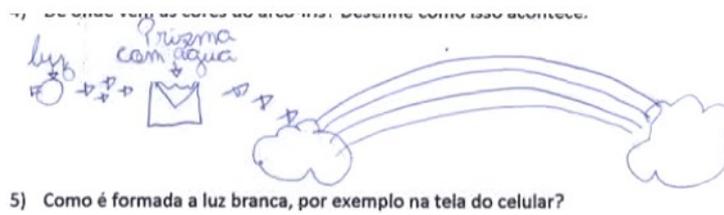
(a) Grupo 7 - aluno 1



(b) Grupo 7 - aluno 2



(c) Grupo 7 - aluno 3



(d) Grupo 7 - aluno 4



(e) Grupo 7 - aluno 5

Figura 5.32: Desenho contido nas respostas do grupo 7

- É formada pelas misturas de todas as cores por vários tipos de comprimentos.
- Várias misturas de cores.
- A mistura de várias ondas de comprimento. Pela mistura de cor verde, vermelha e azul.
- Ela é formada pela mistura de todas as cores.

Grupo 5

- É formada pela reunião de numerosas radiações coloridas que podem ser separadas com o auxílio de um prisma.
- A luz é formada por ondas de vários comprimentos, portanto é formada por várias cores. Isso pode ser visto fazendo um raio de luz branca atravessar o prisma.
- Ela se forma pela junção de grandes radiações coloridas, que podem se separar com auxílio de prisma formando imagem.

- Do ponto de vista estritamente físico, o espectro é formado por um número infinito de cores. A técnica, no entanto, costuma considerar como integrantes da luz branca as sete cores.
- Luz branca é formada com a mistura de todas as cores, no fundo do telefone celular são formadas por pequenas partículas de cores.

Grupo 6

- É formada pela reunião de numerosas radiações coloridas que podem ser separadas com o auxílio de um prisma.
- A luz branca é formada por várias ondas de vários comprimentos, por tanto é gerada por várias cores.

Grupo 7

- É o conjunto de várias cores, que formam a luz branca.
- É a junção de diversas cores que formam a luz branca.
- A luz branca é a mistura de todas as cores.
- Ela sofre refração quando é mudada em meio uma propagação e faz com que a luz branca se apareça.

5.3.6 Questão 6

O que é luz?

Grupo 1

- Energia que se propaga em ondas eletromagnéticas.
- Energia.

- É um comprimento de onda que refletido nos permite ver.
- É uma onda eletromagnética como todo tipo de onda, a luz pode assumir frequência e comprimentos variáveis.
- A energia.

Grupo 2

- É uma onda eletromagnética cujo o comprimento de ondas que inclui num determinado intervalo dando qual o olho do ser humano é sensível a ela.
- Tudo o que ilumina, uma radiação.
- É a radiação.

Grupo 3

- Energia em forma de onda.
- É algo que reflete e que nós vemos no dia a dia.
- Objeto que emite luz que quando sua pupila absorve, consegue enxergar.
- Luz é um efeito luminoso descoberto a partir do fogo.
- É aquilo que nos permite enxergar algo a nossa frente.
- Luz é uma onda.

Grupo 4

- É uma onda eletromagnética de todos os que tem a capacidade de se propagar através do vácuo e que é percebido pelo olho humano.

- É uma onda eletromagnética como todo tipo de onda, a luz pode assumir frequência e comprimento variável.
- É uma onda “eletromagnética” que o comprimento da onda se inclui num determinado intervalo, vista pelo olho humano. a luz pode assumir frequência e comprimento de onda variado.
- Energia
- É uma onda eletromagnética como todo o tipo de onda, a luz pode assumir frequência e comprimento variável.

Grupo 5

- É uma onda eletromagnética cujo comprimento de onda inclui num determinado intervalo dentro do qual o olho humano é a ela sensível.
- a luz tal como é um fenômeno de natureza ondulatória, é uma radiação.
- A luz são energia e se comportam como partículas, também radiação, há várias possibilidades e maneiras de formar a luz.

Grupo 6

- É uma onda eletromagnética que o comprimento de onda se inclui num determinado intervalo, vista pelo olho humano ela é sensível.
- É uma forma de energia eletromagnética sensível que o olho humano enxerga perceptivelmente.
- É uma radiação eletromagnética e um fenômeno da natureza.
- É uma onda eletromagnética capaz de atingir a sensibilidade do olho humano.

Grupo 7

- É uma radiação eletromagnética que se situa entre a radiação infravermelha e radiação ultravioleta.
- É uma radiação eletromagnética, que é encontrada entre a radiação infravermelha e ultravioleta.
- A luz é uma onda eletromagnética, cujo comprimento de onda se inclui num determinado intervalo dentro do qual o olho humano a ela é sensível.
- É uma onda eletromagnética.

5.4 Comparação entre pós e pré-teste

Algumas características distinguem a aplicação do pré e pós teste. Utilizaremos a comparação entre os dois resultados como ferramenta de avaliação do módulo.

| Pré-teste | Pós-teste |
|---------------------------|-------------------------|
| Antes da instrução formal | Após a instrução formal |
| 26-02-2016 | 30-11-2016 |
| Em Grupo | Individual |
| 22 alunos | 37 alunos |

Tabela 5.33: Diferenças entre as aplicações dos Testes

O número de alunos aumentou pois a escola aceitou alunos das escolas que estava ocupadas pela greve no ano de 2016. A aplicação do pós-teste foi individual pois facilitava a avaliação de cada aluno. Já o pré-teste a avaliação visou analisar a percepção geral sobre a luz e incentivar o trabalho em grupo e propiciar uma maior reflexão sobre o tema.

Nas próximas seções vou fazer uma análise das mudanças conceituais por meio da análise dos conceitos e palavras-chave utilizados pelos alunos nas

respostas aos pré e pós-testes. Relacionei as respostas dos alunos a palavras ou conceitos-chave que sintetizam competências e habilidades. Nem todas as habilidades e competências, que temos como objetivo alcançar com o módulo proposto, foram também exploradas pelo teste.

5.4.1 Questão 1

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

Em suas respostas os alunos apresentaram melhora significativa ao apontar a luz como um dos elementos fundamentais para a visão. Esse que é um dos principais objetivos a serem alcançados com esse módulo.

Além disso, houve queda no percentual de alunos que considerava que a luz saía dos olhos e aumento no percentual de alunos que considerava que a luz ia em direção ao objeto.

Também houve aumento no uso de diagramas, 30% dos alunos usaram, os desenhos passaram a trazer mais informações sobre como os alunos pensavam e não somente ilustravam as respostas.

Porém, uma coisa curiosa foi que alguns alunos consideraram que a luz refletia nos olhos e depois ia na direção do objeto.

5.4.2 Questão 2

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

Em suas respostas os alunos mostraram pouco entendimento sobre o que estava sendo cobrado. Embora tenha ocorrido melhora, ninguém acertou a resposta no pré-teste, no pós-teste apenas 6% mencionou o fato de que na parede e o espelho ocorrem diferentes reflexões. Respostas relacionadas a luz e à diferença de material foram menores no pré-teste. Mas o que é preocupante é que no pós-teste grande percentual de alunos que mencionou

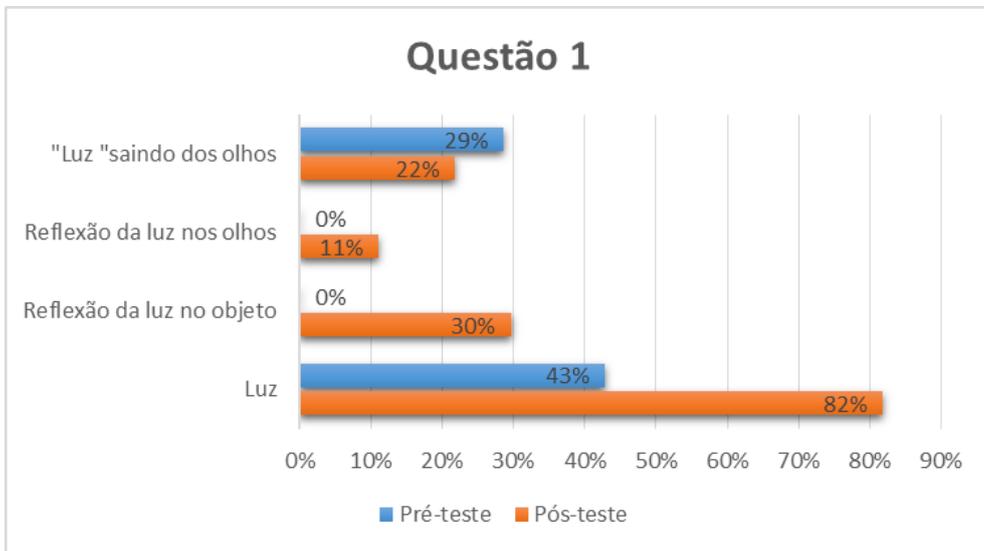


Figura 5.33: Respostas comuns à Questão 1 do pré-teste

reflexo apenas como a qualidade do material.

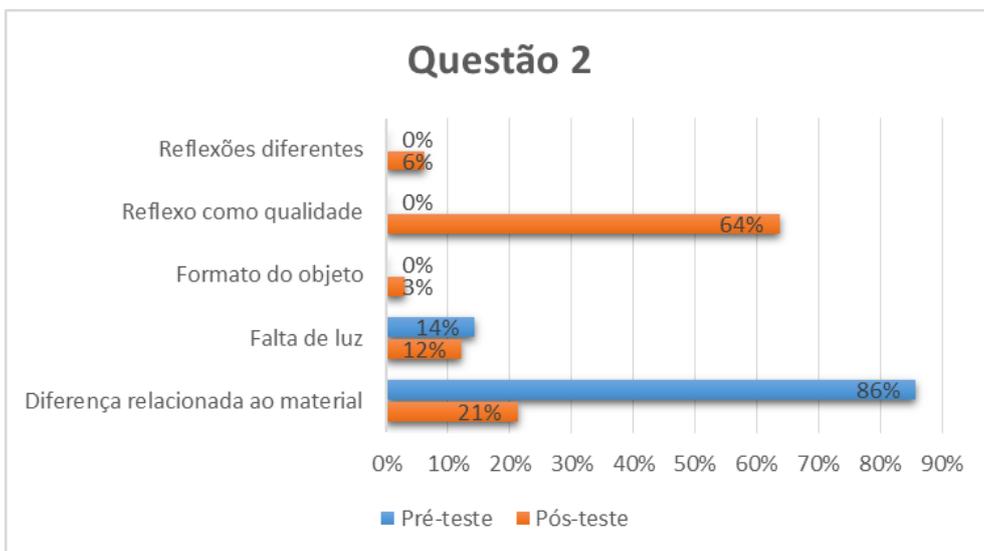
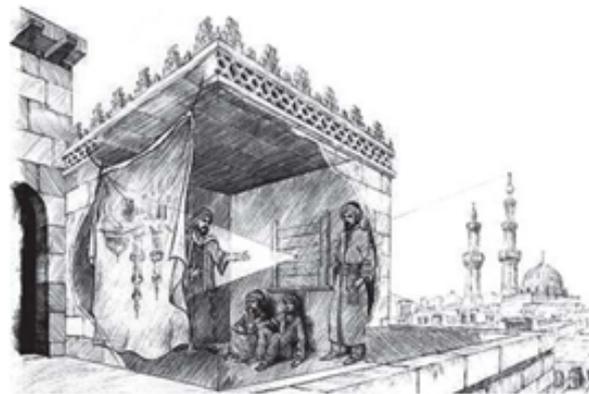


Figura 5.34: Respostas comuns à Questão 2 do pré-teste

5.4.3 Questão 3

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



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

Figura 5.35

Se fizermos uma analogia entre a ilustração 5.35 e o olho humano, o tecido corresponde ao(a)

1. íris
2. retina
3. pupila
4. córnea
5. cristalino

A resposta correta é B e vemos que a maior parte da turma acertou no pós-teste, o que demonstra conhecimento sobre a função da retina no olho. Já no pré-teste apenas dois dos sete grupos acertaram.

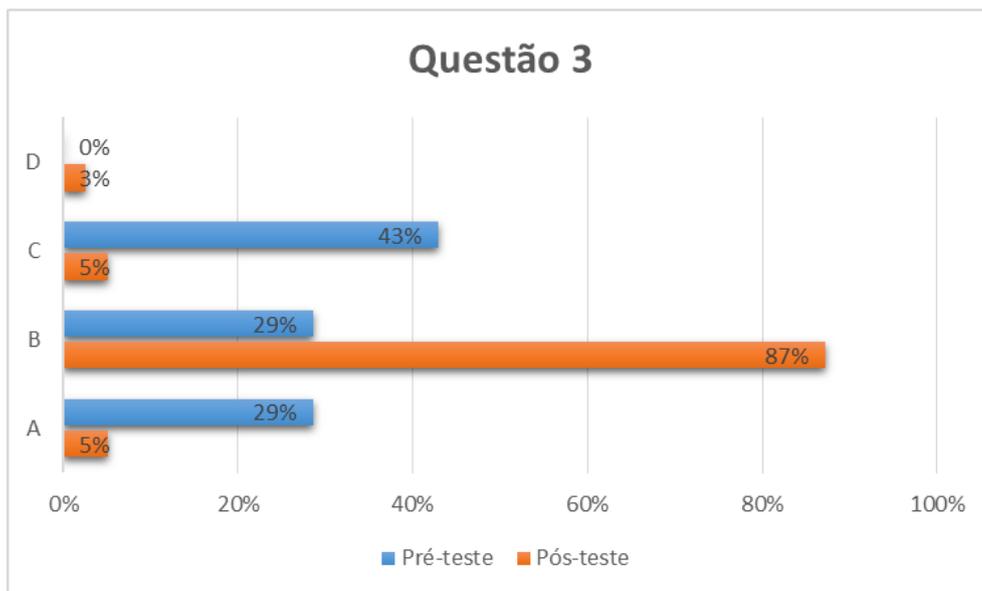


Figura 5.36: Respostas comuns à Questão 3 do pré-teste

5.4.4 Questão 4

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

Essa pergunta sobre a formação do arco-íris obteve um bom resultado, todos os alunos perceberam que a luz era um elemento principal na formação do arco-íris e 90% dos alunos também mencionaram a água. Alguns alunos relacionaram o fenômeno a um ângulo específico e houve um aumento no percentual de alunos que considerou a refração. Como a reflexão é secundária para o fenômeno houve queda no percentual de respostas.

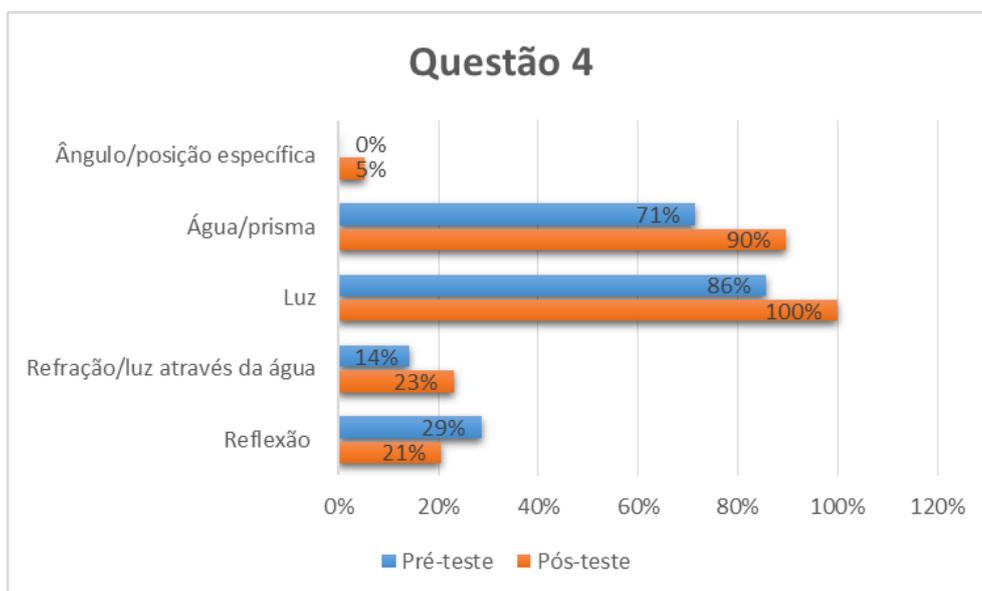


Figura 5.37: Respostas comuns à Questão 4 do pré-teste

5.4.5 Questão 5

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

Pós-teste - Como é formada a luz branca, por exemplo na tela do celular?

Essa questão mostrou melhora significativa entre pré e pós-teste. Diminuiu drasticamente o percentual de alunos que acreditavam que a luz branca se transformava magicamente em cores. Alguns alunos mencionaram o prisma e a refração como a forma de transformação. Muitos alunos mencionaram a união das cores como a formação da luz branca. A diminuição no percentual de alunos que mencionou partículas se deve a não fazermos essa abordagem em sala e também no pré-teste os alunos chamaram pixels de pequenas partículas fazendo alusão ao que já tinham ouvido falar no dia a dia. Ouve aumento também no percentual de alunos que tratou a luz como radiação já nesta pergunta.

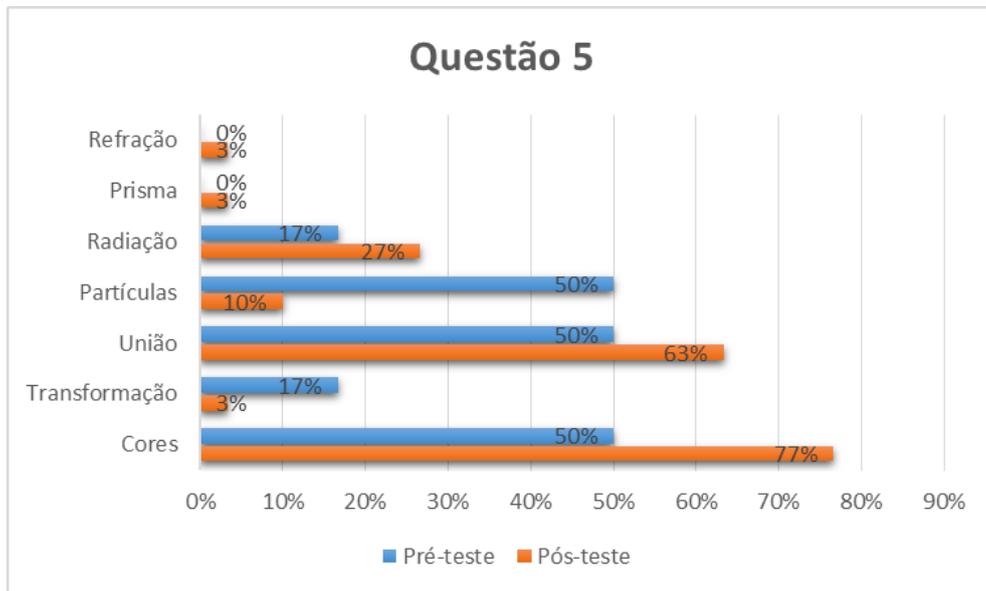


Figura 5.38: Respostas comuns à Questão 5 do pré-teste

5.4.6 Questão 6

O que é luz?

Nessa pergunta os alunos no início do ano responderam que a luz era energia ou luz (resposta óbvia). No pós testes os alunos relacionaram a luz à visão, a radiação, a ondas eletromagnéticas e a partículas. E o percentual caiu drasticamente dos alunos que responderam simplesmente que a luz é energia. Os alunos aprenderam novos conceitos o que os permitiu fazer outras relações sobre a natureza da luz.

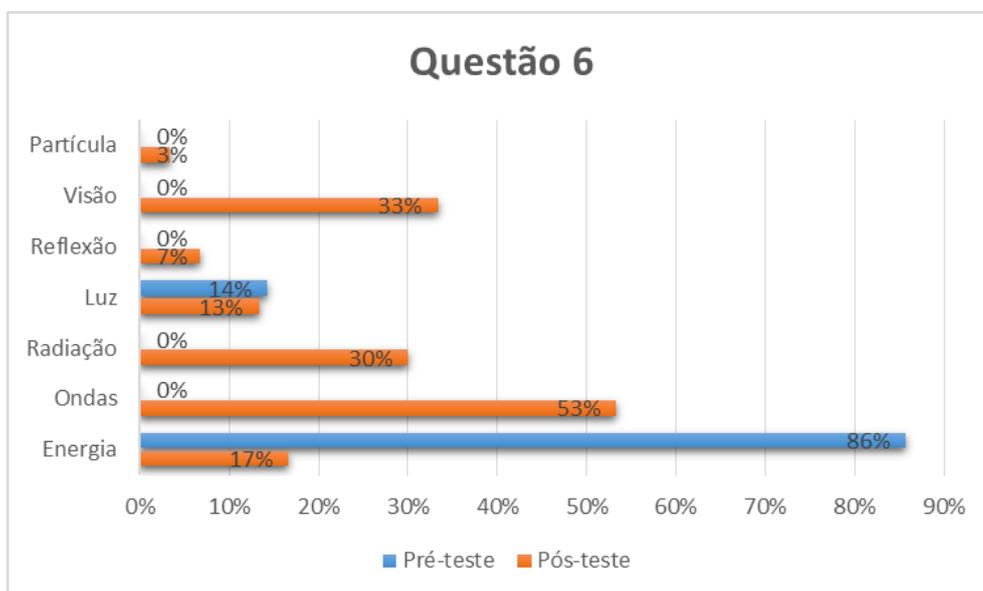


Figura 5.39: Respostas comuns à Questão 6 do pré-teste

5.5 Reformulação

Mesmo com um saldo que podemos considerar positivo, a aplicação e o módulo em si carecem de algumas modificações.

5.5.1 Aula 1

A aula 1 carece de uma pergunta para relacionar a reflexão difusa que ocorre no papel alumínio em relação à que ocorre em qualquer outro objeto. Pois as respostas do pós-teste mostraram que os alunos relacionaram a reflexão ao material metálico do papel laminado.

Acrescentei uma pergunta para que o alunos relacione a reflexão no papel e no papel laminado amassado.

"Aponte o laser para a folha de papel. Qual é a semelhança do que ocorre com a luz ao bater nesses dois materiais diferentes?"

5.5.2 Aula 2

A maior delas é na aula 2 que trata de lei de Snell. O uso de um aparato mais simples para observação do fenômeno de refração, como por exemplo o uso do laser na horizontal, fazendo a luz passar pelo vidro lateral e com uso de um transferidor em folha vai facilitar também a leitura. O transferidor de 360° dividido em quadrantes e graduado de 0° a 90°

No fim da etapa 3 deixei a pergunta para incentivar a conexão entre o que foi estudado com a aplicação no dia a dia.

Na aula 1 era importante ter um experimento que demonstrasse a reflexão da luz num fio de água e relacionasse isso com um uso demonstrado da fibra ótica.

Faltou acrescentar um item sobre diferenças entre refração e reflexão. Alguns grupos continuaram com essa confusão mesmo depois da aplicação do módulo. Por isso, no início da etapa 2 adicionei duas perguntas para que o aluno observasse a ocorrência de dois fenômenos distintos quando o laser é apontado para superfície da água.

"Quais são os elementos que influenciam a mudança na trajetória da luz? Qual o que ocorre com a luz que tenta atravessar a água?"

5.5.3 Aula 3

Mudei a 2ª questão para que o texto fique mais direto para não gerar dificuldades de interpretação. De: "Desenhe a formação do arco-íris" para "Desenhe o caminho que a luz faz para que se formem as cores do arco-íris".

5.5.4 Aula 4

Como dito no relatório, alguns grupos usaram como tema os aparelhos de raio X e rádio. Portanto aumentei o texto de instrução, colocando a seguinte observação: "**Observação:** Embora alguns aparelhos tenham nomes comer-

ciais iguais (Ex. Micro-ondas e Rádio), aqui queremos entender melhor a faixa de comprimentos de onda que dá nome aos aparelhos."

5.5.5 Aula 5

Mudei o formato de toda a aula, coloquei as questões com o formato usual de "Verdadeiro ou Falso", com lacunas "()" para facilitar a compreensão, pois esse é um formato mais comum para os alunos.

5.5.6 Aula 6

A aula 6 necessitava de uma melhor explicação para a montagem da câmara escura. Portanto acrescentei desenhos do modelo de câmara escura e uma lista de instruções, para auxiliar e agilizar a montagem do modelo, restando assim mais tempo para responder as questões.

O Módulo com as modificações apontadas já foi utilizado em duas turmas neste ano. E a sua análise preliminar já gerou algumas modificações incorporadas no módulo presente no anexo.

Capítulo 6

Considerações finais

Esse trabalho produziu um material moldado para ser aplicado e testado em um público escolar amplo, e não em um grupo selecionado de alunos ou em grupo de alunos voluntários. O trabalho produziu uma intervenção para uma turma de 3ª ano do Ensino Médio.

O módulo, com a Ótica como tema, abordou a importância da luz para a visão e o mecanismo da visão. Foi dividido em 7 aulas - a aula 8 constitui-se numa avaliação individual - com o uso de experimentos simples que acreditamos terem conseguido cumprir com os objetivos previstos para as aplicações.

O módulo se mostrou inclusivo, já que foi positiva a participação dos alunos surdos. Eles interagiram bem com os colegas. Um destes alunos, que obteve uma frequência alta às aulas, saiu-se muito bem no pós-teste, acertando a maior parte das questões. O auxílio de um bom intérprete foi fundamental para uma participação eficaz dos alunos surdos. Eles inclusive criaram sinais manuais para os fenômenos da reflexão e da refração, segundo relatou o intérprete que os acompanhou.

O módulo foi produzido com o objetivo de poder ser utilizado por outros professores. Os experimentos são simples e de baixo custo. O apêndice C contém a versão do professor, que descreve com detalhes as atividades, traz seus objetivos e provê orientações de forma clara, mas sucinta. Ele foi

projetado para que pudesse ser utilizado inclusive por alunos com pouca habilidade matemática e que não saibam utilizar instrumentos de medida. Ele pode, no entanto, ser utilizado como uma seção de um curso mais completo, com uma parte mais conceitual e outra mais matemática, assim como é feito na Universidade de Washington (MCDERMOTT, 2014). Um de seus focos explícitos é o de poder ser utilizado como recurso para discutir e superar concepções alternativas sobre a luz e a visão.

O módulo foi produzido e aplicado uma primeira vez, recebeu modificações e adaptações, e foi reaplicado em duas turmas do ano seguinte. As modificações que foram feitas no módulo, após a primeira aplicação, aumentaram a clareza do texto. Acrescentei ilustrações e algumas perguntas, modifiquei o formato da aula 5 e do experimento sobre a Lei de Snell. Destaco que a última modificação gerou um resultado significativamente melhor durante a segunda aplicação. A turma conseguiu concluir a atividade no tempo determinado e, mesmo não sabendo o que era um transferidor, conseguiu utilizar o recurso impresso.

Na segunda aplicação eu fiz uma adaptação não programada, foi feita para repor a aula 2 para uma das turmas. Eu filmei dois vídeo-experimentos utilizados em aula, usei duas imagens de refração retiradas da internet e trabalhei com a simulação do *Phet* - Desvio da Luz. Com esses recursos e com as perguntas da aula 2, produzi um formulário *Google*. Os alunos tiveram 1 semana de prazo para responder ao formulário individualmente. De um total de 45 alunos, apenas 20 responderam, sendo 19 o número de respostas válidas ¹. Futuramente essas respostas serão analisadas e comparadas com as respostas dos alunos de uma outra turma que puderam responder em sala utilizando a forma usual do módulo.

Se tivesse mais tempo disponível por semana com os alunos, eu teria utilizado também o curso online (SILVA, 2013), produto da minha monografia de licenciatura, como complemento quantitativo, que acredito ser adequado para o público alvo.

¹O formulário está disponível em <http://laylafisica.blogspot.com.br/p/blog-page_16.html>

Um tema que não foi abordado explicitamente em nenhuma das atividades, mas que acredito ser especialmente interessante, é o da formação das sombras. Percebi que os alunos não compreendem o que é uma sombra ou como é formada e, por isso, têm dificuldade de compreender fenômenos mais complicados que a envolvam, como os eclipses.

Um ponto adicional importante de investigação seria explorar com mais profundidade os desenhos feitos pelos estudantes para descrever/explicar suas observações ou concepções sobre a luz. O uso do desenhos se mostrou um instrumento bastante interessante, ainda mais em estudantes que não têm muita facilidade com ato de escrever, e poderia certamente ter sido mais explorado, tanto do ponto de vista de entendimento conceitual sobre as concepções dos alunos quanto do ponto de vista pedagógico. Muitos trabalhos recentes, como o de Souza (2014) têm investigado o uso de imagens, em particular de desenhos feitos pelos estudantes, na educação em ciências.

O trabalho desenvolvido no 3ºano surtiu resultados positivos; porém, vários dos problemas enfrentados estão presentes com ainda maior gravidade no 1º ano do ensino médio. Como resultado da experiência ganha nesta dissertação, pretendo utilizar o mesmo método, com experimentos simples e de baixo custo, para desenvolver um módulo para o 1º ano com o tema de introdução à dinâmica.

Referências Bibliográficas

ARONS, A. B. *Teaching introductory physics*. [S.l.]: Jonh Wiley New York, 1997.

AZEVEDO, M. C. P. S. d. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, ANNA MARIA PESSOA DE. Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19 – 34. ISBN 9788522103539. (Capítulo 2). Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=VI4DGUzL0j0C>>.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.

BRASIL, I. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais-Física/PCN+*. [S.l.]: MEC, 2007.

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

CARVALHO, A. M. P. de. Habilidades de professores para promover a enculturação científica¹. 2013.

GIRCOREANO, J. P.; PACCA, J. L. O ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visao. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 1, p. 26–40, 2001.

GOLDBERG, F. M.; MCDERMOTT, L. C. Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, AAPT, v. 24, n. 8, p. 472–481, 1986.

HARRES, J. B. S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 10, n. 3, p. 220–234, 1993.

- MCDERMOTT, L. C. *Melba Newell Phillips Medal Lecture 2013: discipline-Based Education Research—A View From Physics*. [S.l.]: AAPT, 2014.
- PONTOCIENCIA. *Pontociência Câmara escura parte1*. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=S4wzF7xb8Cw>>. Acesso em: 09 dez 2017.
- RAMOS, P. Ambiente virtual vivências: análise do processo de desenvolvimento na perspectiva da pesquisa baseada em design rio. Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Saúde – UFRJ, 2010. Tese de Doutorado.
- RIO DE JANEIRO. *Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://www.conexaoescola.rj.gov.br/curriculo-basico/fisica>>.
- SILVA, J. A. da; KAWAMURA, M. R. D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, p. 317–339, 2001.
- SILVA, L. C. da. Sob a ótica do curso online. Instituto de Física – Universidade Federal Fluminense, 2013.
- SOUZA, L. H. P. de. *Imagens científicas e ensino de ciências: a construção e representação simbólica a partir do referente real*. [S.l.]: Rio de Janeiro, Lamparina, 2014. 113–134 p.
- WANG, F.; HANNAFIN, M. J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, Springer, v. 53, n. 4, p. 5–23, 2005.

Apêndice A

Pré-teste

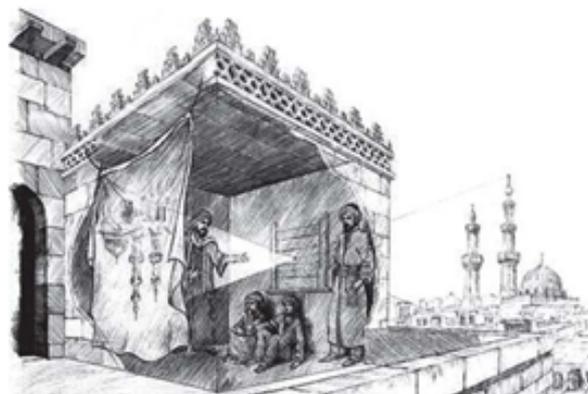
Nome: _____ N°: _____ Turma: _____

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

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

3. (Enem-2015) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava

o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



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

Figura A.1

Se fizermos uma analogia entre a ilustração A.1 e o olho humano, o tecido corresponde ao(a)

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

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

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

6. O que é luz?

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

Apêndice B

Atividades

Turma: _____

Componentes do grupo e número

Aula 1

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

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

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

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

2. O que falta para enxergar o objeto?
-

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

3. Ligue a lanterna dentro da caixa. Você consegue ver o objeto agora? Qual é a fonte de luz?
-

4. Desenhe o caminho que a luz faz para que você consiga ver o objeto. Utilize setas para indicar de onde vem e para onde vai a luz.

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

- Etapa 2

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

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

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

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

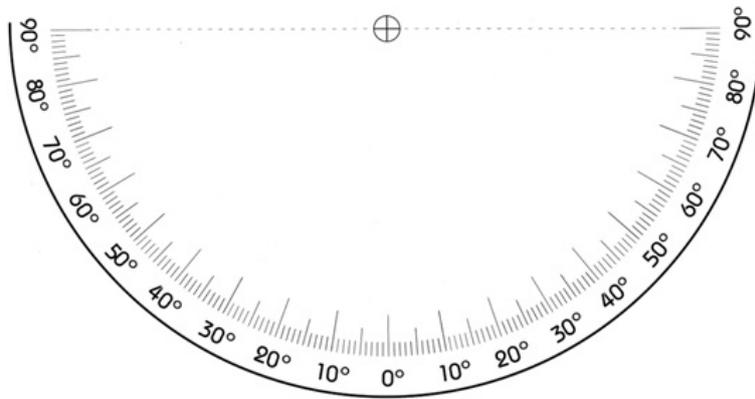
-
-
4. Crie, junto com seus colegas, um modelo para explicar como vemos um objeto, desenhando o caminho da luz e mostrando como ela se comporta ao bater no objeto.

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

• Etapa 3

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Para Casa:

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

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

Aula 2

Conteúdo: Reflexão total, lei de Snell, refração.

Material: aquário, laser.

- Etapa 1

Observe o experimento que o professor vai apresentar.

- Etapa 2

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

- Etapa 3

Conteúdo: Lei de Snell-Descartes.

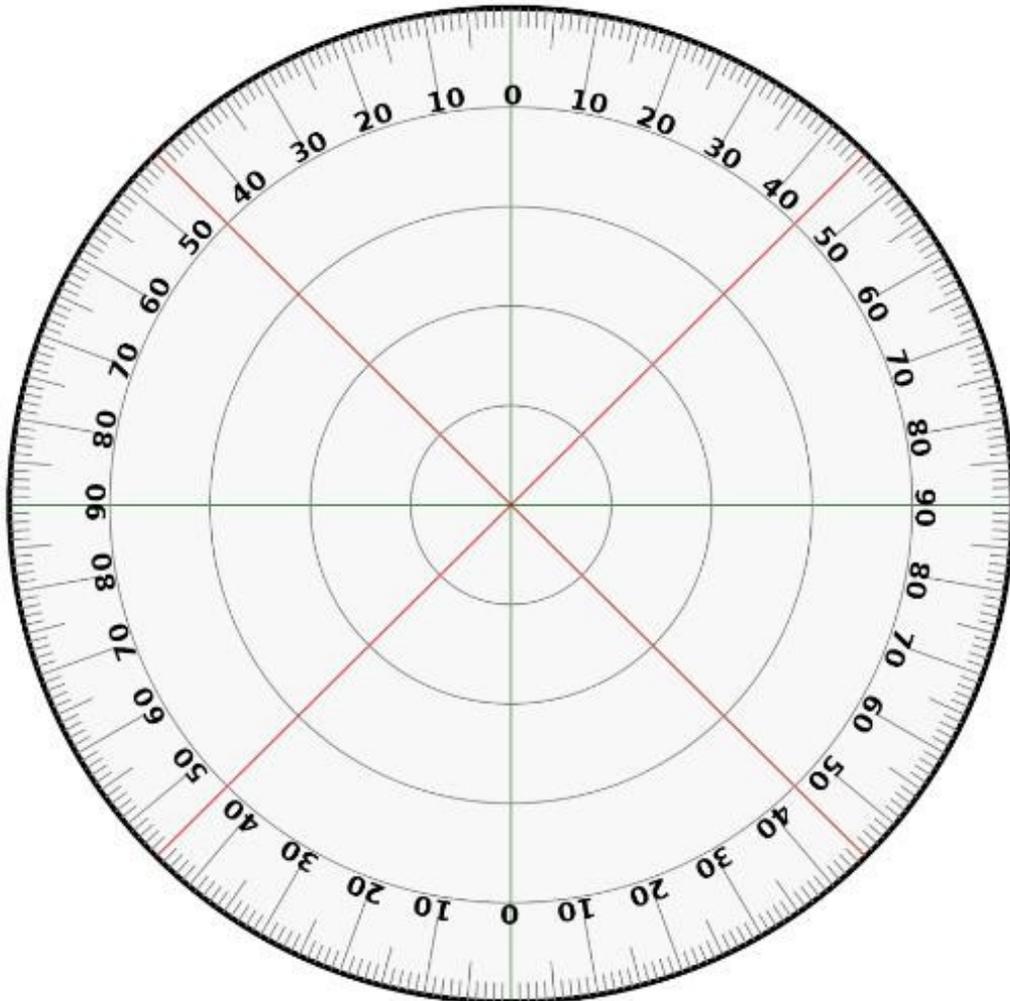
Material: Laser, aquário, calculadora científica (presente em alguns celulares).

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

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

Na aula passada vimos a reflexão da luz. Agora vamos estudar apenas o fenômeno que acontece com a luz que atravessa a água.

Pegue o aquário com água e o posicione em cima do transferidor impresso, de modo que a maior parede do aquário fique em cima da linha central. Aponte o laser em direção ao centro do transferidor, para a parede lateral e próximo ao fundo do aquário (para facilitar a visualização do raio).



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

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

4. Utilize os valores dos ângulos de incidência para preencher a tabela

abaixo com os valores dos ângulos de refração correspondentes.

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

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

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

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

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

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

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

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

importância para ótica.

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (\text{B.1})$$

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

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

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

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

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

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

- Etapa 4 – Reflexão total

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

- Como você relaciona o que observou com a lei de Snell-Descartes?
-

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

- Você conhece alguma aplicação da reflexão total? Qual?

Aula 3

Conteúdo: Arco-íris, formação de cores.

Material: Celular, prisma, fonte de luz.

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

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

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

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

5. Coloque uma pequena gota de água na tela do celular e observe - o que ocorreu com a luz branca que vem da tela do celular? Pensando na Lei

de Snell-Descartes, como é possível que a luz branca (da lâmpada) se transforme em várias cores?

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

Aula 4

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

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

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

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

Aula 5

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

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

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

2. Sobre o mecanismo da visão:

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

3. Sobre a reflexão da luz:

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

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

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

4. Sobre a refração:

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

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

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

5. Sobre a Luz:

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

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

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

6. Ainda sobre a luz:

() **Aluno A:** Luz é energia solar.

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

() **Aluno C:** Luz é radiação.

7. Sobre luz e cores:

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

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

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

Aula 6

Conteúdo: Construção de câmara escura, inversão de imagens.

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

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

Construa uma câmara escura, segundo o modelo:

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

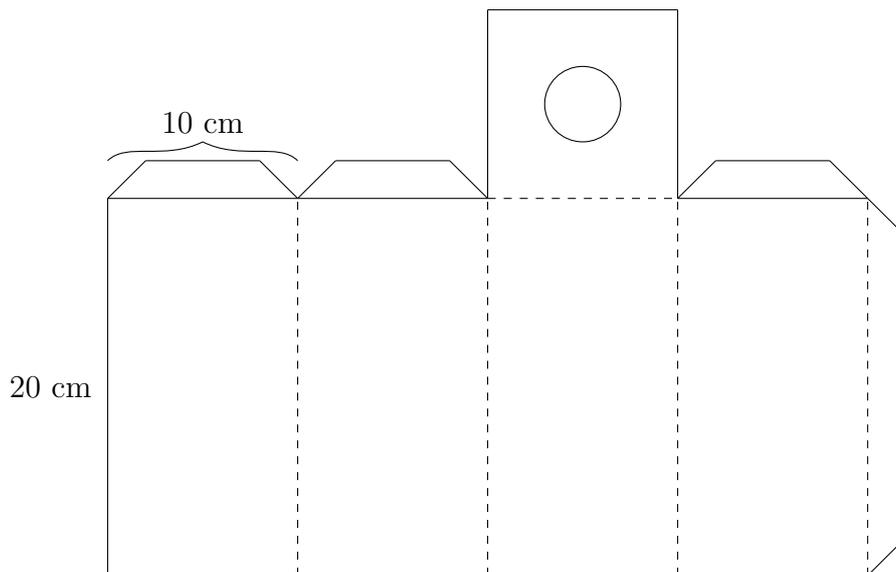


Figura B.1: Parte de fora

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

- Cole a aba fechando a caixa.

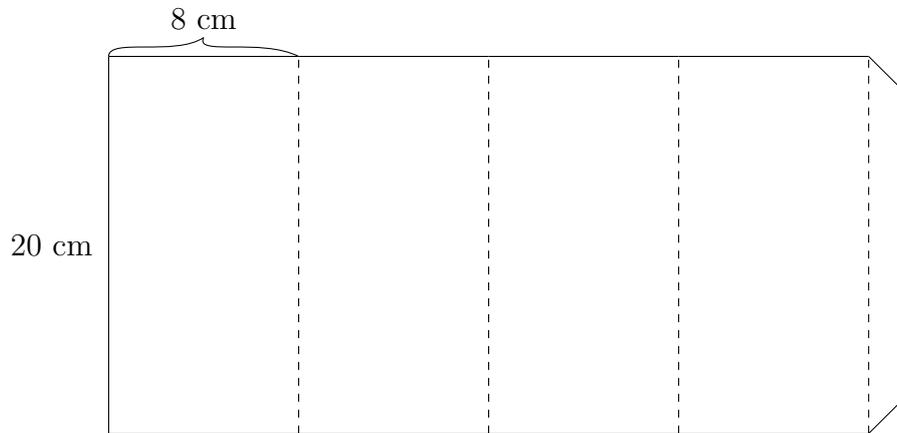


Figura B.2: Parte de dentro.

- Cole um pedaço de papel alumínio no orifício circular feito na caixa;
- Faça um pequeno furo no papel alumínio no centro com o auxílio de um alfinete ou lapiseira;
- Cole o papel vegetal em um dos lados abertos da outra caixa;
- Depois que as partes secarem, encaixe uma caixa na outra colocando o lado com papel vegetal do mesmo lado que o papel alumínio;
- Agora observe, através da câmara escura, objetos bem iluminados. Por exemplo, olhe pela janela e responda as perguntas:

1. O que ocorre com a imagem formada no papel vegetal quando você se aproxima ou se afasta do objeto? Quando ela aumenta ou diminui?

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

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

Apêndice C

Atividades - Guia do professor

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

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

Tabela C.1: Temas das aulas

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

nas aulas.

Tabela C.2: Listas de experimentos por aula

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

Aula 1

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

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

Objetivo: Reconhecer que a luz é importante para visão; Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos luminosos; Identificar o caminho que a luz faz para que uma pessoa veja um

objeto; Seguir roteiro; Conectar a reflexão que ocorre no papel laminado e a na parede.

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

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

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

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

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

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

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

Objeto no centro da sala.

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

Material: Um objeto

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

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



(a) Objeto na caixa



(b) Olhando através do orifício

Figura C.1: Exemplo de objetos dentro da caixa

observador.

2. O que falta para enxergar o objeto?

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

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

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

- Etapa 2 - Objeto no centro da sala.

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

Material: Um objeto.

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

Opções: Coloque um objeto grande, como, por exemplo, uma

mochila, pois ela tem lados diferentes, o que pode ajudar o aluno a perceber que a luz precisa ser refletida na direção do observador.

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

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

- Etapa 3

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

Reflexão especular.

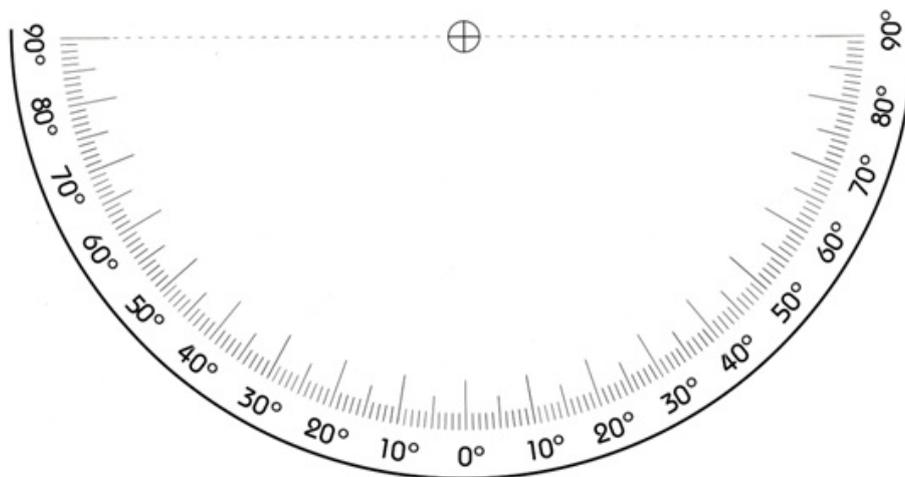
Objetivo no módulo: Observar que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Material: Espelho plano e laser.

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

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

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



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

Reflexão especular x difusa

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

Material: Pedaco de papel alumínio.

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

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

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

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

Para Casa:

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

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

Aula 2

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

Material: aquário, laser.

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

- Etapa 1

Observe o experimento que o professor vai apresentar.

Qual é o material?

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

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

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

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

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

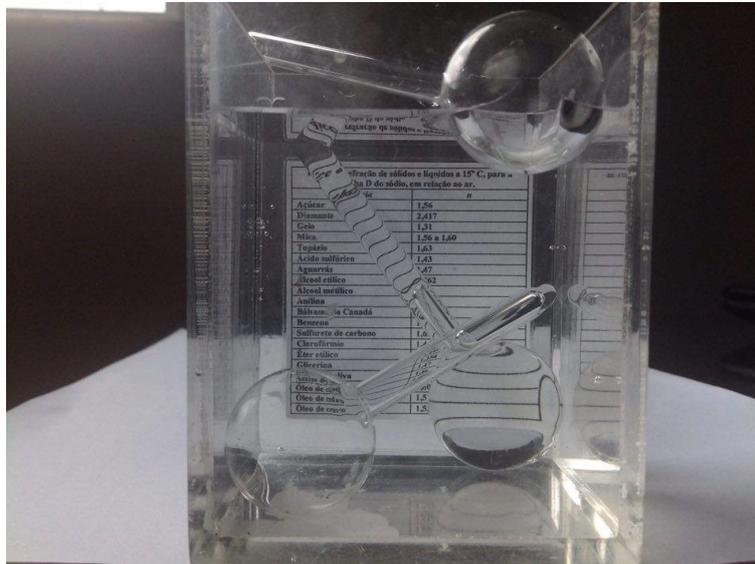


Figura C.2: Vidros com diferentes substâncias mergulhados num aquário com água.

- Etapa 2

1. Observe o aquário de diversos ângulos diferentes.

Lápis no aquário.

Objetivo no módulo: Enfatizar a mudança de trajetória da luz ao mudar de meio.

Material: Lápis e aquário com água.

Descrição: Coloque o objeto longo no aquário de forma que uma parte fique acima do nível da água.

Quais são os elementos que influenciam a mudança na trajetória da luz?

- Etapa 3

Conteúdo: Lei de Snell-Descartes.

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

Refração x reflexão.

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

Material: Ponteiro laser, aquário com água.

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

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

Lei de Snell-Descartes.

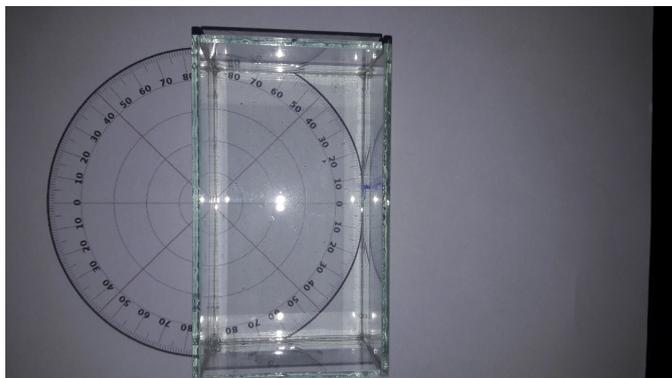
Objetivo o módulo: Reconhecer que existe uma conexão matemática específica entre os ângulos de incidência e de refração.

Material: aquário; laser.

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

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

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



(a) Aquário em cima do transferidor



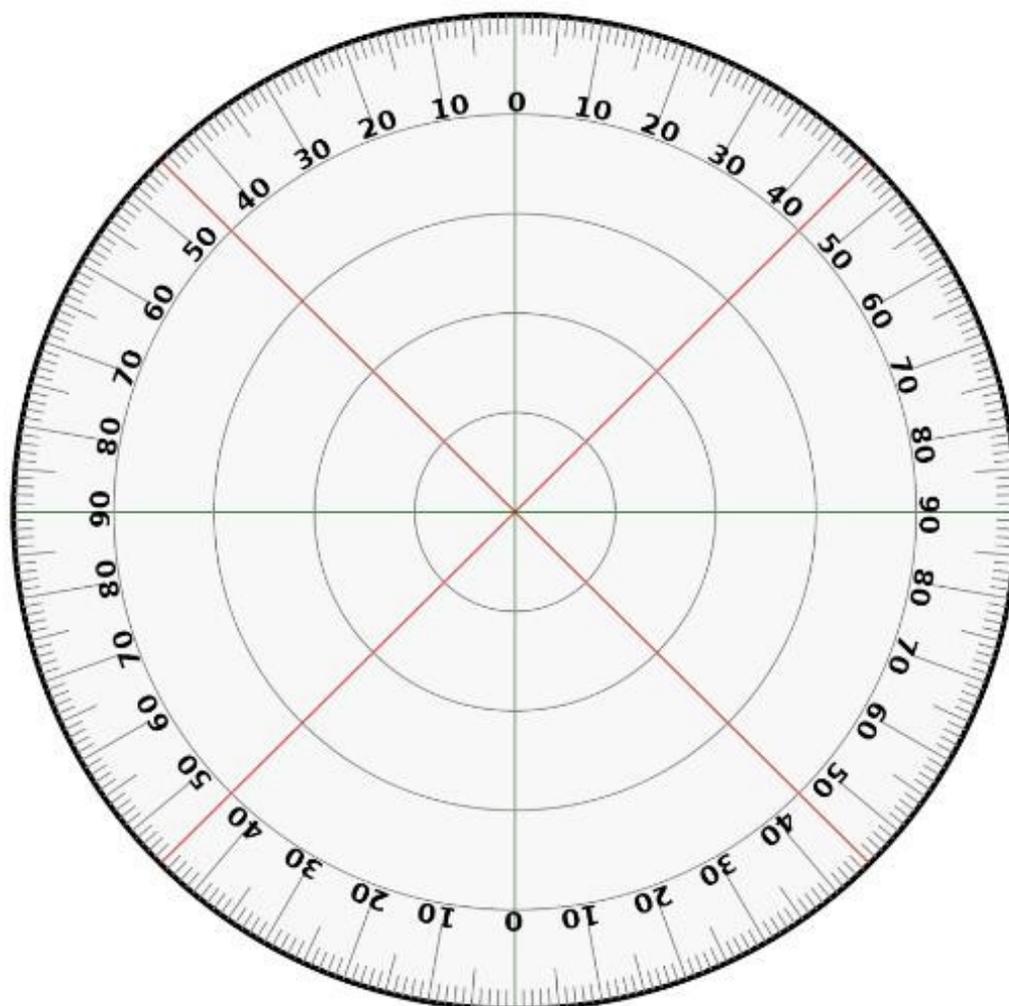
(b) Aquários e laser

Figura C.3: Material utilizado

laser refletido no teto e no fundo do aquário.

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (\text{C.1})$$

Índice de refração (n) também é a razão entre a velocidade da luz

no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v):

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

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

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

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

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

- Etapa 4 – Reflexão total

Reflexão total.

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

Material: Aquário e um objeto.

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

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

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

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

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

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

Aula 3

Conteúdo: Arco-íris, formação de cores.

Material: Celular, prisma, fonte de luz.

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

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

Fazendo um arco-íris (vídeo).

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

Material: Mangueira e luz do sol.

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

Prisma.

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

Material: Prisma, projetor.

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

Opções: Nesta aplicação, utilizei prismas que obtive desmontando um binóculo, mas logo os alunos os deixaram cair. No ano seguinte

utilizei somente o aquário em forma de prisma, que não passou de mão em mão.

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

Branco é a combinação de todas as cores

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

Material: Celular e uma gota de água.

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

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

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

Aula 4

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

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

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

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

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

Objetivo no módulo: Reforçar a apresentação dos alunos.

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

Descrição: Apontar a luz ultravioleta para o objeto.

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

noturna, termômetros, entre outros.

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

Aula 5

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

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

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

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

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

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

2. Sobre o mecanismo da visão:

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

3. Sobre a reflexão da luz:

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

na parede.

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

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

4. Sobre a refração:

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

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

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

5. Sobre a Luz:

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

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

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

6. Ainda sobre a luz:

() **Aluno A:** Luz é energia solar.

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

() **Aluno C:** Luz é radiação.

7. Sobre luz e cores:

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

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

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

o branco.

Aula 6

Conteúdo: Construção de câmara escura, inversão de imagens.

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

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

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

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

Construa uma câmara escura, segundo o modelo:

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

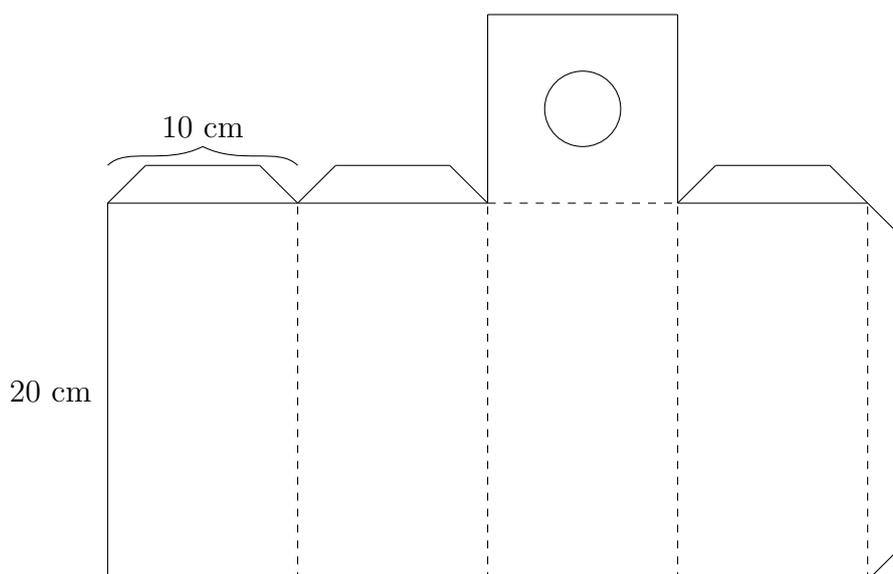


Figura C.4: Parte de fora.

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

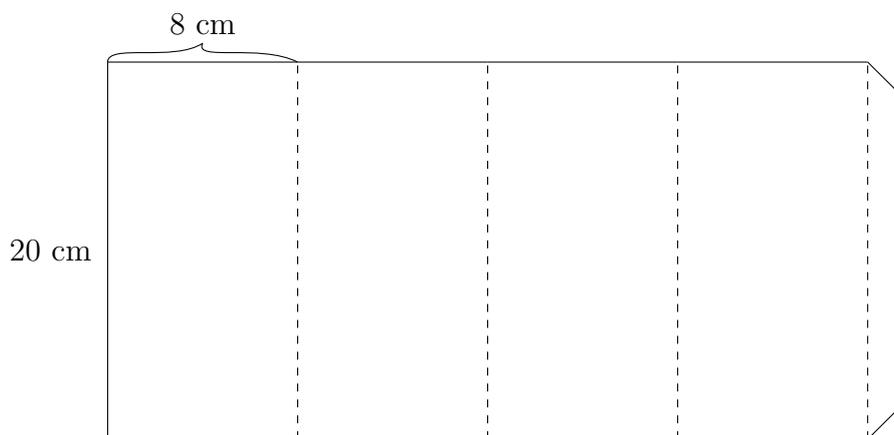


Figura C.5: Parte de dentro

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

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

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

Aula 7

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

Banco ótico.

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

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

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

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



Figura C.6: Lâmpada de filamento

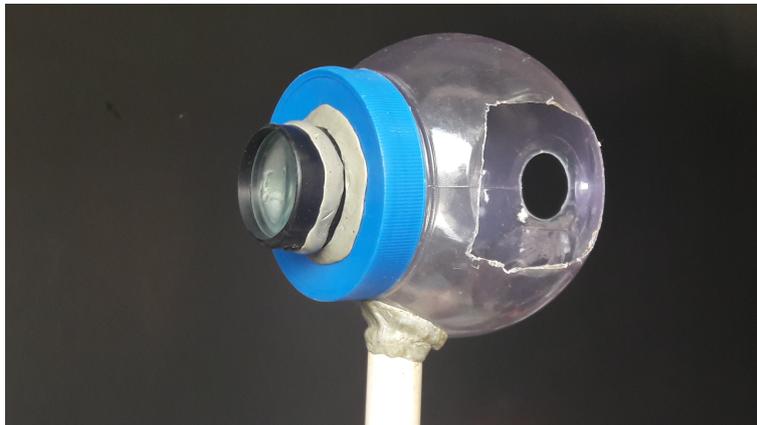


Figura C.7: Objeto imitando olho humano

Apêndice D

Pós-Teste

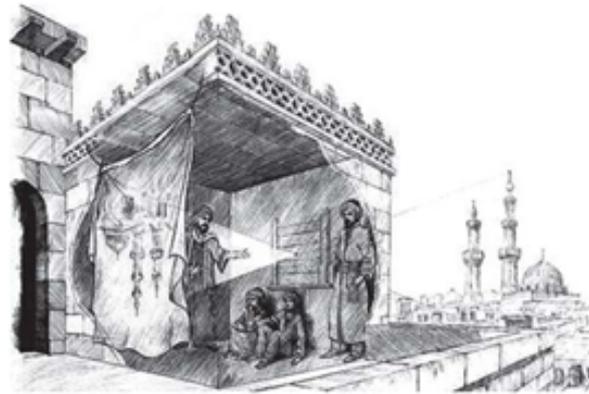
Nome: _____ N°: _____ Turma: _____

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

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

3. (Enem-2015) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O Livro da Óptica, que, com base em experimentos, explicava

o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



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

Figura D.1

Se fizermos uma analogia entre a ilustração D.1 e o olho humano, o tecido corresponde ao(a)

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

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

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

6. O que é luz?
