UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA – FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MODALIDADE DE FÍSICA

KIT ÓPTICO: CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES E APLICAÇÃO NA REDE PÚBLICA

Jocemar Regina Cotrim Ribeiro

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – modalidade Física

Banca Examinadora
Prof. Dr. Ricardo Josué Horowicz (orientador) - IFUSP
Prof.a. Dra. Stela Conceição Bertholo Piconez - FEUSP
Prof. Dr. Tomaz Catunda – IFSC-USP

São Paulo
2000

defesa 13/03

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Ribeirc, Jocemar Regina Cotrim

Kit Óptico: Capacitação de Professores e Aplicação na Rede Pública.
São Paulo, 2000.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Instituto de Física - Departamento de Física Experimental

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Josué Horowicz
Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Kit Óptico; 2. Ensino de Óptica; 3. Capacitação de Professores; 4. Materiais Didáticos; 5. Experimentação em Física.

USP/IF/SBI-010/2000

Para Daniel
pelo seu amor e cumplicidade

Para José Ribeiro *(in memorian)* ***e Guiomar***
pelo amor, carinho e apoio durante o meu viver

Agradecimentos

Ao professor Ricardo Josué Horowicz, pela orientação, incentivo e amizade.

Aos professores Mikiya Muramatsu e Tomaz Catunda, pelo apoio.

À professora Dalva M.R. Tavares, pelas discussões, ajuda, atenção, amizade e carinho.

Ao George Kouzo Shinomyia pela amizade e fotos do kit óptico.

Às secretárias Edi e Lourdes da Física Experimental, pela paciência, amizade e atenção de sempre.

Aos professores bolsistas do Projeto, pela convivência e pelo aprendizado que me proporcionaram.

Aos alunos das Escolas onde o kit óptico foi utilizado, pela possibilidade de pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação em Ensino de Ciências.

À FAPESP, pelo apoio financeiro.

A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que as outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe.

Jean Piaget

RESUMO

Este trabalho de pesquisa teve como objeto de estudo o Projeto Ensino de Ótica Moderna – Capacitação de Professores, Desenvolvimento e Demonstrações: Impacto no Ensino Público, desenvolvido de forma conjunta pelo Instituto de Física da USP de São Paulo, Instituto de Física da USP de São Carlos, Estação Ciência e professores da Rede Pública do Estado de São Paulo, de setembro de 1997 a outubro de 1999.

Os objetivos do Projeto são:

- Desenvolvimento de um kit óptico para o ensino fundamental e médio.
- Desenvolvimento de materiais didáticos de apoio.
- Aplicação do kit óptico em escolas públicas.
- Formação Continuada de Professores.

Através da análise de cada uma das etapas do projeto, aplicado no Estado de São Paulo, é possível identificar algumas dificuldades e soluções para a melhoria do ensino de Óptica.

ABSTRACT

The present research is a study of the Project: Modern Optical Education - Continuous Education of Teachers, Development and Demonstrations: the Impact in the Public Education, developed by the Physics Institute of São Paulo University in São Paulo and São Carlos, Station Scientific and teachers of Public Education on São Paulo State, from September of 1997 to October of 1999.

The objects of the Project are:

- Development of an Optics Kit
- Development of helping didactics materials
- Utilization of the Optics Kit in Public Schools
- Continuous Education of teachers

The analysis of each part of the Project, developed in São Paulo State, shows some difficulties and solutions for the improvement of optical Education.

CONSIDERAÇÕES SOBRE EXPERIMENTOS E ENSINO

I Considerações sobre Experimentos e Ensino

> *"Homens devem ser instruídos na sabedoria, tanto quanto possível, não nos livros, mas no céu, na terra, nos carvalhos e nas faias; isto é, eles devem aprender a investigar as coisas por si mesmos, e não apenas observar e testemunhar o que as outras pessoas pensam sobre essas coisas"* – Comenius (1592-1671).

O filósofo Arthur Schopenhauer (1788-1860) também incentivava um ensino baseado na prática, através da qual, o aluno:

> *"aprenderia a julgar segundo suas próprias capacidades, não de outros. Seu espírito se acostumaria à profundidade, ao juízo pessoal e à independência"* explica em seu livro *Ao redor da filosofia.*

A importância da atividade experimental no ensino de Física é um tema discutido há muito tempo. Existem muitos trabalhos a respeito do assunto, em forma de artigos (cerca de 75% do total de trabalhos publicados), teses de mestrado e doutorado.

Outros exemplos são os cursos de extensão universitária, oferecidos aos professores de ensino médio e fundamental. Essa situação pode ser justificada pelo fato de ser uma forma rápida de atingir professores em exercício.

Através destes cursos de extensão, os professores podem ser levados a uma reflexão de sua prática e conseqüente reelaboração de procedimentos, que contribuam para a aprendizagem significativa de física, ou à utilização de recursos didáticos nas aulas de ciências (nos quais os professores aprendem, entre outra coisas, a confeccionar certos arranjos experimentais com sucatas).

A questão da utilização de experimentos no ensino de física é assunto de boa parte dos trabalhos existentes e se não é o assunto principal dos cursos de extensão, faz parte do planejamento dos temas a serem discutidos pelos mesmos.

O ensino experimental, ou seja, a utilização do laboratório didático é preocupação também em nível do terceiro grau. Os programas das disciplinas de laboratórios que em sua maioria mantêm-se os mesmos nos últimos vinte anos para os cursos básicos e desmotivam os alunos têm sido alvos de modificações.

Os cursos de laboratório experimental oferecidos aos alunos do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, por exemplo, passaram por um processo de reestruturação a partir de 1991 até 1995, tendo como metas: objetivos operacionais (específicos do laboratório), gerais (relacionados com o desenvolvimento de habilidades e atitudes que extrapolam a restrita atuação das disciplinas), e de apoio (em geral à disciplina teórica) [1], tornando os programas mais adequados as expectativas de professores e alunos.

A importância da natureza experimental da Física é inquestionável e pode se considerar que o ensino da Física, em qualquer nível, é mais eficiente quando o aluno recebe em paralelo a formação teórica e a experimental.

> *"É no laboratório e somente no laboratório que o estudante pode vivenciar a Física como na realidade ela é".* (Michels & Fowler, 1970)

Então, por que esta última é relegada a um segundo plano?

1- Matsushigue, L.B.H.; Pascholati,P.R.; Yoneama, M.L.; Dias,J.F. e Siqueira, P.T.D. Os objetivos do Laboratório Didático na Visão de Alunos Ingressantes no Bacharelado em Física do IFUSP e de seus Professores. Revista Brasileira de Física, vol.19, nº2, junho, 1997.

Pode-se pensar primeiramente, no relativo alto custo envolvido na montagem de um laboratório permanente, embora para a utilização de atividades experimentais em aula não há necessidade de um local determinado. Ou então, em razões culturais, como descritas por Schimidt (1995), para a qual a importância do laboratório é argumentada a partir de diferentes pontos de vista, o que dificulta a implantação do mesmo.

De acordo com Schimidt (1995), a utilização do laboratório pode ser justificada em termos de sua função no aprendizado, pelo desenvolvimento de postura ativa, por razões de natureza social ou ainda, pela natureza experimental da ciência. E em decorrência da importância do laboratório ser argumentada em diferentes pontos de vista têm-se diferentes utilizações.

Tem-se ainda, o fato da experimentação, exigir uma clara definição do seu significado e papel no processo científico e no processo pedagógico, o que nem sempre é um conceito bem elaborado entre os professores.

A experimentação no ensino de física aparece de diversas formas, algumas vezes como fator principal no processo de aprendizagem, em outras como uma possível estratégia de ensino que o professor pode lançar mão quando necessário, ou ainda como coadjuvante no ensino da física.

Para Amaral (1997), independente do papel e significado que atribuímos à experimentação, é fundamental reconhecermos o contexto espistemológico-pedagógico em que a inserimos, onde estão presentes o conhecimento formalmente constituído a que se refere o experimento e o fenômeno "natural" trabalhado artificialmente pelo experimento.

"A experimentação no ensino, pois, não se encerra em si mesma, mas se apropria artificialmente de fenômenos do ambiente, lidando com eles, trabalhando-os segundo determinados objetivos cognitivos. E estes objetivos, certamente, de alguma forma estão balizados no conhecimento formalmente constituído".

A questão da experimentação no ensino pode ser encontrada também na Regulamentação das Diretrizes do Ensino Médio, artigo 13:

II – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, objetivando a constituição de habilidades e competências que permitam ao educando:

Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

...

c) Apropriar-se dos conhecimentos da física, da química e da biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural.

Então, a experimentação não seria uma estratégia metodológica fundamental e nem tão pouco seria descartada, desempenharia um outro papel educacional, contribuindo junto com outras metodologias de ensino, para o desenvolvimento do pensamento científico.

O problema pode ser justificado ainda, pelas palavras de Nedelsky (1965):

"Existem poucas estatísticas ou evidências empíricas publicadas de que a instrução no laboratório, nos cursos elementares, contribui de

maneira significativa para o entendimento geral do estudante, da Física".

Este trabalho, por se tratar de uma análise do projeto ***"Ensino de Ótica Moderna – Capacitação de Professores, Desenvolvimento de Experimentos e Demonstrações: Impacto no Ensino Público"***, envolve o estudo das diversas etapas que compõem o mesmo. Dentre elas, a formação continuada de professores, o desenvolvimento do material didático (o kit óptico) e material de apoio e a aplicação do projeto por professores nas escolas.

Os resultados obtidos através de cada uma destas etapas levaram a uma conclusão à respeito da viabilidade do projeto, especificamente da contribuição significativa da utilização de experiências no ensino de Física, em particular a Óptica.

O PROJETO

II O Projeto

O projeto ***Ensino de Ótica Moderna – Capacitação de Professores, Desenvolvimento de Experimentos e Demonstrações: Impacto no Ensino Público"*** desenvolve , com a participação de professores de escolas da Rede Pública, um conjunto de kits experimentais para o ensino de óptica moderna em sala de aula.

O projeto, que tem o apoio da FAPESP, está sendo desenvolvido de forma conjunta pelo Instituto de Física da USP de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos/USP, Estação Ciência/USP, professores da Rede Pública do Estado de São Paulo e a empresa Optovac desde setembro de 1997.

O projeto foi planejado e coordenado pela equipe de professores:
Prof. Dr. Ernst W. Hamburger (IFUSP/Estação Ciência-USP) – coordenador do projeto
Prof. Dr. Ricardo Horowicz (IFUSP)
Prof. Dr. Mikiya Muramatsu (IFUSP)
Prof. Dr. Tomaz Catunda (IFSC-USP)

Os kits foram elaborados em parceria com os professores de escolas públicas e da universidade, além de realizar ao mesmo tempo reflexões sobre o processo e seu impacto no ensino. Os professores participam ativamente de todas as etapas do planejamento da elaboração do material e de sua avaliação em sala de aula.

Cada kit destina-se a um grupo de até quatro estudantes, e contém material para uma série de experimentos. O kit contém vários componentes ópticos como espelhos, lentes, prismas, duas pequenas lanternas que funcionam como fontes luminosas, etc, que possibilitam a visualização de fenômenos de reflexão e refração da luz, formação de

imagens e sua natureza (real ou virtual) e o funcionamento de alguns instrumentos ópticos tais como: lupas, óculos, lunetas e câmaras fotográficas.

Tem-se também em fase de desenvolvimento um "kit Professor", contendo material mais elaborado para demonstrações, incluindo em óptica moderna. O material de apoio à este kit será elaborado posteriormente.

O projeto, além da óptica clássica, aborda também elementos da óptica contemporânea, incluindo experimentos com laser e fotodiodo. Estes experimentos permitem introduzir os conceitos modernos da óptica, permitindo também uma explicação simples de dispositivos ópticos simples do dia a dia: portas automáticas, leitora de barras, CD-ROM.

O projeto envolveu ainda, um curso de extensão universitária, de treinamento específico em óptica, que teve continuidade através do projeto PRÓ-CIÊNCIAS da Fapesp, com cursos destinados a professores da rede pública do ensino médio e ministrados pelos pesquisadores responsáveis do projeto. Os cursos são divulgados pela Estação Ciência

O processo, até o momento foi acompanhado, através dos cursos oferecidos aos professores da rede pública, aplicações dos kits em sala de aula e reunião dos professores bolsistas (participantes do projeto), nas quais foram desenvolvidos materiais de apoio ao kit experimental e discutidas possíveis melhorias para o mesmo.

Em uma fase preliminar, os Kits foram aplicados pelos professores participantes do Projeto, atingindo cerca de 2000 alunos da Rede Pública do Estado de São Paulo, possibilitando uma análise do Projeto.

Neste trabalho tem-se um estudo do projeto como um todo, onde serão descritas todas as fases do mesmo, com ênfase em sua aplicação em sala de aula, pois é este ponto que julgamos ser o fator decisivo para a análise do projeto quanto a sua eficácia.

II.1 A pesquisa

Este trabalho de pesquisa teve como objeto de estudo o Projeto Ensino de Ótica Moderna – Capacitação de Professores, Desenvolvimento de Experimentos e Demonstrações: Impacto no Ensino Público.

Como descrito anteriormente, o projeto visa o desenvolvimento de materiais simples para o ensino de óptica moderna (kits experimentais) tendo como coadjuvantes no processo professores da Universidade de São Paulo, Estação Ciência, professores da Rede Pública e uma empresa educacional.

As atividades do projeto foram realizadas no Instituto de Física da USP em São Paulo, no Instituto de Física da USP em São Carlos e algumas vezes na Estação Ciência.

O Projeto teve início em setembro de 1997 através de um curso de extensão destinado a professores de física do ensino médio. Este curso foi divulgado através da Estação Ciência e ministrado simultaneamente em São Paulo e São Carlos, abrangendo desta forma a Grande São Paulo e interior.

A partir deste curso foram selecionados 15 professores (da capital e interior) interessados em participar do projeto e colaborar no desenvolvimento do kit óptico e posteriormente utilizá-lo em suas aulas. Cada um destes professores recebeu uma bolsa para participar do projeto.

Este curso de extensão teve continuidade através de um outro projeto proposto pelos coordenadores a FAPESP, o projeto PRÓ-CIÊNCIAS, a ser descrito posteriormente.

Os sete professores selecionados em São Paulo e os oito professores em São Carlos se encontravam semanalmente com os coordenadores do projeto para discussões, troca de idéias e experiências para se chegar ao desenvolvimento do kit óptico.

Com o desenvolvimento do kit óptico, começou-se então a pensar no material de apoio. Após elaborar-se um material inicial, alguns professores começaram a utilizar o kit óptico em sala de aula.

Dessa forma a elaboração do material de apoio ocorreu de uma forma mais consciente, uma vez que os professores estavam testando e reelaborando o que eventualmente não funcionasse, ou então, funcionasse mal.

Esse material elaborado pelos professores foi testado e reformulado várias vezes, já que foram muitas as utilizações do kit óptico.

As aplicações em sala de aula foram o objeto de estudo central desta pesquisa. Para tal, foram analisadas as aplicações do kit realizadas pelos professores bolsistas em diversas escolas e regiões, com público-alvo e condições de infra-estrutura bastante diversificados.

É importante ressaltar que através dos cursos do projeto Pró-Ciências muitos professores conheceram o kit óptico e passaram a utilizá-lo em suas aulas. Isso foi possível através da Estação Ciência, que mantém uma seção de empréstimos de materiais para experiências chamada *experimentoteca* .

Dessa forma o kit óptico foi utilizado por outros professores em vários momentos, só que nesses casos, cada professor teve que elaborar o seu material de apoio, já que o kit era emprestado sem o material de apoio que estava sendo feito.

Todas as fases do projeto foram analisadas e serão detalhadas nos capítulos seguintes.

No momento desenvolve-se um kit não tão manipulativo, o chamado Kit-Professor, destinado a demonstrações em sala de aula. Foram desenvolvidos também e fazem parte do projeto como um todo, uma fita de vídeo e um kit de óptica física.

II.2 Objetivos

O trabalho de pesquisa em questão teve como objetivo a análise do Projeto descrito anteriormente, a partir de setembro de 1997, através da qual é possível avaliar a viabilidade do mesmo.

A pesquisa teve como objetivos:

- Traçar o perfil dos professores participantes do curso de extensão, através de seus dados profissionais.
- Acompanhamento dos professores bolsistas durante o desenvolvimento do kit óptico e do material de apoio ao kit.
- Acompanhamento da aplicação do kit óptico pelos professores bolsistas em sala de aula.
- Análise da infra-estrutura das escolas onde o kit foi utilizado
- Análise da metodologia utilizada pelos professores e das condições ambientes na aplicação dos kits.
- Análise da receptividade dos alunos quanto a utilização do kit óptico.

Entre outros índices, poderemos identificar a importância, ou não, da participação do professor na elaboração dos kits e do material de apoio, uma vez que os mesmos utilizaram os kits em suas aulas.

A receptividade dos alunos quanto a utilização do kit óptico será analisada de forma a considerar as turmas, os vários períodos, as diferentes condições, o interesse, a participação e assiduidade. Os tipos de avaliações aplicadas pelos professores, além dos fatores observados pelo pesquisador foram também considerados. Assim, foi possível investigar se a utilização do kit óptico facilitou de alguma forma a aprendizagem por parte dos alunos. Outro fator a ser investigado, em um outro momento, é a abordagem de conceitos contemporâneos de óptica (conceito de fóton, laser, etc) com a utilização dos kits.

No trabalho de pesquisa, além de apresentar uma proposta de experimento para o ensino de óptica para o ensino médio e fundamental, tem-se uma reflexão sobre o papel do mesmo na aprendizagem.

II.3 Metodologia

Para estudo do projeto utilizou-se de método de pesquisa qualitativa e quantitativa, dependendo do tema de análise.

O primeiro alvo de estudo foi o curso de extensão destinado a professores da rede pública. A pesquisa quantitativa foi utilizada para determinação do perfil dos participantes, através da ficha de inscrição preenchida na matrícula, anexa no apêndice 1.

Os dados obtidos através da ficha de inscrição foram complementados com os seguintes documentos: xerox da carteira de identidade, do certificado de conclusão do curso de graduação e do comprovante de rendimento (para comprovação de vínculo com a Rede Pública), que possibilitaram a determinação da faixa etária; instituição, área e ano de conclusão da graduação.

No ato de inscrição foi solicitado ainda, a cada professor que justificasse o seu interesse em participar do curso, possibilitando assim, caracterizar as expectativas dos professores quanto a um curso de extensão.

Ao longo do curso a pesquisa qualitativa foi adotada, uma vez que o pesquisador participou das atividades propostas pelo curso, de forma a estabelecer um contato maior com os educadores e o trabalho em desenvolvimento. Essa familiarização entre os educadores participantes e o pesquisador foi importante, pois o projeto tem como enfoque central a aplicação do material – kit óptico em sala de aula, um trabalho contínuo e favorecido pela continuação desse curso através do projeto PRÓ-CIÊNCIA.

O curso de extensão foi avaliado através de um questionário (apêndice 2) composto de questões objetivas e abertas, através do qual foi possível determinar o grau de satisfação dos participantes e estabelecer alguns parâmetros para elaboração dos cursos seguintes.

Durante a elaboração do kit óptico e materiais de apoio, a pesquisa se deu de forma qualitativa através do acompanhamento de cada uma das atividades e suas etapas, a serem descritas. A cada reunião entre os coordenadores do projeto e os professores participantes era realizada uma ata da reunião, onde os temas discutidos eram relatados.

Nas aplicações do kit óptico foram obtidos dados quantitativos como número de alunos, período, freqüência dos alunos e dados qualitativos como interesse, participação,

método utilizado pelos professores. Esses dados foram analisados e dispostos de forma a se obter um retrato do momento e situação em que o projeto foi aplicado.

Os resultados obtidos através da metodologia de pesquisa descrita estão detalhados nos capítulos seguintes.

CURSO DE EXTENSÃO

III Curso de extensão

III.1 A formação continuada de professores

A questão da educação continuada é um assunto discutido e estudado há algum tempo, tanto que esse processo já teve diferentes designações, desde treinamento, reciclagem, capacitação, atualização até educação continuada de professores em serviço.

Segundo Martins (1996), a extensão universitária como função das Universidades apareceu no quadro educacional brasileiro no final da década de 60 e início da década de 70.

A educação continuada de professores em serviço está geralmente relacionada a cursos de extensão, os quais tiveram seus objetivos modificados ao longo do tempo, passando de simples treinamentos até o de recuperação da formação de professores.

> *"Cursos de extensão, treinamentos em projetos específicos, feiras, exposições e museus de ciências, têm sido recursos comuns, utilizados pelos professores universitários e por instituições de ensino superior, na tentativa de encontrar soluções".* [2]

A maioria dos cursos de extensão têm como objetivo principal a recuperação da formação dos professores, vindos em geral de universidades privadas e com lacunas de conceitos básicos de física, que dificultam a absorção do crescente progresso no campo científico e tecnológico e no campo epistemológico e pedagógico.[3]

---

2 - Pacca, Jesuina L.A. O profissional de Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.14, nº1,1992.

3 – Pacca, Jesuina L. A. ; Villani, Alberto. Estratégias de Ensino e Mudança Conceitual na Atualização de Professores. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.14 nº4, 1992.

Dessa forma, é difícil fazer com que cursos de extensão não releguem a um segundo plano reflexões sobre o trabalho e os objetivos da prática docente, fazendo com que tenham a descrição dada por Pacca (1992):

"a atualização de professores de Física através de cursos consiste no desenvolvimento de um programa específico, em geral ligado a um Projeto de Ensino (texto ou outros materiais didáticos) já elaborado ou a tópicos de Física e/ou metodologia de ensino e apresentam as seguintes características:

1. *Participação do professor passiva ou "pseudo-passiva" com relação ao conteúdo do curso.*
2. *Cursos com respostas a problemas formulados pelos autores do programa sem acesso direto à sala de aula.*
3. *O professor é colocado na situação de aluno do qual sempre se espera respostas certas; aquelas que o programador quer ouvir.*
4. *As exposições do conteúdo são bem elaboradas e "cientificamente" estruturadas sem levar em conta as concepções prévias (ou espontâneas).*
5. *Os cursos dão pouca importância para a interação entre os participantes, com troca de idéias sobre problemas reais e autênticos."*

Os cursos de extensão têm grande procura pelos professores, que vêm em busca de novas metodologias e teorias de aprendizagem, que possam ajudá-los a refletir sobre suas práticas docentes. A possibilidade de acesso a Universidade, assim como a projetos em desenvolvimento e a troca de experiências com diferentes docentes também são fatores que motivam professores a buscar esses cursos.

> *"A extensão universitária deve ser vista enquanto uma atividade na qual são desenvolvidos projetos que funcionam como um processo educativo, científico e cultural tendo a finalidade de melhor articular o ensino e a pesquisa de forma indissociável, para levar à sociedade,*

todos os avanços científicos e tecnológicos ali obtidos." (Martins, 1996).

E devido a esses anseios dos professores que procuram a formação continuada, através de cursos de extensão, existe a necessidade de que os organizadores dos mesmos tenham consciência das idéias, atitudes e comportamentos desse professores.

O processo de educação continuada de professores em serviço pode ser entendido então, de acordo com Castro (1999), como um processo que ultrapassa a atualização constante dos docentes, em termos de conteúdos de sua disciplina e em relação a novas metodologias de ensino, implicando no envolvimento pessoal e profissional do sujeito, incorporando, conjuntamente, teoria e ação.

III.2 O curso de extensão do Projeto

O curso de extensão: Atualização de professores em Óptica Moderna, realizou-se no período de 13 de setembro a 08 de novembro de 1997. O curso foi divulgado através da Estação Ciência/USP e ministrado simultaneamente no Instituto de Física da USP e no Instituto de Física de São Carlos/USP.

Participaram do curso 71 professores da Rede Pública, sendo 27 em são Paulo e 44 em São Carlos. Abrangendo cerca de 20 cidades do Estado de São Paulo, uma vez que em São Paulo tinham também professores atuantes nas cidades de Itatiba, Itú e São José dos Campos e em São Carlos, que funcionou como um pólo para as cidades vizinhas, os professores atuavam também nas cidades de Américo Brasiliense, Araraquara, Barretos, Barrinha, Colina, Descalvado, Franca, Frutal, Itirapuã, Lins, Orlândia, Patrocínio Paulista, Porto Ferreira, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro e São José da Bela Vista.

Apesar do curso ser destinado, inicialmente a professores de física do ensino médio, professores de outra área também puderam participar. Nos gráficos 1 e 2 , estão representados os cursos de graduação dos participantes em São Paulo e São Carlos.

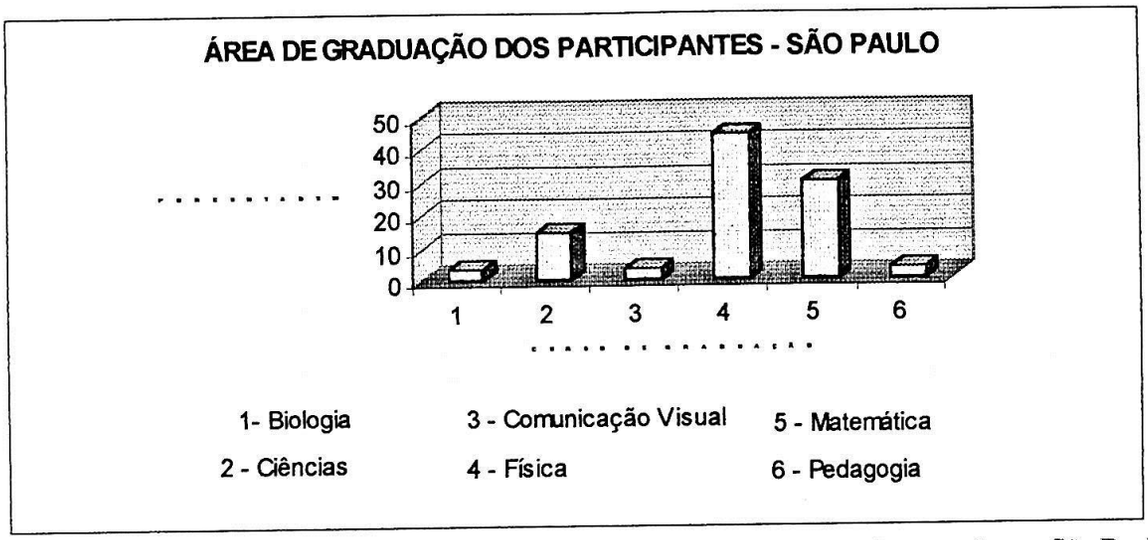


Gráfico 1 – Curso de graduação dos professores participantes do curso de extensão em São Paulo

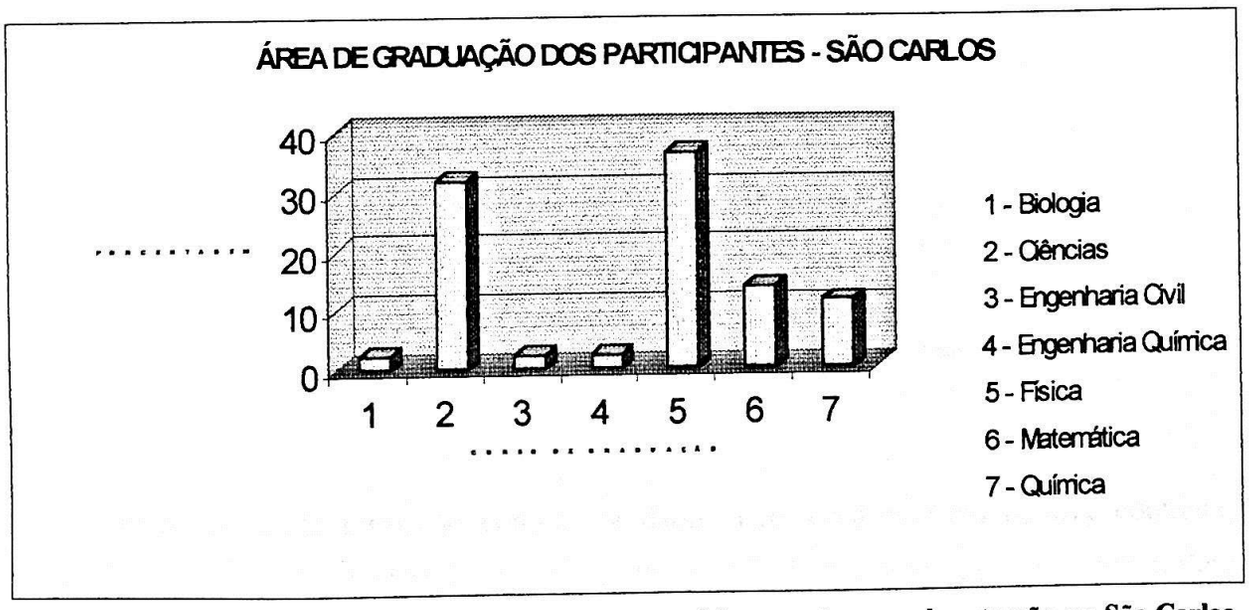


Gráfico 2 - Curso de graduação dos professores participantes do curso de extensão em São Carlos

Como a maior parte dos professores participantes do curso era proveniente de universidade particulares (representação nos gráficos 3 e 4) e de cursos heterogêneos, fez-se necessário uma revisão dos conteúdos de Óptica Clássica e Contemporânea e sua diversas aplicações.

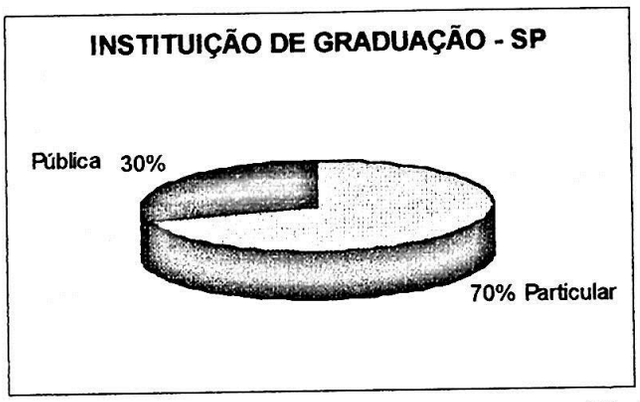


Gráfico 3 – Instituição de Graduação dos participantes em São Paulo

Gráfico 4 - Instituição de Graduação dos participantes em São Carlos

O processo de formação continuada dado início com este curso, teve continuação através dos cursos de atualização do projeto Pró-Ciências, nos quais, as discussões, reflexões e trocas de experiências entre os participantes foram objetivos principais.

Os professores responsáveis pelo Projeto, Prof. Dr. Ricardo Josué Horowicz e Prof. Dr. Mikiya Muramatsu coordenaram o curso em São Paulo e o Prof. Dr. Tomaz Catunda, em São Carlos. Os encontros, num total de 32 horas, ocorreram aos sábados quando foram realizadas as seguintes atividades:

1. Determinação de distância focal de lentes.
2. Instrumentos ópticos.
3. Determinação do índice de refração.
4. Interferência e difração.
5. Palestra: Interferometria, interpretação e intuição: Uma introdução conceitual à Física Quântica (Prof. Dr. Osvaldo Pessoa Jr. – IEA) .
6. Interferometria de Michelson.
7. Polarização da luz.
8. Espectroscopia
9. Visita aos laboratórios de pesquisa do Instituto de física da USP – São Paulo e São Carlos.
10. Palestra: Princípios do laser (Prof. Dr. Ricardo Horowicz).
11. Palestra: Medida de rugosidade por técnicas ópticas (Prof. Dr. Mikiya Muramatsu).
12. Oficina de Holografia (Prof. Dr. Mikiya Muramatsu e Márcio M. Ueno).

Figura 1 – Professores de São Carlos em palestra.

O calendário das atividades desenvolvidas encontra-se no apêndice 3, entretanto é importante ressaltar que em decorrência dos professores participantes do curso realizado em São Carlos, serem de cidades vizinhas e as vezes não muito próximas, os encontros foram realizados em sábados alternados.

As atividades eram realizadas nos laboratórios didáticos do Instituto de Física da USP/SP e do Instituto de Física da USP/São Carlos, algumas das palestras foram realizadas no auditório da Estação Ciência, que contaram com a participação dos professores de São Paulo e São Carlos.

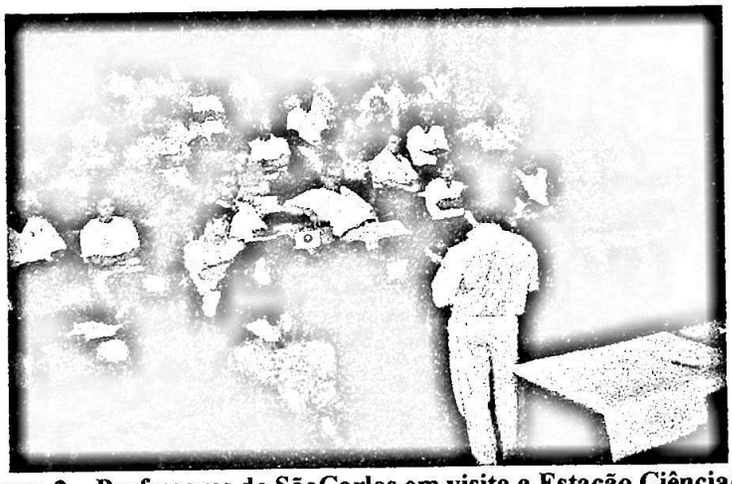


Figura 2 – Professores de SãoCarlos em visita a Estação Ciência/USP

Na realização das atividades os professores trabalhavam em grupos de até quatro pessoas, o que facilitava a troca de idéias e discussões sobre resultados.

Os professores participantes tinham também como atividades extras, algumas listas de exercícios, elaboradas de tal forma que levassem a uma aplicação dos conceitos estudados e discutidos nos encontros.

Cada professor foi avaliado de acordo com sua participação, levando-se em conta a freqüência, resolução das listas de exercícios, capacidade de trabalhar em grupo, problemas e questionamentos levantados nas discussões das reuniões.

Figura 3 – Professores em atividades no laboratório didático da USP/SP

O curso cumpre os requisitos da Secretaria de Educação, sendo por esta reconhecido, o certificado de conclusão do curso é emitido pela Universidade de São Paulo.

III.2.1 Perfil dos Participantes

A partir dos dados obtidos pela ficha de inscrição dos professores participantes, foi possível traçar um perfil dos mesmos.

Dos 71 inscritos no curso, realizado simultaneamente em São Paulo e São Carlos, praticamente o número de professores era o mesmo de professoras, isso em decorrência de se tratar de ensino médio.

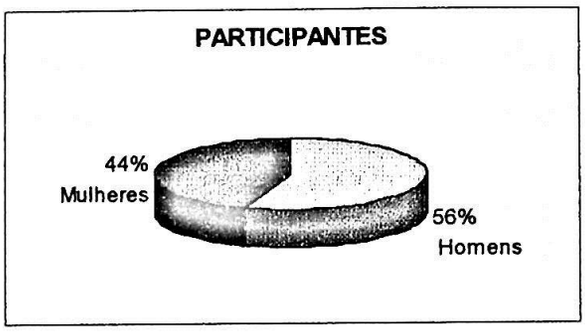


Gráfico 5 – Distribuição dos participantes por sexo - São Paulo

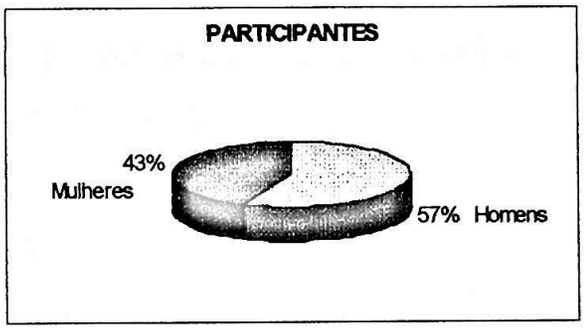


Gráfico 6 – Distribuição dos participantes por sexo – São Carlos

De acordo com o gráfico 1 e 2 (página 21), pode-se observar que os professores participantes possuíam uma formação bem diversificada, especialmente em São Carlos, havendo inclusive professores sem licenciatura. Do total de professores a maior parte é formada em escolas particulares, como representado nos gráficos 3 e 4 (página 22) .

Fazendo-se ainda, um levantamento do ano de conclusão do curso de graduação dos participantes, verifica-se que a década de 80 concentrou o maio número de formandos. Levando-se em conta que a partir da conclusão do curso os professores começaram a exercer a profissão, têm-se em média para os mesmos 15 anos de experiência no magistério.

DÉCADA	PORCENTAGEM
60	7,4%
70	22,3%
80	40,7%
90	29,6%

Tabela 1 – Distribuição dos participantes dos em São Paulo e São Carlos por década de conclusão da graduação.

É interessante notar ainda que, cerca de 30% dos professores participantes estão perto de obter a aposentadoria. Apesar desse fato, poucos desses professores eram efetivos na Rede Pública Estadual, em 1997, quando ocorreu o curso de extensão (dados obtidos através do demonstrativo de pagamento de salário de cada professor).

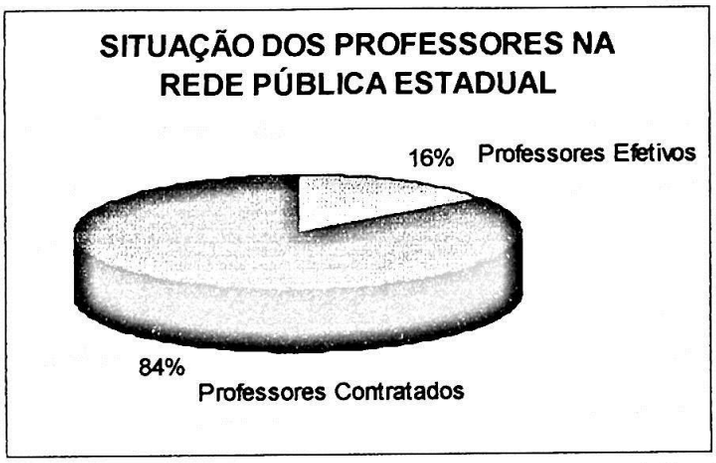


Gráfico 7 – Situação dos professores participantes do curso na Rede Pública Estadual.

III.2.2 Expectativas do Curso

No ato de inscrição foi solicitado a cada professor que justificasse o porquê de sua participação no curso de extensão e no projeto, já que os mesmos auxiliariam no desenvolvimento do kit óptico.

É importante ressaltar que através da Estação Ciência os professores tiveram a informação sobre o curso e do Projeto e das datas das reuniões para explicação dos mesmos, que ocorreram em São Paulo e em São Carlos.

Nessas reuniões estavam presentes os professores responsáveis pelo projeto: Prof. Dr. Ernst Wolfang Hamburger, Prof. Dr. Ricardo Josué Horowicz, Prof. Dr. Mikiya Muramatsu e Prof. Dr. Tomaz Catunda, juntamente com a coordenadora de cursos da Estação Ciência, Profa. Dalva M.R. Tavares.

As justificativas dadas por alguns dos professores estão a seguir:

1) "Tenho interesse em participar tanto do curso como da elaboração dos kits, pois desejo além de um crescimento pessoal, uma elevação na qualidade do meu trabalho". (Profa. Annie Marie Sebastian).

2) "Gostaria de participar pelo menos na atualização como forma de reciclar o conhecimento, bem como estar em contato com professores da área para troca de experiências". (Prof. Aparecido W. da Cruz Rodrigues).

3) "O curso vai possibilitar melhores aulas aos professores do instituto do qual faço parte, já que os conteúdos são pouco explorados em nível de 2° grau". (Prof. Eustácio Lopes Miranda).

4) "Estou interessado no curso de atualização apenas, pois comecei a lecionar recentemente (três anos) e nunca trabalhei com óptica. Por isso, penso no curso de atualização como um rumo, um certo caminho, para elaborar um curso, incluindo os aspectos modernos da óptica". (Prof. Francisco Malandrino).

5) "Procurei a Estação Ciência para obter mais informações na área em que atuo". (Profa. Elisangela Nunes de Carvalho).

6) "Convívio com a comunidade científica e provável aplicação no ensino". (Prof. Francisco Nogueira Filho).

7) "Atualização do conteúdo abordado e fortalecimento da base experimental e teórica". (Prof. Marcos Luiz de Andrade Pinto).

8) "Gostaria de fazer este curso para ampliar meus conhecimentos, e também porque eu gosto de aprender um pouco mais da área em que atuo". (Profa. Maria Cecília Machado Pereira).

9) "Divulgar entre os professores da Rede de Ensino da 2ª D.E. de Guarulhos – S.P. e também entre os professores da própria Unidade Escolar, pois sou professora coordenadora das áreas de Ciências e Biologia daquela Unidade e tenho grande interesse em estar divulgando esses conhecimentos". (Profa. Leda Márcio da Silva).

10) "Vou utilizar o kit para o 1° grau (8ª série) no 2° semestre. E no 2° grau durante o ano letivo (continuação da proposta da CENP)". (Prof. Mario Barbosa dos Santos).

11) "Gostaria de participar do curso de atualização e também da utilização dos kits. Mesmo não tendo grande conhecimento em física, gostaria de participar no intuito de obter conhecimento básicos e complementares do assunto. Desta forma, acredito que com o tempo, eu consigo superar as minhas dificuldades". (Profa. Marisa Abano da Silva).

12) "Interesse em participar do Projeto para enriquecer as minhas aulas e dar óptica de forma mais interessante". (Prof. Panagiotis Georgios Koulouris).

13) "Acredito ser necessário e fundamental para alterar o interesse, participação dos alunos". (Prof. Roberto Santos de Castro).

14) "Sou assistente técnico pedagógica, com formação em Biologia e preciso fornecer meios para que os professores de Física recebam cursos de atualização para tentar melhorar a qualidade de Ensino nas Escola Pública. Hoje eu estou aqui, acompanhando professores de Física da minha Delegacia. Gostaria que eles participassem de todo o Projeto". (Profa. Sandra Sueli Ramos Barbosa).

15) "Estou retomando o ensino depois de mais de 15 anos afastado. Interessa-me muito todo o processo de reciclagem, principalmente quando o objetivo mudar "a cara" da sala de aula". (Prof. Adilson Cardoso).

16) "Busco atualização e um espaço para reflexão e compartilhar experiências. Espero também ter maior instrumentação para o ensino de óptica, através de experiências essencialmente". (Profa.Dóris Kohatsu).

17) "Porque durante todo o tempo que tenho lecionado Física devido a inutilização dos laboratórios, jamais utilizei experiências concretas de acordo com a matéria. E para mim seria interessante ter um kit e construí-los com os alunos para que eles pudessem relacionar a Física e sua prática no dia a dia". (Profa. Letícia de Castro Araújo).

18) "Necessidade de melhorar a qualidade das aulas de Física (Óptica). Torná-las mais atraente, a partir de demonstrações e experiências em sala de aula. Relacionar a óptica com tecnologias atuais. Tenho interesse na utilização dos kits e na atualização". (Prof. Paulo Lorencini).

19) "Julgo de suma importância a participação nos Projetos. Os experimentos devem dinamizar o ensino da Física, assim acredito no ensino instrumental, pois foi fundamental durante minha passagem pelo colégio para o bom entendimento da Física."(Prof. Antônio Carlos Camargo Gomes).

20) "Unir a formação teórica e a experimental para atingir um rendimento maior e melhor ao aprendizado da Óptica." (Profa. Tereza Mieko Taquemori).

Analisando os depoimentos dos professores é possível identificar uma visão comum dos mesmos sobre o ensino. Para os mesmos, o ensino ainda está priorizado na figura do

professor, que é o detentor do conhecimento em detrimento de quem deveria ser o centro do processo de aprendizagem, ou seja, os alunos e seus desempenhos.

III.2.3 Avaliação do curso de extensão

Como forma de avaliação do curso de extensão foi elaborado um questionário pela coordenadora de cursos da Estação Ciência, Profa. Dalva M. R. Tavares, o qual foi respondido pelos participantes no término do curso em São Paulo. O curso realizado em São Carlos não foi avaliado.

O questionário continha questões objetivas e questões abertas, sendo que em ambas era possível fazer comentários. O questionário encontra-se no apêndice 2. As questões objetivas que compunham a 1ª parte do questionário abordavam desde itens sobre estrutura e objetivo do curso, apresentação e conteúdos desenvolvidos, material didático, aproveitamento dos participantes, carga horária e viabilidade da aplicação de algum tema na escola até as condições físicas do ambiente onde as atividades ocorreram.Essas questões foram analisadas pelos professores participantes e indicadas com números que correspondiam ao grau de satisfação:

1- totalmente insatisfeito, 2 - não satisfeito, 3 - satisfeito, 4 - plenamente satisfeito e NA - item não avaliado.

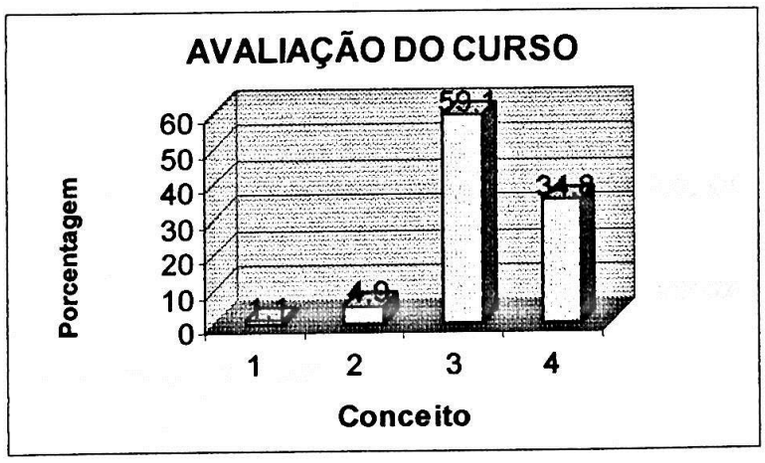


Gráfico 8 – Avaliação do curso de extensão em São Paulo

Com base nas respostas obtidas construiu-se o gráfico abaixo, que demonstra que o curso foi considerado satisfatório pelos 24 professores participantes que responderam as perguntas.

A segunda parte do questionário constou de 8 questões abertas. A 1ª questão: "O que o motivou a fazer o curso?" foi respondida em parte por alguns participantes no ato de inscrição ao serem questionados quanto ao porquê de participarem do projeto e estão transcritas no capítulo III.2.2.

Devido ao seu fato de importância, as respostas da 1ª questão foram classificadas :

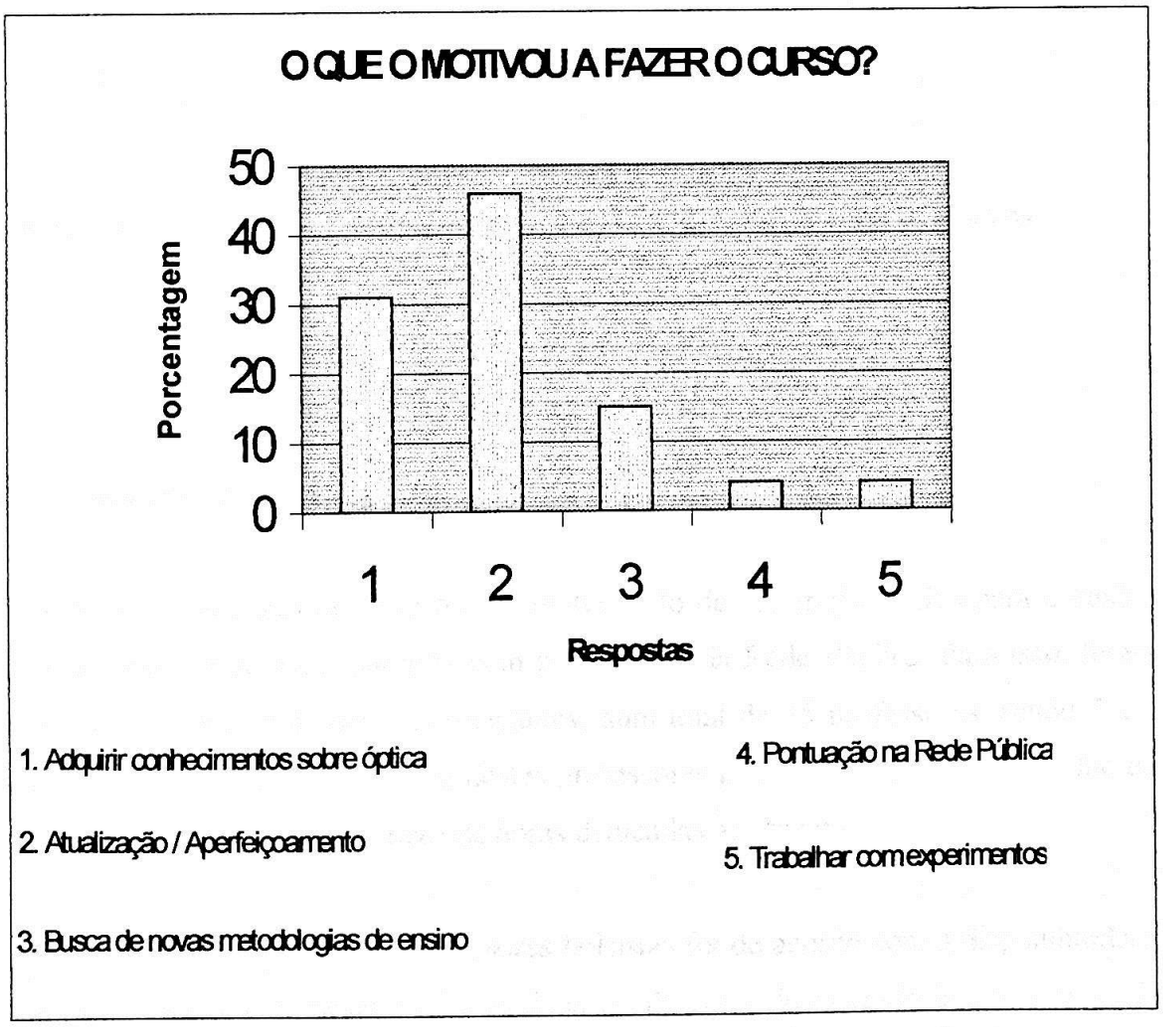


Gráfico 9 – Respostas da pergunta: O que o motivou a fazer o curso?

Através das outras questões e dos comentários das questões objetivas é possível afirmar que o curso correspondeu as expectativas, tendo sido de grande importância na recuperação de conceitos de óptica moderna. A avaliação do curso porém, não se restringe somente ao questionário aplicado, uma vez que o projeto como um todo será realmente avaliado através das atividades desenvolvidas pelos professores utilizando o kit óptico em sala de aula. Ao término do curso cada professor recebeu uma 1ª versão do kit óptico, juntamente com o livro *O método científico,* de Lepoldo De Meis .

Figura 4 – Entrega dos kits ópticos aos professores participantes do curso de extensão

III.2.4 Os Professores Bolsistas

O Projeto tem como objetivo o desenvolvimento de material didático para o ensino de óptica no ensino médio em parceria com professores da Rede Pública. Para isso, foram convidados alguns dos professores participantes, num total de 15 professores, sendo 7 em São Paulo e 8 em São Carlos. Cada um destes professores passou a ter uma bolsa-auxílio da Fapesp, cujo valor dependia do número de horas dedicadas ao Projeto.

O critério para escolha dos professores bolsistas foi de acordo com a disponibilidade de tempo dos mesmos, e do desempenho no decorrer do curso de extensão como capacidade de trabalhar em grupo, discussão e análise de situações.

A relação dos professores bolsistas com suas respectivas escolas e cidades está especificada abaixo:

São Paulo:

Adilson Cardoso	E.E. Antônio Alcântara Machado	São Paulo
Dóris Kohatsu	E.M.P.G. Espiridião Rosas	São Paulo
Inês Variane	E.E. Olímpio Catão	São José dos Campos
João Luiz Branquinho	E.T.E. Lauro Gomes Fundação Santo André	São Bernardo do Campo
Lourival A . Carbinatti	E.E. Olímpio Catão	São José dos Campos
Regina Helena Ferrari Saccardi	E.E. Cel. Manoel Joaquim Araújo Campos	Itatiba
Tereza Mieko Taquemori	E.T.E. Getúlio Vargas E.E. Teotônio Alves Pereira	São Paulo

São Carlos:

Antônio Henrique Sanchez	E.E. David Carneiro Ewbank E.E. Torquato Caleiro	Franca
Antônio Sérgio Martins de Castro	E.E. Otoniel Mota	Ribeirão Preto
Carlos Henrique Bocanegra	E.E. Francisco Pedro Monterio da Silva	São Carlos
Claudinei Augusto da Silva	E.E. Oswaldo Ribeiro Junqueira	Orlândia
Conceição Aparecida Calura	E.E. Dr. Tomaz Alberto Whatelly E.E. Dr. Francisco da Cunha	Ribeirão Preto
Francisco Luciano Ribeiro	E.E. Bento de Abreu	Araraquara
Gláucia Gruninger Gomes Costa	E.E. Prof. José Juliano Netto	São Carlos
Rosangela Maria Siqueira dos Reis	E.E. Jorge Faleiros	Patrocínio Paulista

Os professores teriam a função de auxiliar no desenvolvimento do kit óptico, bem como nos materiais de apoio, como apostilas, textos, etc. Nesse intuito, os bolsistas encontravam-se semanalmente, em São Paulo e em São Carlos, com os responsáveis do projeto para o desenvolvimento e discussão do material.

Figura 5 – Professores Bolsistas de São Paulo em reunião na Estação Ciência

A partir do desenvolvimento do kit óptico, o material de apoio – roteiro de experiências e metodologia de utilização do kit foram os temas de estudo, uma vez que os próprios bolsistas seriam os primeiros professores a utilizá-los em sala de aula.

As descrições das aplicações do kit óptico nas escolas serão descritas posteriormente.

III.2.5 O Projeto Pró-Ciências

No projeto Pró-Ciências, propõe-se a ampliação do processo de educação continuada que teve início através do curso de extensão do projeto em estudo.

Nesta etapa, os cursos deste projeto utilizam os kits ópticos desenvolvidos em conjunto com professores da Rede Pública e universidade do Estado de São Paulo, além de novos recursos laboratoriais e materiais didáticos em geral. Aulas teóricas, seminários e visitas a laboratórios e a projetos de pesquisa da Fapesp também fizeram parte dos cursos.

Em 1998, realizaram-se quatro módulos (cursos), constituindo a 1ª fase desse projeto:

- Módulo I: Óptica Geométrica
- Módulo II: Óptica Física
- Módulo III: Ondas e Som
- Módulo IV: Tópicos de Óptica Moderna

Os mesmos cursos foram oferecidos, em 1998, de forma intensiva (em um mês) em Ilha Soleira, tendo como participantes professores da região.

O projeto, a partir do ano de 1999, encontra-se em uma 2ª fase, onde os cursos foram reformulados e estão sendo oferecidos em São Paulo e Ilha Solteira.

Além de abordar tópicos ministrados em sala de aula na Rede Pública, temas como: óptica física, física quântica e suas diversas aplicações no mundo contemporâneo são discutidos. As reflexões sobre a prática docente permeiam todo o processo de educação continuada.

> *"Não nos podemos limitar a expor a teoria, mas precisamos favorecer um trabalho cooperativo no qual professores, abordando questões de seu interesse e, principalmente, analisando o ensino tradicional, vão construindo suas concepções teóricas" (Carvalho e Perez, 1992).*

MATERIAIS DIDÁTICOS

IV Materiais Didáticos

Nos últimos dez anos tem havido uma tendência em se publicar trabalhos diferentes dos existentes sobre descrições experimentais, numa tentativa de aumentar a quantidade de opções disponíveis ao professor, para melhorar o ensino experimental das Ciências.

O projeto não traz um pacote pronto de materiais instrucionais, que muitas vezes tem algumas ou poucas informações transferíveis ou incorporáveis à aula, servindo para dar algumas respostas aos alunos curiosos.[4]

Apesar da Óptica ser o terceiro tema mais trabalhado experimentalmente em Física (cerca de 50% dos trabalhos de conteúdo experimental, são sobre óptica), não existem muitos trabalhos que unam a descrição sobre o papel do laboratório, descrição de experimentos e reflexões sobre as utilizações dos mesmos.

Como descrito anteriormente, o projeto tem como um dos objetivos o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino de óptica em equipe conjunta de professores do Ensino Fundamental e Médio e da Universidade.

Os materiais desenvolvidos no projeto foram um kit óptico destinado aos alunos, um kit óptico de demonstrações a ser utilizado pelos professores em sala de aula e roteiros de aula com descrições experimentais para a realização de experiências possíveis com o kit óptico para o ensino fundamental, ensino médio e ensino superior.

Através de um programa de incentivo à produção de materiais didáticos da Pró-Reitoria de Graduação do IFUSP, relacionado a este projeto pelo kit óptico, desenvolveu-se

4 – Pacca, Jesuina L.A. O profissional de Educação e o Significado do Planejamento Escolar: problemas dos Programas de Atualização. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.14, nº1,1992.

um vídeo sobre fenômenos da óptica geométrica, utilizando em alguns experimentos os componentes do kit.

IV.1 O Kit Óptico

Após a Segunda Guerra Mundial, segundo Bross (1990), a concepção dos equipamentos no processo ensino-aprendizagem passa a privilegiar a montagem das experiências pelos alunos.

Os arranjos experimentais são encontrados em partes para que professor ou aluno possa montar o experimento de acordo com o que deseja estudar, o que Bross classifica como a "era dos kits" e uma mudança radical de postura em relação à função das atividades experimentais no ensino, apesar de poder ser utilizado também no contexto do laboratório tradicional.

E é essa versatilidade encontrada em um kit, possibilitando que o mesmo possa se adequar a diferentes abordagens, que foi resgatada nesse projeto. Foi desenvolvido então, um kit com vários componentes utilizados em óptica.

Com a utilização deste kit pretende-se que os aspectos mais relevantes dos fenômenos da óptica geométrica sejam entendidos de uma forma prática, isto é, que os efeitos produzidos pelos raios de luz ao incidirem em superfícies refletoras (espelhos) ou refratoras (meios transparentes) sejam visualizadas como ocorrem na natureza.

O kit contém duas fontes (lanternas), fendas, transferidor e vários componentes ópticos, como lentes, lâminas de faces paralelas, prismas, espelhos e fibra óptica, que permitem a realização de uma série de experimentos básicos da óptica geométrica.

O kit foi desenvolvido pelos trabalhos dos professores bolsistas do ensino médio e pelos professores responsáveis pelo projeto e é fabricado em parceria com a empresa Optovac que também o comercializa.

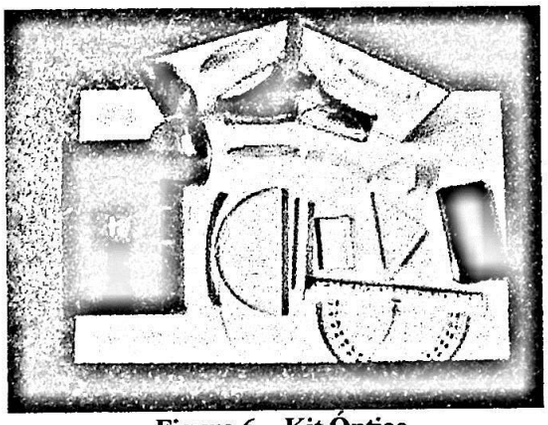


Figura 6 - Kit Óptico

IV.1.1 Experimentos Propostos

O kit óptico foi desenvolvido de tal forma a possibilitar a verificação de alguns dos fenômenos mais importantes da óptica geométrica.

A) Princípios Básicos

A óptica geométrica baseia-se em três princípios básicos, que englobam as propriedades do raio de luz: propagação retilínea, independência e reversibilidade.

Esses três princípios podem ser facilmente visualizados utilizando-se a fonte de luz e uma ou duas fendas, que será o dispositivo comum em todos os experimentos propostos no kit.

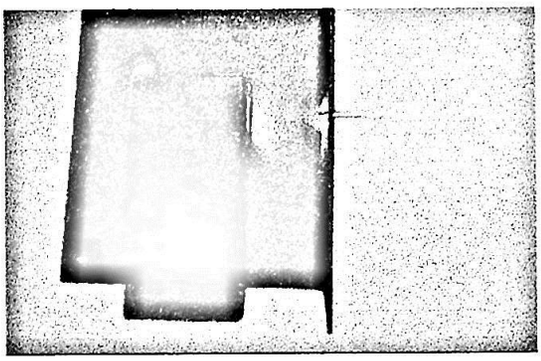


Figura 7 - Feixe de luz

B) Reflexão da Luz

Para o estudo da Lei da reflexão utiliza-se o espelho plano colocado em pé sobre uma folha de papel em branco e uma fonte de luz.

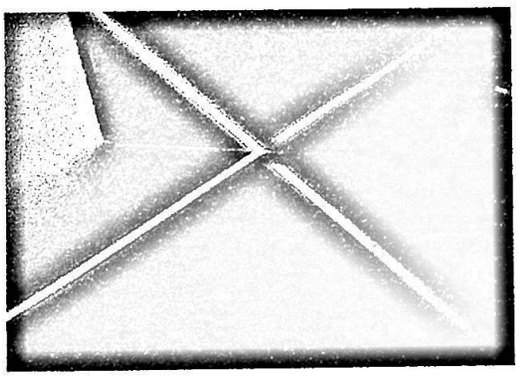


Figura 8 - Feixe de luz atingindo um espelho plano

C) Espelhos Esféricos

Os espelhos esféricos possibilitam alguns experimentos simples, como observar a formação das imagens, principalmente ao se alterar a distância do espelho ao objeto, apresentando conceitos de imagem virtual e imagem real. Estabelece-se assim, as suas características e utilizações, como em retrovisores de carro ou motocicletas, elevadores, garagens, etc.

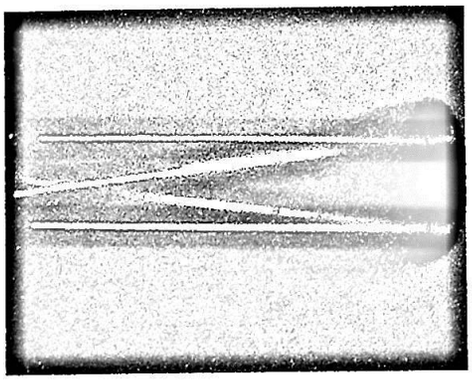


Figura 9 - Espelho côncavo

Figura 10 - Espelho convexo

Com o espelho côncavo, é possível também projetar uma imagem em um anteparo, que pode ser a própria parede da sala ou a caixa do kit, conforme a figura 11. Usando a equação dos pontos conjugados é possível fazer medidas quantitativas verificando, por exemplo, a localização da imagem, sua natureza e o seu aumento, além da distância focal do espelho.

Figura 11 - Projeção de imagem

D) Refração da Luz

O fenômeno da refração pode ser estudado utilizando-se o bloco de acrílico (dióptro convergente) com formato semicircular e medindo-se o índice de refração desse material.

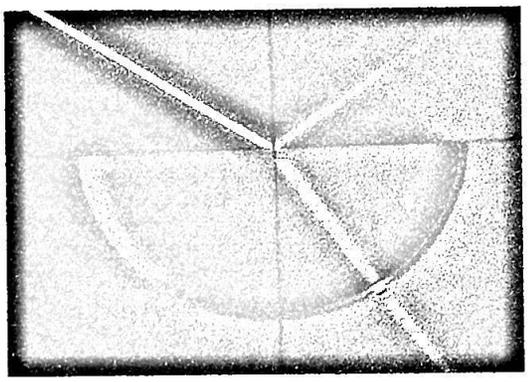


Figura 12 - Dióptro Semicircular

E) Lâminas de Faces Paralelas

Com esse dispositivo, construído de vidro óptico de boa qualidade, obtém-se o índice de refração e mede-se o desvio lateral sofrido pelo feixe de luz.

Figura 13 - Lâmina de face paralelas

F) Guia de Ondas

Esta lâmina simula o efeito produzido por uma fibra óptica.

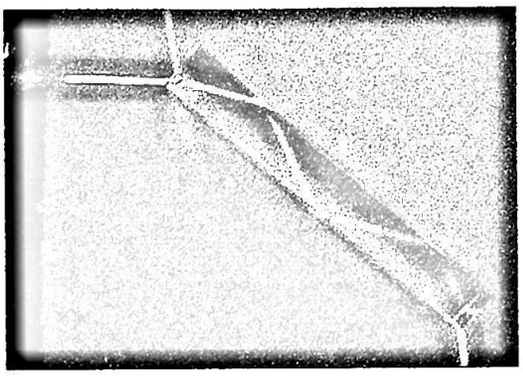


Figura 14 - Reflexão total interna

G) Fibra Óptica

A fibra óptica é um sistema composto basicamente de dois elementos, por exemplo, o miolo formado por sílica e a casca formada de plástico, de índices de refração diferentes.

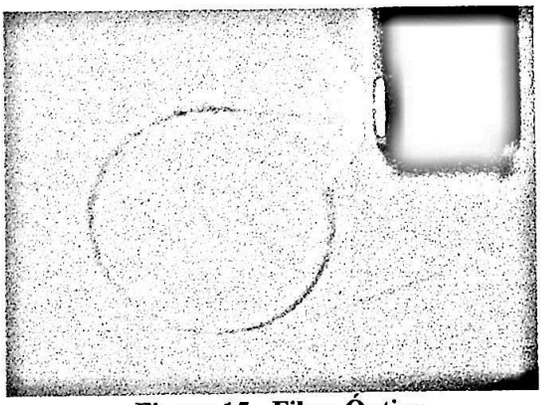


Figura 15 - Fibra Óptica

H) Prisma

Com o prisma é possível observar a dispersão da luz, o fenômeno da reflexão total interna e o cálculo do desvio mínimo.

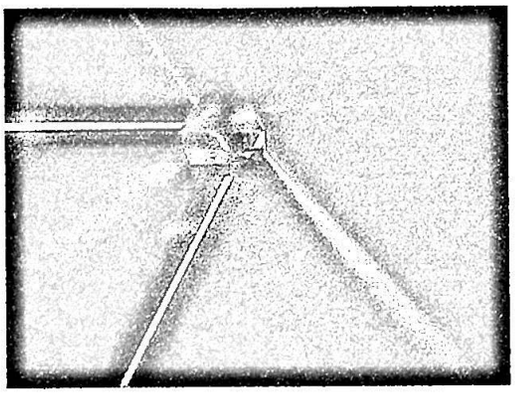


Figura 16 - Prisma

I) Lentes

O kit apresenta as lentes convergentes e divergentes num formato que facilita a verificação do comportamento da luz nesses meios. O fato de ser meia lente possibilita que a mesma seja apoiada diretamente sobre a mesa. Com esse sistema discute-se os conceitos de foco real e virtual e a medida de distância focal de uma lente.

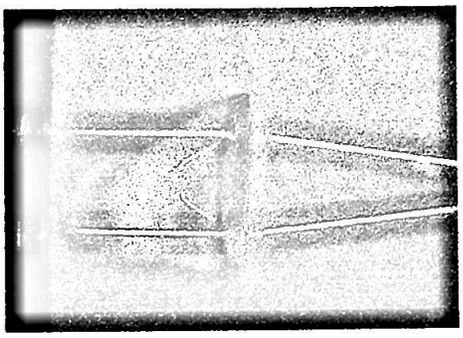


Figura 17 - Lente Convergente

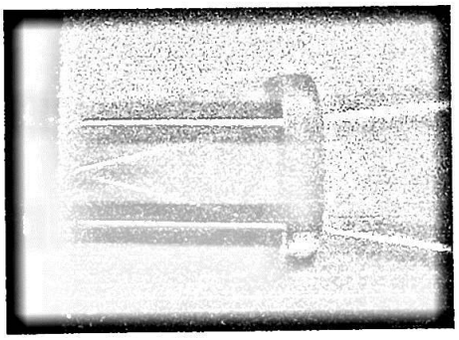


Figura 18 - Lente Divergente

IV.1.2 Roteiros do kit óptico

Os trabalhos sobre equipamentos ou arranjos experimentais têm em sua maioria as funções de comprovações de leis ou obtenções de constantes físicas, enquanto que ao papel e ao significado das atividades experimentais não é dada a devida importância. Dessa forma,

perde-se a oportunidade de utilizar experimentos no sentido de auxiliar à construção do conhecimento por parte dos alunos.

Em geral, a maioria dos trabalhos instrumentais não faz qualquer menção aos aspectos didáticos e de construção do aprendizado. Estes trabalhos em geral, não levam em conta procedimentos que englobem um conjunto de atividade estruturais e articuladas que extrapolem o objetivo de uma medida ou a verificação de uma lei, ou seja, que visem uma postura investigativa por parte dos estudantes, dando-lhes ferramentas para que a todo momento se questionem acerca de sua ações.

Um dos objetivos do projeto é, então, desenvolver atividades e programas de disciplinas articuladas nas quais a questão da experimentação seja trabalhada de forma que o aluno adquira uma postura ativa e crítica em relação à Ciência, especificamente a Óptica, reconhecendo e contemplando toda a sua complexidade.

Para isso foram desenvolvidos, juntamente com os professores bolsistas do projeto, roteiros de experiências. Como estes professores utilizaram o kit óptico em suas aulas, a metodologia utilizada na elaboração dos roteiros pôde ser testada, possibilitando assim, que os mesmos fossem reelaborados ou modificados.

Para tanto, os professores bolsistas se encontraram semanalmente, com os coordenadores do projeto a fim de discutirem eventuais dificuldades encontradas pelos alunos no roteiro e a forma mais eficaz de solucioná-las.

O kit foi utilizado em escolas do ensino médio e fundamental e na Universidade de São Paulo, foram desenvolvidos três roteiros experimentais, com metodologias e didáticas diferentes.

No roteiro destinado ao ensino fundamental a abordagem dos fenômenos é basicamente conceitual, realizado através de experiências simples e jogos, a partir dos quais os alunos são capazes de construir os fenômenos físicos envolvidos. Este roteiro encontra-se no apêndice 4.

É importante ressaltar, que apesar do projeto destinar-se ao ensino médio, a aplicação do mesmo no ensino fundamental é perfeitamente viável, tendo grande contribuição na introdução do aluno ao método científico.

No roteiro do ensino médio, é possível ao professor escolher uma abordagem somente conceitual ou uma abordagem onde haja conceitualização e formalização matemática dos fenômenos (dependendo do número de aulas semanais disponíveis), possibilitando a cada professor estabelecer a metodologia a ser utilizada, de acordo com os objetivos a serem atingidos. O roteiro encontra-se no apêndice 5.

O kit óptico foi utilizado também na disciplina: **FGE 160 – Óptica para Licenciatura em Matemática**, do curso de graduação de licenciatura em Matemática, do Instituto de Matemática e Estatística da USP, ministrada pelo Prof. Dr. Mikiya Muramatsu, um dos pesquisadores responsáveis pelo projeto.

Como este curso foi oferecido a futuros matemáticos que ocasionalmente podem vir a lecionar física, esta disciplina trabalha os principais conceitos de óptica geométrica, discutindo, conceitualizando e formalizando estes princípios. Para tanto foi desenvolvido um terceiro roteiro pelo Prof. Mikiya, que se encontra no apêndice 6, para utilização em suas aulas.

IV.2 Kit Óptico de Demonstrações

Este trabalho visa o desenvolvimento de um kit destinado ao professor, permitindo que este possa demonstrar o que ocorre com a luz quando encontra objetos tais como espelhos, lentes, prismas, dióptros, fendas, orifícios, etc. Levando-se em conta a abstração necessária ao entendimento dos fenômenos luminosos, deve-se ressaltar a importância desse material, que permite a visualização efetiva dos fenômenos abordados, complementando a representação realizada no quadro negro. O kit foi desenvolvido levando-se em conta as necessidades instrucionais, o baixo custo, e a praticidade de seu uso pelo professor em sala de aula. Para isto conta com uma lousa magnética, que é formada pela própria caixa, onde são acondicionados os componentes utilizados.

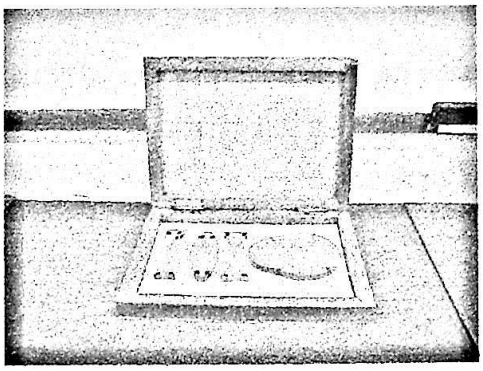


Figura 19 – Componentes ópticos dentro dentro da caixa

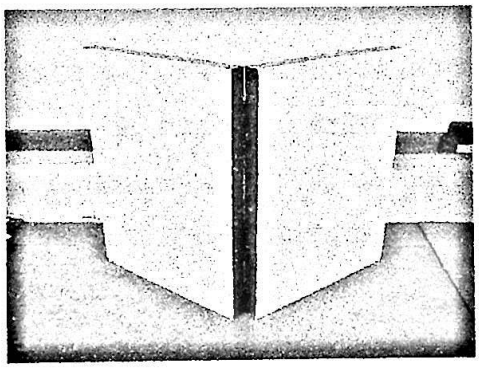


Figura 20 – Caixa do kit com fundo de metal (lousa óptica)

Os componentes ópticos são manufaturados por resinas e catalisadores, com pequenos imãs colocados em seu interior, que permitem a sua posterior fixação na lousa magnética.

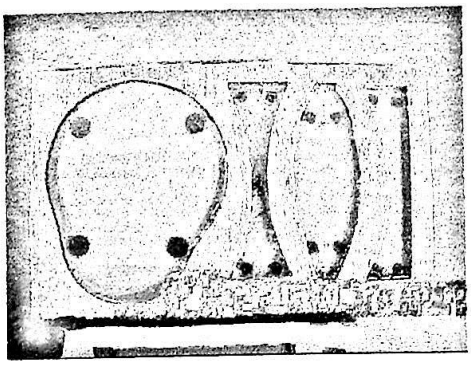


Figura 21 – Componentes ópticos em moldes de borracha

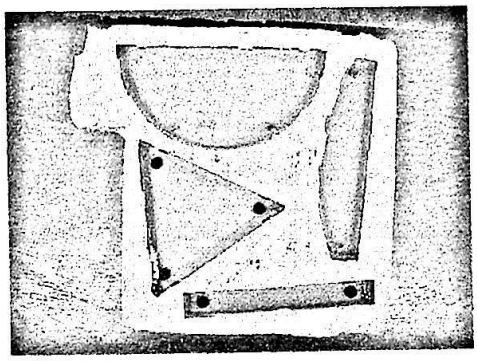


Figura 22 – Componentes ópticos em moldes de borracha

Como fontes de luz utilizam-se ponteiras de diodo laser, mais propícias a esses experimentos por produzirem um feixe de luz de alta intensidade, coerente e colimado, representando com muita clareza a trajetória dos raios luminosos. Além disso, esse tipo de luz permite uma melhor visualização dos fenômenos de difração e interferência devido à sua intensidade e coerência. Com esse dispositivo o professor poderá demonstrar os principais fenômenos da óptica geométrica, ilustrando as leis da reflexão e refração, reflexão interna, propagação retilínea da luz. Pode-se inclusive fazer medidas quantitativas do índice de refração da resina, ângulo de desvio num prisma, e de forma qualitativa pode-se mostrar os fenômenos de difração e interferência utilizando fendas, orifícios e lâminas de microscópio. Esse material serve como material de apoio aos professores, principalmente aos que pretendem estender o conhecimento de óptica, chegando à óptica física.

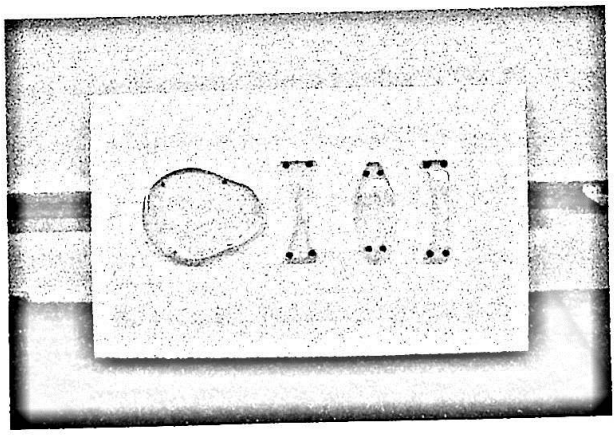


Figura 23 - Componentes ópticos fixados magneticamente na lousa óptica

IV.3 O Vídeo

O vídeo intitulado *"Fenômenos da Óptica Geométrica"*, procura explicar alguns fenômenos da óptica geométrica a partir da trajetória dos raios luminosos, mostrando realmente como se comporta a luz no nosso meio, elucidando os princípios básicos, e o que acontece quando incidem em espelhos, dióptros e lentes, fazendo uma abordagem de reflexão, da refração e da formação de imagens, a partir desses elementos. Analisa também os defeitos da visão mais comuns, como a miopia e a hipermetropia, bem como a utilização de lentes para corrigi-los.

No apêndice 7 encontra-se a capa com a descrição do conteúdo do vídeo: "Fenômenos da Óptica Geométrica".

IV.4 Kit de óptica física

Este kit foi desenvolvido através do Programa Especial de Ensino Público financiado pela Fapesp, que tem como objetivo introduzir melhorias no Ensino Médio. O kit de óptica física está relacionado ao estudo de caso em questão, O Projeto: Ensino de Ótica Moderna: Capacitação de Professores, Desenvolvimento e Demonstrações: Impacto no Ensino Público.

Para tanto, foram desenvolvidas experiências simples e de fácil montagem e baixo custo, que abordam os conceitos de difração e interferência. O trabalho tornou-se viável devido a popularização dos laser-pointers, que hoje são encontrados com facilidade no mercado e a preços acessíveis. Além dos laser-pointers, utilizam-se materiais simples, acessíveis e de baixo custo como: prendedores de roupas, fendas simples e duplas, fio de cabelo, lâminas de microscópio, folhas de transparência, etc. Princípio de construção de hologramas também pode ser explorado.

A execução das experiências ilustra não apenas os conceitos de difração e interferência, mas também mostra a sua utilidade na obtenção de medidas precisas por meios ópticos, como a medida de espessuras e diâmetros muito pequenos, sempre incentivando o aluno a idealizar e executar novos experimentos.

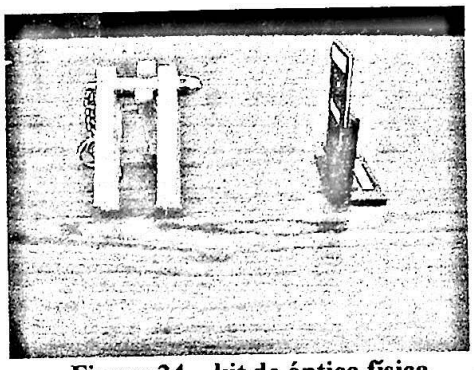


Figura 24 – kit de óptica física

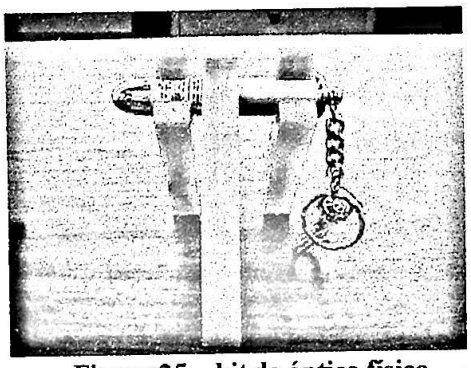


Figura 25 – kit de óptica física

Figura 26 – kit de óptica física

IV.5 Kit Demonstrativo de Óptica

A idéia deste kit é possibilitar demonstrações em salas de aula de alguns conceitos de óptica geométrica e experimentos mais avançados, envolvendo conceitos de óptica física, tais como: interferência, difração, rede de difração, polarização, princípios e propriedades fundamentais do laser, fibra óptica, etc.

O kit contém um laser de semicondutor (uma ponteira laser de baixo custo) que é imprescindível para as demonstrações de interferência e difração: medida de pequenas espessuras e diâmetro de um fio de cabelo, anéis de Newton, etc. Também podem ser abordados temas mais diretamente ligados a tecnologia do dia a dia como leitura de código de barras e o funcionamento de um CD (onde se demonstra que funciona como uma rede de difração).

Na parte de óptica geométrica têm-se duas abordagens diferentes: trilho óptico e lousa para óptica plana. O trilho óptico é feito com componentes de baixo custo: trilho de alumínio (comercialmente disponível para esquadrias de janelas), lentes de acrílico e lâmpada dicróica (com 50W de potência). Este sistema permite a projeção de imagens em uma parede da sala de aula, formando imagens suficientemente intensas que podem ser observadas por todos os alunos. Desta maneira pode-se demonstrar os conceitos básicos da óptica geométrica: formação de imagens, equação das lentes e espelhos, magnificação, instrumentos ópticos (telescópio e microscópio) etc. Na lousa de óptica plana aproveita-se o baixo custo dos lasers de semicondutores para obter um conjunto de 3 a 5 feixes, onde cada feixe é oriundo de um único laser (com potência ~ 5mW). A lousa é feita com uma placa de madeira com uma chapa metálica (galvanizada) magnética. Desta maneira podemos usar elementos ópticos de acrílico que são bastante leves e podem ser usinados para colocação de pequenos magnetos usados para fixação do componente na lousa.

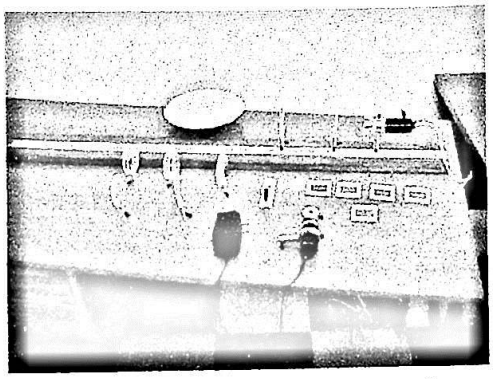


Figura 27 – Kit Demonstrativo de Óptica

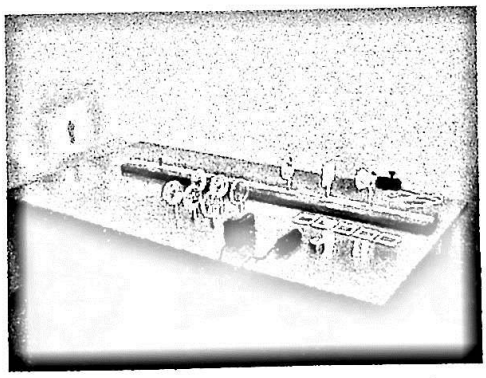


Figura 28 – Kit Demonstrativo de Óptica

O KIT ÓPTICO – APLICAÇÕES EM SALA DE AULA

V O Kit Óptico – aplicações em sala de aula

"Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outra experiências não realizadas."[4]

O kit óptico foi utilizado pelos professores bolsistas em suas aulas a partir do ano de 1998. O acompanhamento das aplicações é descrito e analisado a seguir.

V.1 O kit óptico na Região de São Paulo

O kit óptico foi aplicado em sala de aula pelos seguintes professores bolsistas:

Professor	Escola	Período
Adilson Cardoso	EE Antônio A. Machado EE Prof. Antônio Berreti – Itú EE Francisco Nardy Filho – Itú	1° semestre 1998 1° semestre 1999 1° semestre 1999
Inês Variane	EE Olímpio Catão - São José dos Campos	2° semestre 1998
Lourival A . Carbinatti	EE Olímpio Catão – São José dos Campos	2° semestre 1998
Tereza Mieko Taquemori	ETE Getúlio Vargas EE Teotônio A . Pereira	2° semestre 1998 2° semestre 1998

4. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio, São Paulo, 1998.

As aplicações são descritas a seguir.

a) *Prof. Responsável: Adilson Cardoso*

E.E. Antônio Alcântara Machado – São Paulo

Série: Segunda série do ensino médio - noturno

Período: 1° semestre de 1998

Número total de alunos: 280

- Sobre a Escola

Como a maioria das escolas públicas, a E.E. Antônio Alcântara Machado não possui laboratórios. Funciona no esquema de salas ambientes, onde cada disciplina possui sua sala e os alunos mudam de sala de acordo com o horário. No entanto, na sala de Física, que possui carteiras individuais não existe nenhum material que permita a realização de experiências.

O período noturno tem duração de 4 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula. De acordo com a grade curricular deste estabelecimento escolar, o ensino médio possui uma aula semanal de Física.

- A aplicação - Metodologia

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 2° bimestre, nos meses de maio, junho e alguns dias de julho. A cada aula havia um roteiro da experiência a ser desenvolvida, o qual foi preparado anteriormente pelo grupo de professores bolsistas.

O professor agrupava as carteiras individuais de forma que fosse possível a formação de 10 grupos com 4 alunos cada. Sobre as carteiras eram colocados os materiais necessários à experiência e a descrição experimental, que continha os objetivos da experiência e questões a serem respondidas. O professor lia o roteiro e explicava eventuais dúvidas e a partir daí, auxiliava as atividades de cada grupo.

Como o professor dispunha de apenas uma aula por semana para cada sala, a teoria foi desenvolvida juntamente com as experiências, tendo efetuado as seguintes atividades (anexas no apêndice 5):

1. Formação de Sombra
2. Reflexão da Luz
3. Imagens no espelho plano
4. Associação de espelhos planos
5. Espelhos esféricos (estudo qualitativo)
6. Espelhos esféricos (estudo quantitativo)
7. Refração
8. Reflexão total e ângulo limite

Todos os tópicos abordados foram inicialmente introduzidos através de discussões e problematizações de assuntos cotidianos dos alunos, levando os mesmos à relações e questionamentos, tais como: Por quê os avisos de ambulância, polícia nas viatura estão escritos ao contrário? Que tipos de espelhos são utilizados em portas de garagens, portas de desembarque de ônibus, estojos de maquiagem, retrovisor de carros?

Uma vez que, o número de aulas era reduzido, os conteúdos estudados não tiveram um tratamento matemático.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de questões sugeridas após a realização das experiências, que tinham uma abordagem qualitativa, devido ao número reduzido de aulas que impossibilitou um aprofundamento matemático nos temas e em decorrência de se tratar de um curso noturno, no qual há uma grande defasagem na aprendizagem, além do alto índice de evasão escolar e faltas excessivas.

b) *Prof. Responsável: Adilson Cardoso*

E.E. Prof. Antônio Berreti – Itú – S.P.

Série: Segunda série do ensino médio - matutino

Período: 1° semestre de 1999

Número total de alunos: 210

- Sobre a Escola

A E.E. Prof. Antônio Berreti não possui laboratórios e funciona no esquema de salas ambientes com carteiras individuais. As aulas têm duração de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula. Ao ensino médio são destinadas duas aulas semanais de Física.

- A aplicação - Metodologia

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 1° bimestre, nos meses de fevereiro, março e abril. Foram desenvolvidas todas as atividades do roteiro (apêndice 5).

As carteiras eram agrupadas de forma que fosse possível a formação de grupos com 4 alunos cada. Sobre as carteiras eram colocados os materiais necessários à experiência e a descrição experimental, que continha os objetivos da experiência e questões a serem respondidas. É importante ressaltar que a cada aula os materiais eram arrumados, durante o intervalo entre cada aula para que os alunos mudem de sala.

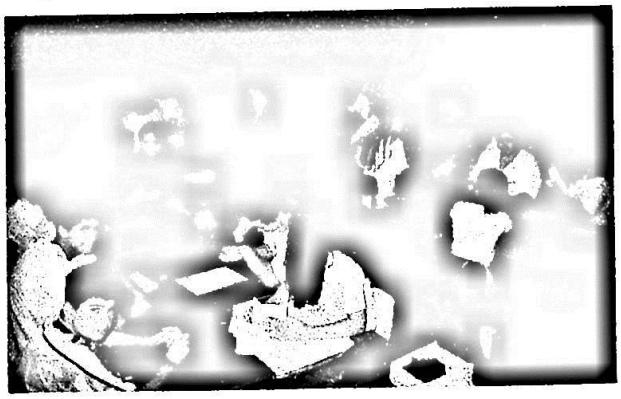


Figura 29 – EE Prof. Antônio Berreti – Itú -SP

A cada um dos tópicos de óptica geométrica abordados, houve primeiramente, um estudo teórico com discussões e problematizações e posteriormente a realização do experimento correlato. A experiência tinha em geral a função de complementar a teoria. Os resultados obtidos eram discutidos e analisados, levando a questionamentos.

Dessa forma, os temas foram estudados amplamente, havendo teoria, experimentos, discussões e análises qualitativa e quantitativa dos fenômenos.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de questões sugeridas após a realização das experiências, listas de exercícios, relatórios e duas avaliações escritas, além da participação em aula. O professor pode avaliar os alunos de uma forma mais completa e contínua, devido ao um número maior de aulas.

Figura 30 - EE Antônio Berreti – Itú – SP

c) *Prof. Responsável: Adilson Cardoso*

E.E. Francisco Nardy Filho – Itú – S.P.

Série: Segunda série do ensino médio - matutino

Período: 1° semestre de 1999

Número total de alunos: 120

- Sobre a Escola

A E.E. Francisco Nardy Filho possui um laboratório com ótimas instalações e materiais específicos destinado ao ensino de ciências. Dessa forma os professores de Física, Química e Biologia possuem um esquema de tal forma a tornar possível a utilização do laboratório por todos. Ao ensino médio são destinadas duas aulas de Física semanais.

Figura 31 – EE Francisco Nardy Filho – Itú – SP

- A aplicação

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 1° bimestre, nos meses de fevereiro, março e abril. Foram desenvolvidas todas as atividades do roteiro (apêndice 5).

Os materiais a serem utilizados nas experiências eram previamente separados pelos professores e os alunos trabalhavam em grupos de no máximo 4 componentes. Os tópicos de óptica geométrica abordados,foram introduzidos com estudo teórico permeado de discussões e problematizações dos assuntos. Durante a realização dos experimentos havia sempre questionamentos e os alunos relacionavam os fenômenos estudados com fenômenos do cotidiano por eles vivenciados.

Aos resultados obtidos o professor introduzia uma análise matemática, possibilitando uma abordagem qualitativa e quantitativa dos fenômenos abordados.

Figura 32 – EE Francisco Nardy Filho – Itú – SP

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de questões sugeridas após a realização das experiências, listas de exercícios, relatórios e uma avaliação escrita, além da participação em aula. O professor pode avaliar os alunos de uma forma mais completa e contínua em decorrência de uma carga horária maior.

d) Prof. Responsável: Lourival A . Carbinatti

Profa. Responsável: Inês Variane

E.E. Olímpio Catão – São José dos Campos - S.P.

Série: 5ª, 6ª, 7ª e 8ª séries do ensino fundamental - vespertino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos : 15

- Sobre a Escola

A E.E. Olímpio Catão possui um laboratório com ótimas instalações, destinado ao ensino de ciências.

Figura 33 - EE Olímpio Catão –São José dos Campos – SP

O período vespertino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula, uma vez que a escola funciona com salas ambientes. Às aulas de Ciências foram destinadas 4 aulas semanais.

- A aplicação - Metodologia

Como o projeto destina-se ao desenvolvimento de um kit experimental para o ensino de Óptica no segundo grau, atual ensino médio, a aplicação do kit nessa escola teve um caráter mais do que "experimental", visto que se trata de uma escola do ensino fundamental, antigo primeiro grau.

Para tanto os professores de ciências Lourival e Inês selecionaram alguns alunos de várias séries (já descritas) para realizarem algumas experiências desenvolvidas pelo grupo de professores bolsistas. Os alunos foram selecionados somente pela disponibilidade de realizarem as atividades experimentais fora do horário de aula normal (entre 18:00 e 19:00 horas) nos meses de outubro e novembro.

Os alunos trabalhavam em grupo com três componentes, sendo ao todo cinco grupos. Cada grupo recebeu um kit óptico com todos os materiais, possibilitando aos mesmos que manuseassem as peças e verificassem alguns fenômenos. Nas aulas seguintes, apesar de

existirem descrições experimentais (apêndice4) a serem realizadas, os alunos sempre recebiam todo o kit óptico.

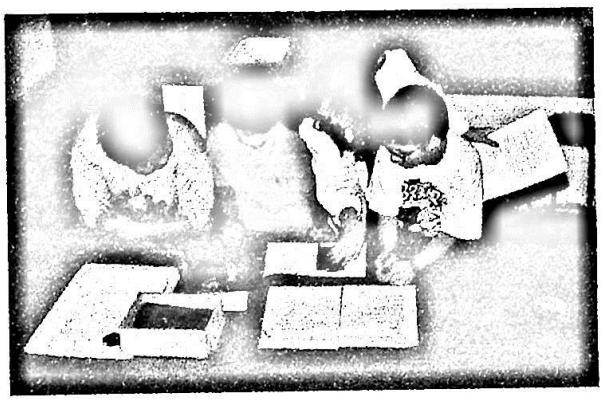


Figura 34 - EE Olímpio Catão – São José dos Campos – SP

A cada assunto abordado pela experiência era discutida também a teoria nela envolvida, de forma a relacioná-la com fatos diários dos alunos e conteúdos já estudados por eles. Todos os fenômenos abordados foram introduzidos através de relações com observações do cotidiano, discussões e problematizações das mesmas. O tratamento dado aos temas estudados foi qualitativo, procurando sempre utilizar os conhecimentos dos alunos.

Figura 35 - EE Olímpio Catão – São José dos Campos - SP

Como a aplicação se dava em caráter experimental, foram realizadas as seguintes atividades, apêndice 4:

1. Quando vemos um objeto (corpo)
2. O que acontece com a luz quando ela atinge um corpo
3. Como a luz se propaga nos meios ópticos
4. Como podemos utilizar na prática, a propagação retilínea da luz
5. O que acontece com a luz quando atinge um objeto

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de questões e atividades sugeridas após a realização das experiências, que tinham uma abordagem qualitativa, devido ao fato de se tratarem de alunos do ensino fundamental, que estão tendo seu primeiro contato com as ciências, em particular a óptica.

e) Profa. Responsável: Tereza Mieko Taquemori

ETE Getúlio Vargas

Série: Terceira série do ensino técnico - cursos: Mecânica e Eletrônica - matutino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos: 80

- Sobre a Escola

A E.T.E. Getúlio Vargas possui uma sala destinada às aulas práticas de Física, onde há mesas que permitem que os alunos realizem as atividades em grupos de quatro pessoas.

O período matutino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e a escola não possui salas ambientes. Nesse caso, como trata-se de uma escola técnica, os alunos cursam simultaneamente as disciplinas do ensino médio e do curso técnico escolhido. De acordo com a grade curricular, cada série tem duas aulas de Física semanais.

- A aplicação - Metodologia

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 4° bimestre, entre os meses de outubro e novembro, já que dezembro seria destinado às recuperações.

O material necessário para a realização da experiência era distribuído pela professora a cada grupo (de no máximo quatro alunos), juntamente com a descrição experimental. Como cada turma dispunha de duas aulas seguidas, a segunda aula era utilizada para a discussão dos resultados obtidos e explicação da teoria, além de resolução de exercícios relacionados com a matéria. Os alunos recebiam também uma lista de problemas relacionados ao tema proposto para serem resolvidos e entregues na semana seguinte.

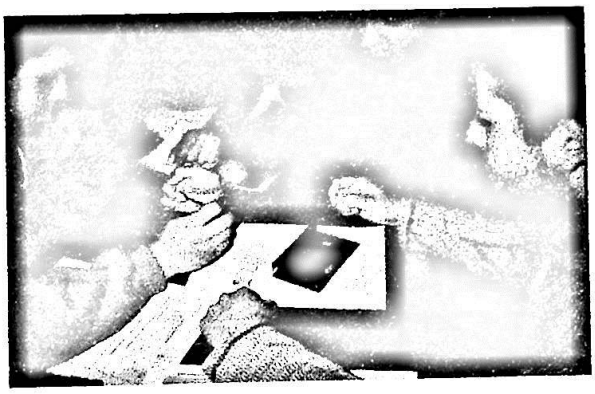


Figura 36 - ETE Getúlio Vargas – São Paulo

Os alunos estudaram os seguintes assuntos, todos introduzidos através de experiências com os títulos (apêndice5):

1. Formação de Sombra
2. Reflexão da Luz
3. Imagens no espelho plano
4. Associação de espelhos planos
5. Espelhos esféricos (estudo qualitativo)
6. Espelhos esféricos (estudo quantitativo)

7. Refração
8. Reflexão total e ângulo limite

Todos os tópicos de óptica geométrica abordados foram introduzidos com estudo teórico, com discussões, problematizações dos assuntos e relações com observações cotidianas.

Os resultados experimentais obtidos eram analisados de forma conjunta pela professora e alunos e dado o tratamento matemático necessário. A professora resolvia a partir deste ponto, exercícios de aplicação da teoria e dos fenômenos estudados. Os alunos, devido ao fato de se tratar de uma escola técnica, estavam acostumados a realização de experiências e análise das mesmas.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através das questões sugeridas após a realização das experiências, das listas de exercícios entregues após cada aula e pelas provas realizadas (ao todo duas avaliações) sobre os temas estudados.

Figura 37 - ETE Getúlio Vargas – São Paulo

f) Profa. Responsável: Tereza Mieko Taquemori

E.E. Prof. Teotônio Alves Pereira – São Paulo

Série: Segunda série do ensino médio - matutino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos: 200

- Sobre a Escola

A E.E. Prof. Teotônio Alves Pereira não possui laboratórios e funciona com salas ambientes, com carteira individuais. A sala destinada às aulas de Física não possui nenhum próprio material para a realização de experiências, pois se trata de uma sala de aula comum. O período matutino tem duração de 5 horas, com aulas de 40 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula e duas aulas de Física semanais.

- A aplicação - Metodologia

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 4° bimestre, entre os meses de outubro e novembro, uma vez que dezembro foi reservado para recuperações paralelas. O material necessário para a realização da experiência era distribuído pela professora a cada grupo (de no máximo quatro alunos), juntamente com a descrição experimental.

O material a ser utilizado e a descrição experimental eram distribuídos a cada grupo. O tema a ser estudado já havia sido discutido e problematizado anteriormente. Durante a realização das experiências os alunos continuavam com as correlações dos fenômenos cotidianos.

Como cada turma dispunha de duas aulas, a segunda aula, apesar de nem sempre ser no mesmo dia, era utilizada para a discussão dos resultados obtidos e explicação da teoria, além de resolução de exercícios relacionados com a matéria.

Os alunos estudaram os seguintes assuntos, todos introduzidos através de experiências com os títulos (apêndice5):

1. Formação de Sombra
2. Reflexão da Luz
3. Imagens no espelho plano
4. Associação de espelhos planos
5. Espelhos esféricos (estudo qualitativo)
6. Espelhos esféricos (estudo quantitativo)
7. Refração
8. Reflexão total e ângulo limite

Uma das maiores dificuldades foi a falta de cortinas na sala de aula, o que às vezes dificultou a realização das experiências.

Figura 38 - E.E. Prof. Teotônio Alves Pereira – São Paulo

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de questões sugeridas após a realização das experiências, que tinham uma abordagem qualitativa e listas de exercícios referentes aos assuntos estudados e que deveriam ser entregues semanalmente.

Não foram realizadas provas devido ao excesso de feriados ocorridos, o que diminuiu o número de aulas previstas no planejamento da professora.

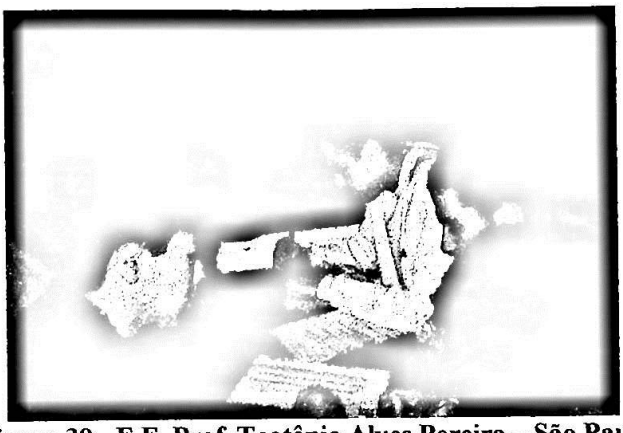


Figura 39 - E.E. Prof. Teotônio Alves Pereira – São Paulo

V.2 O kit óptico na Região de São Carlos

O kit óptico foi aplicado em sala de aula pelos seguintes professores bolsistas:

Professor	Escola	Período
Claudinei Augusto da Silva	EE Oswaldo Ribeiro Junqueira – Orlândia	2° semestre 1998
Francisco Luciano Ribeiro	EE Bento de Abreu – Araraquara	2° semestre 1998
Glaucia Gruninger G. Costa	EE Prof. José Juliano Netto – São Carlos	2° semestre 1998
Rosangela M. Siqueira dos Reis	EE Jorge Faleiros – Patrocínio Paulista	2° semestre 1998

As aplicações são descritas a seguir.

a) Prof. Responsável: Claudinei Augusto da Silva

E.E. Oswaldo Ribeiro Junqueira – Orlândia (S.P.)

Série: Primeira série do ensino médio - vespertino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos: 40

- Sobre a Escola

A E.E. Oswaldo Ribeiro Junqueira possui um laboratório com ótimas instalações, destinado ao ensino de ciências. No entanto, não existem materiais que possibilitem experimentações para o ensino de Física.

O período vespertino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula, devido ao sistema de salas ambientes. De acordo com a grade curricular da Escola, o ensino médio possui duas aulas de Física semanais.

- A aplicação - Metodologia

A utilização do kit óptico, nesse caso, teve a função de auxiliar o aprendizado da teoria desenvolvida em sala de aula de uma forma clássica (quadro negro e giz). Assim, as experiências realizadas tiveram como objetivos verificar fenômenos e conceitos, conforme descrito no planejamento do professor (apêndice 8).

Figura 40 - E.E. Oswaldo Ribeiro Junqueira – Orlândia - SP

O professor preparava para cada aula um texto da matéria a ser estudada, após exposição do professor, com definições e análise de questões correlatas ao tema, os alunos recebiam uma descrição experimental, que deveria ser lida para que na próxima aula e realizassem.

Os alunos eram divididos em grupos de quatro pessoas e cada grupo recebia um kit. A partir de então, o professor levantava eventuais dúvidas sobre o texto já estudado e auxiliava os alunos na realização da experiência.

Foram realizadas as seguintes experiências :

1. Verificação dos três princípios básicos da óptica geométrica
2. Verificação do tipo de trajetória que a luz executa no interior do acrílico
3. Dedução experimental da lei da refração
4. Verificação do desvio lateral de um feixe de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas
5. Verificação da reflexão interna
6. Verificação das imagens formadas em um espelho plano
7. Medição das distâncias focais de espelhos convexo e côncavo
8. Cálculo da distância focal de lentes delgadas
9. Construção de esquemas do modelo do olho humano com correção da miopia

Durante a realização das experiências surgiam discussões e questionamentos entre professor e alunos e os resultados obtidos eram analisados por ambos em sala de aula.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados de acordo com as participações em aula, realização de trabalhos e experimentos utilizando-se dos conceitos apreendidos durante o curso.

b) Prof. Responsável: Francisco Luciano Ribeiro

E.E. Bento de Abreu – Araraquara (S.P.)

Série: Segunda série do ensino médio – matutino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos: 40

- Sobre a Escola

A E.E. Bento de Abreu não possui laboratórios e funciona com salas ambientes. A sala destinada à disciplina de Física não possui nenhum material específico para a realização de experiências. O período matutino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula. Ao ensino de Física é destinado apenas uma aula semanal.

- A aplicação - Metodologia

O kit de óptica foi utilizado pelo professor para demonstrações em sala de aula de acordo com o assunto estudado, após explicação da teoria e questionamentos com relação ao tema.

O professor montava o experimento em cima de carteiras no meio da sala de aula de tal forma que fosse possível a visualização por parte dos alunos. Explicava o que se desejava obter e realizava então, a experiência. Cada aluno recebia um roteiro da descrição experimental realizada além de questões e problemas para serem resolvidos. Na aula seguinte, os alunos deveriam trazer os resultados da lista de questões para serem discutidas e corrigidas.

As questões e relações com fenômenos cotidianos que surgiam eram discutidos pelo grupo de alunos e direcionadas pelo professor.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através das listas de exercícios e através de avaliações escritas, uma vez que as demonstrações não eram constantes e sim um recurso utilizado eventualmente.

c) *Profa. Responsável: Gláucia Gruninger Gomes*

E.E. Prof. José Juliano Netto

Série: Segunda série do ensino médio – vespertino

Período: 3° bimestre (meses de agosto e setembro) de 1998

Número total de alunos: 80

- Sobre a Escola

A E.E. Prof. José Juliano Netto não possui laboratórios e funciona em sistema de salas ambientes. A sala destinada à disciplina de Física não possui nenhum material específico para a realização de experiências. O período matutino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula. São destinadas ao ensino de Física duas aulas semanais.

- A aplicação - Metodologia

O kit de óptica foi utilizado pela professora para demonstrações em sala de aula. A professora realizava a demonstração experimental do assunto a ser estudado antes de introduzir a teoria.

A professora montava o experimento em cima de sua mesa que era posicionada no meio da sala de aula de tal forma que fosse possível uma melhor visualização por parte dos alunos. Realizava a experiência sempre perguntando aos alunos o que era possível se observar.

Após a realização da experiência, discutia-se o que foi observado e então a professora definia conceitos, fazia relações com o dia a dia e resolvia exercícios junto com os alunos. Os alunos recebiam uma lista de exercícios pertinentes ao tema estudado para ser entregue na aula seguinte.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através das listas de exercícios e através de avaliações escritas, uma vez que as demonstrações não eram constantes e sim um recurso utilizado eventualmente pela professora.

d) Profa. Responsável: Rosângela Maria Siqueira

E.E. Jorge Faleiros

Série: Primeira, segunda e terceira série do ensino médio - vespertino

Período: 2° semestre de 1998

Número total de alunos: 120

- Sobre a Escola

A E.E. Jorge Faleiros não possui laboratórios e funciona com salas ambientes. A sala destinada à disciplina de Física não possui nenhum material específico para a realização de experiências. O período vespertino tem duração de 5 horas, com aulas de 50 minutos e intervalos de 10 minutos entre cada aula. São destinadas ao ensino de Física duas aulas semanais.

- A aplicação - Metodologia

O kit de óptica foi utilizado pela professora para demonstrações em sala de aula de acordo com o assunto estudado. Diferentemente das outras aplicações do kit óptico, a professora utilizou o mesmo para as três séries do ensino médio, sendo que para a primeira e segunda série, o kit foi utilizado pela professora no sentido de demonstrar o tema estudado, verificação da teoria.

A utilização do kit se dava após a explicação do tema pela professora e exemplos. Para tal a professora montava o experimento em cima de sua mesa que era posicionada no meio da sala de aula de tal forma que fosse possível uma melhor visualização por parte dos

alunos. A professora explicava o que se desejava obter e realizava então, a experiência, que tinha a função de verificação a teoria. A partir daí eram resolvidos exercícios relacionados aos temas em conjunto com os alunos e então, os mesmos recebiam uma lista de exercícios.

Diferentemente das outras aplicações do kit óptico, a professora utilizou o mesmo para as três séries do ensino médio, sendo que para a primeira e segunda séries, o kit foi utilizado pela professora no sentido de demonstrar o tema estudado, verificação da teoria.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através das listas de exercícios (primeira e segunda série) e através de avaliações escritas e listas de exercícios (para a terceira série), já que estes alunos tiveram um número maior de aulas de óptica e demonstrações com o kit óptico.

V.3 Metodologia

A utilização de experimentos em aula pode assumir diferentes posturas dependendo dos objetivos a serem alcançados. O assunto é discutido sob vários pontos de vista, consideraremos apenas dois, de tal forma a justificar e relacionar com as aplicações do kit óptico pelos professores bolsistas.

V.3.1 O Laboratório

Segundo Amaral (1997), o uso da experimentação pode apresentar diversas formas de acordo com o modelo de Ensino.

No ensino tradicional, o papel da experimentação é de complementação ou verificação da teoria. O experimento é geralmente realizado pelo professor que exemplifica,

demonstra ou aplica o conhecimento teórico previamente apresentado ao aluno de maneira expositiva e teórica.

No ensino pela redescoberta, o papel da experimentação é propiciar a reconstituição induzida do conhecimento científico. O experimento é realizado pelo aluno, mas planejado pelo professor.

No ensino pelo método dos projetos, ou pela descoberta, a experimentação ocorre como etapa de um processo de investigação em que o conhecimento visado é autonomamente constituído pelo aluno. O aluno planeja e realiza toda a trajetória, e o professor funciona como estimulador e orientador do processo.

Os modelos tradicional e da redescoberta, de acordo com Amaral (1997), trabalham apenas com o binômio conhecido formal-experimentação, desprezando o estudo ambiental, enquanto o modelo dos projetos abrange todo o trinômio considerado, mas trata a questão ambiental de forma parcial e distorcida.

Para Amaral, um novo papel da experimentação em um modelo alternativo de Ensino de Ciências deve ter entre outras características:

- quando utilizada com caráter investigativo, garantir condições para que os procedimentos escolhidos e os resultados obtidos pelos alunos sejam respeitados, não sendo arbitrária ou diretamente desqualificados.

- quando utilizada com caráter demonstrativo ou de redescoberta, propiciar discussões que permitam ao aluno perceber o teor meramente didático de tais procedimentos.

- evitar que seja utilizada como ponto de partida do processo de aprendizagem de um determinado conteúdo, mas surgir com uma decorrência da problematização

preliminar de aspectos teóricos do assunto, ou de estudos ambientais realizados pelo aluno, ou do próprio conhecimento prévio do aluno a respeito.

> *"...a experimentação no ensino de Ciências serviria tanto para evidenciar algumas peculiaridades essenciais das ciências físicas e naturais, quanto para contribuir no processo educativo de desmitificação da ciência, assim como para esclarecer as verdadeiras relações entre o conhecimento formal e a situação experimental e a realidade natural das coisas."*

Já de acordo com Ferreira (1978), as atividades experimentais podem assumir várias formas:

- Laboratório de demonstração – experiências de cátedra ou aulas de demonstração, são caracterizadas por um baixo envolvimento do aluno com o equipamento. Este recurso pode ser utilizado quando o professor não dispuser de equipamentos necessários para todos os alunos ou então para ilustrar determinado fenômeno físico, tornando o conteúdo interessante e agradável.

- Laboratório tradicional – desenvolve habilidades específicas no manuseio de equipamentos, obtenção e análise de dados, verificando leis ou fenômenos e etc. Seria uma introdução ao método científico baseado na observação do fenômeno, obtenção de dados a partir de um determinado arranjo experimental (já pronto para uso dos estudantes), análise destes dados e elaboração de conclusões. O aluno é levado a desenvolver uma seqüência preestabelecida de instruções, em que cada passo é previamente planejado para permitir o estabelecimento de uma conclusão específica.

- Laboratório divergente – está entre o laboratório tradicional e o laboratório de projetos. A classe como um todo desenvolve um cronograma comum preestabelecido pelo professor e a partir dos conhecimentos e habilidades experimentais adquiridos o aluno pode escolher um assunto de seu interesse para aprofundamento. O laboratório precisa

bem equipado para atender às preferências de cada estudante. O aluno é responsável pelo desenvolvimento de sua investigação, o professor está presente como um orientador, não havendo instruções pré-determinadas.

- Laboratório aberto e o de projetos – o laboratório é semelhante ao divergente, porém com flexibilidade de horário de trabalho. É necessário que exista um programa estabelecido, já que o aluno desenvolverá um cronograma de atividades levando em conta sua disponibilidade. É preciso também, que haja total disponibilidade de equipamentos e orientação de um professor ou monitor. No laboratório de projetos, o estudante elabora o seu cronograma de tarefas, escolhe o assunto a ser estudado e as estratégias para abordar o tema escolhido.

- Laboratório à disposição do aluno – pressupõe a iniciativa de desenvolver atividades por conta do aluno, sendo menos formalizado do que as abordagens anteriores. Pode ser usado como suporte a cursos teóricos para observação ou verificação de determinados fenômenos físicos. O tempo gasto pelo aluno é pequeno se comparado às demais abordagens. É conhecido também como laboratório de corredor, prateleira de demonstração, biblioteca de instrumentos.

- Laboratório e o problema da redescoberta – nesta abordagem o aluno tem à sua disposição vários tipos de equipamento e situações que o levam a sua descoberta de fenômenos, sendo preciso fornecer-lhe condições mínimas para que ocorra uma descoberta do tipo verificação de uma lei, para que o processo não seja frustrante para aluno e professor. O aluno necessita de iniciativa e desenvoltura, além de uma boa orientação.

Nas aplicações do kit óptico, descritas anteriormente, pode-se identificar algumas das características citadas por Amaral ou Ferreira, uma vez que o kit óptico pode se adequar a diferentes propostas.

V.3.2 Metodologias utilizadas

Dentre as escolas que utilizaram o kit óptico, a maioria não possuía laboratório e funcionava com salas ambientes, sem materiais específicos para a realização de qualquer experimento.

O quadro abaixo indica a escola, a existência ou não de laboratório e o sistema de salas adotado.

Escola	Laboratório	Sala Ambiente	Nº de aulas semanais
EE Antônio A . Machado	Não	Sim	01
EE Prof. Antônio Berreti	Não	Sim	02
EE Francisco Nardy Filho	Sim	Sim	02
EE Olímpio Catão	Sim	Sim	04
ETE Getúlio Vargas	Sim	Não	02
EE Teotônio A . Pereira	Não	Sim	02
EE Oswaldo Ribeiro Junqueira	Sim	Sim	02
EE Bento de Abreu	Não	Sim	02
EE Prof. José Juliano Netto	Não	Sim	02
EE Jorge Faleiros	Não	Sim	02

Apesar de cerca de 60% das escolas públicas, onde o kit óptico foi aplicado, não possuírem laboratórios, esse fator não foi determinante para a escolha da metodologia utilizada. Conforme descrito no capítulo V, é possível identificar algumas das posturas descritas por Ferreira e Amaral.

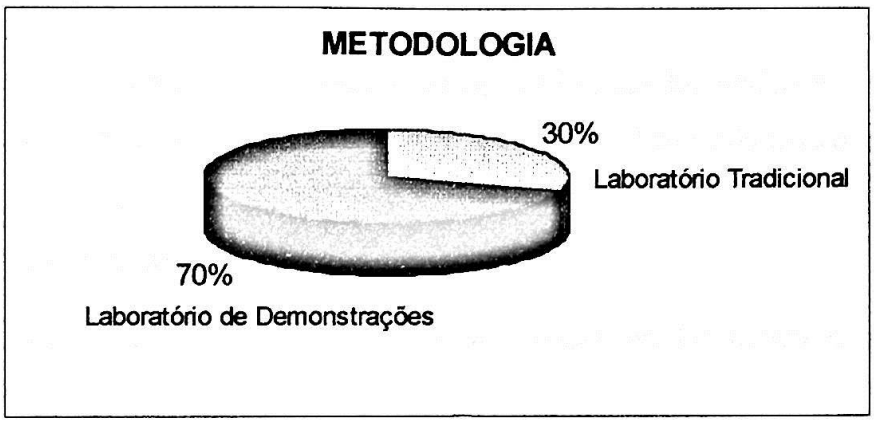


Gráfico 10 – Metodologia utilizada segundo Ferreira (1978)

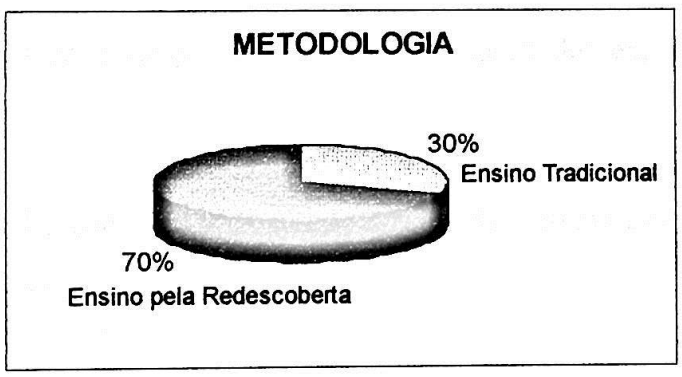


Gráfico 11 – Metodologia Utilizada segundo Amaral (1997)

Isso se deve em grande parte, ao fato de o kit óptico se adaptar à diferentes propostas ou condições existentes de trabalho, tais como: falta de laboratórios ou salas apropriadas, carteiras adequadas, iluminação, materiais específicos.

A escolha da metodologia ficou a critério de cada professor, que teve como fator determinante o tempo disponível, ou seja, número de aulas por semana e o objetivo a ser atingido. Dessa forma, o planejamento da aula de cada professor definia a metodologia a ser utilizada.

V.4 Dificuldades

Através das observações durante as aplicações do kit óptico e depoimentos dos professores bolsistas foi possível elencar as principais dificuldades durante o processo.

V.4.1 Dificuldades dos alunos.

- Grande preocupação com a fragilidade das peças do kit óptico e insegurança em manuseá-las.

- Em algumas escolas onde o kit óptico foi aplicado os alunos não estavam habituados com aulas práticas e tiveram dificuldades para seguir as instruções dos professores, conciliando leitura da descrição experimental, execução dos experimentos e anotações dos resultados.

- Falta de habilidade, que dificultou o posicionamento correto das peças e aumentou o receio de errar ou danificar as peças.

- O aluno mostra-se muito dependente do professor para interpretar os roteiros e executar as experiências, apresentando dificuldades para trabalhar sem a supervisão direta do professor, o que não permitiu uma maior exploração do uso do kit pelos mesmos.

- Falta de conhecimentos necessários como: geometria (ângulo, semelhança de triângulos, seno, coseno, tangente), desenho geométrico (construção de ângulos, uso de transferidor, precisão nas medidas). Dificuldades em interpretação de texto e redação e vocabulário muito restrito.

V.4.2 Dificuldades de organização e infra-estrutura das Escolas

- Administração do tempo para a execução das experiências. Em algumas escolas o professor dispunha de apenas uma aula semanal com duração de 50 minutos.

- Tempo insuficiente para arrumar a sala e o material. Em algumas escolas não existem laboratórios ou salas ambientes. Nesse caso o professor, além de transportar o material de uma sala a outra, precisa distribuir, recolher e conferir os materiais do kit a cada aula.

- Classes numerosas, que limitam o desenvolvimento do trabalho, impedindo que o professor acompanhe e avalie com devida precisão os resultados de cada aluno, explorando melhor o potencial do aluno e os recursos do kit. Dessa forma, tem-se um ambiente próprio a indisciplina e dificuldades de controle do material experimental.

- Turmas heterogêneas quanto ao conhecimento, maturidade e interesse.

- Número reduzido de aulas por semana, variando de 1 aula a 3 aulas semanais.

- Custos com xerox e reposição de pilhas. Embora reduzidos, a situação econômica das Escolas Públicas é tal que mesmo este custo acaba tendo que ser coberto com dinheiro particular do professor.

- Poucas escolas onde o kit foi aplicado possuíam laboratórios. Nas demais escolas foram utilizadas salas de aulas normais, onde quatro carteiras individuais foram agrupadas para o trabalho em grupo dos alunos.

- Improvisação de ambiente escuro para realização das experiências. Dentre as escolas de São Paulo, nas quais o kit óptico foi aplicado, apenas uma (E.T.E. Getúlio Vargas) possuía sala com cortinas adequadas para as experiências. Este problema foi parcialmente solucionado com doação de cortinas e armários às Escolas, pela Fapesp.

- Falta de interruptores de luz nas salas de aula. Para acender ou apagar as lâmpadas foi necessário fazê-lo no quadro de força ou solicitar ajuda de um funcionário da escola.

- Falta de um armário para guardar os kits ópticos durante o período de utilização dos mesmos nas escolas. Problema em parte solucionado com doação pela Fapesp.

- Transporte do kit óptico.

- Carga horária semanal reduzida – apenas uma aula semanal de Física com duração de 50 minutos.

V.4.3 Dificuldades dos Professores

A implementação das aulas experimentais por professores da rede pública depende muito da formação do professor. Muitos professores têm pouca ou nenhuma experiência de laboratório. A atitude destes professores é de receio, e relutância em aplicar o método antes mesmo de experimentá-lo.

No caso do projeto, como os professores participaram ativamente do processo de criação, modificações, testes e estudo intensivo do kit, tiveram oportunidade de se preparar muito bem para sua aplicação.

V.5 Avaliação

A avaliação pode ser entendida e utilizada como um processo contínuo e sistemático, de orientação ou funcional de acordo com os objetivos definidos pelo professor. Assumindo dessa forma, funções de diagnóstico, controle ou classificação. A avaliação pode ser então, diagnóstica, formativa ou somativa.

No entanto, a avaliação deve ter um sentido amplo, possibilitando a análise de diversos aspectos, quantitativos ou qualitativos, que segundo Haydt (1995) possibilitam mudanças de comportamento dos alunos.

> *" É imprópria a avaliação que só realiza numa prova isolada, pois deve ser um processo contínuo que sirva à permanente orientação da prática docente. Como parte do processo de aprendizado, precisa incluir registros e comentários da produção coletiva e individual do conhecimento e, por isso mesmo, não deve ser um procedimento aplicado nos alunos, mas um processo que conte com a participação deles. É pobre a avaliação que se constitua em cobrança da repetição do que foi ensinado, pois deveria apresentar situações em que os alunos utilizem e vejam que realmente podem utiliza os conhecimentos, valores e habilidades que desenvolveram."*[5]

5. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio, São Paulo, 1998.

V.5.1 Avaliação dos Alunos

Sendo o aprendizado um processo complexo e de elaboração pessoal, não seria adequado a utilização de apenas um instrumento de avaliação, mas sim várias, de tal forma a possibilitar uma avaliação global do aluno e da prática docente.

Para tanto, os professores bolsistas utilizaram-se de métodos qualitativos e quantitativos de avaliação, como participação e interesse nas discussões propostas, capacidade do aluno ao utilizar tabelas e relações matemáticas, elaboração de síntese, trabalho em grupo e eventualmente avaliações escritas.

Dessa forma, foi possível avaliar principalmente o kit óptico e os materiais de apoio (roteiros experimentais), já que as dúvidas, questões e dificuldades dos alunos eram apresentadas e discutidas pelos professores bolsistas em reuniões semanais com os coordenadores do projeto, a fim de encontrar soluções.

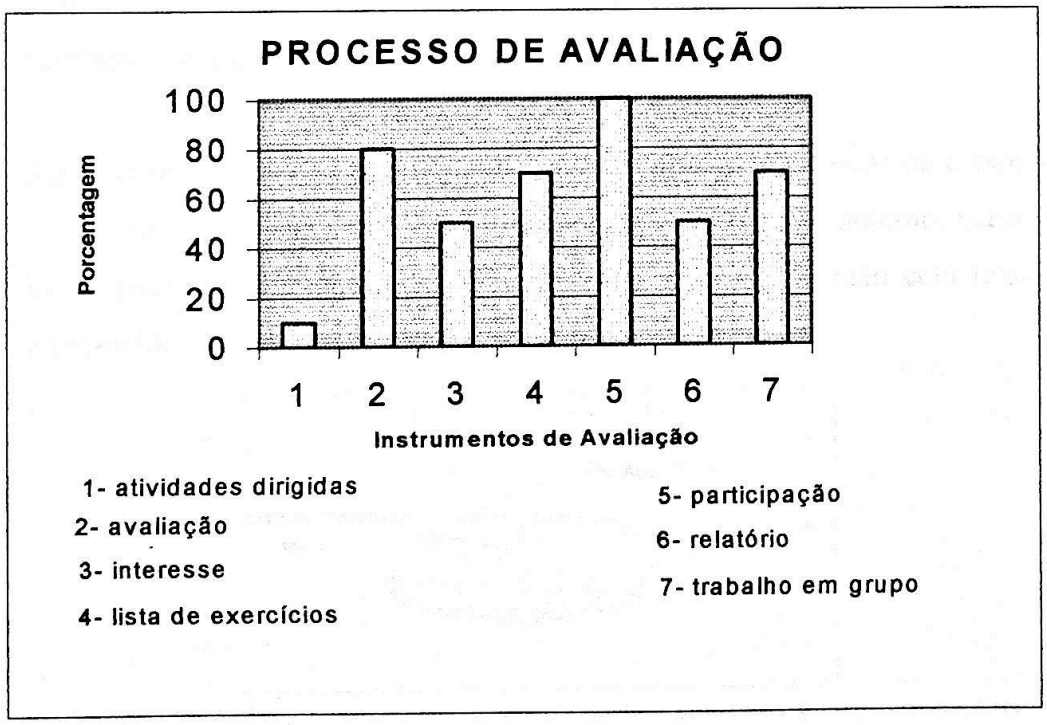


Gráfico 12 – Instrumentos de avaliação dos professores bolsistas

V.5.2 Avaliação das Aplicações do kit óptico

- Pelos Alunos

O interesse e a participação dos alunos foram fatores que evidenciaram a aprovação da utilização do kit óptico nas aulas de física. Além destes índices foi solicitado a cada professor bolsista, com exceção os do ensino fundamental, que aplicassem um questionário, de tal forma que os alunos pudessem expressar suas opiniões a respeito das aulas com o kit óptico.

O questionário constou das seguintes perguntas:

1. O que você prefere: aula teórica ou experimental?
2. As experiências realizadas foram importantes para uma melhor compreensão dos conceitos estudados?
3. Qual (is) experiência (s) foram mais significativa (s). Por quê?
4. O que poderia ser melhorado com relação aos experimentos?

A identificação dos alunos era opcional, o que propiciava uma declaração mais espontânea por parte dos mesmos.

O kit óptico foi utilizado, durante a aplicação do projeto, por alunos de cursos bem diferentes (com exceção dos alunos do curso fundamental) como curso noturno, matutino e técnico e foi possível verificar que todos têm em geral a mesma opinião com relação a utilização de experiências em aula.

Gráfico 13 – Análise da questão: O que você prefere aula teórica ou experimental?

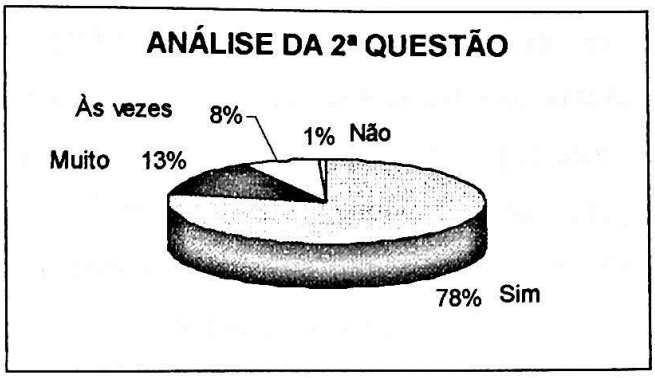


Gráfico 14 – Análise da questão: As experiências realizadas foram importantes para uma melhor compreensão dos conceitos estudados?

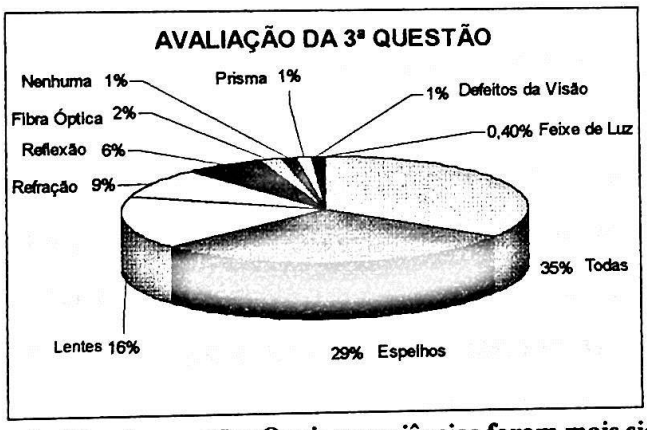


Gráfico 15 – Análise da questão: Quais experiências foram mais significativas?

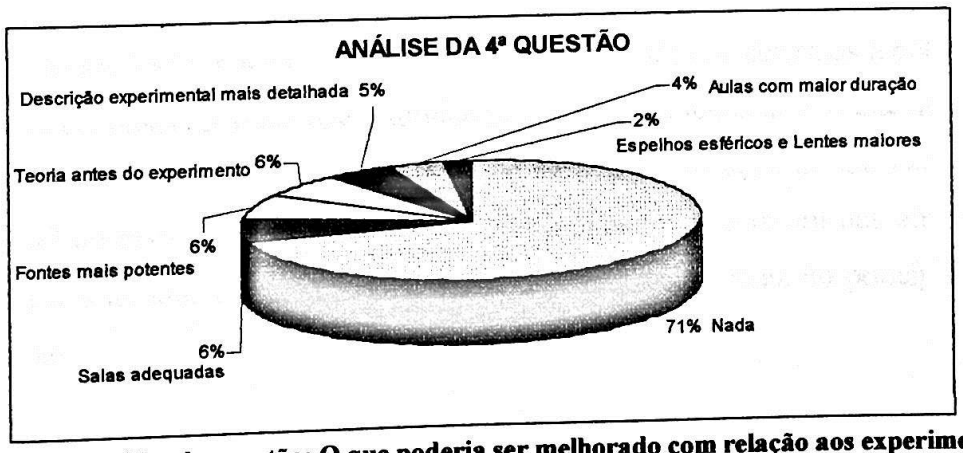


Gráfico 16 – Análise da questão: O que poderia ser melhorado com relação aos experimentos?

Analisando os questionários observa-se que os alunos preferem o tipo de aula onde teoria e experiência sejam trabalhadas juntas, pois segundo os mesmos, aula teórica é cansativa e através das experiências realizadas é possível se ter a teoria junto com a prática. " Aulas teóricas com experiências. As experiências permitem entendermos melhor a matéria" (aluno da profa. Tereza), "Aula experimental é melhor, pois a aula teórica é um pouco cansativa e com aulas experimentais nós temos mais noção do que fazemos e com certeza entendemos mais"(aluno da profa. Tereza).

Todas as experiências foram importantes e significativas para a maioria dos alunos especialmente sobre espelhos e lentes, já que se referem a assuntos ligados ao cotidiano. "A experiência com espelhos foi mais significativa, porque o espelho, nós usamos em muitas coisas, tipo: no carro, em casa, no ônibus, etc." (aluno do prof. Adilson).

De acordo com os alunos deveria haver um maior número de aulas. Esta foi uma das principais modificações sugeridas pelos alunos do prof. Adilson, que possuem apenas uma aula de Física por semana e reclamam da falta de tempo para realizar as experiências e absorver o conteúdo. Outro fator que precisa de melhorias, são as fontes de luz (lanternas) utilizadas para a realização das experiências, que são fracas e necessitam de pouca luz ambiente, coisa nem sempre possível nas escolas estaduais, visto que muitas delas não possuem laboratórios e nem cortinas nas salas de aula.

Este tipo de avaliação é muito importante já que não basta nos determos a notas, é de essencial importância observar o interesse surgido por parte de muitos alunos que antes não participavam das aulas a partir do momento em que se deu a utilização do kit. Durante as aulas era possível observar que todos os alunos efetivamente participavam das atividades, não havia problemas de indisciplina e nem faltas excessivas, fato comum no principalmente nos cursos noturnos.

- Pelos Professores

Os professores bolsistas em sua maioria adotaram a avaliação contínua dos alunos, através da participação, interesse, relatórios, listas de exercícios e em alguns casos provas escritas.

De acordo com relatos dos professores que utilizaram o kit óptico, mais do que rendimentos, que normalmente se expressa em um conceito numérico, o kit atua como uma fonte motivadora, gerando interesse e participação de alunos, até então desinteressados.

No caso do curso noturno, foi possível verificar que o número de faltas diminui bastante, especialmente às sextas-feiras, quando comumente não há alunos. (verificação feita pelo Prof. Adilson Cardoso – na aplicação do kit óptico na E.E. Antônio Alcântara Machado no 1° semestre de 1998)

Mesmo nos casos onde o kit foi utilizado para demonstrações, os professores puderam observar um grande interesse por parte dos alunos e a busca por explicações correlatas de fenômenos cotidianos.

Segundo depoimento da professora Tereza Mieko Taquemori, a maioria dos alunos apresentou interesse maior pelas aulas desenvolvidas com o uso do kit óptico, comentando até a sua relação com fenômenos diários, e mais tópicos deveriam ser abordados desta maneira.

Apesar dos professores concordarem que em sua maioria os métodos de utilização dos experimentos e de avaliação foram ainda tradicionais, a possibilidade de mudança num ensino marcado por giz e saliva é muito bem-vinda.

V.6 Casos Particulares

Além das aplicações do kit óptico pelos professores bolsistas, descritas anteriormente, o kit foi utilizado por outros professores em diferentes circunstâncias.

V.6.1 O kit óptico no curso universitário

O kit óptico foi utilizado pelo Prof. Dr. Mikiya Muramatsu, um dos responsáveis pelo projeto, na disciplina FGE 160-Óptica, ministrada a alunos de licenciatura em matemática do IME-USP, em dois semestres do ano de 1999. A disciplina FGE 160 possui uma aula semanal, com duração de 1hora e 40 minutos cada.

No 1° semestre de 1999 o curso foi oferecido no período noturno a 110 alunos, devido ao grande número de alunos o professor contou com dois monitores para auxiliá-lo nas atividades.

O kit óptico foi utilizado como complementação ou verificação da teoria estudada, tem do em vista que primeiramente o professor desenvolvia a teoria, discutindo os fenômenos e questionando os alunos a cerca dos mesmos. Posteriormente os alunos utilizavam o kit óptico para verificação dos mesmos.

Para tanto, os alunos trabalhavam em grupos de três a quatro integrantes. Cada grupo recebia o kit óptico completo, possibilitando uma exploração maior pelos mesmos. As experiências eram realizadas em sala de aula sobre as carteiras.

A descrição experimental a ser realizada encontrava-se na apostila desenvolvida para o curso, que foi entregue anteriormente e deveria ser lida pelos estudantes antes de cada aula (apêndice 6). Os monitores auxiliavam os alunos durante as experiências.

Ao término de cada experiência o grupo deveria entregar um relatório simplificado – síntese do experimento realizado. Foram realizadas também visitas ao laboratório de Óptica, coordenado pelo Prof. Dr. Mikiya Muramatsu, onde os alunos puderam ver experiências de óptica física.

Os alunos foram avaliados por um sistema de duas provas principais e "provinhas", que tinham um papel de evitar avaliações estanques, possibilitando uma avaliação um pouco mais contínua. As provas e provinhas tinham questões que foram discutidas e verificadas com o auxílio do kit óptico. No apêndice 9 encontra-se algumas destas avaliações.

No 2° semestre de 1999 , o curso foi oferecido no período diurno, contando com 65 alunos e mesma carga horária. Neste período, o professor não contou com o auxílio de monitores. Diferentemente do primeiro semestre os alunos não realizaram todas as experiências da apostila.

Mas, em todas aulas o professor utilizava demonstrações com lentes e ponteiras laser para exemplificar os fenômenos. Quando utilizado o kit óptico, os alunos trabalhavam em grupos de 3 a 4 integrantes e os materiais a serem utilizados eram fornecidos. A apostila foi entregue aos alunos, que deveriam lê-la antes de cada aula. A avaliação foi realizada da mesma maneira que no semestre anterior.

De acordo com o professor é difícil relacionar a utilização do kit óptico com um melhor aproveitamento (rendimento) dos alunos, pois em média 20% dos alunos ficou em recuperação, índice comum a qualquer disciplina, utilizando-se ou não de experimentos.

O que pode ser realmente verificado, segundo o Prof. Mikiya é o interesse e a participação dos alunos, além da diminuição das faltas. No curso noturno isso era mais evidente, uma vez que o kit foi utilizado com mais freqüência e os alunos têm menos tempo de estudar, procurando assim absorver ao máximo o conteúdo em aula, apesar de terem

lacunas maiores de conhecimentos específicos. O kit facilita o entendimento ficando mais fácil ligar a teoria com a prática, tornando alguns conceitos mais claros para os alunos.

Para os próximos cursos o Prof. Mikiya pretende utilizar o kit de forma mais "exaustiva", trabalhando toda a óptica geométrica, além de melhorar o sistema de avaliação que foi realizada de forma tradicional (provas e provinhas), procurando estabelecer um sistema onde seja possível uma avaliação efetivamente contínua do aluno.

V.6.2 O kit óptico em Escolas Particulares

a) *Profa. Responsável: Beatriz Helena Moraes Victor*

Ginásio Santa Gema – São Paulo

Série: Segunda série do ensino médio - matutino

Período: 1° semestre de 1999

Número total de alunos: 42

- Sobre a Escola

O Ginásio Santa Gema situa-se no bairro do Tremembé em São Paulo e trabalha com ensino fundamental e médio. O Ginásio possui laboratório e de acordo com a grade curricular são destinadas à disciplina de Física três aulas semanais, com duração de 50 minutos cada uma.

- A aplicação

A professora conheceu o kit óptico através dos cursos do Projeto Pró- Ciências (descritos no capítulo III.2.5) e o Ginásio Santa Gema adquiriu dez kits, da empresa Optovac, que os comercializa.

Como os materiais de apoio, no caso os roteiros experimentais, ainda estavam em desenvolvimento, a professora Beatriz desenvolveu uma série de descrições experimentais para serem utilizadas em suas aulas, que se encontram no apêndice 10.

O kit óptico foi aplicado no período referente ao 1° bimestre, nos meses de fevereiro, março e abril. As aulas da segunda série do ensino médio, que utilizaram o kit óptico foram divididas da seguinte maneira, uma aula às segundas-feiras e duas aulas seguidas às terças-feiras. A professora trabalhava geralmente, às segundas-feiras com os alunos em sala de aula e às terças-feiras no laboratório.

Os alunos num total de 42, foram divididos para a realização das experiências em sete grupos de seis alunos. Cada grupo recebia o kit óptico e a descrição experimental – relatório, contendo o material a ser utilizado, procedimentos e questões. A medida que a experiência ia sendo desenvolvida, os alunos anotavam os resultados, observações e conclusões. A professora estava sempre presente, auxiliando em eventuais dúvidas dos alunos.

As experiências eram realizadas após a problematização e discussão dos assuntos com os alunos e pesquisas de fenômenos cotidianos. Os resultados obtidos pelos experimentos eram analisados e formalizados matematicamente, às segundas-feiras, em sala de aula, e exercícios tradicionais eram trabalhados.

- Avaliação dos alunos

Os alunos foram avaliados através de provas escritas, contendo exercícios tradicionais, questões teóricas e perguntas referentes aos experimentos executados no laboratório, do tipo: "Como foi que, através de um experimento você verificou o princípio da reversibilidade da luz?"

De acordo com a professora Beatriz, o objetivo era fazer com que o aluno executando o experimento conseguisse chegar a teoria envolvida, sendo que primeiramente, havia uma discussão sobre o assunto e após a realização do experimento, análise dos resultados e a formalização matemática correspondente.

- Avaliação do uso do kit óptico pela Professora

Apesar de ter experiência anterior no magistério, esta foi a primeira vez que a professora lecionou óptica, "Nunca lecionei óptica antes desta oportunidade e posso me considerar privilegiada em começar tão bem".

Ao ser questionada sobre a importância ou não, do kit óptico em suas aulas a professora é categórica em afirmar que a utilização de experimentos em sala de aula é de grande importância. " Dá para perceber que quando os alunos observam os fenômenos 'ao vivo' desenvolvem habilidades de relacionar, analisar e deduzir outros fatos a partir dos primeiros, sentem-se muito mais envolvidos, quietos, atenciosos e principalmente olham a Física com outros olhos sem ser o 'fantasma' que foi para muitas outras gerações de estudantes. Para meus alunos, sinceramente, estudar Física é estudar a natureza. Eles pouco associam com fórmulas, contas, etc.; aprendem sem sofrerem e gostam muito."

b) Profa. Responsável: Jocemar Regina Cotrim Ribeiro

Colégio Flamingo – São Paulo

Série: Segunda série do ensino técnico: processamento de dados e publicidade

Período: 2º semestre de 1999 - matutino

Número total de alunos: 29

- Sobre a Escola

O Colégio Flamingo situa-se no bairro da Lapa, em São Paulo, tem cursos supletivos do ensino médio e fundamental e cursos técnicos concomitantes com o ensino médio de gestão empresarial, eletrônica, processamento de dados e publicidade. O Colégio não possui laboratório destinado ao ensino de Ciências e de acordo com a grade curricular são destinadas à disciplina de Física duas aulas semanais, com duração de 45 minutos cada uma.

- A aplicação

Esta aplicação do kit óptico foi um caso particular, uma vez que eu não era a professora titular da disciplina de física e as aulas ocorreram em um horário especial. O objetivo desta aplicação do kit óptico era testar o roteiro do ensino médio desenvolvido pelos professores bolsistas, já que somente os mesmos o utilizaram.

O diretor do Colégio Flamingo, Prof. Walter Pina, possibilitou que as aplicações do kit fossem realizadas nos dias em que os alunos tinham o horário das 11:30 às 12:15 horas livre, isto ocorreu às quartas-feiras e quintas-feiras. O colégio foi escolhido, pois eu já havia lecionado neste estabelecimento escolar.

O kit foi utilizado por alunos da 2ª série dos cursos de publicidade e processamento de dados. As atividades ocorreram na sala de desenho, que possui carteiras planas individuais que possibilitam a montagem dos experimentos e o trabalho em grupo.

Figura 41 – Colégio Flamingo – São Paulo

As turmas eram pequenas, o 2° ano de publicidade possuía 09 alunos e o 2° ano de processamento de dados, 20 alunos. Os alunos trabalhavam em grupos de dois, três ou quatro integrantes.

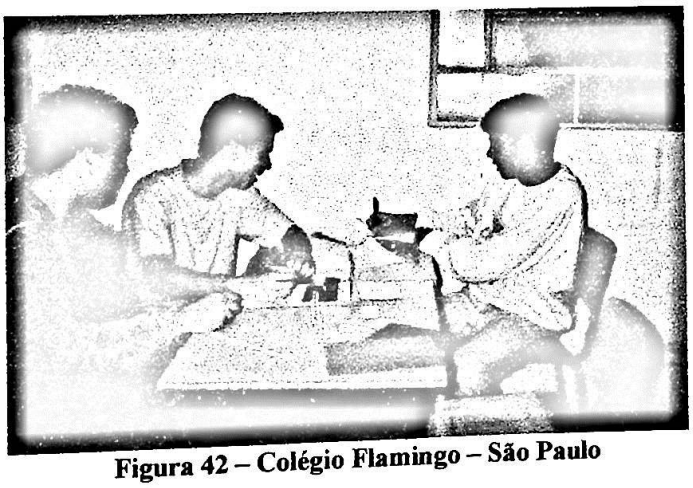


Figura 42 – Colégio Flamingo – São Paulo

As atividades experimentais foram baseadas no roteiro do ensino médio, desenvolvido no Projeto (apêndice 5). Antes da realização de cada experimento, foram trabalhadas as concepções espontâneas dos alunos, através de testes, perguntas. As experiências eram utilizadas para confrontar essas concepções espontâneas com os fenômenos e formalizar o conceito correto.

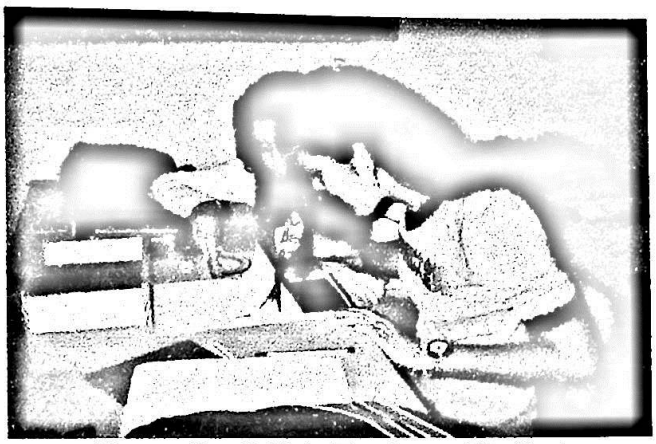


Figura 43 – Colégio Flamingo – São Paulo

Para tanto, eu utilizei as atividades vistas no curso "Óptica no Laboratório: desafio para as concepções espontâneas", de José Paulo Gircoreano no XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (apêndice 11).

Essas atividades serviram como ponto de partida para construção e correção dos conceitos, em sua grande parte errôneos, dos alunos e quando não corrigidos costumam perdurar por toda a sua formação escolar.

Os fenômenos eram também formalizados matematicamente e trabalhados com alguns exercícios tradicionais.

- Avaliação dos alunos

Como o kit óptico foi aplicado em aulas extras e os alunos não tinham compromisso com notas, o interesse e a participação dos mesmos eram devidos a motivação gerada pelas discussões e realizações das experiências.

Os alunos, por serem de cursos técnicos estão acostumados com aulas de laboratórios, mesmo que não sejam de Ciências. Não houve nenhum problema com indisciplina.

Figura 44 – Colégio Flamingo – São Paulo

A presença dos alunos não era obrigatória, mas a freqüência foi em média de 100%. Os alunos foram avaliados através de relatórios de cada experiência, participação e interesse. Esse conceito foi passado para o professor da disciplina de Física do Colégio, que o considerou na avaliação geral dos alunos.

Os alunos, de acordo com o planejamento escolar estavam estudando Termodinâmica e Óptica não constava do planejamento de nenhuma das séries do ensino médio.

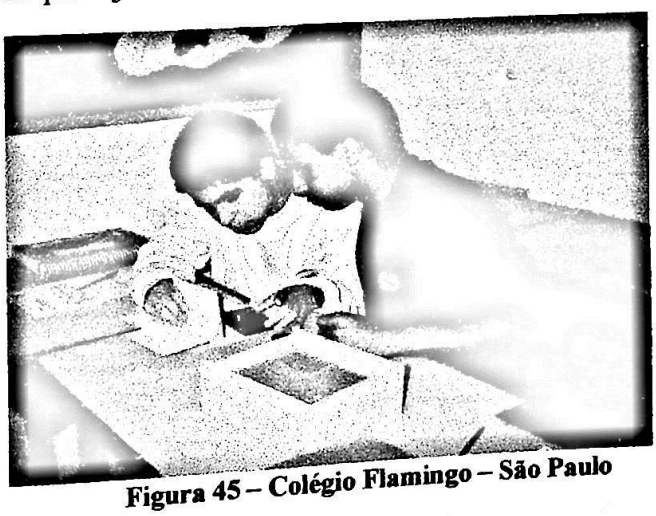


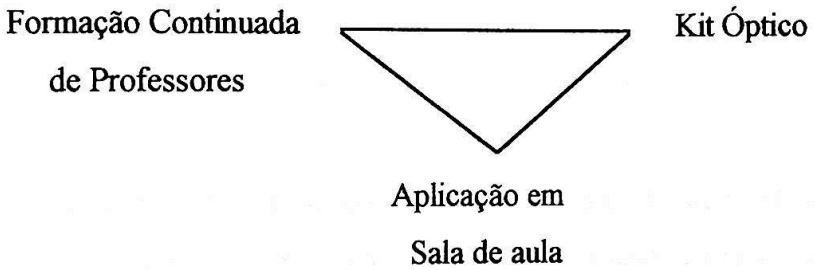
Figura 45 – Colégio Flamingo – São Paulo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

VI Considerações Finais

Como já descrito, o Projeto em estudo, teve como objetivos a formação continuada de professores, o desenvolvimento de materiais didáticos – o kit óptico e o acompanhamento em sala de aula das utilizações do kit.

O Projeto então, está firmado nestes três tópicos:



dependentes e inseparáveis, já que o desenvolvimento do kit óptico e materiais de apoio, assim como a aplicação destes em sala de aula está ligado a professores da rede pública, através de cursos de formação continuada. Não se trata apenas de mais um recurso didático desenvolvido, mas um projeto que busca encontrar um caminho para melhorar o ensino de óptica, juntamente com os maiores interessados - professores e alunos.

No estudo de caso, procurou-se analisar a importância da participação do professor no Projeto em função da utilização do kit óptico em sala de aula. Durante as aplicações do kit óptico nas escolas da rede pública do Estado de São Paulo, pelos professores bolsistas e também em escolas particulares, o interesse, a participação e em alguns casos a diminuição das faltas dos alunos foram os maiores indicadores de que experimentos são sempre bem recebidos.

> *"A indisciplina é a energia mal aproveitada. O professor que consegue transmitir por meio do conhecimento a observância de regras, de semelhanças e diferenças, de regularidades e exceções, estará incentivando o comportamento disciplinado."*[6]

6. BAPTISTELLA, R.L. (1996). Educadores culpam escola por indisciplina. O Estado de São Paulo.07 de outubro de 1996.

Esse fato pode ser explicado levando-se em conta que com a utilização de experimentos, no caso o kit óptico, o aluno deixa de trabalhar apenas com conceitos abstratos apresentados pelo professor e passa a trabalhar com o concreto, compreendendo por exemplo, alguns conceitos difíceis de serem entendidos, tais como formações de imagens. Isso sem contar com o fato de que os experimentos podem ser desenvolvidos de uma forma interdisciplinar por professores de física e matemática, no caso do ensino médio, uma vez que lida com conhecimento de geometria, ou por professores de ciências e matemática, no caso do ensino fundamental.

No entanto, é necessário atentarmos para o fato de que os professores que utilizaram o kit óptico em suas aulas, eram professores que estavam envolvidos no Projeto, como professores bolsistas, que participaram do desenvolvimento do kit óptico e elaboração do material de apoio, ou simplesmente participaram dos cursos de formação continuada.

É possível considerar então, que o fato do envolvimento dos professores com o Projeto ou cursos de formação continuada é um fator que favorece um bom trabalho com o kit óptico. O que pode ser evidenciado com um depoimento de um aluno, ao ser questionado sobre o que deveria ser modificado nas aulas práticas com o kit: "Na minha opinião, nada precisa ser melhorado, porque material já tem e professor que saiba ensinar também."

Isso não significa que os cursos tenham a função de treinar os professores para o uso do kit óptico, porque a utilização do mesmo pode ocorrer de diversas formas, conforme descrito, evidenciando assim, a sua capacidade de adequação a várias metodologias de aplicação, que pode variar conforme os objetivos determinados pelos educadores. Mas sim, a função de levar a uma reflexão sobre o ensino de física, no caso óptica, a uma troca de experiências entre os participantes, que reconhecem problemas comuns ou não, e procuram encontrar soluções. Havendo um outro tipo de aprendizado, sem ser baseado em conteúdos, mas também significativo. Os cursos de formação continuada possibilitam um contato com a Universidade e um resgate de conteúdo por parte dos professores.

Apesar de um dos materiais didáticos, o kit óptico, já estar desenvolvido, os materiais de apoio, os roteiros do ensino fundamental e médio, podem ser modificados constantemente pelo professor que desejar.

> *"...Se os programas de atualização pretendem contribuir efetivamente para o crescimento profissional do professor, devem atuar de modo a fazer com que ele possa incorporar as informações nos seus esquemas de ação em sala de aula, uma vez de simplesmente adotá-las tentando substituir ou ignorar os seus esquemas de ação espontâneos ou alternativos."*[7]

As concepções espontâneas dos professores são valorizadas estimulando que o mesmo deve ser feito com os alunos. Esse fato pode ser observado nas aplicações do kit óptico pelos professores, a medida que os mesmos sempre discutiam os fenômenos, lançando questões cotidianas.

> *"O conhecimento prévio dos alunos, tema que tem mobilizado educadores, especialmente nas últimas duas décadas, é particularmente relevante para o aprendizado científico e matemático. Os alunos chegam à escola já trazendo conceitos próprios para as coisas que observam e modelos elaborados autonomamente para explicar sua realidade vivida, inclusive para os fatos de interesse científico. É importante levar em conta tais conhecimentos, no processo-pedagógico, porque o efetivo diálogo pedagógico só se verifica quando há uma confrontação verdadeira de visões e opiniões; o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto-elaboração*

7. Carvalho, Anna M. P. de Carvalho; Pérez, Daniel Gil. As Pesquisas em Ensino Influenciando a Formação de Professores, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.14, nº4, 1992, pg. 247-251.

pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões." (Parâmetros Curriculares Nacionais)

Pode-se considerar então que, o sucesso do Projeto está atrelado a formação continuada de professores, evitando que o mesmo seja apenas mais um material a ser esquecido.

> *"Os projetos têm que ser contínuos, para que se crie elos e identidade entre os professores e o trabalho desenvolvido, para que esses educadores possam incorporar mudanças efetivas em sua prática pedagógica."* (Castro, 1999)

O Projeto ainda está em avaliação, já que a cada semestre há uma nova utilização do kit óptico, sob novas metodologias e com novos resultado. De acordo com os professores que utilizaram o kit em suas aulas, seria interessante que houvesse um grupo de apoio constante para os professores, de tal forma a propiciar discussões, esclarecimentos de dúvidas e mesmo reavaliação dos materiais (roteiros experimentais).

De acordo com o depoimento de um professor: "...o contato com a Universidade e a participação no Projeto, me propiciou um novo olhar para o ensino de Física."

O Projeto incentivou o interesse dos professores em outros cursos de formação continuada, que abordem outros tópicos da Física e o desejo dos alunos por aulas mais participativas e que tratem os conteúdos de forma a verifica-los em seu dia a dia.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia

AMARAL, I. A. (1997). Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. Ciência & Ensino- Jornal Semestral do GEPCE, FE-Unicamp, n.03.

AXT,R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. (1990). Experimentação seletiva e associação à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em física. Ver. Ens. Fís.,vol.12, p. 139-158.

BAPTISTELLA, R.L. (1996). Educadores culpam escola por indisciplina. O Estado de São Paulo, 07 de outubro de 1996.

BARREIRO, A. C. M.; BAGNATO,V. (1992). Aulas demonstrativas nos cursos básicos de física. Cad. Cat. Ens. Fís.,vol.09,n.03, p. 238-244.

BROSS, A. N. M. (1990). Recuperação da memória do ensino experimental de física na escola secundária brasileira, USP, SP. Tese de Mestrado.

CARVALHO, A . M.P. De E GIL-PÉREZ, D. (1993). Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações. Campinas, SP, Cortez.

CARVALHO, A.M.P.; PÉREZ, D.G.(1992). As pesquisas em Ensino Influenciando a Formação de Professores. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.14, n.04, p.247-252.

CASTRO, B. A. C. (1999). O Projeto de Educação Continuada da Estação Ciência: Um Estudo de Caso. Tese de Mestrado.

CASTRO, R. S.; CERQUEIRA, F.E.M. (1992). Atividades experimentais: canal de interlocução com professores em treinamento. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.14, n.04, p.205-208.

COLLARES, C.A.L. E MOYSÉS, M. A. A. (1995). Educação Continuada. Cadernos CEDES, n. 36. Campinas, SP, Papirus, p.95-111.

ECO, U. (1997). Como se faz uma tese. Perspectiva, SP, 14ª ed.

FERREIRA, N. C. (1978). Proposta de laboratório para a escola brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de física, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

FREIRE, P. (1982). Educação e Mudança. Rio de Janeiro, RJ, Paz e Terra, 5ª ed.

FREIRE, P. (1996). Educação como Prática da Liberdade. Rio de Janeiro, RJ, Paz e Terra, 22ª ed.

GIRALDO, V. A. (1996). Aulas de laboratório usando material experimental conceitual, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

GIRCOREANO, J. P. (1997). O ensino da óptica e as concepções sobre luz e visão, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

GIRCOREANO, J.P. (1999). "Óptica no laboratório: desafios para as concepções espontâneas". XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física.

HAMBURGER, A.I. (1988). Epistemologia da Física para Formação de Professores. São Paulo, SP, IFUSP/P-749 (publicação interna).

HAMBURGER, E.W. (1991). Aperfeiçoamento de Professores do Ensino público. São Paulo, SP. IFUSP/P-893 (publicação interna).

HAYDT, R. C. (1995). Avaliação do Processo Ensino- Aprendizagem. São Paulo, SP, Ática, 5ªed.

HORODYNSKI-MATSUSHIGUE, L.B.; PASCHOLATI ,P . R.; MORALLES ,M. ; YONEAMA, M.L.; DIAS,J.F.; SEALE,W.A.; SIQUEIRA,P.T.D. (1997). Os objetivos do Laboratório Didático na Visão de Alunos Ingressantes no Bacharelado em Física no IFUSP e de seus Professores. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.19, n.02, p. 287-297.

LDB (1998). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

MARTINS, J. E. (1996). Ambientes de aprendizagem & experimentoteca ludoteca. USP, SP. Dissertação de Mestrado.

MENEZES, L. C. (1998). Formação Disciplinar e Desenvolvimento de Competências na Educação Básica. (publicação interna).

NARDI,R. (1998). Questões Atuais no Ensino de Ciências. São Paulo, SP. Escrituras.

NEDELSKY, L. Science teaching and testing. New York, Harcourt, Brace & World, 1965.

PACCA, J.L.A.(1992). O profissional de Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.14, n.01, p.39-42.

PACCA, J.L.A.; VILLANI,A.(1997). Estratégias de Ensino e Mudança Conceitual na Atualização de Professores. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.14, n.04, p.222-228.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (ENSINO MÉDIO). Linguagens, Códigos e suas Tecnologias. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

REGULAMENTAÇÃO DAS DIRETRIZES DO ENSINO MÉDIO

SAAD, F. D. (1983). Laboratório didático de física no ensino experimental, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

SCHIMDT, I. P. (1995). O que há por trás do laboratório didático, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA, SONIA KRAPES. (1982). Estudo das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos, USP, SP. Dissertação de Mestrado.

VIANNA, H. M. (1997). Introdução à Avaliação Educacional, São Paulo, SP, Ibrasa.

VILLANI, A. (1991). Planejamento Escolar: um instrumento de atualização dos professores de ciências. Revista de Ensino de Física, vol.13.

VILLANI, A. E PACCA J. L. A. (1992) Teoria e Prática Didática na Atualização de Professores de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.14.

VILLANI,A.; PACCA, J.L.A. (1992). Teoria e prática didática na atualização de professores de física. Rev. Bras. Ens. Fís., vol.14, n.02, p. 113-119.

VILLANI,A.; PACCA, J.L.A.(1997). A competência dialógica do professor de Ciências no Brasil. Trabalho apresentado na XX ANPED.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ficha de inscrição para Palestra sobre o Ensino de Ótica Moderna

ome .....

..... RG .....

dereço para correspondência .....

.....

irro .....

EP ..... Cidade ..... Estado .....

l. (.....) ..... Fax (.....) .....

urso de formação do candidato .....

.....

scola onde concluiu o curso de graduação .....

.....

scola (s) onde leciona .....

.....

isciplina (s) que leciona .....

.....

érie (s) ..... 1º Grau ( ) 2º Grau ( )

Estação Ciência

Centro de Divulgação Científica da Universidade de São Paulo - USP em convênio com o
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Rua Guaicurus 1274 Lapa 05033-002 São Paulo, SP
Telefone (011) 263.7022 e Fax (011) 263.2798

Home page: http://www.usp.br/geral/cultura/EC/

e-mail: info@eciencia.usp.br

Horário para visitantes

terça a sexta-feira, das 8 às 18 horas; sábados, domingos e feriados, das 13 às 18 horas

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1. Qual o seu interesse em participar do curso de extensão?

2. Qual o seu interesse em participar do desenvolvimento do Projeto?

APÊNDICE 2

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

Ensino de Ótica Moderna
Capacitação de Professores,
Desenvolvimento de Experimentos e Demonstrações:
Impacto no Ensino Público

PROFESSORES RESPONSÁVEIS PELO CURSO

PROF. DR. MIKIYA MURAMATSU
PROF. DR. RICARDO J. HOROWICZ
PROF. DR. TOMAZ CATUNDA

INSTITUTO DE FÍSICA - USP

Questionário de Avaliação do Curso

Sua opinião é valiosa e indispensável para que possamos avaliar e aprimorar nossos cursos. Agradecemos antecipadamente sua colaboração no preenchimento deste questionário. Por favor antes de responder leia atentamente todas as questões.

ESTAÇÃO CIÊNCIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

Nome (opcional):_____

Assinale nas escalas das questões abaixo, o número correspondente a sua avaliação, de acordo com o critério que se segue:

Número	1	2	3	4	NA
Conceito	Totalmente insatisfeito	Não satisfeito	satisfeito	Plenamente satisfeito	item não avaliado

Questões					Comentários
1) Quanto ao objetivo proposto pelo curso?					
1	2	3	4	NA	
2) Quanto ao conteúdo desenvolvido no curso?					
1	2	3	4	NA	
3) Quanto a apresentação dos conteúdos no curso?					
1	2	3	4	NA	
4) Quanto a organização do curso?					
1	2	3	4	NA	
5) Quanto ao seu aproveitamento no curso?					
1	2	3	4	NA	
6) Quanto a duração do curso?					
1	2	3	4	NA	
7) Quanto à carga horária das atividades?					
1	2	3	4	NA	
8) Quanto às condições físicas das salas utilizadas?					
1	2	3	4	NA	

ESTAÇÃO CIÊNCIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

9) Quanto à Infra-estrutura de apoio (atendimento, serviços, etc)?					
1	2	3	4	NA	

10) Quanto ao material didático distribuído (compreensão, suficiente ou não)?					
1	2	3	4	NA	

11) Quanto à viabilidade da aplicação, na escola, dos conhecimentos adquiridos?					
1	2	3	4	NA	

Questões abertas:

1) O que o(a) motivou a fazer o curso?

_____

_____

2) O curso correspondeu as suas expectativas?

_____

_____

3) O que ficou faltando para atender seus objetivos?

_____

_____

4) Em que aspectos o curso lhe ajudou mais?

_____

_____

5) Qual(is) foi(ram) a(s) atividade(s) que mais lhe agradou(ram): experiencia, palestra , visita. Discrimine-a(s).

_____

_____

6) Qual sua avaliação sobre o projeto como um todo?

_____

_____

7) Que contribuições a Estação Ciência pode trazer para a sua prática pedagógica?

_____

_____

8) Como tomou conhecimento deste curso?

( ) Delegacia de Ensino
( ) Escola
( ) Outro Professor
( ) Através da Mídia
( ) Outro Qual? _____

APÊNDICE 3

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

CURSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

ÓTICA MODERNA PARA O 2º GRAU

Local:
Instituto de Física da USP - Laboratório Didático

Período:
13 de setembro a 08 de novembro de 1997/09/13 - aos sábados

Coordenação do projeto:
Ernst W. Hamburger

Responsáveis pelo curso:
Mikiya Muramatsu
Ricardo J. Horowicz
Tomaz Catunda

Coordenação Pedagógica dos Cursos da Estação Ciências-USP:
Dalva M. R. Tavares

Innstrutores:
Felix C. da Silva
Gilder Nader
José Aguirre Gomesz
Luiz Pinheiro Silva

Auxiliares:
Carla Cardoso
Elmar Rodrigues
Jocemar Regina Ribeiro
Josmar Gomes de Carvalho

Estação Ciência
Centro de Divulgação Científica da Universidade de São Paulo - USP em convênio com o
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Rua Guaicurus 1274 Lapa 05033-002 São Paulo, SP
Telefone (011) 263.7022 e Fax (011) 263.2798
Home page: http://www.usp.br/geral/cultura/EC/
e-mail: info@eciencia.usp.br

Horário para visitantes
terça a sexta-feira, das 8 às 18 horas; sábados, domingos e feriados, das 13 às 18 horas

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

PROGRAMAÇÃO

DATA	EXPERIÊNCIA/ATIVIDADE	OBSERVAÇÃO
13/09/97 Tarde	Determinação de distância focal de lentes. Instrumentos ópticos.	**Turma A**
	Determinação do índice de refração	**Turma B**
20/09/97 Manhã	Determinação do índice de refração	**Turma A**
	Determinação de distância focal de lentes. Instrumentos ópticos.	**Turma B**
27/09/97 Tarde	Interferência e difração. Palestra: **Interferometria, interpretação e intuição: Uma introdução conceitual à Física Quântica** Osvaldo Pessoa Jr. (IEA)	**Turma A**
	Interferometria de Michelson	**Turma B**
04/10/97 Manhã	Interferometria de Michelson	**Turma A**
	Interferência e difração. Palestra: **Interferometria, interpretação e intuição: Uma introdução conceitual à Física Quântica** Osvaldo Pessoa Jr. (IEA)	**Turma B**
11/10/97 Tarde	Polarização da luz	**Turma A**
	Espectroscopia	**Turma B**
18/10/97 Manhã e Tarde	Visita aos laboratórios de pesquisa do Instituto de Física da USP – São Carlos (Transporte e horário a combinar)	**Turma A** **e** **Turma B**

ESTAÇÃO CIÊNCIA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

25/10/97 Tarde	Espectroscopia	**Turma A**
	Polarização da luz	**Turma B**
08/11/97 Tarde	Palestra: ▪ **Princípios do laser** Ricardo Horowicz ▪ **Medida de rugosidade por técnicas óptica** Mikiya Muramatsu	**Turma A** **e** **Turma B**

Observações:

- **Os alunos serão divididos em dois grupos: Turma A e Turma B**
- **Manhã das 8h às 12h**
- **Tarde das 14h às 18h**
- **Haverá visitas aos laboratórios de pesquisa do IFUSP (em horário a combinar)**

APÊNDICE 4

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

MANUAL DO PROFESSOR
E
ROTEIRO DO ALUNO.

ENSINO DE ÓPTICA (KIT USP)

Professores Participantes:

Inês Variane
João Luis Branquinho
Lourival Antonio Carbinatti
Regina Helena

ÍNDICE

UNIDADE I

Atividade 1

I-Título: *Quando vemos um objeto.(corpo)*

II-Resumo: O olho é um dos orgãos dos sentidos que nos coloca em contato com o mundo exterior a partir do momento que passa a receber impressões luminosas, pois nos permite diferenciar, o claro e o escuro,as formas ,as cores,a proximidade ou distância dos corpos bem como suas dimensões. Para vermos um corpo ele deve enviar luz aos nossos olhos.

III-Conteúdo **conceitos de:**

a)-corpo luminoso OU fonte de luz
b)-corpo iluminado
c)-reflexão

IV-Objetivos:

1-Concluir que vemos um corpo quando ele produz ou reflete luz,e essa luz chega aos nossos olhos.

2-Distinguir,entre vários corpos,os que são luminosos e iluminados.

V-Definição:

1-**Corpo luminoso**
aquele que emite luz própria.Ex.sol,fósforo,vela,lâmpada,etc.

2-**Corpo iluminado**
aquele que emite luz proveniente de outro objeto.Ex.lua,borracha,montanha ,etc.

3-**Reflexão**
é o fenômeno físico em que a luz ao incidir sobre um corpo retorna para o mesmo meio de onde partiu.

VI-Metodologia:

Para demonstrar que os corpos produzem ou refletem a luz é necessário colocá-los inicialmente em um ambiente totalmente escuro (camara escura) no qual não se possa visualiza-los,e após a observação desse ambiente(no escuro) deve-se iluminá-lo,evidenciando os corpos no seu interior.

VII-Material Necessário:

1)-estojo do kit (vazio)
2)-corpos variados,borracha,lápis,caneta etc.
3)-fonte de luz do kit

VIII-Procedimento:

1)-Olhe pelo orifício o interior do estojo fechado. (vazio)

O que foi observado? Anote o que viu.

.....
.....
.....
.....
.....

2)-Coloque corpos(lápis,borracha,caneta,apontador,etc.) no interior do estojo,feche-o e observe novamente.

O que você viu? Anote.

.....
.....
.....
.....
.....

3)-Tire os corpos do interior do estojo,e coloque a fonte do kit ligada,e observe mais uma vez.

O que aconteceu? Anote.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4)-Coloque novamente os corpos no estojo,com a fonte do kit ligada,feche-o e observe novamente.

O que poderá ser observado agora? Anote o que aconteceu.

.....
.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

1-O que aconteceu de diferente nas quatro observações feitas?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2-Qual a função da fonte ligada no interior da caixa?

.....
.....
.....
.....
.....

3- Qual a diferença entre a fonte do Kit e os outros corpos dentro do estojo?

.....
.....
.....
.....
.....

4-Com esse experimento,o que você pode concluir a respeito de: como vemos os objetos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

Portanto:como você já concluiu,para enxergarmos um corpo a luz precisa chegar até ele e voltar para nossos olhos. Dizemos então que a luz refletiu no corpo e a esse fenômeno damos o nome de: **Reflexão.**

Assim como a fonte do kit, **Corpo luminoso** é aquele que emite luz própria.

Corpo iluminado é aquele que emite luz provieniente de um corpo luminoso,como por exemplo os que foram iluminados pela fonte no interior do estojo.

Fonte de luz é todo corpo que emite luz proviniente dele mesmo ou de um terceiro.

Ex: Sol-fonte primária

Lua cheia-fonte secundária.

5-Agora faça uma relação de:

corpos luminosos	corpos iluminados

6-O que é reflexão da luz?

.....

.....

.....

.....

.....

7-Encontre no caça palavras abaixo 5 corpos luminosos e 10 iluminados.

r	u	a							l	u	a
e	s	t	r	e	l	a	á	c	á	t	a

r	a	i	o	s	a	i	r	a	p	a	r
r	é	g	u	a	s	o	v	l	i	m	
c	e	a	r	e	s		o	s	s	u	
e	s	t	o	r	e	b	r	a	s	a	
a	p	o	i	o	s	t	e	r	r	a	
v	e	l	a		a	c	e	s	a	r	
a	l	u	g	u	a	r	a	n	á	a	s
	h	o	r	a	r	t	i	j	o	l	o
l	o	v	a	g	a	l	u	m	e	a	l

UNIDADE I

Atividade 2

I-Título-O que pode acontecer com a luz quando ela atinge um corpo.

II-Resumo:A luz ao atingir um corpo pode encontrar desde a total resistência à sua passagem pelo mesmo,até a sua passagem com total facilidade.Quando ocorre a passagem;parte da luz incidente atravessa, parte é absovida e outra parte é refletida.

III- Conteúdo :

conceito de :

a)-meio opaco
b)-meio transparente
c)-meio translúcido
d)-meio óptico
e)-vácuo

IV -Objetivo

1-Identificar meios de propagação da luz e classificá-los.

V-Definição

1-**Meios opacos**-são os materiais que a luz não atravessa.Ex:madeira,borracha.etc

2-**Meios transparentes**-são os materiais que deixam a luz passar quase que em sua totalidade.Ex: vidro,acrílico,etc.

3-**meio translúcido**-é aquele material que só deixa passar pequena parte da luz incidente.Ex: plástico,papel vegetal,etc.

4-**meio óptico**-é todo meio que a luz atravessa inclusive o vácuo

5-**vácuo**-lugar imaginário ou real com usência de matéria.A total ausência do ar seria o vácuo perfeito.

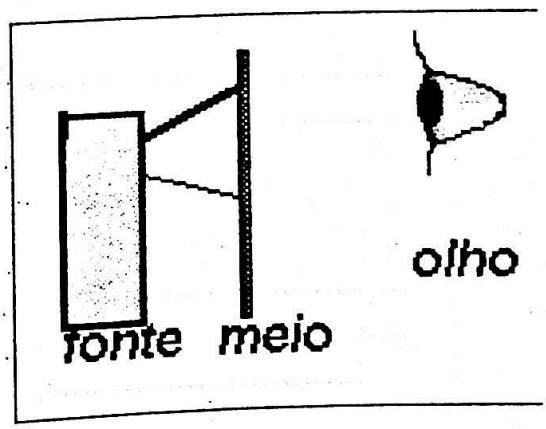
VI- Metodologia

Para demonstrar os meios de propagação da luz é necessário um ambiente escuro pelo qual provoca-se um feixe de luz que propagar-se-á da fonte até um anteparo,entre esse anteparo e a fonte coloca-se substâncias diferentes para se observar em quais delas a luz atravessa parcialmente,totalmente ou não consegue atavessar.

VII- Material Necessário:

1)-fonte de luz do kit
2)-folha de papel branco
3)-vidro(lâmina de faces paralelas do kit)
4)-semi circulo de acrílico do kit (face opaca)
5)-tampa do estojo do kit
6)-diafragma de fendas do kit

VIII-Procedimento



1)-Ligue a lanterna do kit

2)-Monte o esquema ao lado para com a tampa do kit e anote o que você observou.

.....
.....
.....
.....
.....

3)-Proceda da mesma forma usando:

a)- diafragma de fendas

.....
.....
.....
.....

b)-folha de papel

.....
.....
.....
.....

c)-semi círculo de acrílico

.....
.....
.....
.....

d)-lâmina de vidro do kit.

.....
.....
.....
.....

XI-Responda:

1-O que aconteceu de diferente nas 5 obsrvações feitas.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2-Em quais materiais a luz não atravessa?

.....
.....
.....
.....

3-Em quais materiais a luz atravessa?

.....
.....
.....
.....

4-Existe diferença na intensidade (quantidade)de luz que atravessa os materiais?Explique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5-Com esse experimento, o que você pode concluir a respeito de :o que acontece com a luz,quando atinge um copo.

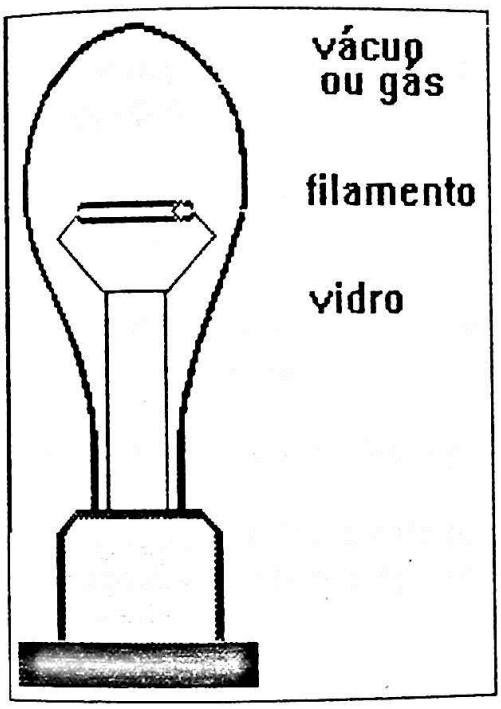
.....
.....
.....
.....
.....
.....

*Portanto:*Chamamos de **meios opacos**,os materiais que a luz não atravessa. Os meios que luz atravessa são chamados **meios translúcidos** ou **meios transparentes**.Nos **meios translúcidos** pequena parte da luz atravessa e nos **meios tansparentes** grande parte da luz atravessa.Tanto nos meios translúcidos como nos transparentes,a parte da luz que não atravessa ,um pouco é **absorvida** pelo material e um pouco é **refletida.**

5-Faça uma relação de:

meios opacos	meios translúcidos	meios transparentes

Obs.Todos os meios que a luz atravessa inclusive o vácuo são chamados de **meios ópticos.**



6-Quais meios ópticos a luz atravessa desde que sai do filamento de uma lâmpada e chega até os seus olhos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

UNIDADE I

Atividade 3

I-Título:Como a luz se propaga nos meios ópticos

II-Resumo: Considerando meios ópticos,os meios que a luz atravessa ,a trajetória será retilínea sempre que o meio for homogêneo.

III-Conteúdo **conceitos de:**

a)-trajetória
b)-meio homogêneo
c)-propagação retilínea da luz
d)-feixe luminoso
e)-raio luminoso

IV-Objetivo:

1-Verificar que a luz se propaga em linha reta em meios ópticos homogêneos

V-Definição:

1-**Trajetória** é o caminho percorrido pela luz,independente do sentido de sua propagação.

2-**Meio homogêneo** é o meio óptico que possui a mesma densidade em toda sua extensão.

3-**Raio luminoso** é a linha que traçamos para indicar a direção e o sentido da propagação da luz.

4-**Feixe luminoso** é um conjunto de raios luminosos.

5-**Propagação retilínea da luz** é o princípio que determina como a luz se propaga nos meios transparentes e homogêneos (ópticos)

VI-Metodologia:

Para demonstrar que a luz caminha em linha reta é necessário criar um ambiente escuro e provocar um feixe de luz,que propagar-se-á através de meios transparentes e homogêneos.

VII-Material Necessário:

1)-folha de papel
2)-lanterna do kit
3)-bloco de vidro com uma face rugosa
4)-bloco semi circular de acrílico
5)-diafragma de fendas do kit

VIII-Procedimento:

1)-Coloque o diafragma de fendas(chapa preta)sobre a folha de papel,ligue a lanterna e ajuste-a para obter um feixe luminoso estreito .

O que você observou? Anote o que viu.

.....

.....

.....

.....

2)-Marque um ponto onde o feixe luminoso começa próximo a fenda.

3)-Marque mais 5 pontos sobre o centro do feixe até o final dele sobre o papel.

4)-Desligue a lanterna,retire a fenda e com uma régua una os pontos marcados sobre o papel.

O que poderá ser observado? Anote o que aconteceu.

.....

.....

.....

.....

.....

5-Coloque o diafragma de fendas sobre o papel,ligue a lanterna e obtenha um feixe longo estreito.

6-Coloque o semi círculo de acrílico encostado na fenda,com a face rugosa para baixo.

7-Olhando por cima , veja a trajetória da luz dentro do bloco.

Anote o que observou.

.....

.....

.....

.....

8-Repita os procedimentos 5,6e7 com o bloco retangular de vidro com uma face rugosa. Anote o que você observou.

.....

.....

.....

.....

IX-RESPONDA:

1-Com esse experimento o que você pode concluir a respeito de:como a luz se propaga nos meios homogêneos e transparentes?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

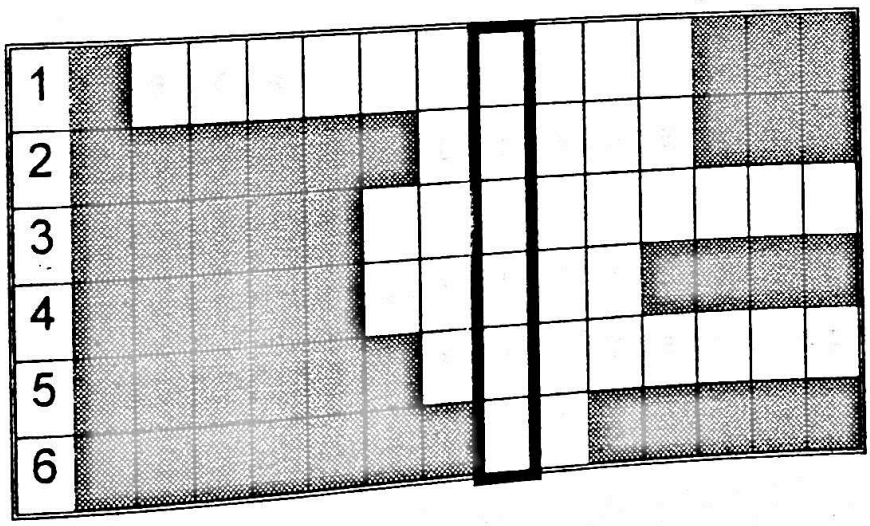
.....

Portanto: todo meio homogêneo transparente é definido como meio óptico. Em meios ópticos a luz se propaga em linha reta (trajetória retilínea).

7-Faça a cruzadinha e encontre na **vertical** em destaque o nome da **ciência que estuda a luz.**

horizontais

1-nome dado ao caminho percorrido pela luz
2-nome dado ao meio que a luz não atravessa
3-tipo de propagação da luz em meios transparentes e homogêneos
4-ao colocar a lanterna na fenda você obteve um .....luminoso
5-produto químico com qualidade óptica semelhante ao vidro.
6-meio óptico muito abundante ao nosso redor.



Atividade 4

I-Título:Aplicação da propagaçao retilínea da luz.

II-Resumo: Quando um meio opaco está envolvido por um meio óptico e a luz chega até esse sistema,ela não atravessará o meio opaco e projetará a sombra do objeto em esutudo.Graças à propagação retilínea da luz no meio óptico envolvente,podemos calcular a altura desse corpo opaco através da medida da sombra projetada.

III-Conteúdo- conceitos de:

a)-sombra
b)-penumbra
c)-semelhança de triângulos
d)-ângulo

IV-Objetivo:

1-Usar a propagação retilinea da luz,para se calcular a altura de um corpo,através de sua sombra projetada.

V-Definição:

1-**sombra** é uma região que não recebe luz da fonte que está sendo considerada.

2-**penumbra** -região parcialmente iluminada,porque recebe apenas parte da luz da fonte considerada.

3-**semelhança de triângulos** é a relação matemática entre triângulos retângulos de diferentes tamanhos.

4-**ângulo**- é a região determinda pela abertura de duas retas que possuem um ponto comum.

VI-Metodologia: Para aplicar a propagação retilínea da luz,é necessário projetar uma sombra do corpo em estudo por uma fonte de luz que produza feixes paralelos(sol),e compará-la com uma segunda sombra de um corpo que temos acesso às suas dimensões,Na impossibilidade do feixe paralelo usa-se um raio de luz para alinhar os corpos.

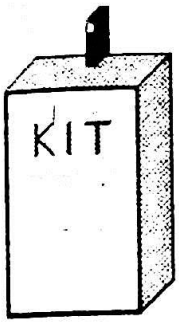
VII-Material Necessário:

1)-estojo do kit(vazio)
2)-2 lanternas do kit
3)-régua de 30 cm

4)-folha de papel

VIII-Procedimento:

1-Coloque o estojo do kit em pé como se fosse um prédio sobre a mesa.



2-Coloque uma folha de papel com a extremidade em baixo do estojo do kit,para que ela fique presa sobre a mesa

3-Ligue uma lanterna e coloque-a em pé sobre o estojo, alinhando-a com a parte de trás do estojo.

4-Meça cuidadosamente a distância entre a base do estojo e o fim da sombra que você está vendo sobre o papel. Anote o resultado em milímetros.

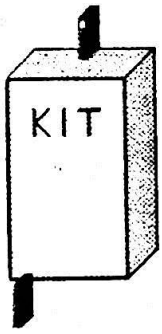
.....

.....

5-Pegue a outra lanterna(ou qualquer corpo opaco),meça seu comprimento .Anote o resultado em mm.

.....

..



6-Coloque essa lanterna apagada(ou qualquer outro corpo opaco)sobre o papel de modo que a sua sombra fique alinhada com a sombra do estojo

7-Meça a distância entre a base da lanterna e o final da sombra.Anote o ressultado em mm.

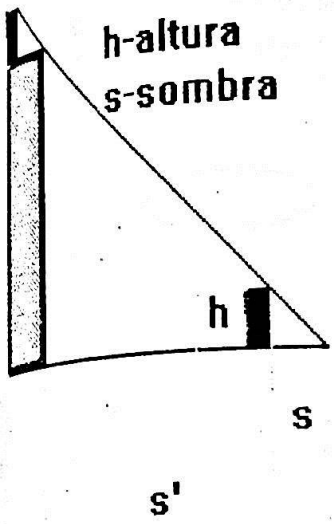
.....

..

8-Transfira as medidas obtidas para a figura abaixo:

9-Usando a semelhança de triângulos,calcule a altura(**h'**) do estojo.

$$\frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

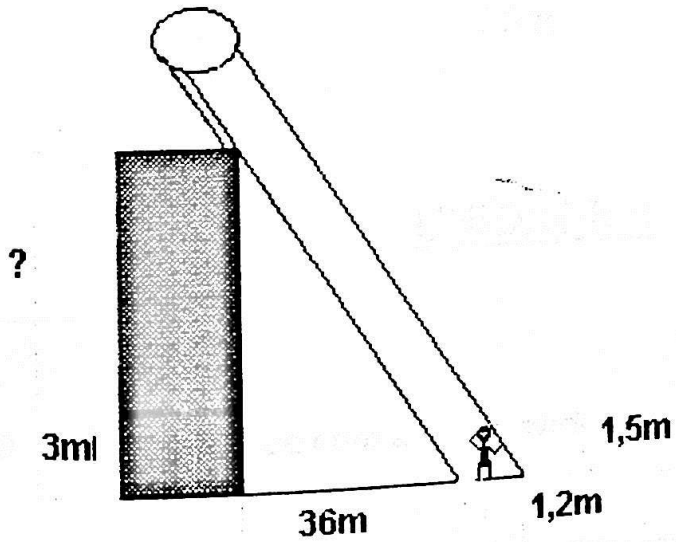


10-Confira o resultado obtido medindo o estojo com a régua.Anote.

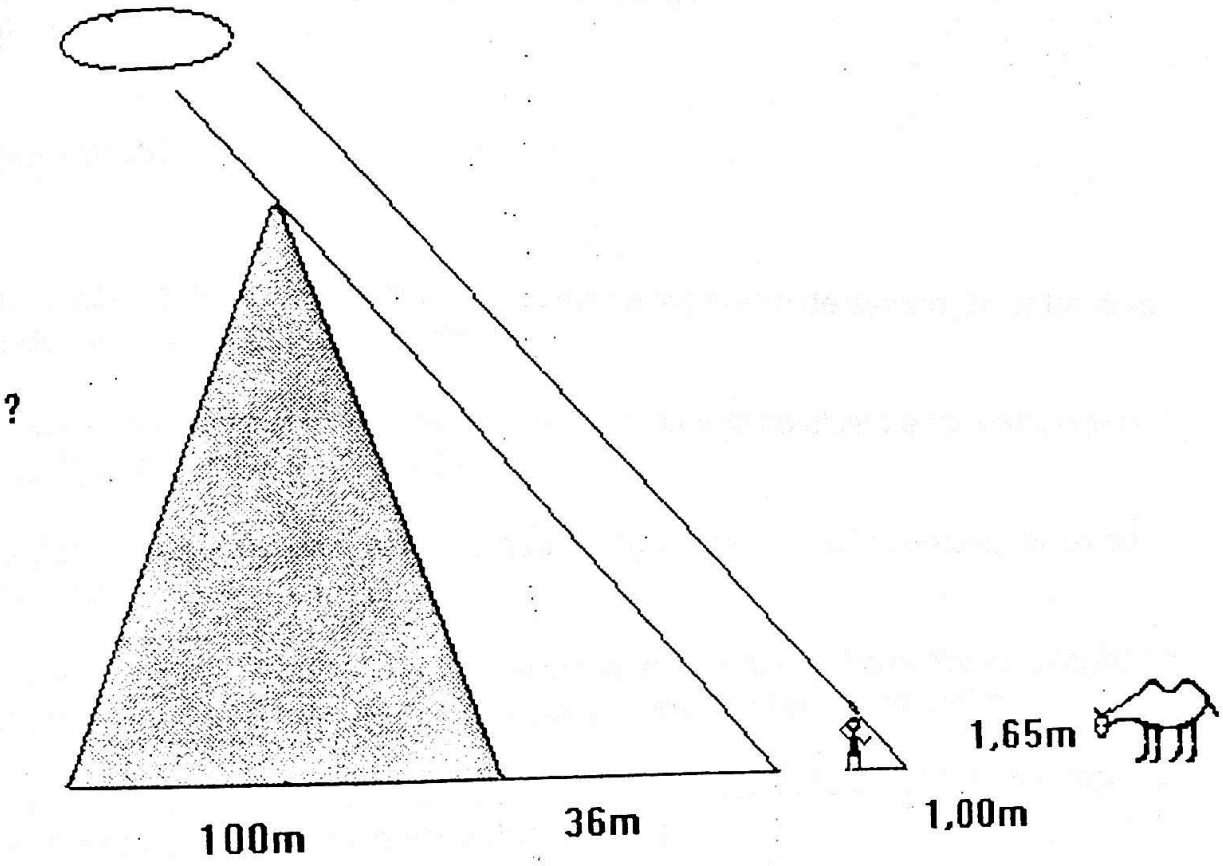
.....

Desafio:

1-A sombra de um prédio em determinado momento do dia é 36m, no mesmo horário um aluno de 1,5m de altura projeta uma sombra de 1,2m no chãoQuantos andares possui o prédio se cada um mede 3m de altura?



2-Ùm pesquisador quer saber a altura de uma das Pirâmides do Egito,mas subir até o seu ápice para a medição convencional ,haja coração!Ajude-o a calcular usando a luz do sol,que está projetando sombras no chão com as seguintes dimensões:



UNIDADE II

Atividade 1

Título: ***O que acontece com a luz quando atinge um objeto.***

Resumo: Quando jogamos uma bola contra uma parede ela bate e volta,deacordo com a direção que foi jogada.Algo semelhante acontece com a luz quando encontra um obstáculo(objeto),ela também bate e volta e a esse fenômeno damos o nome de reflexão da luz.

Conteúdo:

Conceitos

a)-reflexão
b)-reflexão difusa
c)-reflexão regular
d)-superfície refletora rugosa e polida(espelho)
e)-raio incidente e refletido
f)- ângulo de incidência e ângulo de reflexão
g)- normal

Objetivos:

1-Verificar que a reflexão da luz ocorre na superfície de separação entre dois meios voltando ao meio de origem.

2- Verificar que raio incidente é aquele que chega no objeto e raio refletido é aquele que volta após a incidência.

3- Conceituar normal e concluir que o ângulo do raio incidente é igual ao do refletido.

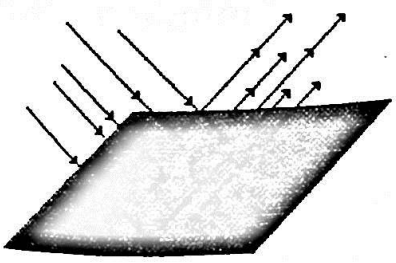
4-Verificar que reflexão regular da luz é aquela que volta numa só direção,ao incidir numa superfície regular(polida)também chamada de espelho.

5-Verificar que reflexão difusa da luz é aquela que volta em todas as direções, ao incidir numa superfície irregular (rugosa)

6-Concluir que vemos um objeto quando a reflexão é difusa.

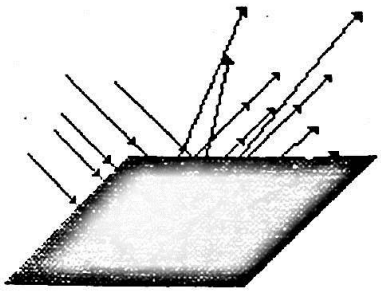
Definição:

1-**Reflexão**
é o retorno da luz ao meio do qual ela foi emitida, após atingir um corpo.



2-**Reflexão regular(ou especular)**
quando os raios de luz são refletidos todos na mesma direção.

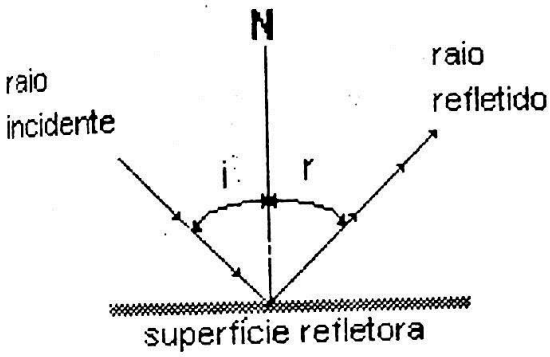
3-Reflexão difusa
quando os raios de luz são refletidos em diversas direções.



4-Raio incidente
é o raio de luz que chega até o corpo

5-Raio refletido
é o raio que volta do corpo

6-Ângulo de incidência (i)



é o ângulo formado entre os raio de incidência e a normal

7-Ângulo de reflexão (r)
é o ângulo formado entre o raio refletido e a normal.

8-Normal (N)
reta auxiliar (imaginária) perpendicular à superfície refletora no ponto de incidência.

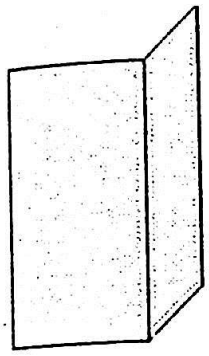
VI-Metodologia:

Para fazer um estudo da reflexão é necessário criar um ambiente escuro e incidir um feixe de luz em uma superfície polida(espelho) e depois analisar de forma geométrica o fenômeno físico.

VII-Material

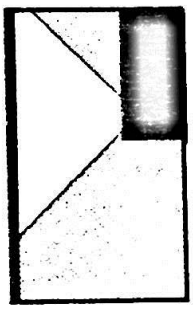
1-lanterna do kit
2-diafrágma do kit
3-espelho do kit
4-folha com traçado

VIII-Procedimento



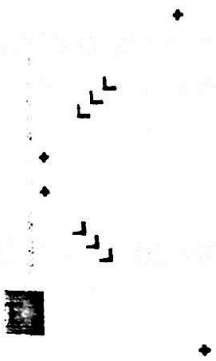
1)-Coloque o espelho plano na vertical,em cima de uma folha de papel e marque sua posição.

2)-Posicione a fonte de luz na fenda do diafragma,obtenha um feixe paralelo e faça-o incidir no espelho.
O que foi observado?

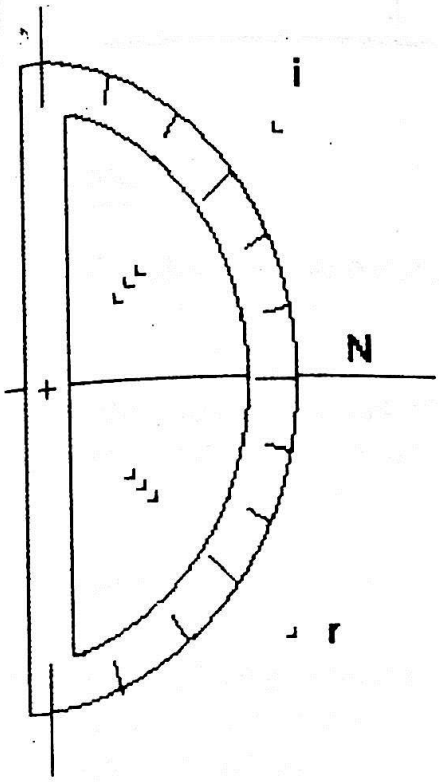


.....
.....
.....

3)-Marque dois pontos no feixe que chega ao espelho (incidente) e dois no feixe que volta do espelho(refletido)



4)-Retire o espelho e faça o traçado do raio incidente e do raio refletido, usando os pontos marcados no papel.



5)-Posicione um transferidor na linha do espelho e trace uma perpendicular(90^0) passando pelo ponto de incidência.

6)-Chame essa reta de normal (N).

7)-Meça o ângulo formado entre o raio incidente(i) e a normal (N).
Anote o valor obtido.

.....
.....
.....

8)-Meça o ângulo formado entre o raio refletido (r) e a normal (N).
Anote o valor obtido.O que pode ser observado?
.....
.....
.....

9)-Repita o procedimento varias vezes,mudando a posição do raio incidente,inclusive na posição da normal..

10)-Coloque os valores na tabela abaixo:

raio incidente (i)	raio refletido (r)

UNIDADE II

Atividade 2

I-Título:Observando e estudando a Imagem no espelho plano.

II-Resumo: Para ver um objeto é necessário que a luz proveniente deste,chegue até nossos olhos,após sofrer reflexão.O fenômeno da reflexão é responsável pela formação de imagens.

III-Conteúdo:

a)-formação de imagem
b)-imagem simétrica
c)-imagem virtual

IV-Objetivos:

1-Verificar que ocorre formação de imagens,quando a luz é refletida nos espelhos.

2-Verificar a posição da imagem em um espelho plano(distância do objeto ao espelho e da imagem ao espelho).

3-Difinir imagem virtual.

4-Verificar a simetria da imagem e o objeto.

V-Definição:

1-**Imagem virtual**-é toda imagem formada pelo prolongamento dos raios refletidos.(atrás do espelho)

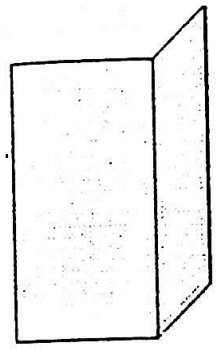
2-**Imagem é simétrica** porque cada ponto imagem corresponde a um ponto objeto,conservando o tamanho e a posição em relação ao espelho.

VI-Metodologia: Para verificar a formação de imagens em espelho plano é necessário colocar objetos diante dele num ambiente iluminado,e comparar o tamanho da imagem com o objeto,onde a imagem se forma ea distância entre eles e o espelho.

VII-Material Necessário:

1)-espelho plano
2)-folha de papel branco
3)-2 canetas ou lápis iguais
4)- uma régua.

VIII-Procedimento:



1)-Coloque o espelho na vertical apoiado sobre o papel.

2)-Posicione um objeto(caneta ou lápis) na frente do espelho.

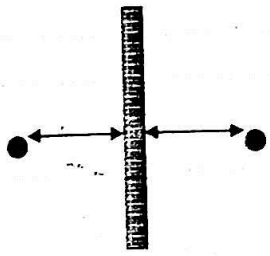
O que você pode observar? Anote.

.....
.....
.....
.....

3)-Posicione a 2ª caneta exatamente em cima da imagem formada.

4)-Trace uma reta marcando o espelho.

5)-Marque o lugar do espelho e do objeto



6)-Meça com uma régua a distância do espelho até a imagem.(d i)

Anote o resultado.

.....
.....
.....
.....
.....

7)-Meça também a distância do espelho até o objeto.(d o)

Anote o resultado

.....
.....
.....
.....
.....

8)-Afaste ou aproxime o objeto do espelho e repita o procedimento.

O que pode ser observado?

.....
.....
.....
.....
.....

9)-Coloque a lanterna com a palavra Panasonic diante do espelho.
O que pode ser observado?

.....
.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

1-Onde se formou a imagem do objeto que você colocou na frente do espelho?

.....
.....
.....
.....
.....

2-Quando você variou a distância do objeto o que ocorreu?

.....
.....
.....
.....
.....

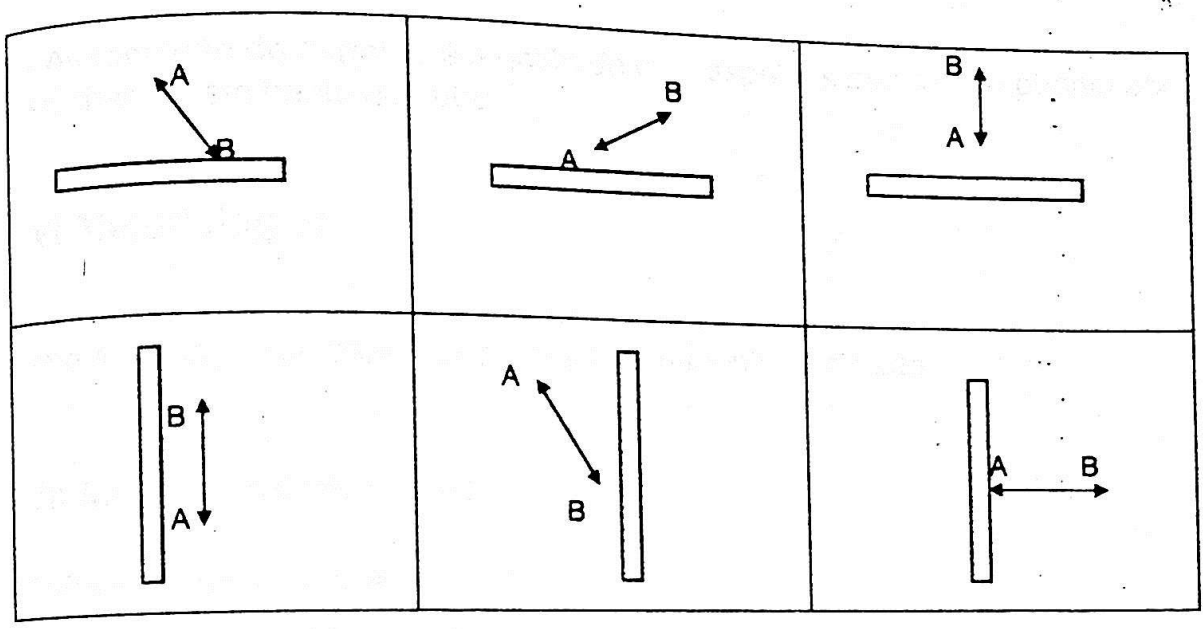
3-O que aconteceu com a palavra Panasonic que você colocou em frenteao espelho?

.....
.....
.....
.....
.....

4-Explique porque a palavra ambulância,bombeiro,normalmente está escrito invertida na frente do carro.

.....
.....
.....
.....

..... 5-Represente graficamente a imagem de cada objeto A,B do quadro abaixo(simetria):



Portanto:toda imagem formada atrás do espelho é chamada de imagem virtual e é simétrica.

UNIDADE II

Atividade 3

I-Título:Associação de espelhos planos

II-Resumo: Quando associamos dois espelhos planos teremos reflexões multiplas e formação multiplas de imagens.

III-Conteúdo:

a)-associação de espelhos planos.

IV-Objetivos:

Verificar as reflexões múltiplas em espelhos planos associados

V-Definição:

1-**Associação de espelho** é a união de dois espelhos planos que podem abrir e fechar um em frente ao outro.

VI-Metodologia:

Para formar reflexões multiplas é necessário colocar um objeto na frente de uma associação de espelhos planos em ambiente iluminado.

VII-Material Necessário:

1)-folha de papel sulfite
2)-dois espelhos articulados
3)-transferidor
4)-um objeto(lanterna)

VIII-Procedimento:

1)-Monte os espelhos articulados sobre a folha de papel,de tal forma que o ângulo θ formado entre eles seja de 120 graus.

2)-Coloque o objeto no centro dos dois espelhos,e anote o que ocorreu.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3)-Repita o mesmo procedimento para os ângulos θ de 90,60 e30 graus entre os espelhos e anote o que aconteceu.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4)-Faça tambem para ângulos θ que você desejar,e anote os resultados.

.....
.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

1-O que você observou quanto ao número de imagens,quando o ângulo θ entre os espelhos diminuiu?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2- Confira seus resultados obtidos experimentalmente usando a fórmula:

$$N = \frac{360^0}{\theta} - 1$$

UNIDADE III

Atividade 1

I-Título:O que acontece com a luz nos espelhos esféricos

II-Resumo: Com espelhos esféricos pode-se fazer alguns experimentos simples,como ro exemplo observar como são formadoas as imagens por esses componentes,principalmente quando se altera a distância do espellho ao objeto..

III-Conteúdo:

a)-espelho côncavo
b)-espelho convexo
c)-imagem virtual
d)-imagem real
e)-foco de um espelho
f)-distância focal(Equação de Gauss)

IV-Objetivos:

1-Identificar espelho côncavo e espelho convexo

2-Diferenciar e caracterizar imagens nos espelhos esféricos

3-Verificar o foco de um espelho esférico

V-Definição:

1-**Espelho esférico** é uma calota esférica na qual uma de suas superfícies é refletora.

2-**Espelho côncavo** é aquele que reflete a luz na parte interna da calota esférica.

3-**Espelho convexo** é aquele que reflete a luz na parte externa da calota esférica

4-**Imagem real** é formada pela convergência dos raios refletidos no interior do espelho côncavo.

5-**Foco de um espelho** é o ponto de encontro da convergência de todos os raios tefletidos nos espelhos esféricos

VI-Metodologia:

Para identificar espelho côncavo e espelho convexo,analizar imagens e caracterixá-la é necessário em um ambiente eiluminado posicioná-los diante dos olhos para análise.

VII-Material Necessário:

1)-espelho côncavo inteiro
2)-espelho semicircular

VIII-Procedimento:

1)-Posicione o espelho côncavo cerca de 5 cm do olho

2)-Observe a imagem do seu olho

3-Afaste o espelho um pouquinho de cada vez e descreva o que pode observar.

.....
.....
.....
.....
.....

4)-Como a imagem do olho se modifica a medida que você afasta ou aproxima o espelho?

.....
.....
.....
.....

5-Repetir todos os procedimentos anteriores utilizando espelho convexo.Anote o que pode ser observado.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

1-Que tipo de espelho é utilizado nas seguintes situações:Por quê?

a)porta de garagem

.....
.....

b)retrovisor de carro

.....
.....

c)espelho de dentista

.....
.....
.....

2-Como você relacionaria uma colher(polida) com espelhos esfericos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3-Com esse experimento o que você pode concluir a respeito de espelhos esféricos?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Portanto:como você concluiu,as superfícies refletoras esféricas(côncava ou convexa) formam diferentes tipos de imagens que podem ser úteis para aplicações em nossas necessidades do cotidiano.

UNIDADEIII

Atividade 2

I-Título:Como a luz se comporta (geometricamente) nos espelhos esféricos

II-Resumo:Nos espelhos esféricos a luz é refletida em forma de cone convergindo para um único ponto o foco,formando imagem real nos côncavos e virtual nos convexos e essa manifestação física pode ser estudada geometricamente..

III-Conteúdo:

a)-centro de curvatura(**C**)
b)-eixo principal(**AB**)
c)-foco (**F**)
d)-distância focal

IV-Objetivos:

1-Determinar a distância focal dos espelhos esféricos

2-Projetar a imagem real de um espelho côncavo e calcular a distância focal.

V-Definição:

1-**Centro de curvatura** é o centro da esfera com que o espelho foi construido.

2-**Eixo principal** é a reta que passa pelo centro de curvatura e pela região mediana do espelho.

3-**Foco** é o ponto onde se encontram todos os raios refletidos,sobre o eixo preincipal.

4-**Distância focal** é a distância do foco a superfície doespelho sobre o eixo.

VI-Metodologia:

Para verificar o foco e determinar a distância focal dos espelhos esféricos é necessário que se incidam dois feixes paralelos nos espelhos em um ambiente escuro e marque o cruzamento dos raios emergentes sobre o eixo principal.

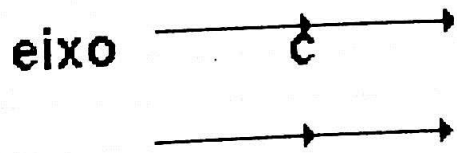
VII-Material Necessário:

1)-espelho côncavo
2)-espelho convexo
3)-duas lanternas
4)-régua
5)-diafrágma
6)-papel sulfite
7)-lápis

VIII-Procedimento:

1)-Monte os elementos sobre a folha de sulfite
2)-Marque a posição do espelho côncavo(semicircular)

3)-Faça incidir dois feixes de luz paralelos sobre o espelho



4)-Assinale dois pontos em cada um dos raios incidentes e tembém dos raios refletidos

5)-Desmonte os elementos.

6)-Desenhe o espelho ea trajetória dos raios incidentes e refletidos,unindo os pontos marcados anteriormente

7)-Assinale o foco (F) do espelho no desenho,meça a distância do F até ao espelho e anote o resultado.A distância focal é:

.....
.....
.....
.....
.....

8)-Repita procedimento anterior substituindo o espelho côncavo pelo convexo.
.....
.....

.....
.....

IX-RESPONDA:

1-Qual a diferença entre o foco do espelho côncavo e o foco do espelho convexo?

.....
.....
.....
.....

2-Em que tipo de espelho o foco é real?Comente.

.....
.....
.....
.....
.....

3-Em que tipo de espelho foco é virtual?Comente.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Portanto: quando o foco é formado pelos raios que convergem do sistema dizemos que é real,porém quando o foco é formado pelo prolongamento dos raios divergentes do sistema dizemos que é virtual.

UNIDADE IV

Atividade 1

I-Título:O que acontece com a luz quando muda de meio.

II-Resumo:.Quando um raio de luz que propaga -se em em dado meio,muda de meio de propagação,ele muda sua direção sofrendo um desvio.Este fenômeno chamado de refração da luz é regido pela lei de Snell.(Descoberta em 1621 pelo matemático e astrônomo Holandês,Wilebrord Snell)

III-Conteúdo:

a)-índice de refração de um material
b)-lei de Snell

IV-Objetivos:

1-Aplicar a lei de Snell
2-Determinar o índice de refração do acrílico
3-Determinar a velocidade da luz no acrílico

V-Definição:

1-Índice de refração é uma grandeza admencional ,que caracteriza os materiais sobre o ponto de vista óptico,definido como:

$$n = \frac{C}{V}$$

onde C → velocidade da luz no vácuo($3{,}0 \times 10^8$ m/s)
V→ velocidade da luz no material.

2-Lei de Snell é dada pela expressão matemática:

$$\boxed{n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r}$$

onde;

n_1 → índice de refração do meio 1(ar no caso)
i →ângulo de incidência no meio 1
n_2 → índice de refração do meio 2(acrílico no caso)
r →ângulo de refração no meio 2

VI-Metodologia:

Para determinar o índice de refrção e a velocidade da luz no acrílico,incide-se um feixe de luz na superfície plana do bloco de acrilico semicircular ,em um ambiente escuro e mede-se os angulos de incidência e de refração.Com os dados obtidos aplica-se a lei de Snell e depois a expressão para índice de refração de um material.

VII-Material Necessário:

1)-folha de sulfite com xerox dde um transferidor
2)-bloco semi circular de acrilico
3)-fonte de luz
4)-diafragma de fendas

VIII-Procedimento:

1)-Faça a face plana do bloco semicircular de acrílico coincidir com a linha 90^0-270^0 do transferidor na folha de sulfite,mantendo a superfície fosca para baixo.

2)-Posicione agora a fonte de luz com diafragma de fenda de tal forma que um único feixe de luz incida no ponto central do bloco,pela superficie plana.

3)-Anote o ângulo de refração na tabela abaixo observando os ângulos de incidência

i	r	sen i	sen r	n_1(ar)	n_2(acrílico)
15^0					
30^0					
45^0					
60^0					
75^0					
valor médio para o acrílico					n_2 =

Obs: Para efeito de cálculos o n_1 pode ser considerado = 1 como no vácuo.

4)-Calcule sen i e sen r e preencha a tabela acima.

5)Aplique a lei de snell e calcule o índice de refração (n_2) para o acrílico.

$$\boxed{n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r}$$

$$n_2 = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \times n_1$$

6)-Preencha a tabela e determine o valor médio de n_2

7)-Utilize o valor médio para se calcular a velocidade da luz no acrílico

$$n = \frac{C}{V}$$

V=

IX-RESPONDA:

1-O que aconteceu com os ângulos de refração a medida que você aumentou os ângulos de incidência?

.....
.....
.....
.....

2-Os ângulos de refração foram sempre iguais aos ângulos de incidência?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3-E o índice de refração do acrílico n_2 como foi para cada ângulo utilizado?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

C

4-Analizando a expressão $n = \frac{\quad}{V}$,poderemos obter índices de refração menor do que 1?Justifique.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5-Analisando o feixe de luz no experimento, na superfície plana só ocorreu refração?

.....

.....

.....

.....

.....

6)-Por que não houve desvio do feixe de luz na superfície circular?

.....

.....

.....

.....

.....

UNIDADE V

Atividade 1

I-Título:Estudo da refração em uma lâmina de vidro de faces paralelas

II-Resumo: Quando um feixe de luz incide na primeira face ,ele emerge no vidro sofrendo refração na segunda face emergindo no ar com um desvio lateral e não angular .Este comportamento pode ser analisado aplicando-se a lei de Snell nas suas refrações.

III-Conteúdo:

a)-Índice de refração de um material
b)-lei de Snell
c)-Desvio lateral

IV-Objetivos:

1-Analisar o comportamento de um raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas.
2-Determinar graficamente o desvio lateral

3-Calcular o índice de refração do vidro
4-Calcular a velocidade da luz no vidro

V-Definição:

1-Desvio lateral é a diferença perpendicular entre a direção do raio incidente e do raio emergen em uma lâmina transparente de faces paralelas ,quando imersa em único meio.

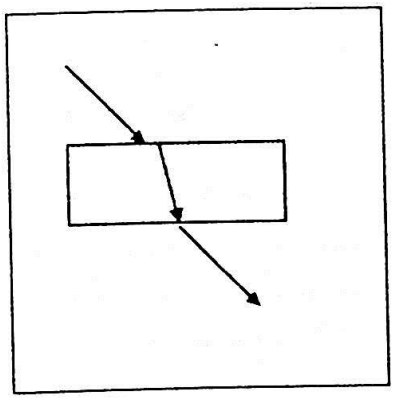
VI-Metodologia:

Para analisar o comportamento de um raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas,coloca-se a lâmina sobre o palel em branco,desenha-se o seu contorno e faz-se incidir sobre uma das faces um raio de luz com o ambiente escuro.Desenha-se também ocaminho do raio de luz antes e depois de atravessar a lâmina.Retira-se a lâmina ea fonte de luz e completa-se o caminho da luz dentro da lâmina

VII-Material Necessário:

1)-folha de papel em branco
2)-lâmina de vidro de faces paralelas
3)-fonte de luz
4)-diafragma de fendas
5)-régua e transferidor.

VIII-Procedimento:



1)-Coloque a lâmina de faces paralelas sobre uma folha branca e desenhe seu contorno

2)-Faça incidir um feixe de luz sobre uma das faces

3)-Marque dois pontos sore o raio incidente e dois também sobre o raio emergente

4)-Retire a lâmina e a fonte de luz ,desenhe o raio incidente,o emergente e o caminho da luz dentro da lâmina.

5)-No ponto de incidência em ambas as faces trace a reta Normal

6)-Faça o prolongamento do raio incidente até ultrapassar toda a lâmina e mais 3cm

7)-Meça com a régua a diferênça entre o raio incidente e o emergente

d =.....mm

8)-Meça com o transferidor o ângulo de incidência e o ângulo de refração na 1ª face.

i =..... r =.....

9)-Calcule:

sen i =..... sen r =.....

10)-Usando a lei deSnell calcule o índice de refração do vidro n_2 .Obs: **(n_1 =1 ar)**

$$n_2 = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \times n_1 \qquad n_2 = ...$$

11)-Repita os procedimentos 8 , 9 e 10 para a 2ª face,considerando agora n'_1 o vidro e n'_2 **=1** o ar .

i' =..... **r'** =.....

sen i' =..... **sen r'** =.....

n'_1 =.....(vidro)

IX-RESPONDA:

1-O raio refratado dentro da lâmina aproximou ou afastou da normal considerando o raio incidente na primeira face?

.....

.....

.....

.....

.....

2-O raio refratado no ar após atravessar a lâmina aproximou ou afastou da normal considerando o raio incidente na segunda face?

.....

.....

.....

.....

.....

3-Qual o motivo para esta diferença na refração entre a primeira ea segunda faces?

.....
.....
.....
.....
.....

4-Explique agora porque ocorreu o desvio lateral no raio de luz ao atravessar a lâmina de face paralela.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5-Calcule o valor médio para o índice de refração do vidro (n_v)

$$n_v = \frac{n_2 + n'_1}{2} \qquad n_v = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

6-Calcule a velocidade da luz no vidro. Obs: ($C = 3{,}0 \times 10^8$ m/s)

$$n_v = \frac{C}{v_v} \qquad v_v = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

UNIDADE V

Atividade 2

I-Título:O que acontece com a luz em uma fibra óptica.

II-Resumo:.Quando um raio de luz passa de um meio óptico de menor índice de refração para outro de maior índice o raio refratado se aproxima da normal.Quando um rio de luz passa de um meio óptico de maior índice para outro de menor índice de refração,o raio de luz se afasta da normal,porém ocorrendo um ângulo limite de incidência para que ainda sofra refração da luz.A partir desse 6angulo limite ocorre o fenômeno de reflexão total da luz.

III-Conteúdo:

a)-Ângulo limite de refração da luz
b)-Reflexão total

IV-Objetivos:

1-Verificar a existência do ângulo limite de refração da luz
2-Observar o fenômeno de reflexão total da luz em um dióptro
3-Verificar múltiplas reflexões totais em uma lâmina fina de faces paralelas.

V-Definição:

1-Ângulo limite de refração ocorre queando um raio de luz sofre refração passando de um meio de índice maior para um meio de índice de refração menor.
2-Reflexão total da luz ocorre com um raio de luz que incide em um dióptro com ângulo de incidência maior do que o ângulo de refração..

VI-Metodologia:

Em um ambiente escuro faz-se incidir um raio de luz na face plana do bloco semi circular de acrílico,passando primeiro pela face circular.Variando-se o ângulo de incidência até determinara oângulo limite para que ocorra refração e em seguida observa-se a reflexão totaldal da luz.

VII-Material Necessário:

1)-folha de papel sulfite com xerox de transferidor de 360^0
2)-bloco semi circular de acrílico
3)-fonte de luz
4)-diafragma de fendas
5)-lâmina fina de faces paralelas
6)-fibra óptica

VIII-Procedimento:

1)-Faça a face plana do bloco semi circular de acrílico coincidir com a linha 90^0 -270^0 do transferidor na folha de papel,mantendo a superfície fosca para baixo.

2)-Incida um feixe de luz no ponto central do transferidor,pela superfície circular do bloco.(sugestão 15^0).
Anote o ângulo de refração

r =..... ele é maior ,menor ou igual ao ângulo de incidência?

.....

3)-Aumente o ângulo de incidência até obter um ângulo de 90^0 para a refração. Meça oângulo de incidência e anote.

i = L =.....(para o acrílico)

4)-Aumente o ângulo de incidência.
Anote o que pode ser observado.

.....
.....
.....
.....

Obs:A esse fenômeno chamamos de reflexão total da luz.

5)-Substitua o bloco semi circular pela lâmina fina de faces paralelas,sobre o verso do papel.

6)-Faça com que o raio de luz incida em uma de suas extremidades com um ângulo de incidência maior que 45^0.
O que pode ser observado dentro da lâmina de vidro?

.....
.....
.....
.....
.....

Portanto:Esse tipo de lâmina simula o mesmo efeito produzido por uma fibra óptica.As múltiplas reflexões totais internas fazem com que a luz "transportada" pela fibra óptica,acabe saindo na outra extremidade

7)-Faça o feixe de luz incidir em uma das extremidades da fibra óptica.

8)-Faça curvas na fibra e incida a luz na extremidade.
Anote o que pode ser observado.

.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

Obs:A fibra óptica é um sistema composto basicamente de dois elementos,por exemplo o miolo formado por sílica e a casca formada por plástico.Esses dois materiais têm índices de refração diferentes.

1-Qual dos dois materiais tem maior índice de refração?

.....

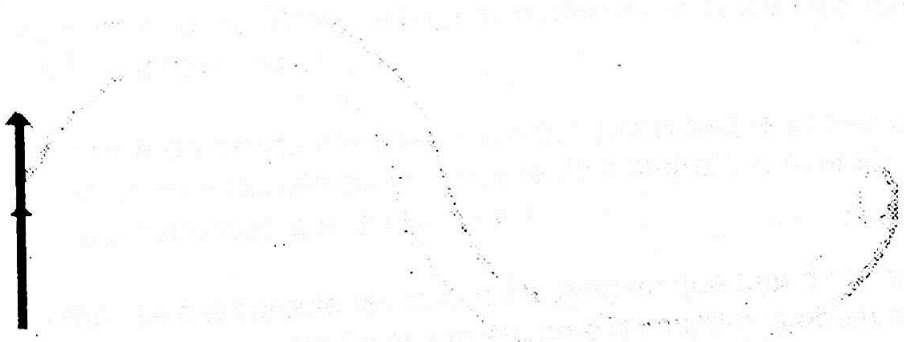
.....

.....

.....

.....

2-De forma aproximada desenhe o caminho da luz dentro desta suposta fibra óptica?



UNIDADE VI

Atividade 1

I-Título:O que acontece com a luz quando incide em uma lente.

II-Resumo:

Com lentes esféricas de bordas finas e bordas espessas e a incidência da luz sobre elas podemos observar a formação de imagens de objetos colocados na frente delas Essas imagens têm características diferentes conforme a distância do objeto diante das lentes.

III-Conteúdo:

a)-imagem direita
b)-imagem invertida
c)-tamanho da imagem

IV-Objetivos:

1-Identificar lentes de borda fina e borda espessa

2-Observar as características das imagens formadas por lentes esféricas.

V-Definição:

1-**Lente esférica de borda fina** é um componente que possui uma ou duas superfícies com raio de curvatura,feita de material transparente e que possui a borda mais fina que o seu centro.

2-**Lente esférica de borda espessa** é um componente que possui uma ou duas superfícies com raio de curvatura,feita de material transparente e possui as bordas mais espessas que o seu centro.

3-**Imagem direita** é a característica dada à imagem que tem o mesmo posicionamento que o objeto.Ex:objeto em pé e a imagem também em pé.

4-**Imagem invertida** é acaracterística dada à imagem que tem o posicionamento contrário ao objeto.Ex: objeto em pé e a imagem de cabeça para baixo.

5-**Tamanho de imagem**- a imagem pode ser maior,menor ou de mesmo tamanho que o objeto.

VI-Metodologia:

Em um ambiente iluminado, coloca-se um objeto em frente a uma lente e pode se observar as diferentes formações de imagens conforme as variações de distância entre o objeto e a lente

VII-Material Necessário:

1)-lente de vidro de borda fina
2)-lente de vidro de borda espessa
3)-uma lanterna como objeto

VIII-Procedimento:

1)-Pegue as duas lente de borda fina e a de borda espessa

2)-Compare a geometria do perfil de cada uma.Como são as duas superfícies ? Classifique as lentes quanto as suas geometrias:

Bicôncava
.....
.....
.....

Biconvexa
.....
.....
.....

3)-Coloque a lente de borda fina entre o objeto e o seu olho.(aproximadamente 60 cm de seu olho).A imagem formada é direita ou invertida?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

É maior ,menor ou igual ao objeto?

.....
.....
.....
.....

4)Aproxime lentamente a lente até 5 cm do seu olho.
A Imagem continua como antes ou ocorreu alguma alteração nas suas características?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5-Posicione a lente a 30cm do objeto aproximadamente e descreva as novas características da imagem.

.....
.....
.....

6-Troque a lente pela de borda espessa e repita o procedimento 3.4 e 5.
Descreva as características.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

IX-RESPONDA:

1-Uma lupa de aumento é construida com que tipo de lente?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2-Relacione abaixo alguns instrumentos que usam algum tipo de lente?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

UNIDADE VI

Atividade 2

I-Título: Como podemos estudar o comportamento da luz nas lentes.

II-Resumo:

As lentes de borda fina e de borda espessa possuem comportamentos óptico diferentes,podendo ser convergente ou divergente,dependendo do meio em que se encontram.Ela poderá ter dois focos reais ou dois focos virtuais.

III-Conteúdo:

a)-comportamento óptico de uma lente
b)-foco e distância focal de uma lente

IV-Objetivos:

1-Observar e identificar o compotamento óptico de uma lente de borda fina e uma de borda espessa.

2-Verificar foco de uma lente

3-Medir a distância focal de uma lente

V-Definição:

1-**Centro óptico de uma lente** é um ponto central entre as superfícies de uma lente.

2-**Eixo de uma lente** é uma reta imaginária perpendicular ao plano frontal da lent que passa pelo centro óptico da lente.

3-**Lente convergente** é aquela que faz qualquer raio de luz incidente paralelo ao seu eixo, emergir aproximando-se de seu eixo.

4-**Lente divergente** é aquela que faz qualquer raio de luz incidente paralelo ao seu eixo ,emergir afastando-se de seu eixo.

5-**Foco de uma lente** é o ponto de convergência dos raios refratados sobre seu eixo.

6-**Distância focal** de uma lente é a distância entre o ponto focal no eixo e o centro óptico da lente.

VI-Metodologia:

Em um ambiente escuro, faz-se incidir dois feixes de luz paralelos em uma lente sobre uma folha branca com uma reta desenhda como eixo da lente,observamos o comportamento óptico da lente, marcamos o foco da lente e medimos a distância focal desta lente.

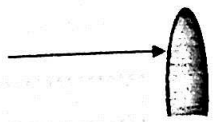
VII-Material Necessário:

1-2 lanternas
2-diafrágma de fendas
3-lente de vidro borda fina
4-lente de vidro borda espessa
5-folha de papel sulfite
6-régua
7-lápis

VIII-Procedimento:

1)-Coloque sobre a folha com traço de centro a lente de borda fina

2)-.Incida na lente dois feixes de luz paralelos ao seu eixo.



3)-Observe o que ocorreu com os raios que emergem da lente(que atravessam a lente) e anote.

.....

.....

.....

.....

.....

4)-Trace o perfil da lente e marque dois pontos em cada feixe incidente e emergente.

5)-Desmonte todo o aparato e com uma régua una os pontos para poder obter os raios.

6)-Marque um ponto e coloque a letra F no cruzamento dos raios emergentes indicando o ponto focal ou o foco da lente.

7)-Meça a distância deste ponto focal até o centro óptico da lente (marcado no papel)

f =.....cm

Obs:Essa distância é chamada de distância focal da lente.

Portanto: Toda lente de borda fina quando imersa no ar e receber a incidência de raios paralelos ela tem comportamento convergente,converge para o foco.

8)-Repita os procedimentos 1e2 com a lente de borda espessa.
O que ocorre com os raios que emergem da lente?anote.

.....

.....

.....
.....

9)-Repita os procedimentos 3e4

10)-Prolongue os raios emergentes até o eixo da lente.Que ponto é esse sobre o eixo da lente ? (no papel).

11)-Repita o procedimento 5 6 e 7.

f =.....cm

Portanto:Toda lente de borda espessa quando imersa no ar tem comportamento divergente.

Obs:Quando o foco é determinado pelos própios raios emergentes ele é chamado de foco real.Quando o foco é determinado pelos prolongamentos dos raios emergentes é chamado de foco virtual.

X-RESPONDA:

1-Qual tipo de lente você precisa usar para atear fogo em um papel utilizando a luz solar?Explique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2-Uma gota de água ou óleo sobre uma lâmina de vidro pode ser considerada uma lente?Que tipo de lente ?Explique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3-Você pode dizer que lente possue o óculos de uma pessoa miope?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4-Você pode corrigir a deficiência de uma pessoa hipermétrope usando que tipo de lentes no óculo dela?Explique.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

BIBLIOGRAFIA

Curso de Física -Vol 2 - Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga
Ed.Scipione

Imagem da Física - Vol Único - Ugo Amaldi
Ed. Scipione

Os Fundamentos da Física - Vol 2 - Ramalho - Nicolau e Toledo
Ed.Moderna

Física Hoje - Vasco Pedro Moretto
Ed.Ática

Física na Escola Atua I- Vol2 - Anjos e Arruda
Atual Editora

Física - Vol Único - Gualter e André
Ed. Saraiva

Física Teoria e Prática - Márcio Pelegrini
Ed. Rideel

APÊNDICE 5

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

ESTAÇÃO CIÊNCIA

FAPESP

PROJETO DE ENSINO DE ÓPTICA

PARA O ENSINO MÉDIO

ROTEIRO DO ALUNO
ROTEIRO DO PROFESSOR

versão março/99

UM CONVITE À MUDANÇA

A Física, na opinião dos alunos, divide com a Química e a Matemática o disputado lugar de disciplina mais odiada. Chega a ser constrangedor quando, no início de um período letivo, entramos na sala de aula e começamos a trocar idéias com os alunos sobre a programação que iremos seguir.

Por outro lado, somos nós, professores de Física os responsáveis por parte desta rejeição total. Fazemos uma física tão diferente do dia a dia nosso e de nossos alunos que é inevitável a pergunta clássica: Mas professor, para que serve isto?

A proposta que apresentamos a seguir resulta de um esforço de um grupo de professores no sentido de mudar um pouco esta situação. Sabemos que o trabalho será árduo, e os resultados, lentos. Mas quem sabe consigamos mudar um pouco o rumo das coisas e tornar as aulas de Física proveitosas e prazeirosas.

O roteiro de aulas, as questões formuladas, os assuntos discutidos em nossa proposta estão em constante revisão e reavaliação. Não existe nada definitivo ou fechado. Estamos dispostos a refazer tudo toda vez que algum colega descobrir algum detalhe que melhore os resultados e puder dividi-lo conosco.

Algumas questões práticas:

A proposta é trabalhar o ensino de óptica a partir de experimentos, utilizando um kit em sala de aula. Todos os alunos devem participar, divididos em grupos de no máximo 4 pessoas.

Conhecemos as dificuldades de nossa Escola Pública, e principalmente para seus alunos está dirigido o nosso trabalho: envolva a comunidade no processo de utilização do kit. Mostre à Direção da Escola, professores e coordenadores o plano de trabalho, o pioneirismo da ação. Conclame-os a participar do projeto, inclusive dando conhecimento aos pais e comunidade.

Desperte nos alunos o interesse para o curso, fazendo-os acreditar que algo de novo está acontecendo. Nesta aplicação inicial, alguns alunos chegaram a dizer que no início não levaram muito a sério, achando que era mais um daqueles projetos que começavam com muitas novidades e de repente desapareciam, ficando por isso mesmo. E que quando resolveram acompanhar, se sentiram tão deslocados que desistiram. Evite que isto aconteça.

Dê atenção especial ao problema dos conhecimentos anteriores necessários para o desenvolvimento do curso: desenho geométrico e trigonometria e medidas. São tão poucos que vale a pena revisá-los.

Listamos a seguir algumas observações que fizemos nas primeiras aplicações do kit:

- Pedir aos alunos que coloquem seu material (livros, cadernos, etc) num canto da sala, deixando as carteiras inteiramente livres.

- Agrupe as carteiras de quatro em quatro, obtendo assim nossa mesa de laboratório. A sala ambiente de física ajudaria bastante.
- Distribua para cada grupo as peças do kit que serão utilizadas naquela aula. Se preferir, distribua o kit completo, deixando para os alunos a tarefa de destacar as peças do dia.
- Entregue para cada aluno o roteiro da experiência do dia. Cada grupo deverá devolver, ao final dos trabalhos, uma folha de respostas do grupo.
- Procure fazer um controle dos kits e das peças. O material, apesar de simples, se tratado com cuidado será útil por muitos anos.

O curso foi montado considerando sua aplicação num bimestre escolar, com cerca de 10 semanas. Os tópicos foram divididos em unidades, cada uma contendo uma parte básica e outra complementar. Os temas complementares destinam-se às Escolas que adotaram duas ou mais aulas de física por semana.

UNIDADE	ROTEIROS	CONTEÚDO BÁSICO	TEMAS COMPLEMENTARES
1	P-1	Conceitos de luz Fonte de luz Raio de luz Feixe de luz Propagação da luz Sombra Formação de cores	História da óptica Câmara escura Ângulo visual Determinação de altura do prédio Eclipse Mistura de cores Filtros de luz Cores das estrelas
2	A-1 A-2 A-3	Reflexão Leis da reflexão Espelhos planos: formação de imagens - qualitativo e quantitativo Reflexões múltiplas	Como funciona um periscópio Caleidoscópio Campo visual de um espelho plano
3	A-4 A-5	Espelhos esféricos - condições de Gauss Aspecto qualitativo das imagens Aspecto quantitativo das imagens Determinação do foco e centro de curvatura	Coletor solar Farol de carro Telescópio Newtoniano
4	A-6	Refração Lei de Snell-Descartes Medidas no semicírculo de acrílico para determinação do índice de refração. Prisma	Estudo do desvio de um raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas Arco-íris Espectroscopia Refração da luz na atmosfera
5	A-7	Reflexão total - ângulo limite Guia de ondas	Fibra óptica Miragem
6	A-8 A-9 P-2	Estudo das lentes Determinação do foco de uma lente delgada Construção de imagens	Montagem da luneta Visão humana óculos Acender fogo com lentes Episcópio Câmaras fotográficas
7	A-10	Correção dos defeitos da visão	

ÍNDICE

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

P - 1 - FORMAÇÃO DE SOMBRA

data:	
Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO:

Aplicação do Princípio da propagação retilínea da luz.

MATERIAL UTILIZADO:

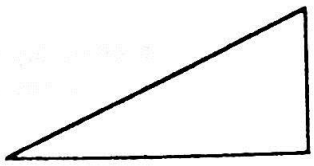
Fita métrica ou trena, régua de 30cm, lápis, folha de papel.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1 - Num dia de sol, colocar a régua de pé no chão e medir o comprimento da sombra projetada no solo.

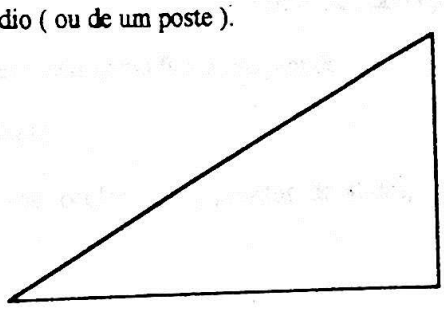
2 - Em seguida, medir a sombra projetada no chão de um prédio (ou de um poste).

3 - Determinar a altura do prédio (ou do poste).



H - altura da régua

S - sombra da régua



H - altura do prédio

S - sombra do prédio

PENSE ... MAIS

Se o sol apagasse, como você veria o céu numa noite? As estrelas, a lua, etc...

SUGESTÃO DE ATIVIDADES

1 - Pesquise sobre eclipse do sol e eclipse da lua.

2 - Construa uma câmara escura de orifício.

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

P - 2 - LENTES ESFÉRICAS

data:	
Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO:

Levar o aluno a compreender como a refração atua na formação de imagens.

MATERIAL UTILIZADO:

Copo ou garrafa transparente, cheio de água.
Objeto

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1 - Colocar um objeto diante do aluno e pedir para descrever o caminho percorrido pela luz, do objeto até seus olhos.

2 - Colocar uma garrafa cheia de água na frente do objeto e perguntar como fica a imagem deste objeto.

3 - Qual foi o caminho percorrido pela luz, do objeto até os olhos?

4 - Explique como a refração atua nos seguintes dispositivos: óculos, lupa, projetor de slides, retroprojetor, máquina fotográfica...

5 - Peça para comparar a espessura da borda em relação a parte central numa lente convergente e divergente.

6 - Trace raios de luz incidindo em lentes convergentes e divergente e estude seu comportamento.

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A-1 - REFLEXÃO DA LUZ	data:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO:
Verificação das leis da reflexão.

MATERIAL UTILIZADO:
Fonte de luz (lanterna mais fenda), espelho plano, folha de papel, lápis, transferidor, régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:
1 - Coloque o espelho plano na vertical, apoiado na mesa, em cima de uma folha de papel e marque sua posição.
2 - Utilize a fonte de luz, procurando obter um feixe retilíneo e paralelo e faça-o incidir no espelho. Consideraremos este feixe como nosso raio de luz. Marque com um lápis dois pontos do raio incidente e dois pontos do raio refletido.
3 - Retire o espelho e a fonte de luz e faça o traçado do raio incidente e do raio refletido.
4 - Com o transferidor, represente a reta que forma 90° com o espelho e passa pelo ponto em que o raio incidente encontra o espelho. Chame esta reta normal N.
5 - Meça com o transferidor o ângulo formado entre o raio incidente e a reta normal N (î = _____) e a seguir o ângulo formado entre o raio refletido e a reta normal N (^r = _____). Anote na tabela abaixo.
6 - Repita o procedimento de 2 a 5 vezes, mudando a posição do espelho e do raio incidente.
7 - Complete a tabela:

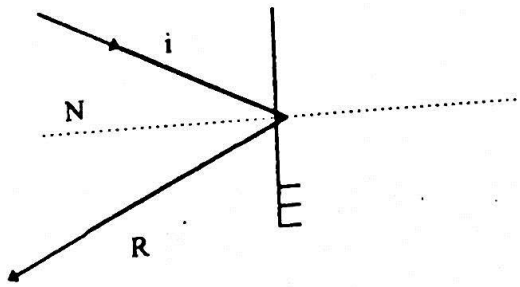
î	r

8 - Faça o raio incidente se aproximar da normal até que o raio de luz incida perpendicularmente ao espelho e observe o que ocorre.

PERGUNTAS:
1 - Observando as medidas dos ângulos i e r, o que podemos concluir?

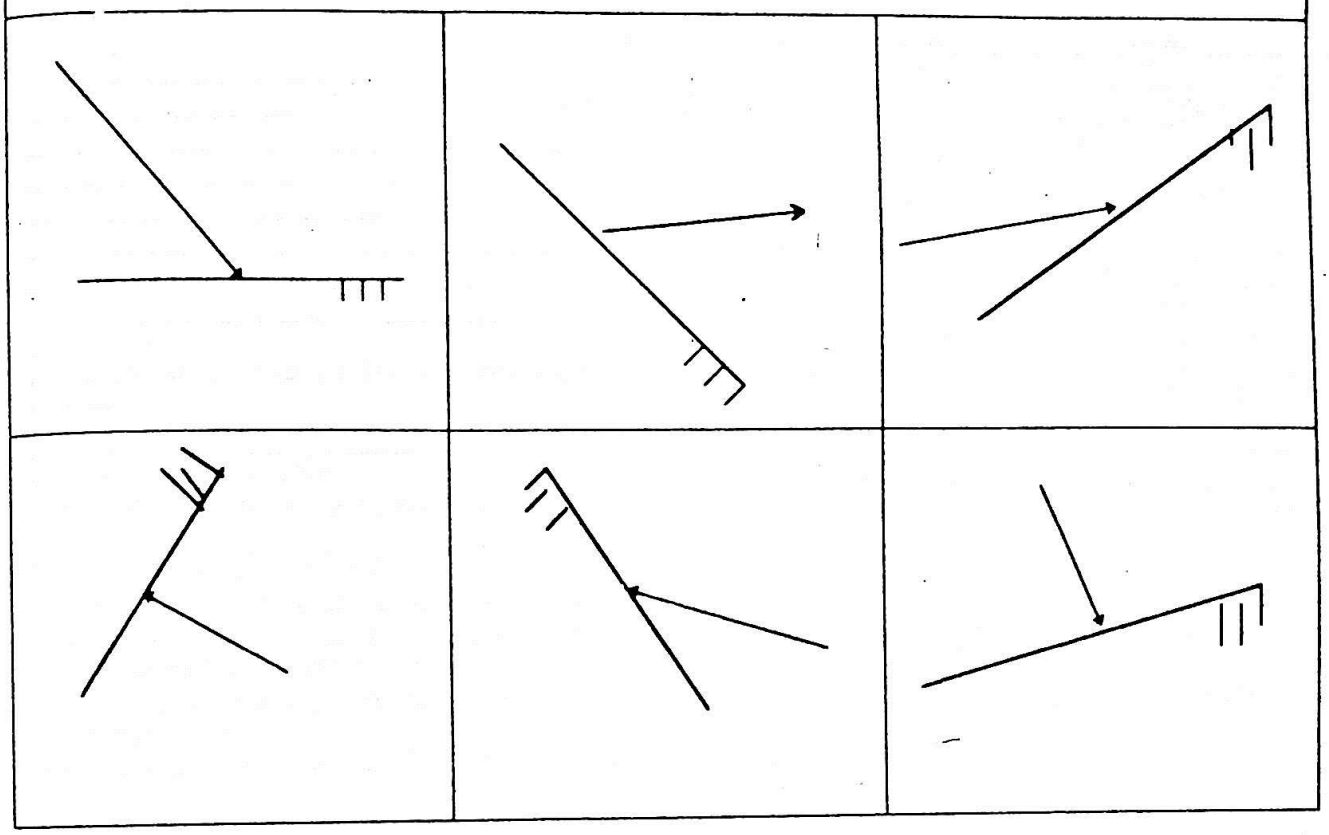
2 - O que você observou no procedimento 8?

3 - Como o raio de luz se propaga? Qual a trajetória realizada pelo raio de luz?



EXERCÍCIOS:

Complete as figuras, representando o raio incidente ou o raio refletido e a normal. Indique em cada caso, onde está o ângulo i e o ângulo r e as suas medidas.



Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 2 IMAGENS NO ESPELHO PLANO	data:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO:
Verificação da igualdade das distâncias objeto-espelho (d_o) e imagem-espelho (d_i); tamanho da imagem, tipo de imagem.

MATERIAL UTILIZADO:
Espelho plano, régua, objeto, lápis e folha de papel.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:
1 - Coloque o espelho na vertical, apoiado na mesa e fixo.
2 - Coloque o objeto diante do espelho e observe as distâncias do objeto ao espelho e da imagem ao espelho. Observe também o tamanho da imagem em relação ao objeto.
3 - Mude a posição do objeto em relação ao espelho e observe novamente as novas distâncias entre objeto/espelho e imagem/espelho.
4 - Escreva na folha de papel a palavra PAZ. Coloque-a na frente do espelho.

PERGUNTAS:
1 - O que você verificou quanto à distância objeto/espelho e imagem/espelho?

2 - O que acontece com o tamanho da imagem em relação ao tamanho do objeto?

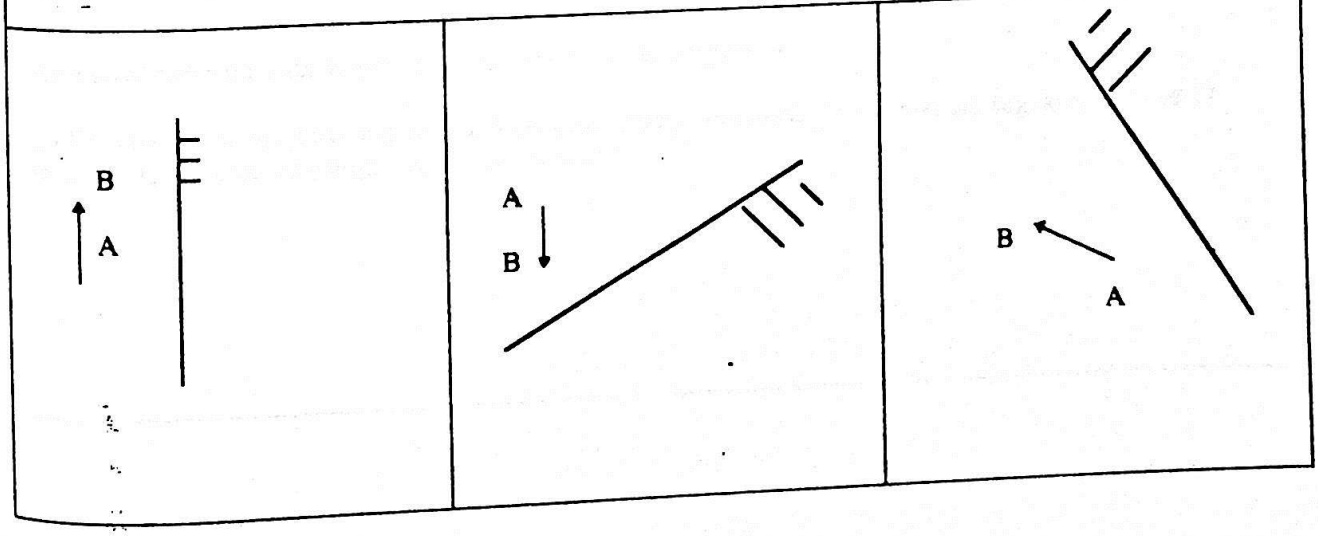
3 - O que acontece com a imagem quando aproximo o objeto do espelho? E quando o afasto do espelho? Observe as distâncias d_o e d_i e o tamanho da imagem.

4- Como fica a imagem da palavra PAZ ?

5 - Por que os avisos de AMBULÂNCIA, BOMBEIRO, POLÍCIA E TRÂNSITO nas viaturas estão escritos ao contrário?

EXERCÍCIOS

Represente a imagem do objeto AB colocado diante do espelho plano da figura:



Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 3 ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS PLANOS	data:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO:
Verificação das reflexões múltiplas

MATERIAL UTILIZADO:
Folha de papel, dois espelhos articulados, transferidor, folha impressa com os ângulos e normal.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1 - Monte os espelhos articulados sobre a folha de papel, de tal forma que o ângulo formado entre eles seja de 120°.

2 - Coloque o objeto sobre a linha bissetriz do ângulo formado pelos espelhos e conte o número de imagens formadas neles. Anote.

3 - Repita o mesmo procedimento para ângulos de 90°, 60° e 30° entre os espelhos e complete a tabela:

Ângulos α°	120°	90°	60°	30°
Nº de imagens				

PERGUNTAS:

1 - O que você observou quanto ao número de imagens, quando o ângulo entre os espelhos diminuiu?

Você pode calcular o número de imagens formadas por dois espelhos planos associados através da expressão

$$N = (360 / \alpha) - 1$$

Nesta expressão, se N é par, o objeto pode estar em qualquer posição entre os espelhos. Se N é impar, o objeto deve estar no plano bissetor, entre os espelhos.

Agora, calcule para cada ângulo da tabela o número de imagens N.

2 - Uma bailarina encontra-se diante de 2 espelhos planos articulados, formando um ângulo α, e ela vê 17 imagens. Qual deve ser o ângulo entre os espelhos?

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 4 ESPELHOS ESFÉRICOS - ESTUDO QUALITATIVO	DATA:
	Série: Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO

Estudo qualitativo da formação de imagens por espelhos esféricos.

MATERIAL UTILIZADO

Espelho côncavo inteiro e convexo semicircular.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

FORMAÇÃO DE IMAGEM EM ESPELHO CÔNCAVO

1 - Posicione o espelho côncavo a cerca de 5 cm do olho.

2 - Observe a imagem do seu olho.

3 - Afaste o espelho, um pouquinho de cada vez e vá descrevendo o que observa em relação às características da imagem de seu olho (se maior, menor, igual) e se direita ou invertida.

4 - Como a imagem do olho se modifica à medida que você afasta o espelho?

FORMAÇÃO DE IMAGEM EM ESPELHO CONVEXO

1 - Repetir todos os procedimentos do item anterior, utilizando um espelho convexo.

PENSE... E CONCLUA!

Com base no que você observou, que tipo de espelho é utilizado nas seguintes situações:

1 - Porta de garagem.

2 - Porta de desembarque de ônibus.

3 - Retrovisor de carro:
Externo do lado esquerdo
Externo do lado direito
Interno

4 - Espelho do dentista.

5 - Espelho de maquiagem.

6 - Como se comporta uma colher, do ponto de vista de superfície refletora (lado interno e externo)

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 5 ESPELHOS ESFÉRICOS - ESTUDO QUANTITATIVO	DATA:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO

1 - Estudo da trajetória de raios de luz refletidos por espelhos esféricos.

2 - Determinação do foco de um espelho côncavo.

MATERIAL UTILIZADO

2 lanternas, placa de fendas
Espelho semicircular côncavo e convexo
Papel sulfite, lápis, régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL
ESPELHO CÔNCAVO

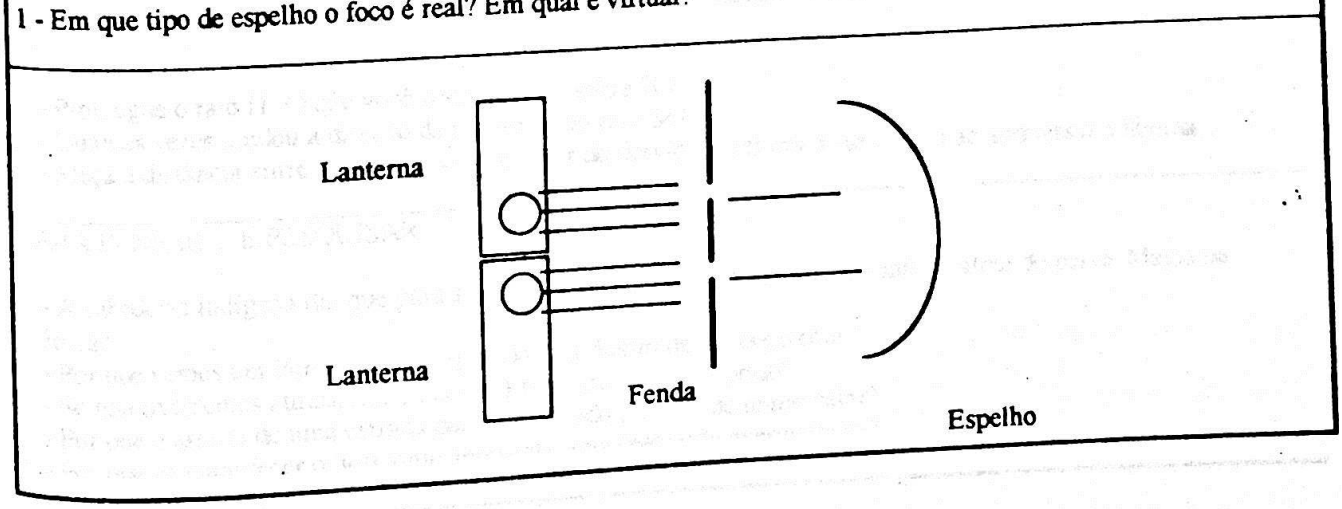
1 - Sobre uma folha de papel sulfite, monte os objetos conforme desenho.
2 - Marque a posição do espelho côncavo
3 - Assinale dois pontos de cada raio incidente
4 - Assinale dois pontos de cada raio refletido
5 - Desmonte os objetos
6 - Desenhe o espelho e a trajetória dos raios de luz incidentes e refletidos, unindo os pontos assinalados anteriormente.
7 - Assinale com destaque o foco F do espelho e determine a distância focal f do espelho, medido a distância de F até o vértice V do espelho.

ESPELHO CONVEXO

Repita a experiência anterior, substituindo o espelho côncavo pelo convexo.

PENSE... E CONCLUA!

1 - Em que tipo de espelho o foco é real? Em qual é virtual?



Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 6 REFRAÇÃO

data:

Série: Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO

1 - Cálculo do índice de refração do vidro.

2 - Medida do desvio sofrido pelo raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas.

MATERIAL UTILIZADO

lanterna, fenda, papel sulfite, régua, lápis, transferidor, tabela de senos, lâmina de faces paralelas.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

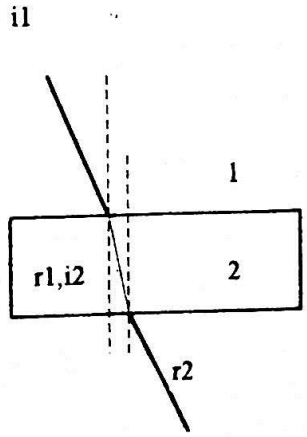
A luz ao passar de um meio para outro sofre um desvio e esse fenômeno é denominado refração da luz.
Segundo a Lei de Snell-Descartes,

$$\text{sen } i \cdot n_1 = \text{sen } r \cdot n_2$$

onde n é o índice de refração do meio em que a luz se propaga, sendo dado pela relação $n = c/v$, onde c é a velocidade da luz no vácuo (3×10^8 m/s) e v a velocidade da luz num meio qualquer.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1 - Posicione os objetos conforme desenho, sobre uma folha de papel sulfite.
2 - Contorne com o lápis a lâmina de faces paralelas
3 - Ligue a lanterna.
4 - Marque o ponto de incidência do raio de luz na face 1 da lâmina (I1)
5 - Marque o ponto de incidência do raio de luz na face 2 da lâmina (I2)
6 - Marque outro ponto do raio incidente I1
7 - Marque outro ponto do raio refratado R2
8 - Desligue a lanterna e guarde o material
9 - Pelos pontos I1 e I2, trace as retas normais às faces 1 e 2 da lâmina.
10 - Com o auxílio de uma régua, trace os raios incidentes e refratados.
11 - Com o transferidor, meça os valores dos ângulos i1, r1, i2, r2.
12 - Com auxilio da tabela de senos, calcule sen i_1, sen i_2, sen r_2
13 - Calcule o valor da expressão: n(ar) . sen i_1 = sen r_2 . n(vidro)



PARA PENSAR

1 - Prolongue o raio I1. O que você pode afirmar sobre I1 e R2?
2 - Quantas vezes mudou a direção da trajetória do raio de luz?
3 - Meça a distância entre I1 e R2. Este é o valor do desvio lateral que a luz sobreu ao atravessar a lâmina.

PARA PENSAR ... E PESQUISAR

1 - A sabedoria indígena diz que para se matar um peixe é preciso primeiro matar a alma do peixe. Magia ou ciência?
2 - Por que vemos um lápis quebrado quando está dentro de um copo com água?
3 - Se não tivéssemos atmosfera, o dia seria mais curto ou comprido?
4 - Por que o asfalto de uma estrada parece molhado em dias de muito calor?
5 - Por que ao entardecer o horizonte apresenta uma coloração avermelhada?
6 - Por que em alguns dias temos uma lua enorme e amarelada ao início da noite?

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 7 REFLEXÃO TOTAL E ÂNGULO LIMITE	data:	
	Série:	Turma:

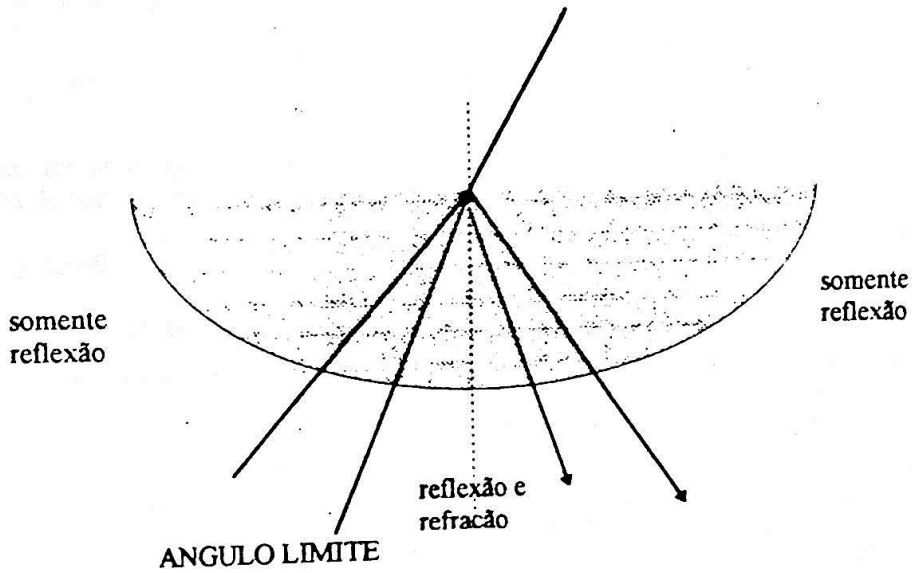
Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVOS:
Estudo dos fenômenos da reflexão total e ângulo limite.

MATERIAL UTILIZADO:
Fonte de luz (lanterna + fenda)
Placa de acrílico semicircular
Folha de papel sulfite
Transferidor

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Quando um raio de luz passa do vidro para o ar, na superfície de separação poderemos observar os seguintes fenômenos: refração, reflexão, ou os dois simultaneamente. Chamamos de ângulo limite ao angulo a partir do qual somente observamos a reflexão, denominada de **reflexão total:**



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:
1 - Coloque a placa de acrílico semicircular sobre uma folha de papel em branco. Com um lápis, faça o seu contorno.
1 - Ligue a fonte, fazendo com que o raio de luz incida na face curva da placa, atravesse-a, indo incidir na face plana (diagonal do semicírculo), meio de separação entre o vidro e o ar.
2 - Dependendo do ângulo de incidência, você observará um raio refletido e outro refratado, mudando de direção de propagação ao sair na outra face (plana) do semicírculo.
3 - Existe um angulo, chamado **ângulo limite**, a partir do qual o raio incidente é totalmente refletido (não ocorre a passagem de luz para o outro lado). Faça o desenho de vários raios incidentes, refletidos e refratados. Determine o ângulo limite e meça o seu valor.

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A - 8 LENTES ESFÉRICAS - ESTUDO QUALITATIVO	data:
	Série: Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVOS:
Observar as características das imagens formadas por lentes esféricas.

MATERIAL UTILIZADO:
Lente convergente, lente divergente e objeto.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1 - Coloque uma lente convergente entre o objeto e o seu olho. Descreva se a imagem formada: maior, menor ou igual em relação ao objeto. Se direita ou invertida:
- ao posicionar a lente cerca de 60 cm de seu olho;
- ao aproximar gradativamente a lente, até cerca de 3 cm do olho, o que acontece com a imagem?

2 - Repita as observações com uma lente divergente.

O professor descreverá os tipos de lentes:
convergente - bordas delgadas - características das imagens produzidas
divergente - bordas espessas - características das imagens produzidas.

PERGUNTAS:

1 - Todos nós temos um par de lentes nos olhos. De que tipo são estas lentes?
2 - Uma lupa de aumento é construída com que tipo de lente?

PARA PESQUISAR...

Para corrigir os defeitos da miopia e hipermetropia, que tipo de lentes são utilizadas?

Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A-9 - LENTES ESFÉRICAS - ESTUDO QUANTITATIVO	DATA:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO

1 - Estudo da trajetória dos raios de luz quando atravessam uma lente.

2 - Determinação do foco e da distancia focal de uma lente.

MATERIAL UTILIZADO

2 lanternas, placa de fendas
Lente semicircular convergente e divergente.
Papel sulfite, lápis, régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL
LENTE CONVERGENTE

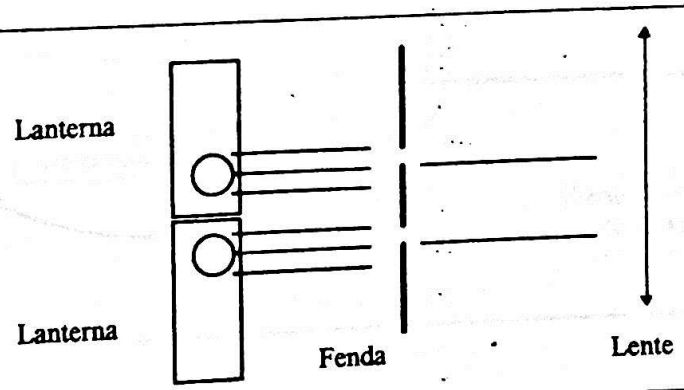
1 - Sobre uma folha de papel sulfite, monte os objetos conforme desenho.
2 - Marque a posição da lente convergente
3 - Assinale dois pontos de cada raio incidente
4 - Assinale dois pontos de cada raio refletido
5 - Desmonte os objetos
6 - Desenhe a lente e a trajetória dos raios de luz, unindo os pontos assinalados anteriormente. Faça a representação gráfica da lente.
7 - Assinale com destaque o foco F da lente e determine a distância focal f da lente, medindo a distância de F até o centro C da lente.

LENTE DIVERGENTE

Repita a experiência anterior, substituindo a lente convergente pela divergente.

PENSE... E CONCLUA!

1 - Em que tipo de lente o foco é real? Em qual é virtual?



Escola Estadual	LABORATÓRIO DE FÍSICA

A-10 - CORREÇÃO DOS DEFEITOS DA VISÃO	DATA:	
	Série:	Turma:

Nomes dos integrantes do grupo	Número

OBJETIVO

Estudar como corrigir os defeitos do globo ocular com lentes.

Quando falamos em problemas associados à visão, estamos tratando da obtenção de imagens nítidas. A reação natural das pessoas quando tem dificuldade de obter estas imagens, é afastar ou aproximar o objeto dos olhos, procurando, assim, resolver em parte o problema.

A correção dos problemas de visão utilizando lentes consiste em mudar o plano em que se forma a imagem, fazendo-o coincidir com a retina da pessoa.

HIPERMETROPIA - Dificuldade de enxergar objetos próximos, pois a imagem forma-se atrás da retina. Corrige-se com lente convergente.

MIOPIA - Dificuldade de enxergar objetos distantes, pois a imagem se forma na frente da retina. Corrige-se com lente divergente.

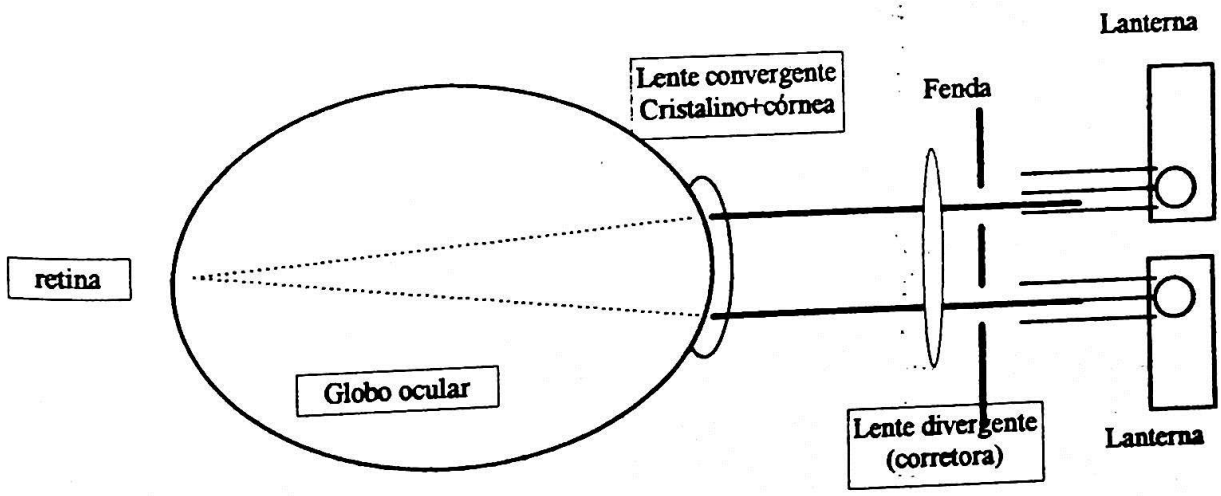
ASTIGMATISMO - Perda de focalização da imagem em determinadas direções, devido a não simetria do olho. Corrige-se com lentes cilíndricas.

PRESBIOPIA - Caso particular da hipermetropia, originada de dificuldades de acomodação do cristalino em pessoas com mais de 40 anos. Corrige-se com lente convergente, sendo utilizada apenas para leitura.

MATERIAL UTILIZADO

2 lanternas
placa com duas fendas
Desenho do globo ocular
Lente para simular o cristalino
Lente para correção

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL



PARA PENSAR...

1 - Óculos cujas lentes são "fundo de garrafa" servem para corrigir que tipo de defeito?

APÊNDICE 6

INSTITUTO DE FÍSICA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FGE 160 - ÓTICA

- **UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL DA ÓPTICA GEOMÉTRICA E DA ÓPTICA FÍSICA.**
- **FORMAÇÃO DE IMAGENS: DA FOTOGRAFIA À HOLOGRAFIA.**

- 1999 -

ÓPTICA GEOMÉTRICA

George Kouzo Shinomiya
Instituto de Física - USP - 1999

INTRODUÇÃO

A Óptica estuda uma das partes mais fascinantes dos fenômenos da natureza, ou seja, a luz e seus efeitos. Todos sabem quantas belezas, naturais ou não, podem ser observadas pelos nossos olhos, e isso só é possível graças à luz. E a luz, que está literalmente na nossa frente e que tantas beleza nos proporciona, só foi melhor compreendida no fim do século passado, embora o homem tenha se dedicado ao seu estudo desde a antiguidade. As descobertas mais recentes sobre a natureza da luz nos levam à óptica física que por sua vez nos levam à física moderna.

Visando um aprendizado mais concreto dos conceitos da óptica, foi desenvolvido um Kit com vários componentes utilizados em óptica. Com a utilização deste Kit pretende-se que os aspectos mais relevantes dos fenômenos da óptica geométrica sejam entendidos de uma forma prática, isto é, que os efeitos produzidos pelos raios de luz ao incidir em superfícies refletoras (espelhos) ou refratoras (meios transparentes) sejam visualizadas como ocorrem na natureza. Pois foi com a compreensão destes fenômenos que o homem teve a possibilidade de construir equipamentos que o ajudaram a entender muitos outros aspectos da natureza.

Neste Kit encontram-se à disposição duas fontes de luz (lanternas), fendas, transferidor e vários componentes ópticos, como lentes, lâminas de faces paralelas, prismas, espelhos e fibra óptica, que permitem a realização de uma série de experimentos básicos da óptica geométrica.

Nestes experimentos você vai verificar o comportamento de um raio (feixe) de luz quando interage com uma superfície refletora ou quando atravessa uma superfície que separa dois materiais diferentes, por exemplo, ar-vidro, ar-acrílico, etc. Para isso você deverá obter um raio de luz como indicado na fig.1 .

EXPERIMENTOS

1) PRINCÍPIOS BÁSICOS

A óptica geométrica baseia-se em três princípios básicos:

- propagação retilínea;
- independência;
- reversibilidade.

Esses três princípios podem ser facilmente visualizados utilizando-se a fonte de luz e a fenda.

2) REFLEXÃO

Para o estudo da Lei da reflexão utiliza-se o espelho plano colocado em pé sobre uma folha de papel em branco e uma fonte de luz. Marque com lápis e régua a posição do espelho, da normal N e dos raios de incidência e reflexão como o indicado na fig.3.

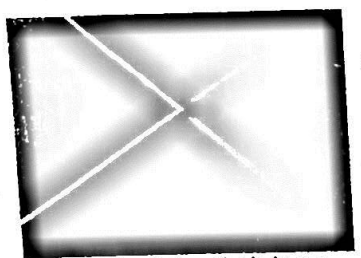


Fig. 2: Feixe de luz atingindo um espelho plano.

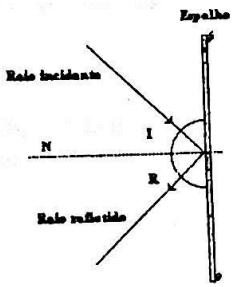


Fig. 3: Feixe de luz refletido pelo espelho plano.

Medindo-se os ângulos de incidência i e de reflexão r, em relação à normal N e à superfície do espelho, pode-se observar que:

$$I = R$$

que é uma das Lei da reflexão. A outra diz que o raio incidente, o raio refletido e a reta normal estão no mesmo plano.

Pode-se verificar também como se forma a imagem num espelho plano. Aliás, onde é formada a imagem pelo espelho plano? (No espelho ou atrás do espelho?). Qual é a natureza da imagem formada pelo espelho plano: real ou virtual? Por quê?

Colocando-se o espelho plano novamente em pé, coloque um objeto da altura do mesmo em frente ao espelho a uma distância qualquer. Pegue outro objeto, igual ao primeiro, e coloque-o sobre a imagem do primeiro, meça as distâncias e verifique se a imagem é simétrica.

Com os espelhos esféricos pode-se fazer alguns experimentos simples, como por exemplo, observar como são formadas as imagens por esses componentes, principalmente quando se altera a distância do espelho ao objeto. Esses espelhos, devido às suas características, são utilizados em vários locais. Tente se lembrar das situações em que esses espelhos são utilizados, bem como o por quê de sua utilização nesses casos.

Um parâmetro importante na caracterização dos espelhos esféricos é a us distância focal, que pode ser medida experimentalmente utilizando-se os espelhos côncavo ou convexo, cortados ao meio, e dois feixes de luz paralelos, conforme a figuras 4, 5, 6 e 7.

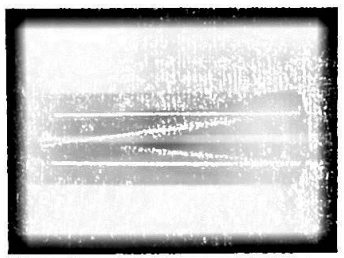


Fig.4: Espelho côncavo.

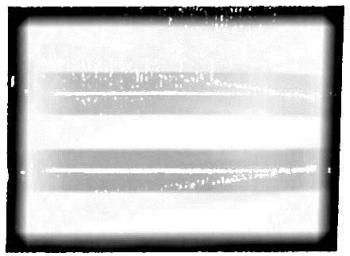


Fig.5: Espelho convexo.

Fig.6: Esquema do espelho côncavo.

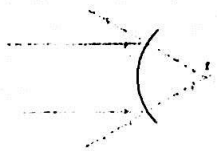


Fig.7: Esquema do espelho convexo.

No caso do espelho côncavo, após a reflexão dos raios de luz pelo espelho, houve um encontro efetivo dos raios e por este motivo este ponto é chamado de foco real. No espelho convexo não ocorre um encontro efetivo dos raois, mas sim dos prolongamentos , desse modo, tem-se um foco virtual.

Com o espelho côncavo (nesse caso é melhor utilizar o inteiro), é possível também projetar uma imagem em um anteparo, que pode ser a própria parede da sala ou a caixa do kit. Isto pode ser feito utilizando-se o transferidor como objeto, bastando, para isso, colocá-lo na frente da lanterna (esse procedimento é necessário porque o objeto precisa ser iluminado). Depois disso, coloca-se o espelho de frente para o feixe de luz (para deixar o espelho na posição vertical, utilize a fita crepe), de modo que o feixe refletido pelo espelho atinja o anteparo, aí é só acertar a posição do objeto até se obter uma imagem nítida no anteparo.

Fig. 8: Montagem para projeção de imagem.

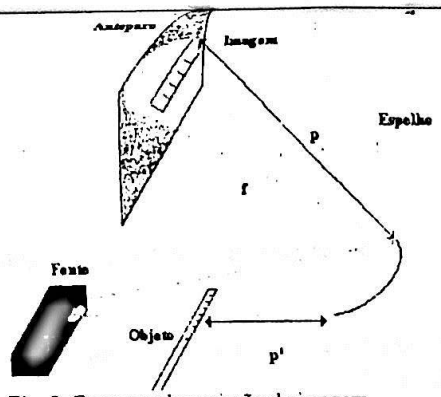


Fig. 9: Esquema da projeção da imagem.

Com esse arranjo, pode-se determinar a distância focal f do espelho de uma maneira algébrica, medindo-se as distâncias do objeto ao espelho (p), do espelho ao anteparo (p') e depois aplicando a equação dos pontos conjugados

$$1/p + 1/p' = 1/f$$

Para melhorar os resultados é só variar as distâncias e anotar as medidas, tanto do p quanto de p', aplicar a equação dos pontos conjugados e depois tirar a média dos valores de f.

3) REFRAÇÃO

O fenômeno da refração pode ser estudado utilizando-se o bloco de acrílico com formato semi-circular. Este componente é conhecido como dióptro convergente. Fazendo-se uma incidência de luz de acordo com a fig. 10, pode-se notar que o raio de luz sofre um desvio em sua trajetória ao atingir a superfície plana. Esse desvio ocorre devido à mudança de meio, ou seja, a luz que estava se propagando no ar passa a se propagar no acrílico. Por que não houve desvio na superfície circular?

Fig. 10: Dióptro semi-circular.

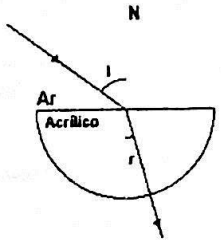


Fig. 11: Esquema do desvio do feixe de luz quando há mudança de material.

Posicionando-se o dióptro sobre a folha que contém o esboço do transferidor é possível fazer várias medidas dos ângulos de incidência e de refração. A partir daí, aplicar a Lei de Snell (n_{ar}.sen (i) = n_{vidro}.sen (r)), e obter valor do índice de refração do acrílico. Para organizar melhor o trabalho, pode-se, por exemplo, montar uma tabela como a ilustrada abaixo:

i	r	sen(i)	sen(r)	(sen(i))/(sen(r)) = n
10º				
20º				
30º				

Não se esqueça de que os ângulos são medidos a partir da normal à superfície do dióptro.

O índice de refração é uma grandeza adimensional, que caracteriza os materiais sob ponto de vista óptico, e é definido como:

$$n = c/v$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz no material. Desse modo, o índice de refração é sempre maior ou igual a 1, pois a velocidade em um determinado meio é sempre menor ou igual a c. Simbolicamente : $v \leq c \Rightarrow n \geq 1$.

No caso do ar, como a velocidade da luz no ar é aproximadamente igual à velocidade da luz no vácuo, o índice de refração do ar pode ser considerado 1.

Com relação aos raios de luz, qual é a principal diferença entre a refração e a reflexão?

4) LÂMINA DE FACES PARALELAS

Como o próprio nome diz, este componente óptico tem duas faces paralelas e pode ser analisado da seguinte forma:

- Coloca-se a lâmina sobre uma folha de papel em branco, desenha-se o seu contorno e faz-se incidir sobre uma das faces um raio de luz, de acordo com a fig. 12.

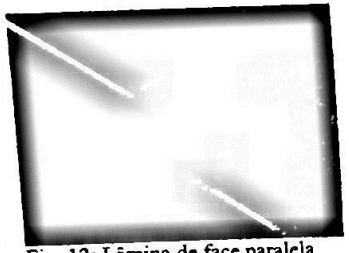


Fig. 12: Lâmina de face paralela.

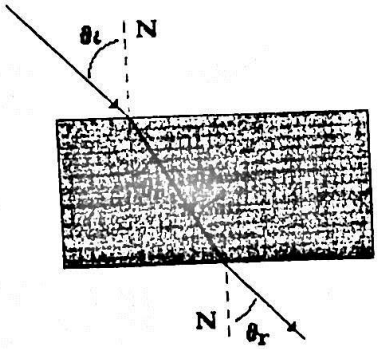


Fig. 13: Esquema da lâmina de face paralela.

- Retira-se a Lâmina e a fonte de luz e completa-se a trajetória da luz, como indica a fig. 13. A lâmina é um material homogêneo? Como você pode verificar essa propriedade ?

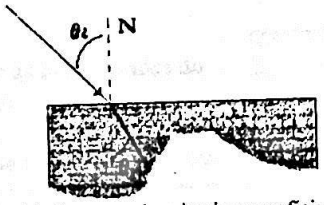


Fig. 14: Esquema da primeira superfície de separação.

Medindo-se os ângulos θ_i e θ_r e aplicando a Lei de Snell obtém-se o índice de refração do vidro. (Lembre-se de que o índice de refração do ar é 1).

No esquema da fig. 14, a luz passa do ar para o vidro. Se ela percorrer o caminho inverso, isto é, do vidro para o ar, com um ângulo de incidência igual a r, qual será o ângulo de refração? Justifique o porquê.

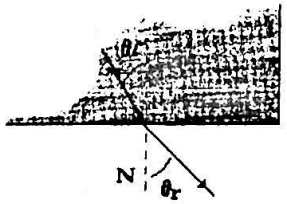


Fig. 15: Esquema da segunda superfície de separação.

Medindo-se novamente os ângulos θi e θr na segunda superfície, o que é possível observar? Qual é o desvio total sofrido pelo raio de luz?

Lembre-se de que o desvio total dos raios de luz ao atravessar um sistema óptico, é a diferença angular entre a direção de propagação final do raio e sua direção inicial. Qual o desvio nesse caso ?

Você pode verificar também, que na refração sempre uma pequena parcela da luz sofre reflexão.

5) LÂMINAS DE FACES PARALELAS FINAS (guia de ondas)

Este tipo de lâmina simula o mesmo efeito produzido por uma fibra óptica. Para verificar este fato basta colocar a fonte de luz em uma de suas extremidades (tudo sobre uma folha de papel em branco), e verificar que a luz (devido às reflexões totais internas sucessivas), acaba saindo na outra extremidade. É dessa maneira que as ondas eletromagnéticas são "transportadas" pela fibra óptica.

Fig. 16: Reflexão total interna.

6) FIBRA ÓPTICA

A fibra óptica é um sistema composto basicamente de dois elementos, por exemplo, o miolo formado por sílica e a casca formada de plástico. Esses dois materiais têm índices de refração diferentes. Qual dos dois materiais tem maior índice de refração ? Justifique.

Fig.17: Esquema da fibra óptica.

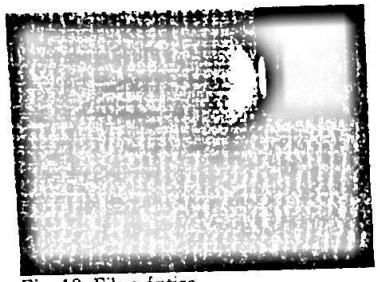


Fig. 18: Fibra óptica.

7) PRISMA

Podemos estudar as propriedades do prisma do seguinte modo:

- Coloca-se o prisma apoiado sobre uma folha de papel em branco, desenha-se o seu contorno e faz-se incidir um raio de luz em uma de suas faces.

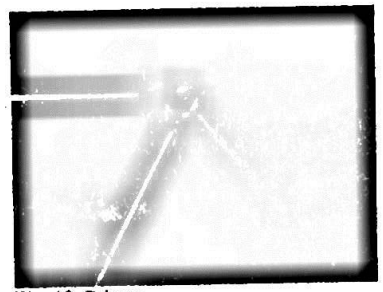


Fig. 19: Prisma.

Como você pode observar, o raio de luz que sai do prisma vai se abrindo à medida que se afasta do prisma, além do que, torna-se colorido. As cores que aparecem estão sempre na mesma ordem? Como se chama este efeito? Explique o que realmente ocorre e cite em que fenômeno este efeito acontece na natureza.

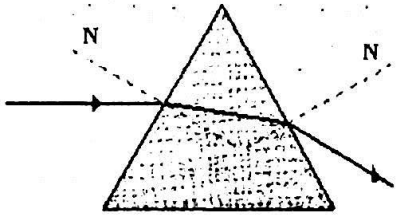


Fig. 20: Esquema do prisma.

- Retira-se o prisma e a fonte de luz e completa-se o desenho conforme a fig. 20.

A partir dos passos acima pode-se por exemplo determinar o índice de refração do prisma, bastando para isso tomar os ângulos de incidência e refração em uma das faces e aplicar a Lei de Snell. Lembre-se de que o índice de refração do ar é igual a um.

Colocando-se novamente o prisma e a fonte de luz sobre o desenho, pode-se verificar que variando-se o ângulo de incidência tem-se outras trajetórias para o raio de luz. Há casos, por exemplo, em que o raio de luz sofre reflexão na segunda superfície, denominada reflexão interna total, e sai na face de baixo. Porque isso acontece? Aliás, porque nunca acontece reflexão total interna na primeira face?

8) LENTES

Seguindo-se o mesmo procedimento de colocar os componentes sobre um papel em branco e utilizar a fonte de luz (nesse caso utiliza-se duas fontes afim de se obter dois raios paralelos), pode-se analisar as lentes do seguinte modo:

- Coloca-se a lente de vidro cortada ao meio (aquela cujo corte transversal é semelhante à forma de uma elipse), apoiada sobre o papel e faz-se a incidência de acordo com a fig. 22.

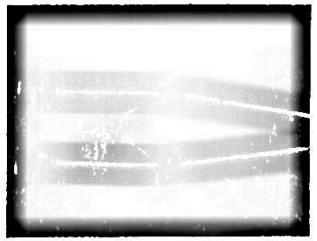


Fig. 21: Lente convergente.

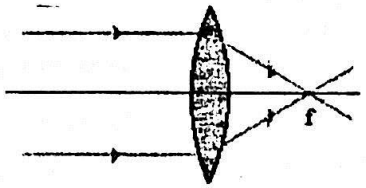


Fig. 22. Esquema da lente convergente.

Como se pode observar, neste tipo de lente os raios de luz paralelos convergem para um determinado ponto. Este ponto é conhecido como foco principal da lente e a distância deste ponto de convergência até o centro da lente é denominado distância focal f da lente. **Este parâmetro f é importante na caracterização de uma lente.**

Após a passagem dos raios de luz através da lente houve um encontro efetivo dos raios e por este motivo este ponto é chamado de foco real, e a distância focal f é positiva, por convenção .

Todas as lentes que tem as bordas finas, quando estão imersas no ar, são convergentes, e por isso mesmo tem focos reais ou positivos.

Os raios de luz provenientes de uma lâmpada (situada no teto da sala), podem ser considerados paralelos devido à sua distância em relação à lente, pois essa distância é muito maior que a distância focal da lente. Desse modo, esses raios, ao atingirem a lente, deverão convergir em um único ponto, ou seja , no foco principal da lente. Portanto para um objeto muito longe, teoricamente no infinito, a imagem se forma no plano focal da lente. Esta é uma outra maneira de se obter a distância focal de uma lente (medida direta), obtendo a imagem formada pela lente projetada no papel. Tente fazer este experimento e compare os resultados.

Para fontes de luz situadas a grandes distâncias, como o Sol por exemplo, os raios incidentes são paralelos. De posse da lente, meça a distância focal com os raios de luz provenientes do Sol.

- Repete-se o mesmo procedimento anterior utilizando a lente de bordas grossas, como mostra a fig. 22.

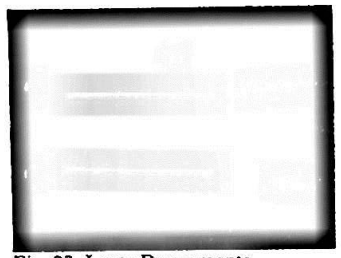


Fig. 23. Lente Donvergente.

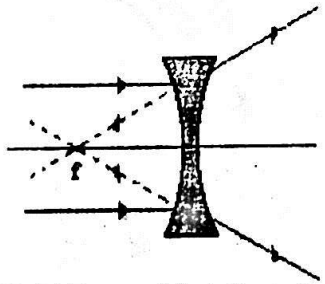


Fig. 24. Esquema da lente divergente.

Como se pode observar, os raios de luz nunca irão se encontrar após a passagem pela lente, ou seja não há um encontro efetivo dos raios. Porém, pode-se verificar que os prolongamentos dos raios se encontram em um determinado ponto (antes da lente), e por este motivo é denominado como foco virtual. Nesse caso, a distância focal f é negativa, por convenção.

Todas as lentes que têm as bordas grossas, quando estão imersas no ar, são divergentes e têm focos virtuais ou negativos

Explique porque neste tipo de lente não é possível obter o foco com os raios de luz proveniente do Sol ou da lâmpada, isto é, não é possível fazer uma medida direta da distância focal da lente.

Ao se olhar para um objeto através de uma lente convergente, é possível verificar que a imagem muda suas características de acordo com a distância entre o objeto e a lente. Desse modo, pode-se montar um arranjo experimental com a finalidade de medir as distâncias tanto do objeto quanto da imagem à lente. Isso pode ser feito colocando-se a lente sobre a borda da caixa e a lanterna na extremidade da mesma. Depois disso é só posicionar o transferidor (objeto) entre a lente e a lanterna, e colocar um anteparo na frente da lente. Este anteparo pode ser a própria parede. Com esse arranjo montado, varie as posições, tanto da imagem quanto do objeto, e meça essas distâncias. De posse dessas medidas, verifique que elas obedecem a equação dos pontos conjugados.

Bibliografia

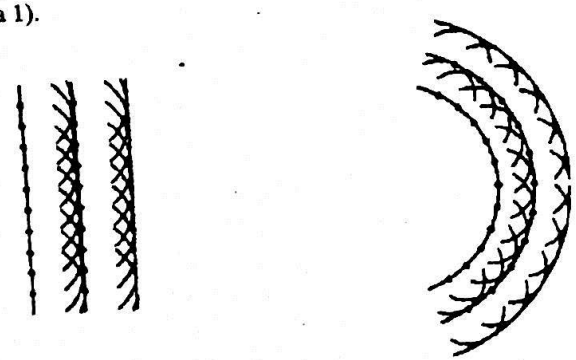
- Tipler, P.A. - *Física para cientistas e engenheiros* - vol. 4, Editora Guanabara Koogan , Rio de Janeiro, 1995.
- E. Hecht - *Óptica* - Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
- D. Halliday, R. Resnick - *Física* - vol. 4 - 4ª Ed., Livros Técnicos e Científicos S.A. , Rio de Janeiro, 1978.
- H. M. Nussenzveig - *Curso de Física Básica* - vol. 4 - 1ª Ed, Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1998.
- U. Amaldi - *Imagens da Física,* Scipione, São paulo, 1998.
- Máximo, B. Alvarenga - *Curso de Física* - vol. 2 - 4ª Ed., Scipione, São Paulo, 1998.

ÓPTICA FÍSICA - DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA

Felix Claret da Silva
Instituto de Física - USP - 1999

O objetivo do presente trabalho é introduzir de maneira simples, através de uma abordagem experimental, os conceitos de difração e interferência. Esses conceitos são característicos de fenômenos ondulatórios de uma maneira geral, mas vamos abordá-los no contexto da óptica, ou seja, das ondas eletromagnéticas que simplesmente chamamos de luz. Assim, o que dissermos para a luz vale também para outros tipos de ondas (como o som, por exemplo), mas vamos nos ater apenas aos fenômenos luminosos.

Difração é a propriedade que a luz tem de contornar arestas, pequenos obstáculos ou barreiras e aberturas de pequenas dimensões, encurvando-se em suas proximidades. Sua compreensão está fundamentada no *Princípio de Huygens-Fresnel*, que diz que em qualquer meio homogêneo e isotrópico cada ponto sobre uma frente de onda pode ser considerado como uma fonte secundária de "ondículas", cujo envelope num instante posterior corresponde à frente de onda primária naquele instante. As ondículas secundárias são esféricas, espalhando-se em todas as direções com a mesma velocidade e freqüência da onda primária original e sofrendo interferência umas com as outras (ver figura 1).



(a) (b)

Figura 1 - Utilização do Princípio de Huygens-Fresnel para explicar a propagação de uma onda para a direita: (a) - Frente de onda plana. (b) - Frente de onda circular (esférica se considerarmos a propagação no espaço).

Interferência é a combinação de duas ou mais ondas num mesmo ponto do espaço, por superposição. O *Princípio de Superposição* nos diz que, num dado ponto do espaço, onde se encontram duas ou mais perturbações ondulatórias, a perturbação resultante é a soma algébrica das perturbações individuais. Quando falamos de perturbação estamos nos referindo a um deslocamento em relação a uma linha média em torno da qual a onda oscila. Se o deslocamento ocorre acima da linha média atribuímos um sinal positivo a ele, caso contrário, o sinal será negativo. A soma algébrica é a soma que leva em consideração esses sinais do deslocamento (ver figura 2).

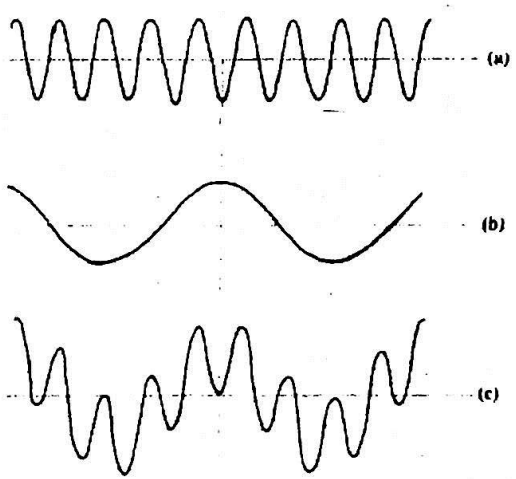


Figura 2 - (a) e (b) - Ondas de mesma amplitude porém com diferentes freqüências. (c) - Resultado da superposição das ondas (a) e (b).

Os conceitos expressos brevemente nos parágrafos acima são importantes para a compreensão de muitos fenômenos naturais que observamos no cotidiano, como a formação de manchas coloridas na superfície de uma bolha de sabão ou de uma película de óleo sobre a superfície da água. São também a base para o entendimento do princípio da holografia e de inúmeros métodos de interferometria óptica, idealizados para a obtenção de medidas precisas de pequenas dimensões (espessuras, diâmetros, rugosidade de superfícies, etc.). Se você deseja conhecer mais profundamente difração e interferência (o que é recomendado), consulte a literatura sugerida ao final deste texto.

A seguir descrevemos quatro experimentos simples, realizados com material simples e barato, que ilustram os conceitos de difração e interferência e proporcionam uma base para que você mesmo possa criar variações ou idealizar novos experimentos. Você necessitará de uma fonte de luz coerente (ponteira laser), fendas simples e duplas, orifício circular, lâmina delgada transparente (lâmina de microscópio ou transparência), suportes (prendedores de roupa), régua ou trena, papel branco ou milimetrado, fita adesiva, etc. Faça os experimentos tomando a seguinte **PRECAUÇÃO**:

NUNCA OLHE DIRETAMENTE PARA O FEIXE DE LASER, POIS ELE PODE CAUSAR DANOS IRREVERSÍVEIS À SUA RETINA !!!

Experimento 1 : Difração por uma Fenda Simples.

Considere o arranjo experimental conforme esboçado na figura 3 a seguir.

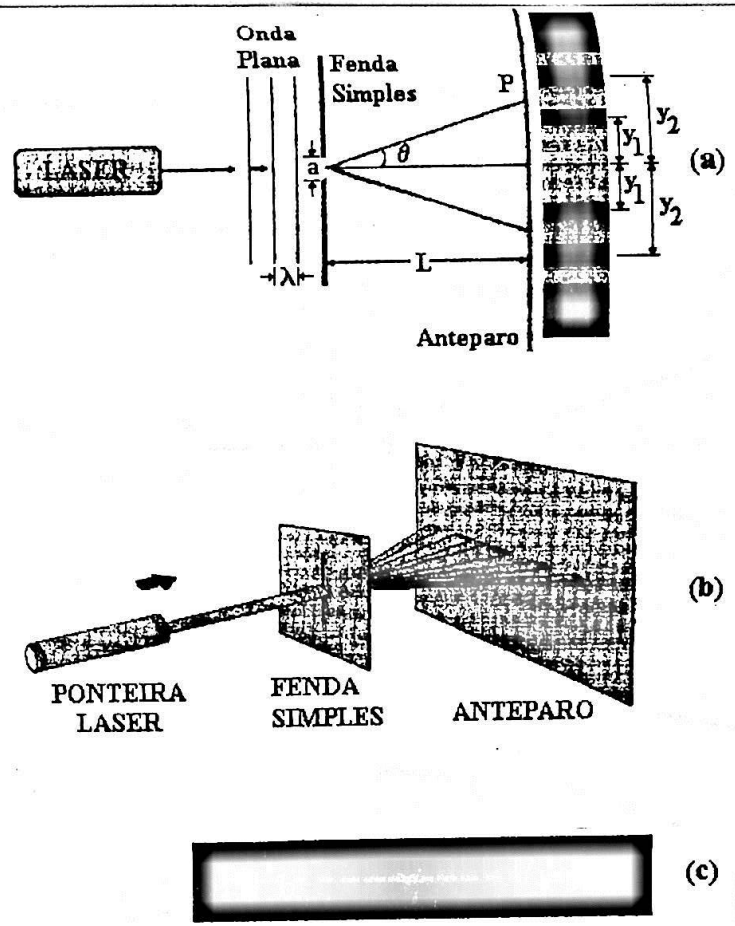


Figura 3 - Difração por uma fenda simples. (a) - Esboço da montagem contendo os parâmetros necessários. (b) - Visualização estilizada da montagem. (c) - Exemplo de uma figura de difração obtida sobre o anteparo.

Nesse arranjo, uma onda plana (as frentes de onda são planos e o comprimento de onda é λ), incide sobre uma superfície contendo uma fenda retangular de pequena largura *a*. Cada linha no interior da fenda se comporta como uma fonte linear de ondículas cilíndricas , segundo o Princípio de Huygens-Fresnel. A luz espalhada pela abertura é interceptada por um anteparo colocado paralelamente à superfície que contém a fenda, e a uma distância *L* desta. *L* deve ser suficientemente grande para que possamos considerar as linhas que ligam a borda superior da fenda e o seu centro a um mesmo ponto *P* do anteparo, paralelas. O ângulo formado entre a linha perpendicular ao anteparo que passa pelo centro da fenda e a linha que liga *P* a esse centro é θ , como mostra a figura 3-(a). Observamos que em torno do centro do anteparo forma-se uma

região clara (máximo principal) seguida de regiões escuras, simétricas em relação ao centro (mínimos), novamente regiões claras (máximos secundários), e assim por diante. A distância entre dois mínimos simétricos (de mesma ordem), medida ao longo do anteparo, é dada por $2y_1$, $2y_2$, etc., sendo o índice 1 referente ao primeiro mínimo, 2 ao segundo, e assim por diante. Mostra-se que a intensidade da onda difratada na direção θ, sobre o anteparo, é dada por[1] :

$$I_{dif} = I_0.\{\text{sen}\phi/\phi\}^2 \qquad \text{onde} \quad \phi = (\pi/\lambda).a.\text{sen}\theta \qquad (1)$$

e que a largura da fenda *a* pode ser calculada através da relação[2]

$$a = m\lambda L/y_m \qquad \text{onde} \quad m \text{ é a ordem dos mínimos.} \qquad (2)$$

Note que a intensidade máxima (I_0) ocorre para $\phi = \theta = 0$.

Procedimento experimental.

A - Monte o experimento conforme esboçado na figura 3. Como fonte de luz, utilize a ponteira laser.

B - Cole uma tira de papel milimetrado sobre o anteparo de maneira que a figura de difração recaia sobre a tira. Sobre ela você marcará a posição do máximo central e dos mínimos subseqüentes.

C - Meça a distância entre a fenda e o anteparo (*L*) com uma régua ou uma trena. O valor do comprimento de onda (λ) é conhecido (faça uma média entre os valores máximo e mínimo indicados na ponteira laser).

D - Meça, sobre a tira de papel milimetrado, as distâncias entre vários mínimos e o máximo central (y_m). Não se esqueça que m = 1 para o primeiro mínimo, 2 para o segundo, e assim por diante.

E - Utilize a equação (2) acima para calcular o valor de *a* correspondente a cada y_m. Faça uma média dos valores obtidos e compare com o valor nominal de *a*.

Questão 1: O que acontece com a figura de difração se você utilizar uma fenda mais estreita ? E mais larga ? Verifique experimentalmente.

Vamos agora utilizar o mesmo arranjo experimental para medir o diâmetro de um fio de cabelo. O fio de cabelo e a fenda simples são objetos distintos, mas pode-se mostrar que as figuras de difração obtidas nos dois casos são análogas. Portanto, substitua a fenda por um fio de cabelo. O procedimento de medida é o mesmo , passos A a E acima. Obtenha o valor de *a* , que agora corresponde ao diâmetro do fio de cabelo a ser medido.

[1] Consulte o livro de Tipler, capítulo 33, seção 33.7, listado na bibliografia, para uma discussão detalhada sobre esta equação.

[2] A equação (2) decorre de (1) fazendo-se $\phi = m\pi$, e utilizando-se a aproximação $\text{sen}\theta \approx y_m/L$.

Questão 2: A quantos comprimentos de onda corresponde o diâmetro do fio de cabelo ?

Experimento 2 : Difração e Interferência por uma Fenda Dupla.

O arranjo experimental é idêntico ao anterior (Experimento 1). Apenas troque a fenda simples por uma fenda dupla (ver figura 4 abaixo).

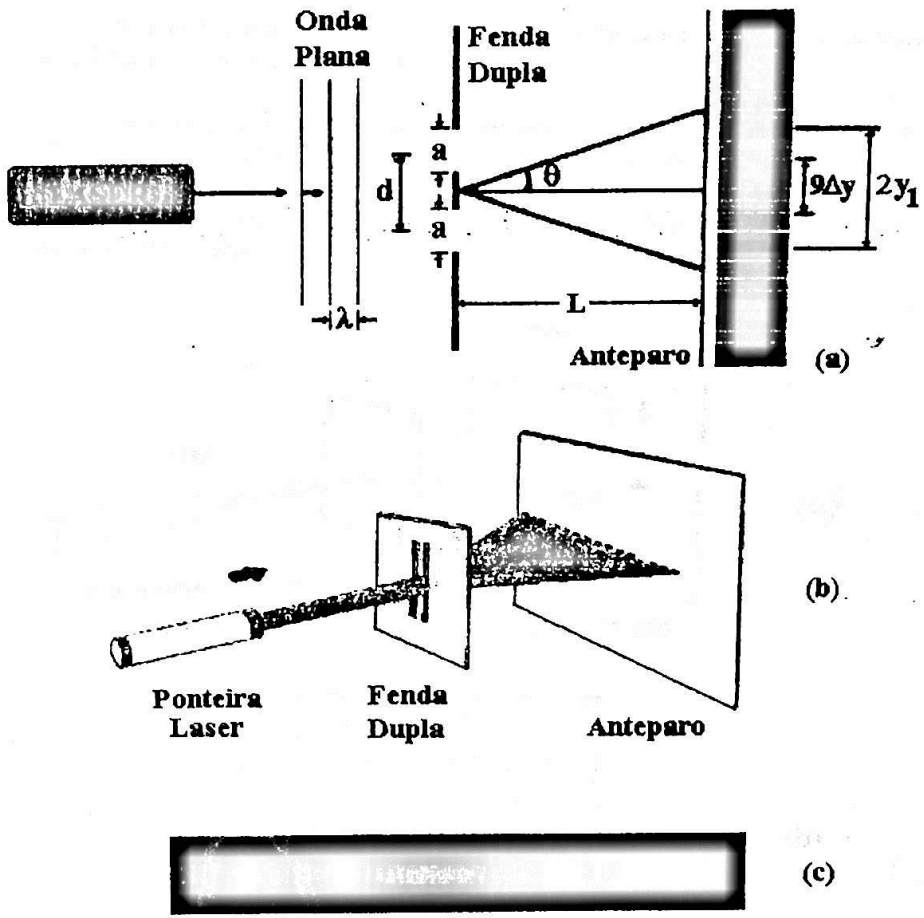


Figura 4 - Difração e interferência por uma fenda dupla. (a) - Esboço da montagem contendo os parâmetros necessários. (b) - Visualização estilizada da montagem . (c) - Exemplo de uma figura de difração e interferência obtida sobre o anteparo.

Em duas fendas de largura *a* e separadas de uma distância *d* (de centro a centro), ocorre difração em cada uma das fendas. Além disso, ocorre interferência entre os feixes

difratados por cada uma das fendas. A intensidade da onda na direção θ , num anteparo a grande distância (L) das fendas é dada por [3]:

$$I = 4.I_{dif}\cos^2(\delta) \qquad \text{onde} \quad \delta = (\pi/\lambda).d.\text{sen}\theta \qquad (3)$$

e I_{dif}, dada pela equação (1), seria a intensidade de cada fenda, se a outra não existisse.

Os máximos de interferência ocorrem para $\cos^2(\delta) = 1$. Assim,

$$d.\text{sen}\theta = m.\lambda \qquad \text{para } m = 0, 1, 2, 3, ...$$

Em resumo, ocorre um espectro de franjas de interferência, modulado por uma envoltória de difração, como mostrado na figura 4. Devido à redistribuição de energia, esta envoltória tem amplitude duas vezes maior que a soma das amplitudes das duas fendas.

Sendo Δy a distância entre dois máximos consecutivos de interferência, e considerando que o padrão de interferência no anteparo ocorre a uma distância *L* muito longe das fendas, podemos determinar a distância *d* entre os centros das fendas através da equação [4]:

$$d = \lambda L/\Delta y \qquad (4)$$

Procedimento experimental.

A - Monte o experimento conforme esboçado na figura 4. Como fonte de luz, utilize a ponteira laser.

B - Cole uma tira de papel milimetrado sobre o anteparo de maneira que a figura de difração e interferência recaia sobre a tira. Sobre ela você marcará a posição de dois máximos situados no interior do conjunto de franjas na região central da imagem.

C - Meça a distância entre a fenda e o anteparo (*L*) com uma régua ou uma trena. O valor do comprimento de onda (λ) é conhecido (faça uma média entre os valores máximo e mínimo indicados na ponteira laser).

D - Meça, sobre a tira de papel milimetrado, a distância entre o primeiro e o último máximo. Anote a quantidade de máximos (n) nesse intervalo.

[3] Novamente, consulte o livro de Tipler, capítulo 33, seção 33.8, para uma discussão detalhada.

[4] A equação (4) decorre de (3) de maneira análoga ao que foi mostrado na nota de rodapé nº 2. O prazer de verificar esta afirmação é deixado ao leitor.

E - Divida a distância obtida no item D anterior pelo número de máximos menos um (n-1, obtendo assim Δy) e utilize a equação (4) acima para calcular o valor de *d*.

Experimento 3 : Difração por um Orifício Circular.

Novamente o arranjo experimental é semelhante aos anteriores, apenas trocando-se a fenda simples ou dupla pelo orifício circular.

A figura de difração de um orifício circular é constituída de um disco central claro, conhecido como disco de Airy, e anéis concêntricos claros e escuros, correspondentes aos máximos e mínimos secundários, como ilustra a figura 5. A difração por um orifício é mais complicada de ser analisada que a fenda linear, do ponto de vista matemático.

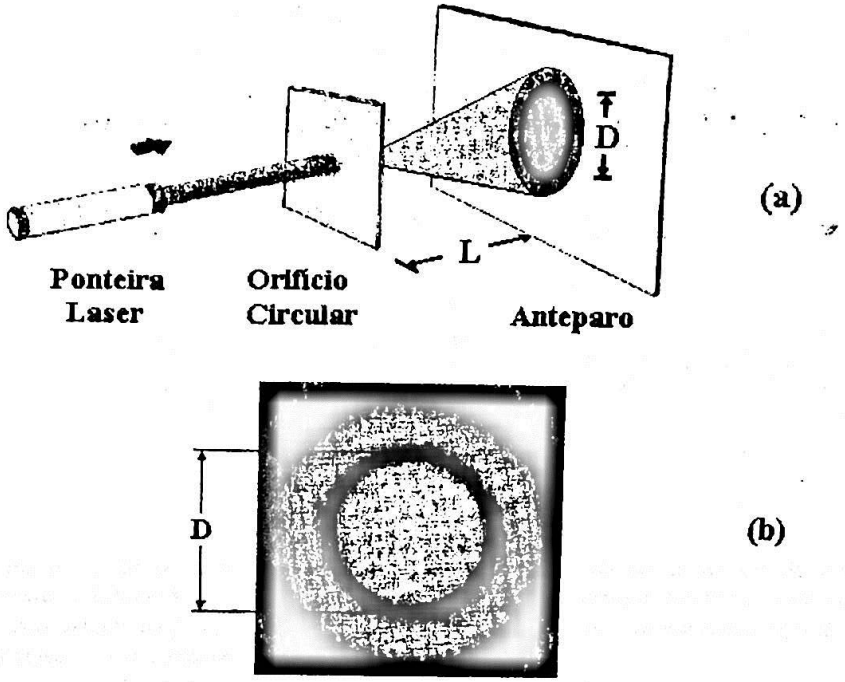


Figura 5 - Difração por um orifício circular. (a) - Visualização estilizada da montagem. (b) - Exemplo de uma figura de difração por um orifício circular obtida sobre o anteparo. O disco central brilhante é o disco de Airy.

Se *a* é o diâmetro do orifício circular e *D* o diâmetro do disco de Airy sobre o anteparo a uma distância *L*, então podemos determinar *a* através da seguinte relação:

$a = 2{,}44.\lambda L/D$ (5)

Procedimento experimental.

A - Monte o experimento conforme já foi feito anteriormente, apenas trocando a fenda simples ou dupla pelo orifício circular.

B - Cole uma tira de papel milimetrado sobre o anteparo de maneira que a figura de difração recaia sobre a tira. Sobre ela você marcará a posição do centro do disco de Airy e o centro do primeiro anel escuro. A distância entre esses dois centros corresponde a $D/2$.

C - Meça a distância entre o orifício e o anteparo (L) com uma régua ou uma trena. O valor do comprimento de onda (λ) é conhecido (faça uma média entre os valores máximo e mínimo indicados na ponteira laser).

D - Meça, sobre a tira de papel milimetrado, a distância entre o centro do disco de Airy e o centro do primeiro anel escuro.

E - Obtenha D e utilize a equação (5) acima para obter o diâmetro do orifício a.

Questão 3: Se aumentarmos ou diminuirmos o diâmetro do orifício, o que ocorre com o diâmetro do disco de Airy ? Verifique experimentalmente.

Assim como no Experimento 1 substituímos a fenda simples por um fio de cabelo, podemos aqui substituir o orifício circular por uma lamínula de laboratório com uma gotícula de sangue espalhada sobre sua superfície. É possível, dessa maneira, estimar o diâmetro médio das hemácias. As hemácias são células vermelhas do sangue dos mamíferos que possuem a forma de um disco abaulado, com uma pequena depressão central. Variam de tamanho entre as espécies e têm papel relevante na oxigenação, já que nelas se encontra a hemoglobina.

Experimento 4 : Medida da espessura de uma lamínula.

O objetivo deste experimento é determinar a espessura de uma lâmina delgada de vidro (lamínula de laboratório, por exemplo) utilizando um método interferométrico. Observe a figura 6 que esboça a montagem experimental.

Uma lamínula é iluminada por um feixe de laser colimado, que se faz convergir para um ponto sobre a superfície do vidro (ou um ponto ligeiramente atrás da segunda superfície), formando um ângulo θ com a normal à superfície. Parte da luz incidente atravessará o vidro e parte será refletida pelas superfícies externa e interna da lâmina. As partes refletidas sofrerão interferência quando interceptadas por um anteparo colocado à uma distância L grande (comparado com Δx), do centro da lâmina de vidro. Formar-se-á assim um padrão de interferência constituído de franjas paralelas e igualmente espaçadas.

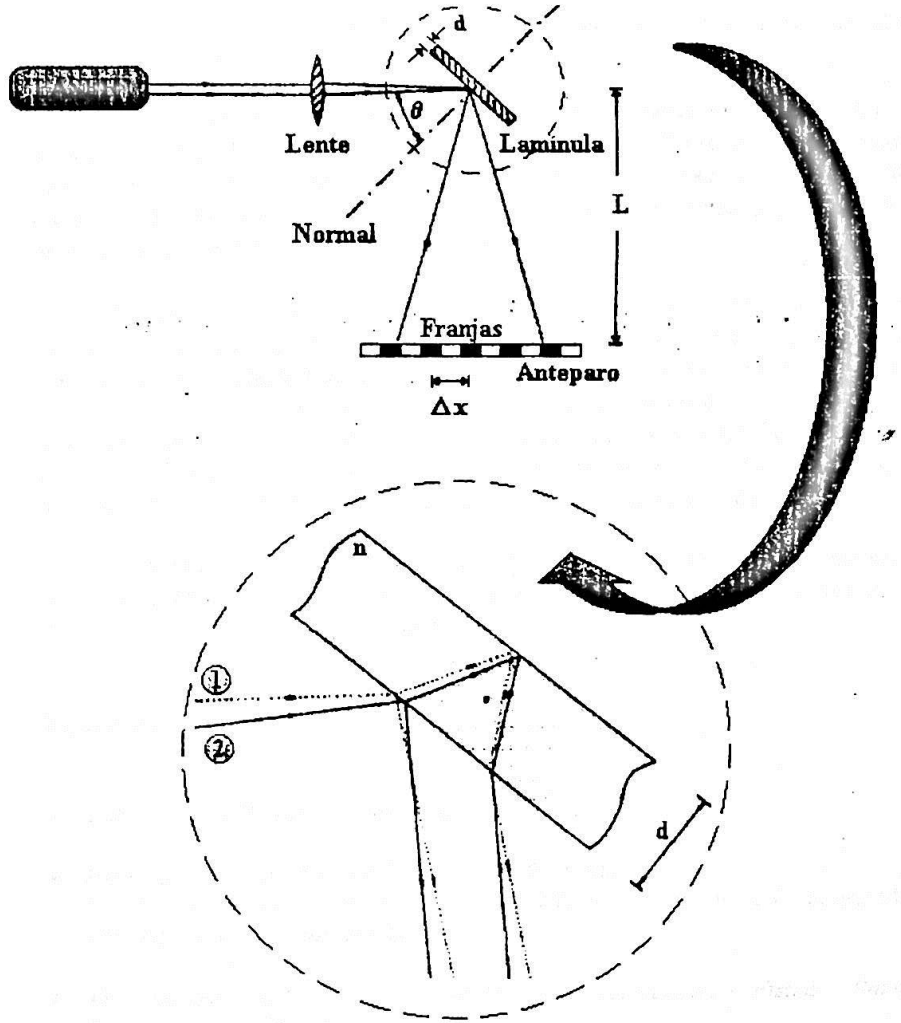


Figura 6 - Esboço da montagem experimental para medida da espessura de uma lamínula de laboratório por um método interferométrico. O detalhe mostra as reflexões que dão origem às franjas de interferência, negligenciando-se as múltiplas reflexões bem como os feixes transmitidos.

Medindo-se o espaçamento entre dois máximos consecutivos (Δx) e conhecendo-se o índice de refração do vidro (n) pode-se determinar a espessura da lamínula (d) através da seguinte relação:

$$d = [\lambda L(n^2 - \text{sen}^2\theta)^{1/2}]/[\text{sen}(2\theta).\Delta x] \qquad (6)$$

onde L é a distância entre o ponto de incidência do feixe sobre a lamínula e o anteparo e θ o ângulo formado entre o feixe incidente e a normal à superfície da lamínula (veja a figura 6).

A relação (6) acima não é muito difícil de ser obtida mas sua dedução foge ao objetivo deste trabalho. Basicamente ela leva em consideração a diferença de caminho óptico entre os raios refletidos na primeira e na segunda face da lâmina de vidro. Note que cada raio incidente dá origem a dois raios refletidos, na primeira e segunda faces do vidro (estamos negligenciando múltiplas reflexões).

Veja que esta relação pode ser simplificada se você utilizar um ângulo $\theta = 45°$. Nessa situação temos que:

$$d = [\lambda L(n^2 - 0{,}5)^{1/2}]/\Delta x \qquad (7)$$

Procedimento experimental.

A - Monte o experimento conforme o esboço da figura 6. Procure ajustar o ângulo θ entre o feixe incidente e a normal à lamínula em 45°, para simplificar o cálculo final.

B - Cole uma tira de papel milimetrado sobre o anteparo de maneira que a figura das franjas de interferência recaia sobre a tira. Sobre ela você marcará a posição do primeiro e do último máximo que puder observar.

C - Meça a distância entre o ponto de incidência do feixe na lamínula e o anteparo (*L*) com uma régua ou uma trena. O valor do comprimento de onda (λ) é conhecido (faça uma média entre os valores máximo e mínimo indicados na ponteira laser), assim como o índice de refração do vidro (*n*).

D - Meça, sobre a tira de papel milimetrado, a distância entre o primeiro e o último máximo, bem como o número de máximos (n).

E - Divida a distância obtida no item D acima pelo número de máximos menos um (n-1), obtendo dessa forma o valor de Δx.

F - Substitua os valores na equação (7) acima e determine o valor da espessura da lamínula (*d*).

Comentários Finais

Como você pôde perceber pelos experimentos sugeridos, difração e interferência não são assuntos de interesse apenas acadêmico. Ao contrário, são conceitos utilizados para explicar fenômenos que observamos no cotidiano e também na idealização de aparelhos e dispositivos que permitam a obtenção de medidas precisas de diâmetros e espessuras reduzidos, entre outros. As grades (ou redes) de difração e os interferômetros são bons exemplos.

O princípio de construção da holografia também pode ser compreendido através destes conceitos. Atualmente a holografia se encontra bastante difundida dentro e fora do ambiente dos laboratórios de pesquisa, como nos selos de autenticidade de cartões de crédito, CD's, vídeos, etc. A holografia também se presta à realização de medidas de precisão, além de seu caráter artístico, é claro.

Finalmente, todos esses desenvolvimentos se tornaram possíveis graças à construção do laser na década de 60. Existe hoje em dia uma variedade enorme de laseres, cuja aplicação vai desde as já citadas até aos cortes precisos de peças, análise de superfícies, cirurgias e etc. A importância do laser para essas aplicações reside em suas qualidades peculiares, tais como: alta intensidade, monocromaticidade (luz de uma só cor ou freqüência), direcionalidade e coerência. Fontes de luz comuns, mesmo quando utilizadas em conjunto com filtros, não possuem essas características.

Esperamos que você se sinta estimulado a buscar novas informações e aplicações, explorando os conceitos apresentados e ampliando seu conhecimento, garantindo uma formação sólida e duradoura.

Bibliografia

- French, A.P. - *Vibraciones y Ondas* - Editorial Reverté - 1974.
- Hecht, E. - *Optics* - Addison Wesley - 1998 - 3ª ed.
  Existe uma versão em português, de uma edição anterior deste livro, editado pela Fundação Calouste Gulbenkian (Portugal).
- Physical Science Study Committee (Comitê organizador) - *Física - Parte II* - Editora Universidade de Brasília - 1964.
- Robilotta, C.C. & Ukita, G.M. - *Apostila de Laboratório de Óptica (Licenciatura)* - Instituto de Física - USP - 2º sem/1995.
- Tipler, P.A. - *Física para cientistas e engenheiros* - Vol. 4 - Editora Guanabara Koogan - 1995.

FORMAÇÃO DE IMAGEM: DA FOTOGRAFIA À HOLOGRAFIA

Mikiya Muramatsu
Instituto de Física - USP - 1999

Para entender o processo de formação de imagem vamos considerar como ela é formada num dispositivo extremamente simples: a **CÂMERA ESCURA**. Um objeto, por exemplo o ponto A da figura 1 abaixo, emite um pincel estreito de luz passando pelo orifício da câmera (de diâmetro aproximado de 1mm) e atinge o fundo da caixa, formando a imagem correspondente A'.

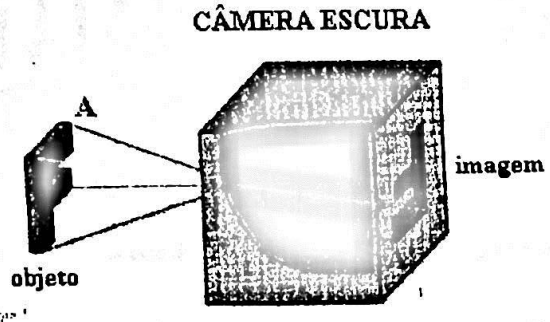


Figura 1 - Ilustração da formação de imagem numa CÂMERA ESCURA.

E assim acontece com todos os pontos do objeto, e com isso teremos sua imagem completa. É uma imagem invertida e real, pois é formada pela incidência de energia luminosa sobre o anteparo da caixa.

Como o orifício tem um pequeno diâmetro (por que não se pode aumentar esse diâmetro ?), só se obtém a imagem nítida de objeto bastante iluminado.

Uma solução para esse problema é aumentar o diâmetro da entrada da luz e colocar uma lente para captar os raios de luz emitidos pelo objeto. Dessa forma a lente redireciona os raios de luz provenientes do objeto, projetando-os, de forma unívoca, sobre o anteparo onde se encontra o elemento sensível (filme). Assim sendo, para cada ponto-objeto a lente **conjuga** um único ponto-imagem. Este é o princípio de funcionamento de uma câmera fotográfica, esquematizada na figura 2 a seguir.

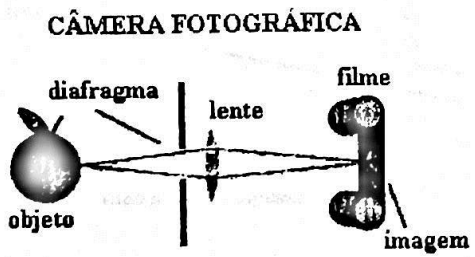


Figura 2 - Ilustração do princípio de formação de imagem numa CÂMERA FOTOGRÁFICA.

Assim também é o processo de formação de imagem através do olho (figura 3). Nesse caso, o conjunto de lentes é formado pela **córnea** e pelo **cristalino**, e o sistema receptor sensível é a **retina**.

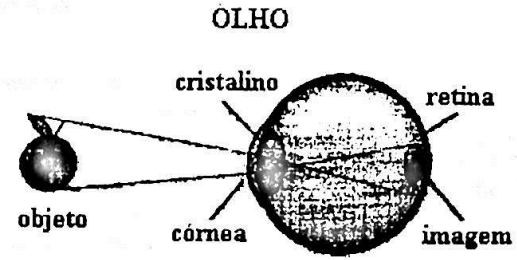


Figura 3 - Ilustração do princípio de formação de imagem no OLHO.

REGISTRO DA IMAGEM

Voltemos à nossa conhecida câmera fotográfica. Em cada ponto do filme chegam ondas luminosas refletidas pelos correspondentes pontos do objeto. Como sabemos, essas ondas são descritas por uma **amplitude** e uma **fase**. Todavia, o filme registra apenas o quadrado da amplitude, que chamamos de intensidade da luz incidente, e não a fase dessa luz, isto é, a "maneira" como essa luz chega no filme. Portanto, a imagem registrada perde uma informação importante que é a noção de profundidade do objeto, obtendo dessa maneira o registro bidimensional do mesmo. E isto também acontece com a imagem da câmera escura, na TV, no cinema, etc. Em 1947, Dennis Gabor propôs uma nova técnica de se obter uma imagem tridimensional, recuperando portanto a fase da luz, sem a utilização de nenhuma lente !

Esta técnica é conhecida como HOLOGRAFIA, que significa o registro (grafia) do todo (holos), isto é, da dimensão completa da onda: amplitude e fase. A técnica consiste em registrar numa placa fotográfica a figura de interferência formada pelo feixe de luz monocromático difundido pelo objeto e um feixe monocromático de referência (vide figura 4 abaixo). É a etapa de REGISTRO da imagem.

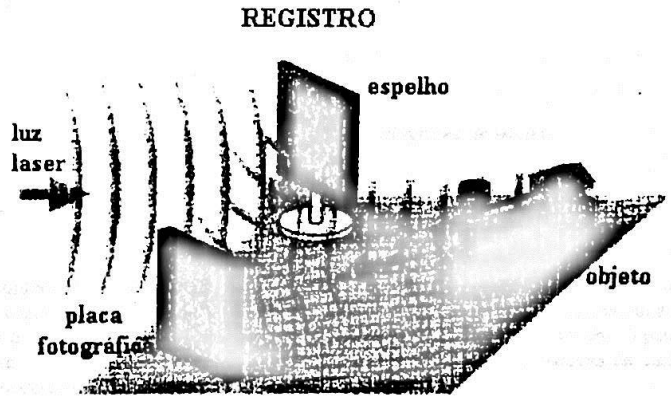


Figura 4 - Esquematização do processo de obtenção de uma HOLOGRAFIA.

manchas claras e escuras, contendo toda a informação das características do objeto. A fase da onda difundida está codificada na estrutura desses pontos claros e escuros e a **amplitude** na sua intensidade.

A reprodução da imagem do objeto é obtida iluminando-se o filme revelado, que contém a figura de interferência registrada anteriormente. A luz, ao incidir nos pontos claros e escuros do filme, irá difratar-se formando a imagem real e virtual, reproduzindo toda a riqueza visual do objeto em três dimensões, que pode ser visualizado sob várias perspectivas (figura 5).

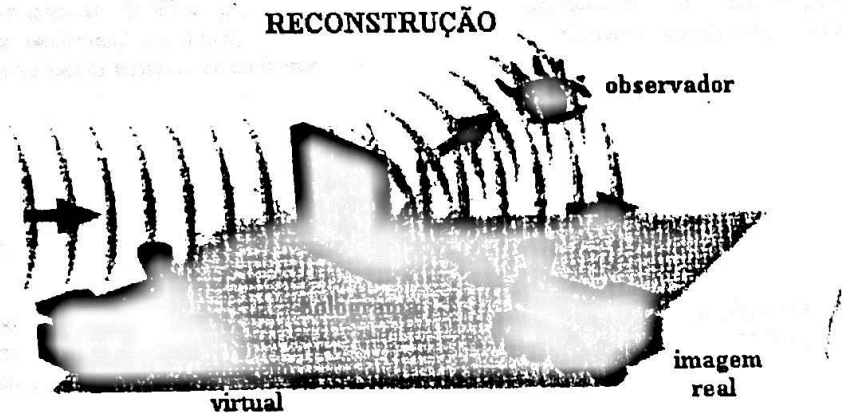


Figura 5 - Esquematização do processo de RECONSTRUÇÃO de uma imagem holográfica.

Note que uma determinada área do filme recebe luz do objeto, guardando toda a informação desse objeto na perspectiva dessa área. Assim, a área S_1 reconstrói a imagem do objeto aparecendo com nitidez a letra A, enquanto que a área S_2 verá a letra B (veja a figura 6). Nesse sentido, cada pedaço do holograma funciona como uma espécie de "janela", segundo a qual podemos "ver" o objeto como se estivesse naquela posição.

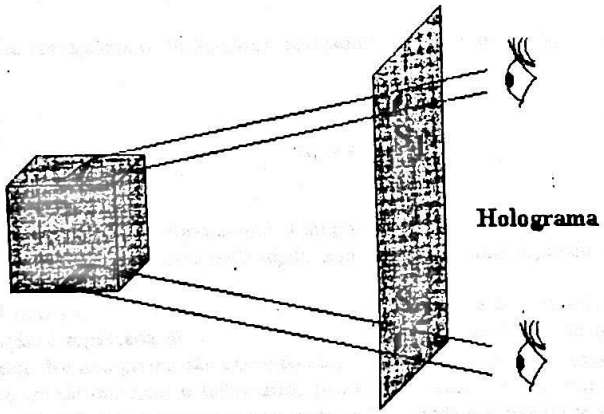


Figura 6 - Diferentes perspectivas de visão de um holograma.

O papel da lente na formação de imagens é redimensionar os feixes de luz. No processo holográfico esse redirecionamento da onda luminosa é feito em duas etapas. Inicialmente registra-se uma figura de **interferência**, que contém toda a informação do objeto. Na segunda etapa ilumina-se o holograma e a luz é **difratada**, reproduzindo a perfeita imagem tridimensional do objeto.

TIPOS DE HOLOGRAMAS

A montagem anterior para se obter o holograma foi proposta por E. N. Leith e J. Upatnieks. Neste caso a reconstrução da imagem é feita pela mesma luz utilizada no registro, geralmente uma fonte de alta coerência, isto é, luz **LASER**. Existem outros tipos de hologramas, mas vamos citar apenas mais um, que é o holograma em volume ou de luz branca, que foi proposto por Y. Denisyuki. Nesse tipo de holograma a interferência é formada no volume da emulsão fotográfica. No interior da emulsão fotosensível forma-se uma rede de difração tridimensional, que guarda informação sobre a amplitude e a fase do objeto. Essa matriz de informação, no interior de um volume na etapa de reconstrução, comporta-se como um cristal irradiado por raios X e dispersando a onda de reconstrução de acordo com a lei de Bragg. A figura 7, a seguir, mostra esquematicamente uma montagem para o registro de um holograma de volume (Denisyuki).

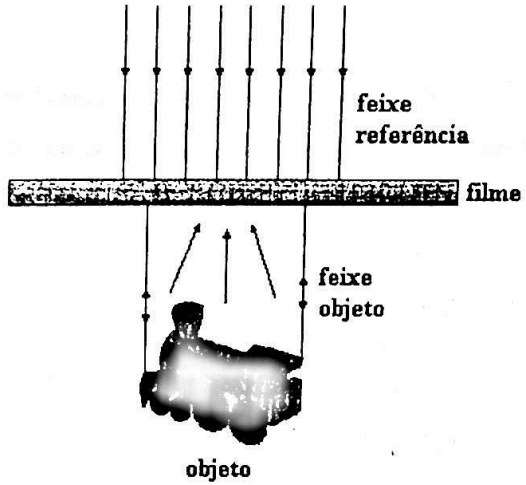


Figura 7 - Esquema de montagem para obtenção de um holograma de volume.

ALGUNS DADOS TÉCNICOS

A confecção de um holograma envolve essencialmente a obtenção de um padrão de interferência, o que por sua vez, envolve a utilização de uma luz de alta coerência, como é o caso da luz LASER. Essa propriedade de coerência faz com que o feixe referência e o feixe objeto mantenham uma relação de fase constante, ao longo do espaço e do tempo, formando assim padrões de interferência que guardam as informações de amplitude e de fase do objeto.

Utilizando-se, por exemplo, o laser de He-Ne, cujo comprimento de onda (λ) é cerca de 0,638 μm, devemos obter um padrão de interferência, isto é, manchas claras e escuras, com espaçamento da ordem de λ ! Essa exigência implica em duas conseqüências técnicas importantes:

1. - *O meio de registro, isto é, o filme fotográfico*, deve possuir alta resolução (entre 1.000 e 3.000 linhas/mm). São filmes de grãos finos, de alta resolução, capazes de registrarem variações da ordem de λ.

2. - O sistema de registro deve possuir alta estabilidade. Dependendo da potência do laser, sensibilidade do filme e tamanho do objeto a holografar, um registro pode ter duração de alguns segundos a minutos. Nesse intervalo de tempo o padrão de interferência deve permanecer estável. Isso exige um bom sistema de isolamento mecânico, principalmente de vibrações externas e outros fatores como correntes de ar e variações térmicas do ambiente.

APÊNDICE

Holografia ou reconstrução da frente de onda

Como vimos, o holograma é o resultado da interferência entre dois feixes: objeto A_1 e referência A_2. Essas amplitudes podem ser somadas e elevadas ao quadrado. Uma vez que o filme fotográfico registra a intensidade, então, para cada ponto do filme, a intensidade é dada por:

$$I(x,y) = (A_1 + A_2)^2 = (A_1 + A_2)(A_1 + A_2)^* = |A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1A_2^* + A_1^*A_2.$$

Nessa expressão, os dois primeiros termos representam o fundo contínuo, e os dois últimos, os termos de interferência portadores de informações, que no filme são representados por padrões claros-escuros. Ao revelar o filme, obtemos a função de transmitância T(x,y), dada por:

$$T(x,y) = A_1A_2^* + A_1^*A_2.$$

Iluminando-se essa transparência (holograma revelado) por uma onda A_3, obtemos a luz difratada A_4, dada por:

$$A_4 = A_3\,T(x,y) = A_1\,A_3\,A_2 + A_1\,A_3\,A_2$$

Se A_3 for igual, ou pelo menos proporcional, à amplitude A_2, a amplitude resultante A_4 será proporcional à amplitude inicialmente difratada pelo objeto: a imagem é a reconstrução do objeto.

Vamos enfatizar aqui a diferença fundamental entre um holograma e a fotografia convencional. Na fotografia, a informação é registrada de forma ordenada: cada ponto do objeto se relaciona a um ponto conjugado da imagem. No holograma não existe tal correspondência ponto objeto-ponto imagem; a luz de cada ponto objeto incide em todo o holograma. Isto possui conseqüências interessantes: se o holograma é quebrado ou cortado em pequenas partes, cada pedaço ainda é capaz de reconstruir toda a cena. Além disso, cada parte recebe luz de pontos vizinhos, de modo que movendo a cabeça o observador pode ver a imagem tridimensional do objeto. A figura 8, abaixo, representa a difração da luz incidente A_3, produzindo a imagem virtual e a imagem real.

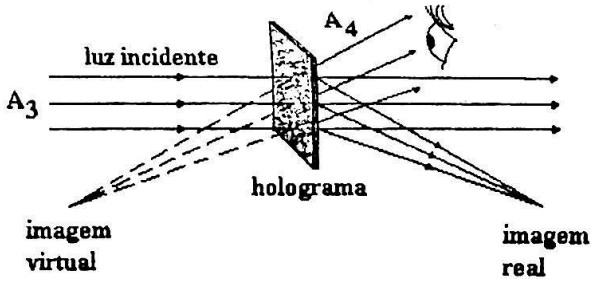


Figura 8 - Representação da difração da luz incidente A_3 produzindo as imagens virtual e real.

BIBLIOGRAFIA

- Hecht, E. - *Óptica* -Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
- Meyer-Arendt, J.R. - *Introduction to Classical & Modern Optics*, Prentice Hall, 1989.
- Jorge Dias de Deus et all, *Introdução à Física*, McGraw_hill, 1992.

APÊNDICE 7

Produção: SIAE-Sistema Integrado de Apoio ao Ensino

Projeto: Produção de Material Audiovisual para o Ensino de Física.

Apoio: Instituto de Física e Escola de Comunicações e Artes - USP

Título: *"FENÔMENOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA"*

Coordenação Geral:
Mikiya Muramatsu

Professores envolvidos:
Diomar R. S. Bittencourt (IF)
Marilia Franco (ECA-TV-USP)

Roteiro:
M. Muramatsu,
D. R. S. Bittencourt
Daniel Nobre Kulaif
George K. Shinomiya
José Angelo Rodrigues,

Direção e edição:
Rafael Luis Pompeia Gioielli

Assistente de Direção e Fotografia:
Danny Fridman

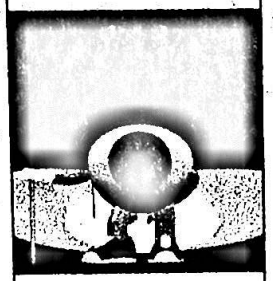
Ator:
Sergio Ganbier Campos

Produção:
George K.Shinomiya
José Angelo Rodrigues

Computação Gráfica:
José Angelo Rodrigues

Laboratório de Óptica do Instituto de Física da USP
(011) 818-6772/818-6622

IFUSP



"Fenômenos da Óptica Geométrica"

VHS

NTSC

1998

22 min

PRÓ-REITORIAS DE GRADUAÇÃO E DE PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE FÍSICA
ESCOLA DE COMUNICAÇÕES E ARTES
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DE OLHO ABERTO

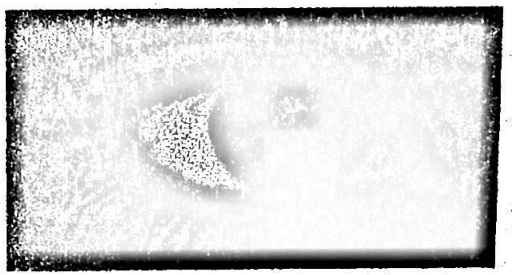


Foto: GKS/Aretha

"FENÔMENOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA"

Resumo:

Este vídeo procura explicar alguns fenômenos da óptica geométrica a partir da trajetória dos raios luminosos, mostrando realmente como se comporta a luz no nosso meio, elucidando os princípios básicos, e o que acontece quando incidem em espelhos, dióptros e lentes, fazendo uma abordagem da reflexão, da refração e da formação de imagens, a partir desses elementos. Analisa também os defeitos da visão mais comuns, como a miopia e a hipermetropia, bem como a utilização de lentes para corrigí-los.

Capa: GKS

APÊNDICE 8

Um novo desafio:

Uma abordagem experimental

Equipe Envolvida:

Coordenadora: *Marly Lima*
Prof- *Claudinei Augusto da Silva*

Série Envolvidas:

1° O

E.E.P.S.G. "Oswaldo Ribeiro Junqueira"

Prof.a-

PROJETO- Um Novo Desafio: Uma Abordagem Experimental

Justificativa

A preocupação desta proposta é subsidiar uma trabalho didático-pedagógico que permita tanto a apreensão dos conceitos, leis, relação da física e sua utilização, bem como a sua aproximação com fenômenos ligados as situações vividas pelos alunos, sejam os de origem natural, sejam as de origem tecnológico. Propomos um programa oriundo de uma temática central: Guia de Experiência Abordagem Experimental.

Objetivos Específico

- Verificar os três princípios básicos da óptica geométrica;
- Verificar o tipo de trajetória que a luz executa no interior do acrílico;
- Deduzir experimentalmente a lei da refração.
- Verificar o desvio lateral de um feixe de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas.
- Verificar como a luz caminha no interior de uma guia de ambas sofrendo reflexões internas sucessivas;
- Verificar onde são formadas as imagem nos espelhos planos;
- Verificar o número de imagens obtidas na associação de espelhos planos.
- Medir distâncias facais de espelhos convexo e côncavo, assim como, verificar o aumento linear transversal.
- Calcular a distâncias facal de lentes delgadas (Convergente e Divergente).
- Construir esquemas do modelo do olho humano com correção da miopia.

Conteúdos Programáticos

1- Princípios Básicos: Propagação retilínea
Interdependência
Reversibilidade
2- Trajetória da luz
3- Reflexão da luz
4- Refração da luz
5- Lâminas de faces paralelas
6- Guia de ondas
7- Determinação do índice de refração do agrílico.
8- Formação de imagens
9- Associação de espelhos planos
10- Espelhos esféricos
11- Lentes
12- Modelo de olho

Desenvolvimento Metodológico

Primeiro momento: Problematização inicial

São apresentadas questões e de situações para discussão com os alunos. Mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, a problematização inicial visa a ligação desses conteúdos com situações reais que os alunos conhecem presenciam;

Segundo Momento: Organização do Conhecimento

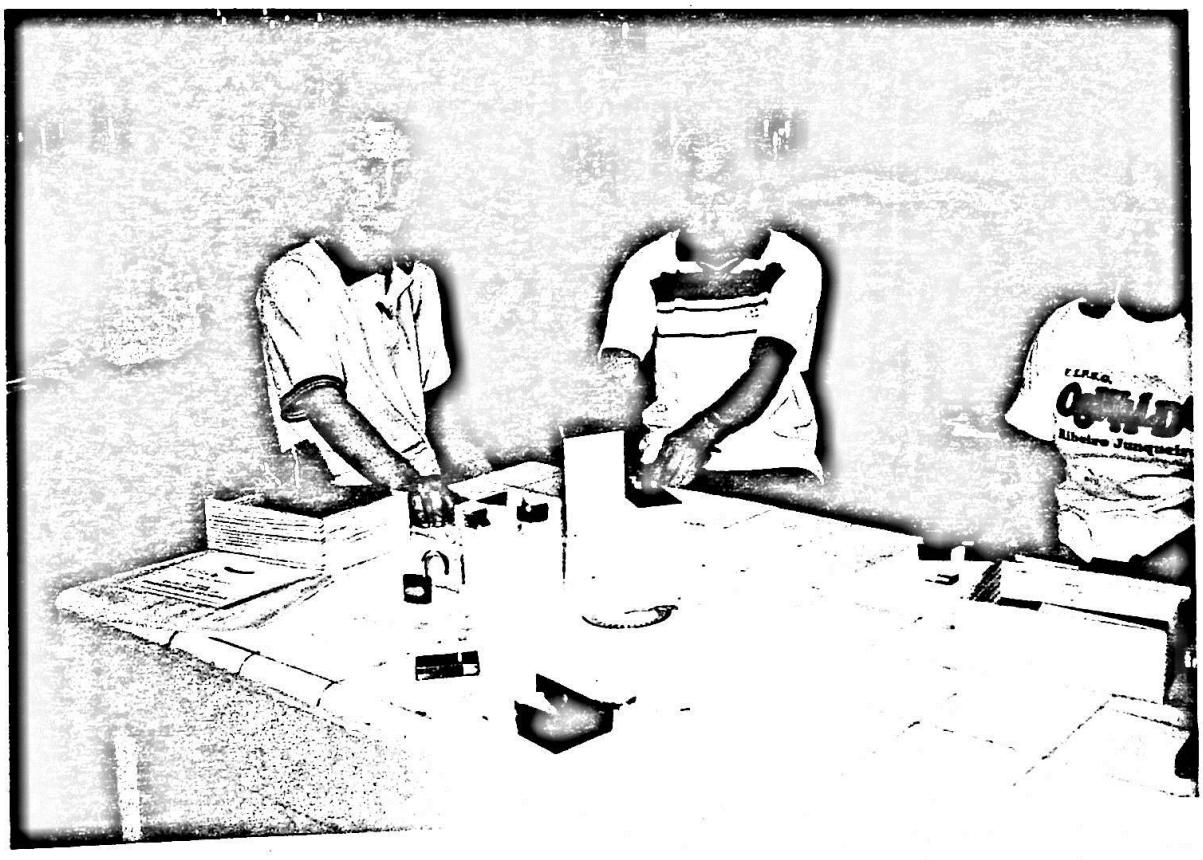
O núcleo do conteúdo específico cada tópico será preparado e desenvolvido, durante o números de aulas necessárias, em função dos objetivos definidos.

Do ponto de vista metodológico, neste momento de organização do conhecimento cabem as atividades mais diversas.

- Exposição, pelo professor , de definições;
- Formulação de questões;
- Texto previamente preparado;
- Trabalho extraclasse, necessário e compatível com a disponibilidade dos alunos;
- Experiências, realizadas pelos alunos, que devem atender tanto às habilidades fundamentais do trabalho prático em ciência como à adequação ao conteúdo do tópico.

Terceiro Momento- Aplicação do conhecimento

Abordar sistemáticamente o conhecimento que vem sendo incorporada pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinarão o seu estudo, com outras situações que não estejam diretamente ligadas .



Material didático- Recursos didáticos

O desenvolvimento do projeto se apoiará nós diversos materiais didáticos e tendo como suporte um "Guia de experimentos".
Propostas de acompanhamento de avaliação do projeto pedagógico da escola.
O processo de avaliação e acompanhamento terá como pressuposta básica assegurar a transformação das ações. Fazendo com que o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinado desde que apreendido, é acessível qualquer cidadão, que dele fazer uso assegurar adesão de todos os integrantes dando lhe voz e voto na elaboração de um saber não apenas teórico mais de aplicabilidade pragmática e inovadora.
Estimular o desenvolvimento integral do jovens, fornecendo sua permanência na escola.
Acompanhar o desenvolvimento das experiências incluindo as atividades didáticas de construção de gráficos, analise de tabelas e de fenômenos registrados em fim caberá ao professor relatar em conjunto com os alunos as experiência desenvolvidas no decorrer do projeto.

Considerações finais- Produto final

Enquanto área de conhecimento, a física é necessária para formação do estudante, pois deverá garantir uma base científica.
O referido projeto apresentará como frase final a consolidação de informações e a construção de um conhecimento multi e interdisciplinar baseados nas experiências.
As fases de desenvolvimento culminará uma exposição dos experimentos realizados através de registros (Fotografia).

APÊNDICE 9

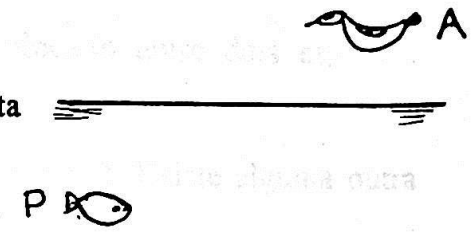
INSTITUTO DE FÍSICA -USP - FGE 160 ÓTICA - 1ª PROVA 20/09/99

NOME: ..... NOTA:.....

(2.0) 1) Sobre um lago de água transparente um pássaro A observa um peixe P em repouso.

a) Localize, através de raios, a imagem do peixe vista pelo passaro

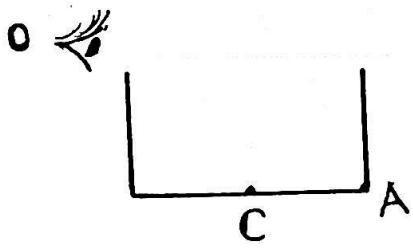
b) Idem para a imagem do pássaro visto pelo peixe.



(2.0) 2) Um recipiente de base circular, tem diâmetro 20cm e profundidade 10cm. Um observador, olhando no recipiente vazio numa direção tal que pode ver o canto oposto A (ver figura anexa). Quando o recipiente é cheio com um líquido, o observador pode ver o centro C da base.

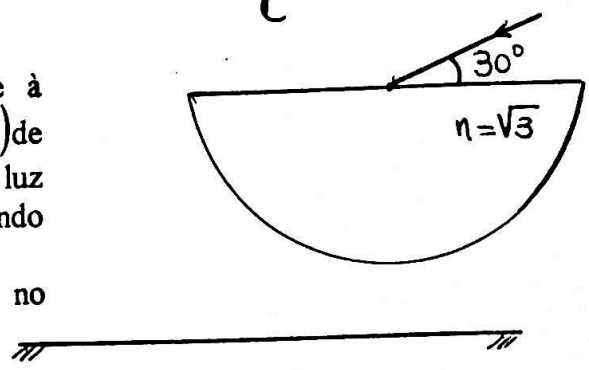
a) Trace os raios da luz que chegam ao observador antes e depois de colocar o líquido

b) Qual o índice de refração do líquido?



(3.0) 3) Um espelho plano é colocado paralelamente à superfície de uma placa de acrílico $(n=\sqrt{3})$ de formato semi-circular (fig. anexa). Um raio de luz incide no centro 0 da superfície do acrílico formando um ângulo de 30° com a mesma.

Trace a trajetória do raio de luz até a reflexão no espelho, indicando todos os ângulos envolvidos.



(3.0) 4) Usando um espelho côncavo de raio de curvatura $r=20cm$ deseja-se projetar a imagem ampliada 2 vezes de uma vela num anteparo.

a) A que distância do espelho devemos colocar a vela? Indique o esquema num traçado de raios

b) Caracterize a nova imagem formada quando a vela é colocada a uma distância de 5cm do espelho. Trace o novo diagrama de raios.

c) Um espelho plano pode ser considerado como um caso particular de um espelho esférico. Sob este ponto de vista, qual seria o valor do raio de curvatura e da distância local de um espelho plano?

Usando a equação dos espelhos esféricos, determine a relação entre p e p' para o espelho plano e caracterize a imagem formada.

FGE 160 - ÓTICA - LICENCIATURA - IME-USP - 1ª. PROVINHA

NOME: _____ NOTA: _____ DATA: 23/08/99

Um cartaz, impresso com a palavra **ARTE**, é colocado entre dois espelhos perpendiculares.

a) Desenhe como você veria essa palavra no espelho 1 e 2. Existe alguma outra imagem formada? Em caso positivo procure desenhá-la.

b) Caracterize a imagem formada: real/virtual, direita/invertida, maior/menor/igual.

_____

_____

FGE 160 - ÓTICA - LICENCIATURA - IME-USP - 2ª. PROVINHA

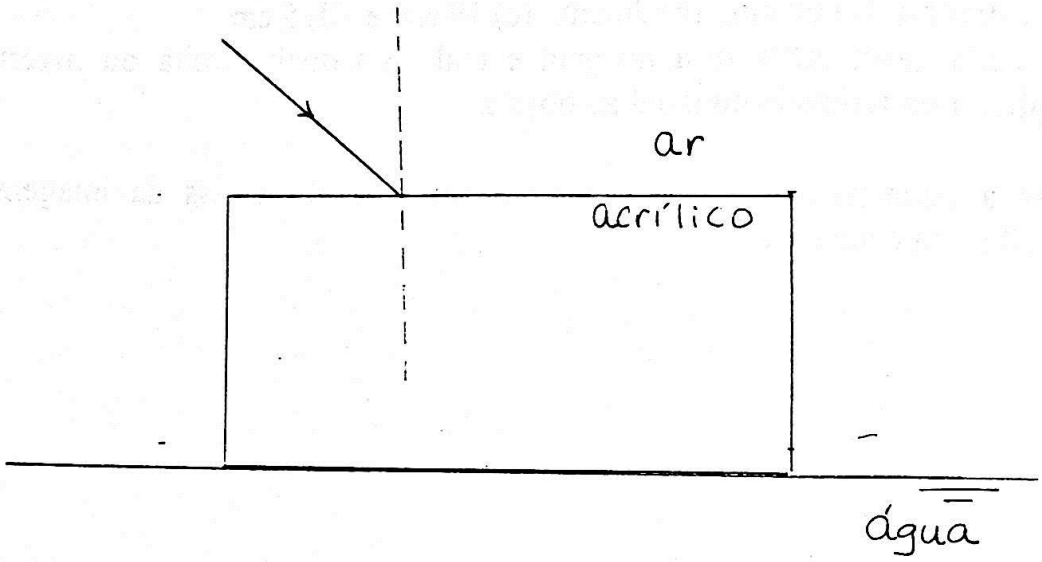
NOME: _____ NOTA: _____ DATA: 13/09/99

1) Um espelho esférico côncavo tem raio de curvatura de 20 cm.

- Traçar o diagrama para focalizar a imagem (se houver imagem) de um objeto que estiver a (a) 60 cm, (b) 20 cm, (c) 10 cm e (d) 5 cm.
  Em cada caso, dizer se a imagem é real ou virtual; direita ou invertida; ampliada ou reduzida ou igual ao objeto.

- Usar a equação dos espelhos para localizar as distâncias da imagem ao espelho em cada caso.

2) Uma placa de acrílico flutua na água. Trace o raio de luz indicado na figura abaixo, supondo que $\mathbf{n}_{acrílico} > \mathbf{n}_{ar}$ e $\mathbf{n}_{acrílico} > \mathbf{n}_{água}$.
Indique claramente os ângulos de incidência e refração e escreva a lei da refração para as duas superfícies.



APÊNDICE 10

GINÁSIO SANTA GEMA

LABORATÓRIO DE FÍSICA

2.° ano do Ensino Médio

Professora Beatriz Helena

GINÁSIO SANTA GEMA

São Paulo, _____ de fevereiro de 1999.

Nome: _____ n.º _____ 2.º E.M.

Número do grupo do(a) aluno(a): _____ Prof.ª Beatriz

EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - 1: "Princípios básicos da Óptica Geométrica"

Objetivos: verificar os três princípios básicos da Óptica Geométrica:

- Propriedade retilínea
- Independência
- Reversibilidade

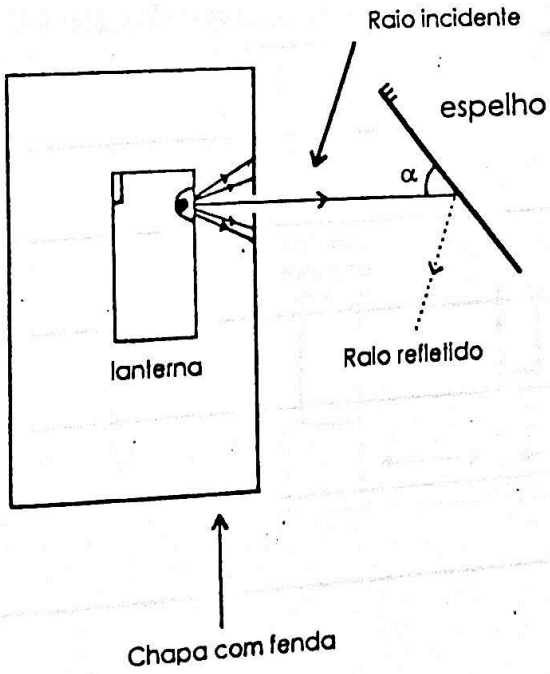
Material: Fonte de luz (lanterna + fenda);
Papel sulfite;
Pedaço de papel celofane colorido;
Espelho plano.

Procedimento:

1. Acenda a lanterna e faça o feixe de luz passar por uma das fendas. É importante posicionar a lanterna de modo que ela produza um feixe bem fino.

2. Observando o feixe de luz, é possível afirmar que a luz caminha em linha reta?
( ) sim ( ) não

3. Sobre uma folha de sulfite, faça o feixe de luz incidir sobre um espelho plano segundo um ângulo α qualquer, menor que 90°.



4. Trace no sulfite usando lápis o raio que chega (incidente) e o raio que sai (refletido) no espelho.

5. Agora inverta a situação movendo apenas a lanterna e a fenda. Não mexa no espelho!!!!!!!!!!!!!!!! Coloque o raio que chega sobre o antigo raio refletido que você desenhou no sulfite e verifique o que ocorre com o atual raio refletido.

6. Coloque o papel celofane em uma das fendas.

7. Acenda a lanterna e coloque-a a uma certa distância das fendas, de modo a produzir dois feixes de luz finos e de cores diferentes.

8. Posicione o espelho plano, na frente de <u>um</u> dos feixes, de forma que o feixe refletido cruze com o outro. Observe o que ocorre quando os dois se cruzarem.

<u>Conclusões:</u>

1. Qual a diferença entre feixe de luz e raio de luz?

_____

_____

2. Quais as conclusões tiradas nos itens 2, 5 e 8 do procedimento?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

GINÁSIO SANTA GEMA

São Paulo, _____ de fevereiro de 1999.

Nome: _____ n.º _____ 2.º E.M.

Número do grupo do(a) aluno(a): _____

Prof.ª Beatriz

EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - 2: "Formação de imagens"

Objetivo: Verificar onde são formadas as imagens nos espelhos planos

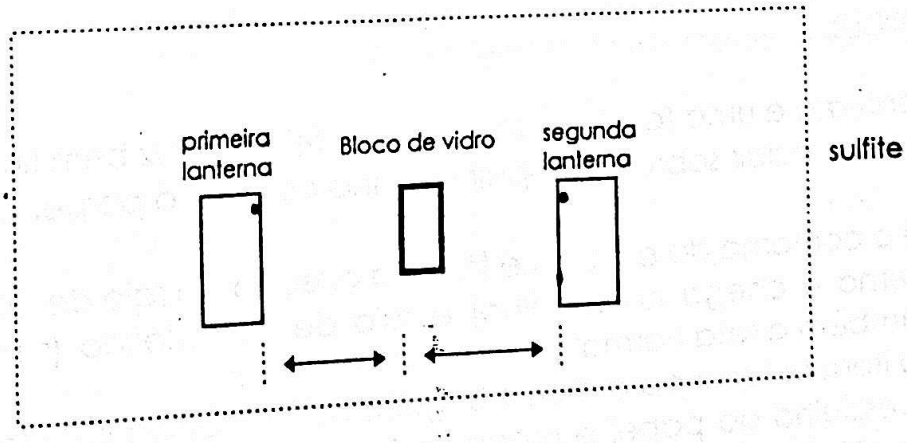
Material: 2 lanternas
Papel sulfite;
Bloco de vidro
Régua (ou transferidor)

Procedimento:

1. Coloque o bloco de vidro em pé sobre o papel sulfite;
2. Acenda a lanterna e coloque-a deitada na frente do bloco a uma certa distância;
3. Acenda a lanterna e observe através do bloco de vidro. Está havendo a reflexão da lanterna? ( ) sim ( ) não
   Podemos dizer que o bloco de vidro funciona como um espelho? ( ) sim ( ) não

   A imagem da lanterna está sendo formada no bloco ou atrás dele? _____

4. Olhando através do bloco de vidro tente posicionar a outra lanterna sobre a imagem formada;
5. Assim que as lanternas estiverem bem posicionadas, desenhe os contornos das peças (lanternas e bloco de vidro) e retire-as do papel;
6. Meça as distâncias do objeto (primeira lanterna) ao espelho e da imagem (segunda lanterna) ao espelho e complete o esquema abaixo.



7. Essas distâncias são iguais? Quais as possíveis causas das diferenças?

_____

_____

Conclusões:

1. Porque usamos o bloco de vidro ao invés do espelho plano?

_____

_____

2. Qual foi a experiência apresentada no filme que provou a mesma propriedade que você provou com esta experiência?

_____

_____

3. A imagem formada atrás do bloco é maior, menor ou igual ao tamanho do objeto que está na frente do espelho?

_____

EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - 3: "Reflexão da Luz"

Objetivo: Deduzir experimentalmente a Lei da Reflexão.

Material: Fonte de Luz (lanterna + fenda);
Papel sulfite;
Espelho plano;
Transferidor.

Procedimento:

1. Use a lanterna e uma fenda para obter um feixe de luz bem fino;
2. Faça o feixe incidir sobre um espelho plano colocado perpendicularmente à folha de sulfite;
3. Marque o contorno do espelho e trace a direção do raio de luz incidente (raio que sai da lanterna e chega no espelho) e raio de luz refletido (raio que sai do espelho). Trace também a reta normal (90° com o espelho);
4. Repita o item anterior para mais 4 ângulos de incidência distintos;
5. Retire o espelho do papel e meça os ângulos dos raios de incidência e de reflexão com relação à normal. Preencha a tabela ao lado do esquema.

GINÁSIO SANTA GEMA

São Paulo, _____ de março de 1999.

Nome: _____ n.º _____ 2.º E.M.

Número do grupo do(a) aluno(a): _____

Professora Beatriz

EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - 4: "Associação de espelhos planos"

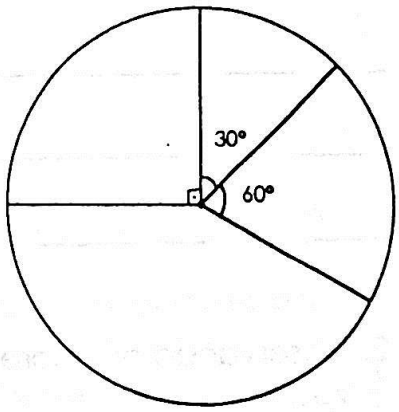
Objetivo: Verificar o número de imagens obtidas na associação de espelhos planos.

Material:
- Espelhos planos conjugados;
- Esfera de aço (objeto);
- Papel sulfite;
- Transferidor.

Procedimento:

1. Na folha de papel trace ângulos concêntricos (mesmo centro) de 30°, 45°, 60°, 90° e 120°.

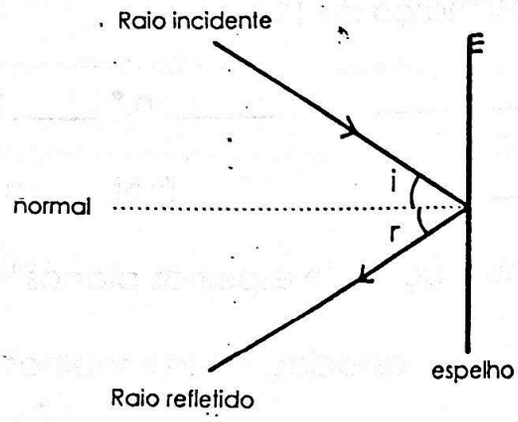
2. Coloque os espelhos planos conjugados sobre cada ângulo. Coloque a esfera de aço entre os espelhos.



3. Verifique o número de imagens formadas para cada ângulo e complete a tabela.

Ângulo (α)	Número de imagens (n)

4. Com base nessas observações, como poderíamos criar uma fórmula genérica para o cálculo do número de imagens obtidas na associação de espelhos planos não paralelos? Lembre-se: a volta toda da circunferência mede 360°. Justifique suas conclusões.



i	r

Conclusões:

1. O espelho é composto por um pedaço de vidro e uma película metálica. Qual o influência da espessura do vidro na execução desta experiência?

2. Observando os valores tabelados no item 5 do "Procedimento" qual a conclusão que você chega?

GINÁSIO SANTA GEMA

São Paulo, _____ de março de 1999.

Nome: _____ n.º _____ 2.º E.M.

Número do grupo do(a) aluno(a): _____

Professora Beatriz.

EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - 5: " Espelhos esféricos"

Objetivos:

- verificar como um feixe de luz se comporta ao incidir num espelho esférico;
- determinar os focos dos espelhos esféricos côncavo e convexo.

Material:

- fonte de luz (2 lanternas + fenda);
- espelhos côncavo (metade) e convexo (metade);
- papel sulfite;
- régua.

Procedimento 1:

1. Utilizando as lanternas e as fendas, obtenha dois feixes de luz aproximadamente paralelos.
2. Sobre a folha de sulfite, coloque o espelho convexo e faça incidir os feixes paralelos. Desenhe no papel o contorno do espelho e os raios incidentes e refletidos.
3. Retire o espelho e a fonte de luz do papel e prolongue os raios refletidos com linhas tracejadas até que eles se encontrem (atrás do espelho). Este ponto será o foco do espelho (F).
4. Determine, usando a régua, a distância focal do espelho (distância do vértice até o foco F).

f = _____ cm

Procedimento 2:

1. Repita o procedimento 1 utilizando o espelho côncavo.

f = _____ cm

Questões:

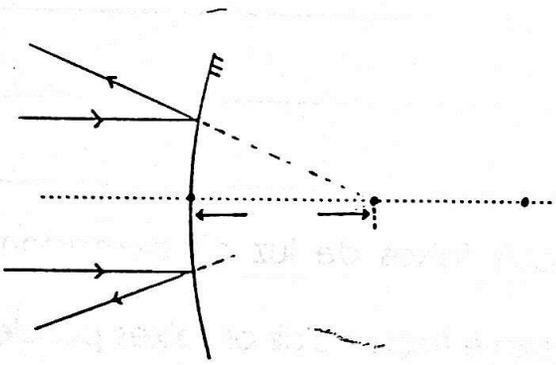
1. Em qual dos dois espelhos é possível ver o foco sem precisar prolongar os raios?

2. Em qual dos espelhos o foco se forma atrás do mesmo?

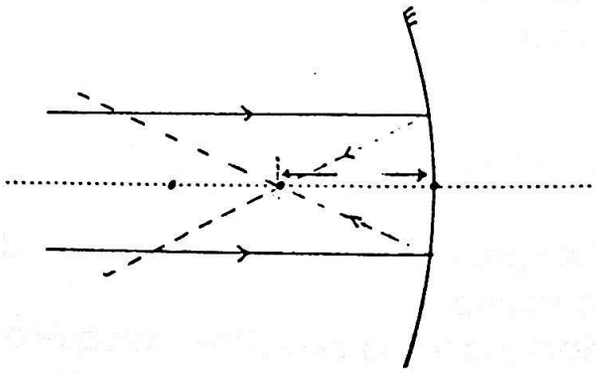
3. Em qual dos espelhos o foco se forma na frente do mesmo?

4. Complete as figuras abaixo usando em cada uma delas as letras V, C, F e f.

convexo



côncavo



5. Explique com suas palavras o que você entendeu por foco do espelho.

APÊNDICE 11

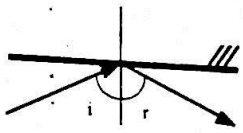
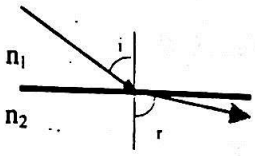
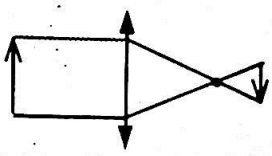
"ÓPTICA NO LABORATÓRIO: DESAFIOS PARA AS CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS"

Curso apresentado no XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física

por José Paulo Gircoreano (gircoreano@pmail.net)

Este trabalho foi extraído da dissertação de mestrado "O Ensino da Óptica e as Concepções sobre Luz e Visão" orientado pelo Prof.ª Dr.ª Jesuína L. A. Pacca

O ensino da Óptica Geométrica considera as CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS?

C. E.	O. G.
"Raio visual": a luz "vai" do olho até o objeto. A imagem de um objeto está na superfície do próprio espelho.	Reflexão 
A visão não depende de existir luz: cores claras podem ser vistas independente da luz no ambiente; cores claras prevalecem sobre as escuras.	Refração 
A luz enfraquece com a distância (noção de ímpeto). Uma luz pode bloquear outra luz.	Lentes 

Questões significativas quanto à Óptica Geométrica

. Onde está o olho do observador?
. Qual o significado das linhas que representam os raios de luz para o aluno?
. Qual o significado de imagem real e imagem virtual?
. Qual o papel do anteparo?
. A luz (raio) é um ente estático?
. A luz pode ser vista de "perfil"?

As *Concepções Espontâneas* e os modelos de pensamento que podem estar embutidos nos erros são fontes de grandes dificuldades no ensino. Podemos utilizar essas idéias que os estudantes trazem, fazê-los confrontar essas idéias com a experiência para tentar alcançar os resultados de aprendizagem esperados.

AS ATIVIDADES

1- O Teste Diagnóstico

2- A "Sala do Nada"

- Uma sala qualquer onde toda entrada de luz externa é bloqueada.

Objetivo

Verificar a necessidade de luz vinda do objeto para haver visão e o conflito com a existência do "raio visual" e demais idéias que justificariam a visão na ausência de luz.

Exemplos de Concepções

- Concepção dominante: a luz não é necessária para vermos.
- Pouquíssimos alunos disseram que era impossível ver sem luz alguma.
- Quase unânime: o gato vê no escuro pois tem uma capacidade visual diferenciada, "natural".
- A luz intensifica o que sai do olho e podemos ver e sem ela, esse "algo" não tem força para vermos.

"Só se tiver a ver com a luz. se a sala tivesse apagada não dava pra ver. só dava pra ver a mesa branca."
"Eu tenho uma gata. Então o olho dela fica pequeno quando tem bastante claridade e ele aumenta quando não tem claridade. Então eu acho que ele vai enxergar.
Isso acontece com o seu olho também, não acontece?
Não sei...
Você nunca percebeu?
Não. Acontece? Então você enxerga no escuro?
Não sei.
No meu quarto eu enxergo!...
Em que situação?
Quando tá tudo apagado eu enxergo. eu consigo enxergar assim...o formato das coisas... a janela, é..., a janela...dá pra ver.
Tem certeza que é escuro total?
Absoluta."

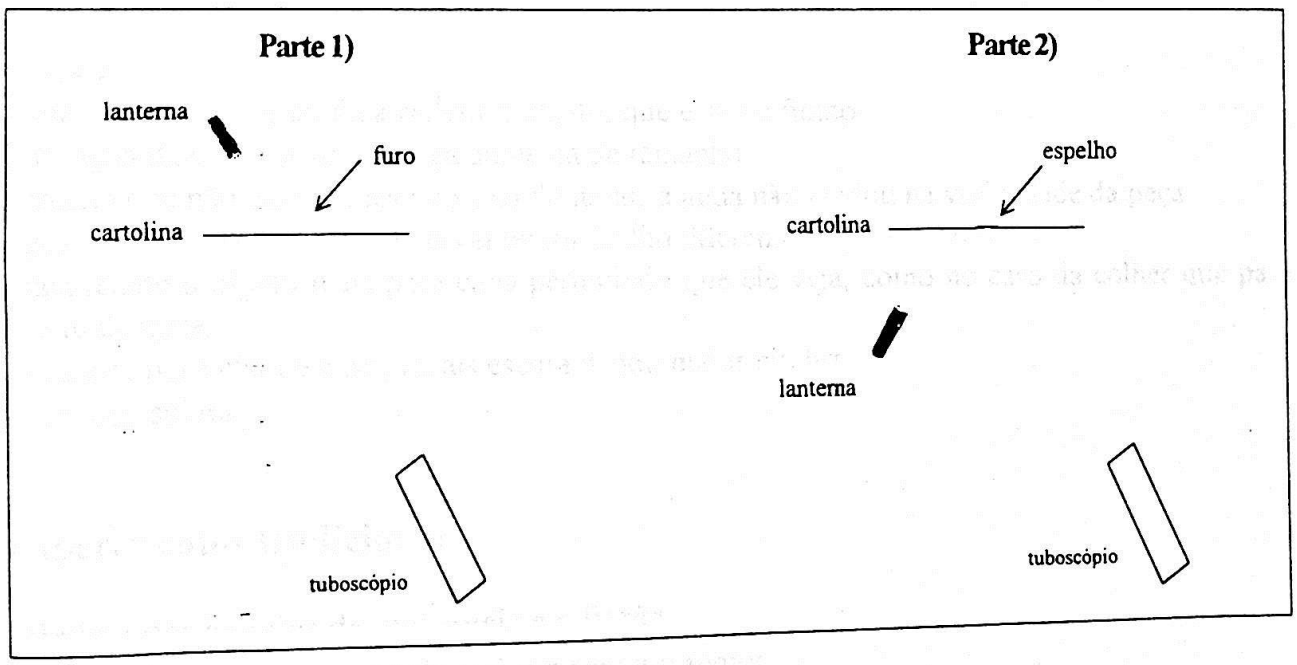
3- O Tuboscópio

Material

Um tubo fino de papelão (o "tuboscópio"); uma folha de cartolina (ou algo mais rígido); faz-se um pequeno buraco no meio da folha; um pequeno espelho; uma lanterna preparada para emitir um "ponto" de luz..

Objetivo

Conflito com a existência do raio visual e visão direta e o estudo da reflexão.



Parte 1)

Um aluno segura a lanterna além da cartolina, direcionando para o tuboscópio através da abertura enquanto outro olha pelo tuboscópio e vê a luz da lanterna.

Parte 2)

Quem olhou pelo tuboscópio sai da sala; altera-se a montagem como indicado na figura acima - parte 2) e coloca-se um pequeno espelho na abertura da cartolina.
Os alunos retornam e olham pelo tuboscópio e devem dizer se estão vendo a luz e onde a estariam vendo.

Exemplos de concepções

- A luz do objeto vai até o espelho e o "raio visual" que sai do olho vai até lá.
- O espelho está iluminado, logo pode ser visto.

4- A Pescaria

Material
Um recipiente, como uma forma de bolo; um pequeno objeto (um "bonequinho" de Kinder Ovo); uma haste ou pinça.

Objetivo
Conflito com o "raio visual" e visão direta; análise dos desvios que a luz sofre em certas condições, relacionando com a reflexão. (*Obs.*: Este é um momento em que se deve analisar refração e reflexão com o enfoque do caminho e desvio da luz.)

Os alunos se distribuem pela sala aleatoriamente; pergunta-se se há algo na "forma" (alguns vêem e outros não pela sua posição). Coloca-se água lentamente no recipiente (garantindo que o objeto não se mova); gradativamente, vai sendo visto pelos alunos conforme a distância a que se encontram; pega-se uma pinça ou uma haste e pede-se aos alunos que ajudem a "pescar" o objeto, orientando a posição da mão do professor; quando estivesse sobre o objeto, deveriam avisar para baixar a pinça.

Exemplos de Concepções

Sem água
- O balde bloqueia a visão
- O plástico não tem reflexo
- O plástico é transparente ou da cor do balde

Com água
- A luz bate na água e ajuda a refletir o objeto, que está no fundo.
- Com água dá um reflexo e a peça aumenta de tamanho
- Acredito que não pois a peça não saiu do lugar, a água não ajudou na visibilidade da peça.
- Água é transparente e o plástico vai ter um brilho diferente, o reflexo aumenta.
- Água reflete o objeto mais para cima permitindo que ele veja, como no caso da colher que parece torta abaixo da água.
- Água está mais clara e a peça mais escura dando maior nitidez
- O plástico subirá

5- Experimentos tradicionais

5-1 Medida dos ângulos de incidência e reflexão
5-2 Posição aparente das imagens de um espelho plano
5-3 Refração com blocos de lucite e prismas.

CONSIDERAÇÕES

- É necessária muito "maior" ação e atenção do professor: no desenvolvimento de uma experiência, muitas vezes o aluno pode não estar vendo aquilo que o professor quer e sim aquilo que ele, aluno, quer acredita. Deve-se estar atento ao que o aluno diz para poder localizar incongruências, elementos que indiquem alguma incompreensão ou regressão na concepção utilizada e poder estabelecer formas de correção. Devemos lembrar que as concepções espontâneas são muito arraigadas e resistentes a mudanças.
- Os procedimentos adotados abrem sempre a possibilidade dos alunos demonstrarem várias das suas concepções simultaneamente e a atenção a isso é fundamental pois, numa determinada situação, podemos trabalhar um conceito que não era o inicialmente visado.

- A descrição geométrica normalmente se faz num plano (da lousa ou do papel). Em nenhum momento a questão espacial é mencionada, como se fosse óbvia e todos a entendessem facilmente*. No entanto, a tridimensionalidade é um fator de dificuldade e deve ser levado em conta no desenvolvimento dos temas sob pena de novamente deixar margem para a manutenção de concepções errôneas a respeito da luz e da visão. (* Também podemos dizer o mesmo em relação aos entes geométricos, como a reta normal.)
- O processo da visão é relevante e deve ser levado em conta pois é a partir do que vê (ou não) que o aluno vai interpretar os fenômenos. Não devemos esquecer que o olho é um sistema refringente e sensor; a imagem é resultado da sensibilização desse sensor. Devemos analisar concomitantemente a luz e o processo de visão.
- Há uma grande dificuldade em conceber uma imagem que não está na posição do objeto e conceber seres e objetos como fontes (secundárias) de luz.
- A linguagem diária acaba reforçando as concepções espontâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON. B., KÄRRQVIST. C. How Swedish Pupils. Aged 12-15 Years. Understand Light and Its Properties. *European Journal of Science Education*. vol. 5. nº 4. p. 387-402. 1983.

FEHER. E. Interactive Museum Exhibits as Tools for Learning: Explorations with Light. *International Journal Science Education*. vol. 12. nº 1. p. 35-49. 1990.

FETHERSTONHAUGH. T.. TREAGUST. D. F. Student's Understanding of Light and Its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change. *Science Education*. 76(6). p. 653-672. 1992.

GOLDBERG. F. M.. MCDERMOTT. L. C. An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*. 55(2). p. 108-119. 1987.

GOLDBERG. F. M.. MCDERMOTT. L. C. Student Dificulties in Understanding Image Formation by a Plane Mirror. *The Physics Teacher*, p. 472-480. 1986.

HOLTON. G. As raízes da Complementaridade. *Revista Humanidades*. [19--].

KAMINSKI. W. Conceptions des enfantes (et des autres) sur la Lumière. *Bulletin de L'Union des Physiciens*. nº 716. p. 973-995.[19--

LA ROSA. C.. MAYER. M.. PATRIZI. P.. VICENTINI-MISSONI. M. Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*. vol. 6. nº 4. p. 387-397. 1984.

MIRANDA A. C. et al. Concepções Prévias em Óptica. *Anais do X Simpósio Nacional de Ensino de Física. Londrina*. 1993.

MIRANDA A. C. et al. Um laboratório alternativo para o ensino de óptica". *Anais do X Simpósio Nacional de Ensino de Física. Londrina*, 1993.

OSBORNE. J. F.. BLACK. P. Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*. vol. 15. nº 1. p. 83-93. 1993.

RICE. K.. FEHER. E. Pinholes and images. Children's Conception of Light and Vision I. *Science Education*. 71(4). p. 629-639. 1987.

RICE, K.. FEHER. E. Shadows and Anti-Images: Children's Conception of Light and Vision II. *Science Education*. 72(5). p. 637-649. 1988.

RICE. K., FEHER, E. Children's Conceptions of Color. *Research in Science Teaching*. vol. 30. nº 3. p. 505-519. 1992.

SAXENA. A. B. The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*. vol.13. nº 3, p. 283-289. 1991.

SHAPIRO. B. L. What Children Bring to Light: Giving High Status to Learners' Views and Actions in Science. *Science Education*. 73(6). p. 711-733. 1989.