

Alex de Oliveira Soares

ÓPTICA GEOMÉTRICA NA PRÁTICA E NA TEORIA

Monografia apresentada ao Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientadora: Lígia de Farias Moreira



Rio de Janeiro - Abril de 2002

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Lúgia Moreira pela sua paciência e colaboração na escolha do projeto e a minha irmã Márcia, por me ajudar na correção e digitação dos textos e ao meu professor de prática do ensino em física Alfredo Sotto pelo seu empenho no projeto e pela idéia em modificar a metodologia que vinha aplicando.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso

Sumário

Introdução	6
2. Metodologia	9
3. Planejamento	11
3.1 Pré-requisito	12
3.2 Livro texto	12
3.3 Desenvolvimento	12
4. Desenvolvimento do projeto	13
Unidade 1	14
4.1 Unidade I. Atividade I	14
Introdução ao estudo da Luz	14
Atividade II	16
4.2 Unidade I - Prática de laboratório	16
4.3 Unidade I - Atividade III	17
4.3.1 Estudo da Luz – Princípios Fundamentais	17
4.3.1.1 Fontes Luminosas	17
4.3.2 Propagação da Luz	17
4.3.3 Meio	18
4.3.3.4 Reflexão	19
4.3.3.5 Refração	20
4.4 Unidade I - Atividade IV	22
4.5 Unidade II – Atividade I	23
Atividade I	23
Introdução ao estudo da reflexão	23
4.6 Unidade II - Atividade II	24
Prática de laboratório	24
4.7 Unidade II - Atividade III	27
4.7.1 Estudo de reflexão	27
4.7.2 As Leis da reflexão	27
4.7.3 Parte real e parte virtual de um feixe luminoso	28
4.7.4 Imagens reais e virtuais	28
4.7.5 Os espelhos esféricos	29
4.7.6 Aproximação de Gauss	30
4.7.7 Reflexão de importantes raios	31
4.7.8 Construção geométrica	31
4.7.9 Ampliação ou aumento linear transversal	32
4.8 Unidade II - Atividade IV	34
4.9 Unidade III – Atividade I	35
Atividade I	35
Introdução ao estudo da refração	35
4.10 Unidade III - Atividade II	36
Prática de laboratório	36
4.11 Unidade III- Atividade III	37
4.11 Estudo da refração	37
4.11.1 As leis da refração	37
4.11.2 O índice de refração	38

Monografia de Final de Curso

4.11.3 Refringência	39
4.11.4 Ângulo limite e reflexão total	39
4.11.5 Lentes	40
4.11.5.1 Nomenclatura	41
4.11.5.2 Estudo das lentes	41
4.11.5.3 Raios incidentes particulares	42
4.11.5.4 Construção gráfica da imagem de um objeto extenso dado	43
4.11.5.5 Ampliação ou aumento linear transversal	44
4.12 Unidade III - Atividade IV	45
Pesquise nas referências:	45
4.13 Unidade IV - Atividade I	46
Atividade I	46
Introdução ao estudo dos aparelhos óticos	46
4.14 Unidade IV- Atividade II	47
Prática de laboratório	47
4.15 Unidade IV - Atividade III	49
Estudo dos aparelhos óticos	49
4.15.1 Câmara fotográfica	49
4.15.2 Projetores	50
4.15.3 Os aparelhos de observação	51
4.16 Unidade IV - Atividade IV	55
Pesquise nas referências:	55
5. Conclusões Finais	56
6. Bibliografia	58

Resumo

O presente trabalho originou-se da metodologia empregada pelo Prof. Alfredo Sotto, no Colégio Pedro II, em algumas turmas do terceiro ano do Ensino Médio. A idéia principal foi fazer com que os alunos se tornassem mais participativos desenvolvendo sua capacidade de análise e observação.

O curso foi dividido em quatro unidades, a saber, Introdução ao Estudo da Luz, Introdução ao Estudo da Reflexão, Introdução ao Estudo da Refração e Estudos de Aparelhos Ópticos. Cada Unidade teve quatro atividades diferentes, isto é, a primeira atividade sendo uma aula informal, onde os alunos puderam levantar hipóteses sobre explicações de fenômenos cotidianos, relativos àquela Unidade. A segunda etapa foi de laboratório, onde alguns experimentos foram realizados, buscando inicialmente apenas a observação dos alunos. De posse dos dados, os alunos foram novamente estimulados analisar e explicar os fatos. Na terceira parte o conteúdo foi introduzido, sempre se referindo ao já observado, em laboratório. Por fim os alunos tiveram uma aula de aprofundamento, onde foram incentivados à pesquisa e realizaram exercícios comentados. Como resultado da implantação deste projeto, estes alunos apresentaram uma melhora na avaliação tradicional de, aproximadamente 50%, inclusive a melhora também foi verificada em relação às turmas que não participaram do projeto.

1. Introdução

INTRODUÇÃO

Não se pode mais admitir que o ensino de ciências deva limitar-se a permitir aos alunos notícias sobre os produtos da ciência. A ciência é muito mais uma postura, uma forma de planejar e coordenar pensamentos e ação diante do desconhecido. O ensino de ciências deve proporcionar a todos os estudantes a oportunidade de desenvolver capacidades que neles despertem a inquietação diante do desconhecido, buscando explicações lógicas e razoáveis, amparadas em elementos tangíveis. Quando ministrada em sala de aula, tem como objetivo alcançar resultados esperados e planejados, para que o estudante possa entender o que é conhecido. Entretanto, as discussões de como proceder para alcançá-los apontam para diferentes caminhos.[1]

Os professores de ciências, tanto do ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que o nosso ensino poderia ser em muito melhorado com a introdução de aulas práticas. Curiosamente, várias escolas têm equipamentos e laboratórios, que, no entanto, nunca são utilizados.

Os movimentos de reforma curricular, por outro lado, nas últimas décadas deram imenso destaque ao ensino no laboratório.

A questão que se coloca é: o laboratório pode ter um papel mais relevante para a aprendizagem escolar? Se pode, de que maneira ele pode ser organizado? É necessário que procuremos oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concerto, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico. [2]

Fomos buscar inspiração naquilo que a maioria dos alunos gostam de fazer, isto é, experimentos em física. Depois de realizá-los os alunos foram levados a discutir e explicar os fatos observados, percebendo a física existente por de trás dos mesmos. Motivar o aluno para exercitar seu pensamento não requer, ao contrário do que se poderia pensar, uma carga horária maior e um laboratório sofisticado. Diante do fracasso existente nas aulas tradicionais, verificamos a necessidade de se fazer a junção entre teoria e prática tornando a aprendizagem mais concreta pela participação efetiva do aluno na descoberta do conteúdo.[3] As discussões e explicações foram trazidas para a sala de aula e relacionadas com os famosos modelos e teorias existentes.

A idéia deste projeto surgiu a partir das aulas de laboratório de prática sobre óptica geométrica, no Colégio Pedro II, da Tijuca, ministrada pelo Prof. Alfredo Sotto. O ponto visado foi tornar as aulas práticas eficazes e concatenadas à teoria. Nas aulas práticas os alunos se dividiram em grupo de três ou quatro. Primeiramente foi dada uma aula informal, na qual os alunos tentavam formular hipóteses sobre alguns fenômenos cotidianos, relativos ao tema a ser abordado. Desta forma, o professor pôde tomar conhecimento das

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso

concepções prévias dos alunos. Utilizando as experiências existentes no laboratório de Física, os estudantes puderam entender a física em seu “mundo próprio” e assim sair do ensino tradicional, que todos nós conhecemos, que é o quadro-negro, que para muitos constitui um verdadeiro castigo, onde as aulas são consideradas chatas, tediosas e cansativas, sem nenhum estímulo à reflexão ou à compreensão, mas sim incentivando a mais pura “decoreba”.

É, no entanto, preciso ficar claro, que experiências não são brincadeiras e nem devem ser usadas para comprovar a “teoria”. Nossa proposta foi usar as experiências com a finalidade de incentivar a observação, a capacidade de raciocinar sobre aquilo que eles estão “vendo” e assim levá-los a aquisição do conteúdo.

Como proposta, tal projeto visa despertar no aluno, a curiosidade para a física envolvida nos fatos corriqueiros, contidos no assunto em questão. Tal despertar, consideramos ser o primeiro passo, a ser dado, na tentativa de “se fazer ciência”. E, do mesmo modo que ao dar o primeiro passo, a criança deve ser amparada, em busca do segundo, este trabalho, tenta canalizar tal curiosidade, de modo que a mesma, se não levar o aluno à perfeita compreensão, pelo menos lhe dê condições de buscá-la, e assim, continuar sozinho.

A avaliação neste tipo de trabalho não poderia seguir os parâmetros tradicionais, com questões envolvendo apenas aplicações de fórmulas. Se o aluno foi desafiado a pensar, de maneira consciente e planejada, as avaliações devem seguir esta orientação.[4] Entretanto, como no Colégio Pedro II, as provas são únicas e tradicionais, foi feita uma segunda avaliação pelo interesse, desempenho, criatividade dos alunos engajados neste projeto.

2. Metodologia

METODOLOGIA

Devido à falta de interesse dos alunos em relação à física teórica resolvemos modificar a metodologia que vínhamos aplicando nos dois primeiros bimestres.

O conteúdo teórico foi dividido em quatro unidades, Introdução ao Estudo da Luz, Introdução ao Estudo da Reflexão, Introdução ao Estudo da Refração e o Estudo de Aparelhos Ópticos.

Cada unidade, por sua vez, foi composta de quatro atividades distintas:

- Atividade I – Aqui, os alunos foram levados a responder questões sobre fatos cotidianos, relativos ao tema em discussão, em conversas informais, onde foi possível perceber as concepções prévias baseadas nas vivências destes alunos.
- Atividade II – Consistiu de trabalhos de laboratório, abrangendo os fatos contidos na atividade anterior. Os alunos registraram os dados observados e procuraram analisá-los.
- Atividade III – Apresentação formal da física do tema, sempre relacionada às práticas já vistas..
- Atividade IV – Aprofundamento. Esta parte consistiu de leituras complementares, pesquisa e de exercícios discutidos.

Em todo o transcorrer das atividades I e II, o professor procurou ajudar na organização da caminhada, por parte dos alunos, na tentativa de obtenção da certeza, dando-lhes condições de escolhas sobre a direção a seguir. Já, a atividade III, como atividade sedimentar, foi encarada como uma pesquisa, onde os alunos obtiveram as informações relativas ao assunto. Finalmente, na atividade IV, a turma se viu diante de exercícios práticos e teóricos, num maior grau de dificuldade, que serviram como ponto de partida na busca de um maior aprofundamento.

Como este projeto baseia-se na aquisição progressiva de conhecimentos, a avaliação seu deu de duas maneiras: uma paralelamente à aplicação do mesmo, e foi feita, levando-se em conta a participação e o interesse do aluno, além de seu desenvolvimento aquisitivo, o qual pode ser medido através de suas formulações sobre as várias questões, de seu rendimento nos textos de aprofundamento e de seu interesse nas aulas práticas, a segunda foi a avaliação tradicional feita em prova única para todas as turmas, pelo Colégio Pedro II, Tijuca.

O Colégio Pedro II, Tijuca, tem ao todo 12 turmas de terceiro ano do Ensino Médio. Este projeto foi aplicado em seis turmas, de aproximadamente 30 alunos, sendo quatro turmas à tarde e duas à noite.

3. Planejamento

3.1 – Pré-requisitos

Basicamente, uma boa dose de curiosidade e imaginação, seriam necessárias; no entanto, para uma maior conceituação, necessário também o foi, o formalismo matemático básico, já obtido anteriormente: geometria plana, trigonometria, cálculo básico, etc.

3.2 Livro Texto - Alvarenga Beatriz & Máximo, Antônio, *Volume Único*, primeira edição, Scipione, 1997.

*com os
unidades?*

3.3 Desenvolvimento do Projeto

O conteúdo deste projeto, na distribuição curricular, do Ensino Médio, se verifica em dois bimestres, representando, ao todo aproximadamente 50 horas aulas, isto é, 10 semanas de 5 tempos semanais.

← ?

Alguns temas, por serem mais extensos, exigiram mais hora/aula. Por isso, dividimos o conteúdo, da óptica geométrica em quatro unidades que foram:

- Unidade I – Introdução ao estudo dos fenômenos luminosos.
- Unidade II – Estudo da reflexão.
- Unidade III – Estudo da refração.

Unidade IV – Aparelhos óticos

Foi feita a seguinte distribuição de aula/hora:

Unidade / Atividade	I	II	III	IV
I	2	2	2	2
II	2	4	4	4
III	2	4	4	4
IV	4	4	4	2

Tabela 1

Os dois tempos restantes foram usados na avaliação global, do Colégio.

Na primeira unidade, os alunos foram levados a pensar sobre os conceitos básicos que regem a óptica geométrica; nas duas seguintes, verificou-se a formação de imagens em espelhos e os interessantes fenômenos causados pela refração. Finalmente na última parte, os conceitos estudados, anteriormente, foram aplicados na discussão de aparelhos óticos. Observamos que através dessa mudança metodológica conseguimos levantar o interesse dos alunos e alcançar uma melhoria na média final das turmas.

4. Desenvolvimento do projeto

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesta parte do trabalho, vamos desenvolver a parte experimental e teórica aplicada, relativa a cada Unidade. Como foi proposto, na metodologia, a primeira aula correspondeu à conversa informal, onde o professor serviu de mediador nas discussões. Nas atividades 1, tentamos mostrar como as conversas foram encaminhadas, mas muitas vezes os alunos desviaram do tema ou pediram mais explicações sobre fenômenos do seu dia-a-dia.

4.1 Unidade 1- Atividade I

Introdução ao estudo da luz

- Leia e discuta as seguintes questões:
- Como você explicaria o fato de que as pessoas em diferentes lugares, por exemplo, Rio, São Paulo e Bahia, podem ao mesmo tempo receber a luz solar?
- Considere as seguintes situações:
 - i. Você embaixo de uma lâmpada acesa.
 - ii. Você diante de uma lâmpada acesa.Com relação ao posicionamento de sua sombra, tente explicar como a luz, emitida pela lâmpada, chega até você.
- Você está em seu quarto, num dia de sol; considere as situações:
 - i. Janela totalmente fechada.
 - ii. Janela aberta com vidraça fechada.
 - iii. Janela aberta com cortina fechada.Quanto à penetração da luz solar em seu quarto, discuta as três situações, explicando suas diferenças.
- Explique como é possível observarmos o sol e as estrelas, uma vez que além de nossa atmosfera, verifica-se o vazio interestrelar.
- Discuta quanto à luminosidade, as duas situações:
 - i. Lâmpada acesa colocada a 20 cm de um observador.
 - ii. Lâmpada acesa colocada a 500 m de um observador.
- Num quarto escuro, nada se vê, da mesma forma que à noite no campo. Ao acender a luz, deste quarto, você verá qual o caminho que deve ser seguido, de forma a não tropeçar nos móveis, do mesmo modo que ao nascer do sol, você pode ver todas as árvores. Porque objetos antes não visíveis, agora o são?
- Considerando a visibilidade ou não de um objeto, qual a distinção entre a lâmpada acesa e um móvel qualquer? E entre o sol e a lua?

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso

- Por que algo colocado em um tanque com água, parece estar mais próximo do que realmente está?
- Considere uma sala ABCD, de forma quadrangular, totalmente escura. Uma pessoa com uma lanterna em A, ilumina o ponto diagonalmente oposto a ela, ponto C, ao mesmo tempo em que uma segunda pessoa, em D, ilumina o ponto B.
Interprete o que acontece com os feixes luminosos das lanternas, quando estes se cruzam.
- Como você explicar que num quarto totalmente escuro, quando abrimos uma porta por onde entra luz, podemos enxergar os objetos, mesmo que eles não estejam em frente à porta. A luz faz pode fazer curva ?

4.2 Unidade I - Atividade II

Prática de laboratório

Prática 1

Material: uma lanterna, uma folha de papel grosso e uma folha de papel fino.

Nas situações seguintes, compare sua percepção da luz da lanterna:

- i. Lanterna com um papel grosso à frente;
- ii. Lanterna com um papel fino à frente;
- iii. Lanterna sem qualquer obstáculo à frente.

Prática 2

Material: uma régua de 30 cm e um recipiente de plástico transparente, com água.

Observar de vários ângulos, uma régua parcialmente imersa em um recipiente que contenha água. Comentar a ilusão visualizada.[Fig. 1 e 2]

(7,10)

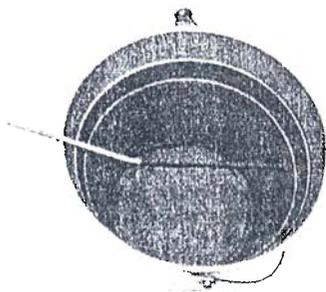


Fig 1. Uma régua mergulhada na água (vista de cima) parece “quebrada” na superfície do líquido.

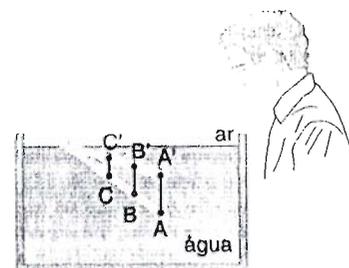


Fig 2. A imagem da parte mergulhada da régua é vista mais próxima da superfície pelo observador situado na posição mostrada.

4.3 Unidade I - Atividade III

4.3.1 Estudo da Luz - Princípios fundamentais

4.3.1.1 Fontes luminosas:

-...“é através do sentido da visão que obtemos a maior parte de nossas informações”...-

-“o olho humano possui a capacidade de se adaptar, tanto a distância, quanto a intensidade de uma fonte luminosa”...-

-...“usamos óculos escuros em dias ensolarados, pois isto diminui a intensidade luminosa que chega aos nossos olhos”...-[5]

Das afirmações anteriores, podemos notar que o conceito de fonte luminosa é de importância fundamental para o estudo da luz. Que são? Como são?

Podemos definir fontes luminosas, como algo que emite luz, como exemplo, citamos o sol, as estrelas, os filamentos das lâmpadas elétricas, a lua cheia e etc.

Como na natureza verificamos a existência de corpos que possuem ou não luz própria, classificamos os primeiros como fontes primárias ou corpos luminosos, (sol, estrelas...), e aos outros, como fontes secundárias ou corpos iluminados, (lua, terra...). Uma outra classificação das fontes luminosas, dá-se quando leva-se em conta a distância em que a mesma é observada; assim é que uma lâmpada a 30 cm, é considerada uma fonte extensa enquanto que colocada a 300 m, é considerada uma fonte puntiforme. [5,6]

4.3.3.2 Propagação da luz:

Já sabemos que a luz é emitida pelas fontes luminosas; como é que ela chega até nós?

Pelo fato da luz solar chegar até nós podemos concluir que a luz se propaga no vácuo, uma vez que o mesmo existe entre a terra e o sol.

Das questões propostas na atividade I, concluímos que a luz propaga-se em linha reta e em todas as direções, e que esta propagação dá-se de uma forma independente.

Todas estas propriedades são verificadas para o que definimos como raio luminoso, (qualquer trajeto seguido pela luz, desde a fonte até o observador); cabe aqui ressaltar que este é uma entidade puramente geométrica, idealizado apenas para a melhor visualização matemática da questão da propagação luminosa, não tendo assim existência física real. [Fig 3]

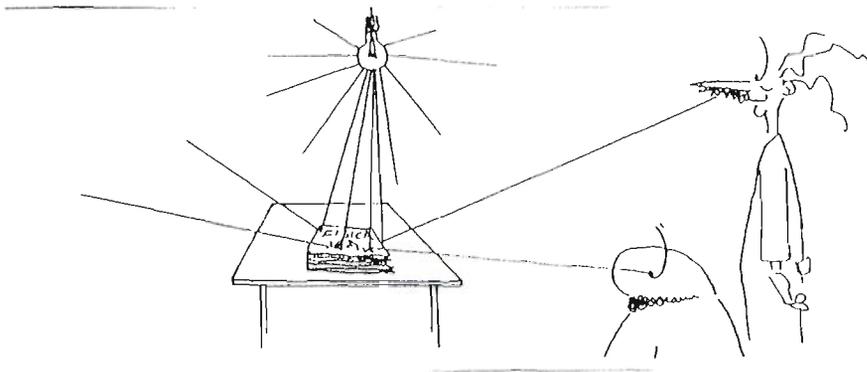


Fig 3 . A lâmpada emite luz em todas as direções.

4.3.3.3 Meio:

Usando ainda a luz solar, vejamos qual a influência do meio na propagação da luz:

Considere um dia ensolarado e um nublado; no primeiro, a quantidade de luz solar é maior do que no segundo, uma vez que as nuvens barram uma parcela da luz incidente; desta forma, podemos diferenciar as atmosferas dos dois dias, pela quantidade de luz que deixam passar ou não. Da mesma forma podemos classificar meios onde a luz se propaga; como transparentes, onde a luz emitida pela fonte, é totalmente recebida pelo observador, translúcidos, como aqueles que absorvem parte da luz emitida e opaco, o qual absorve totalmente a luz.[5] (5, 11)

4.3.3.4 Reflexão

No início deste texto afirmou-se que nossa maior fonte de informação é a visão; mais adiante foram classificadas as fontes luminosas como primárias e secundárias. Quanto às fontes primárias, não existem dificuldades em nossa conceituação visual, a questão é quanto às secundárias; uma vez que estas não emitem luz própria, como podemos vê-las? Mais precisamente, como podemos ver a lua e este livro, na ausência de uma fonte primária, tal como o sol ou uma lâmpada elétrica?

A resposta a esta questão deve-se ao fato da luz, ao incidir sobre um corpo qualquer, sofrer um desvio em sua direção inicial, podendo assim, chegar aos olhos do observador. A tal fato, dá-se o nome reflexão; é assim que conseguimos distinguir formas, distâncias e outras características dos vários objetos que nos cercam, sem necessariamente vermos a fonte primária de onde se origina esta luz desviada.

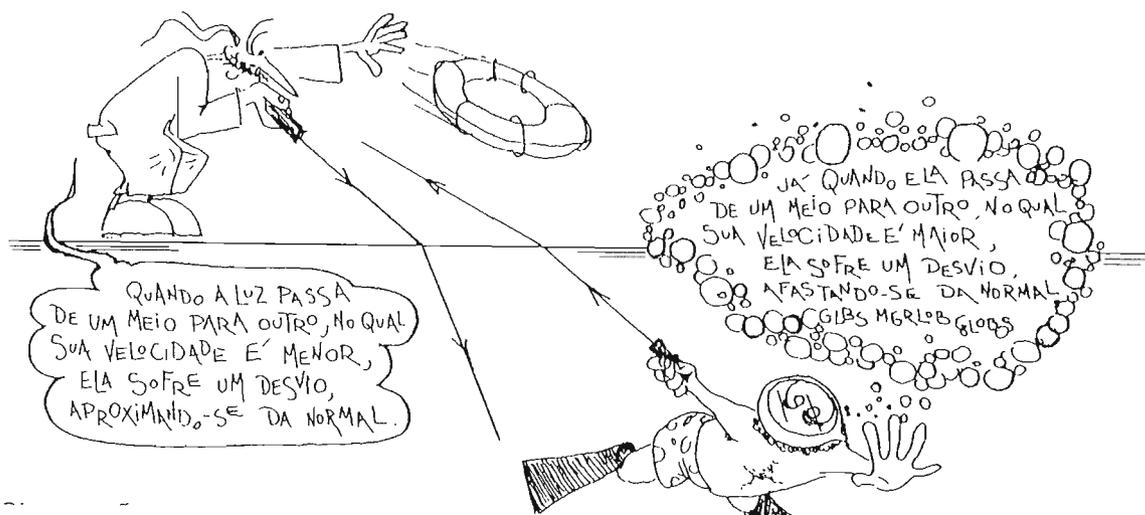
Quanto à maneira como ocorre a reflexão, cabe ressaltar os dois tipos: difusa, quando a luz é desviada de uma forma irregular ou em todas as direções, e especular, quando este desvio ocorre de uma maneira regular. [Fig 4]



Fig 4. A primeira se verifica em matérias rugosos. enquanto a segunda se verifica em materiais perfeitamente polidos.

4.3.3.5 Refração

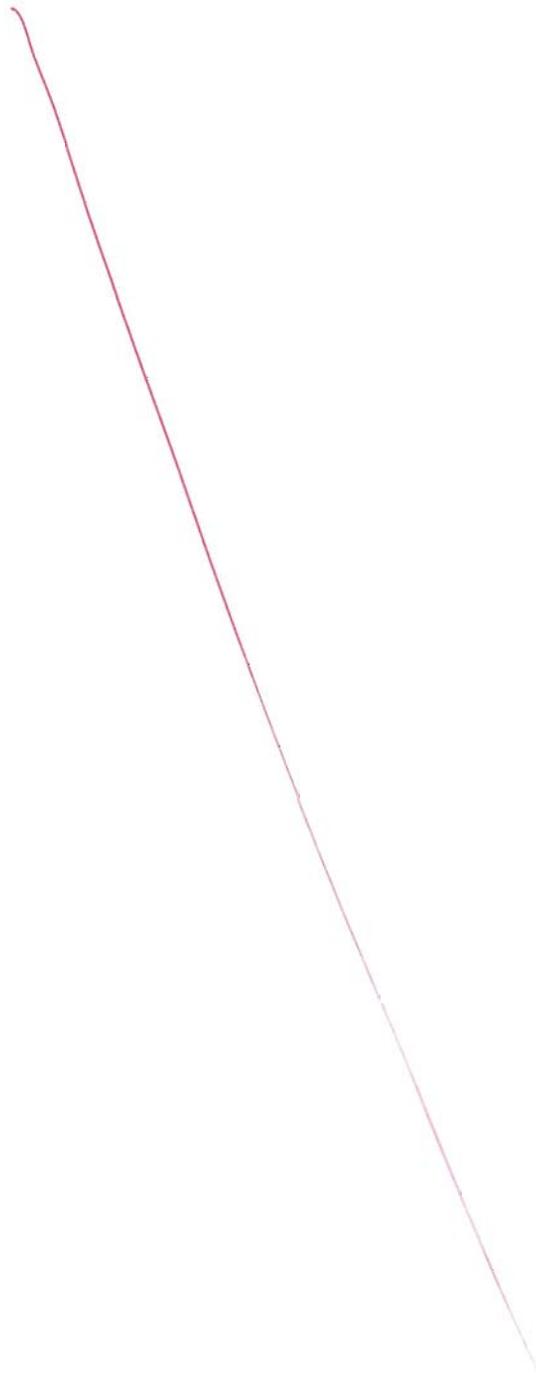
A luz propaga-se num meio qualquer, inclusive no vácuo; que acontece quando ela encontra uma superfície de separação entre dois meios distintos, como por exemplo, a luz solar quando alcança o limite de nossa atmosfera?



Nas questões e experiências propostas nas atividades I e II, você verificou que a luz sofre desvios, em sua direção original, ao atravessar uma superfície de separação entre dois meios óticos diferentes. A este fato, chamamos refração; é ele, por exemplo, a responsável pelo fato do sol nos parecer estar mais alto do que realmente está. [Fig 5] (5, 10)

Fig 5 Quando a luz passa de um meio para outro, no qual sua velocidade é menor, ela sofre um desvio aproximando-se da normal e ao contrário o raio refratado se afasta da normal.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso



4.4 Unidade I - Atividade IV:

- Pesquise e responda sobre:
 - Fonte incandescente.
 - Fonte luminescente.
 - Fonte fosforescente.
 - Formação de sombras.
- Tente explicar através de diagramas as fases da lua.
- Uma estrela é uma fonte puntiforme ou extensa? E o sol, porque?
- Uma tela de cinema deve ter uma superfície especular ou difusa, porque?
- Usando diagramas, mostre que o sol, para um observador na terra, aparece em uma posição mais alta do que realmente está. Caso o observador estivesse na lua, tal fato ocorreria, por que?

4.5 Unidade II - Atividade I

Introdução ao estudo da reflexão

- Leia e discuta as seguintes questões:
- Você certamente já viu o reflexo de uma poça d'água; em termos qualitativos, analise-o nas seguintes condições:
 - i. Superfície da água parada
 - ii. Superfície da água ondulada.
- Que mudanças você verificaria se a água fosse substituída por um espelho plano?
- Tente justificar o seguinte fato:

Ao viajarmos de ônibus ou de metrô, vemos que nas janelas fechadas, as imagens das pessoas mais afastadas de nós, são mais nítidas do que a nossa.
- Você certamente já viu, ou foi visitar uma casa de espelhos; Discuta a possibilidade dos efeitos ali encontrados.
- Comente a concentração ou não de luz nos espelhos esféricos.
- Porque espelhos retrovisores e faróis de carros são feitos de espelhos côncavos?

Que aconteceria se fossem de espelhos planos ou convexos?
- Tente justificar o seguinte fato:

Na frente dos carros da Polícia, dos Bombeiros e Ambulância, estes nomes são escritos com as letras invertidas e da direita para a esquerda.

4.6 Unidade II - Atividade II

Prática de laboratório

Prática 1:

Material: 1 espelho plano, uma caixa de sapato forrada ou pintada , interiormente, de preto, uma xerox de transferidor de 180° , arame e uma lanterna laser.

Coloque a caixa com o fundo em pé. Cole no fundo, o espelho, na parte de baixo, cole o transferidor. Faça, com o arame, um suporte para a lanterninha laser, de maneira que possa rodar ao longo do transferidor. Ao projetar a luz está refletirá com ângulo de reflexão igual ao de incidência. [Fig. 6].

Prática 2:

Material: espelho plano

Descreva a imagem no espelho plano.

- Os tamanhos do objeto e de sua imagem em um espelho plano.
- Escreva num papel uma palavra e coloque em frente ao espelho. O que você lê?

[Figura 7]

Prática 3:

Material: um vidro transparente, uma vela e um copo com água, um suporte de madeira para o vidro.

Coloque a vela em frente ao vidro em pé, no suporte. Coloque atrás do vidro, coincidindo, bem no centro da imagem, o copo. Medindo a distância da vela ao vidro (p) e deste ao centro do copo (p'), verifique qual a relação existente entre p e p' . [Figura 8]

Prática 4:

Material: Um espelho plano, um suporte para o espelho, e um objeto qualquer.

Discuta o que acontece com a imagem de um objeto qualquer, em um espelho plano, ao se movimentar este objeto. [Figura 9a] e ao se movimentar o espelho [Figura 9b]

Prática 5:

Material : dois espelhos planos, uma xerox de transferidor de 360° e um objeto qualquer.

Monte dois espelhos planos em ângulo de 90° . Coloque o objeto no centro. Conte quantas imagens você vê? Agora, em frente ao espelho, toque no seu nariz com a mão direita. Sua imagem também tocará o nariz com a mão direita? Por quê? Anote o n.º de imagens que se forma nos espelhos.

Monte agora os dois espelhos em um ângulo de 60° , anotando o n.º de imagens assim obtido. Compare os resultados obtidos com as duas montagens, tente relacioná-las com os respectivos ângulos. [Figura 10]

Prática 6:

Material: Uma colher polida.

Observe todos os tipos de imagem formadas nas duas faces de uma colher. Obs: Afaste e aproxime a colher do seu rosto. [Figura 11].

(7,10)

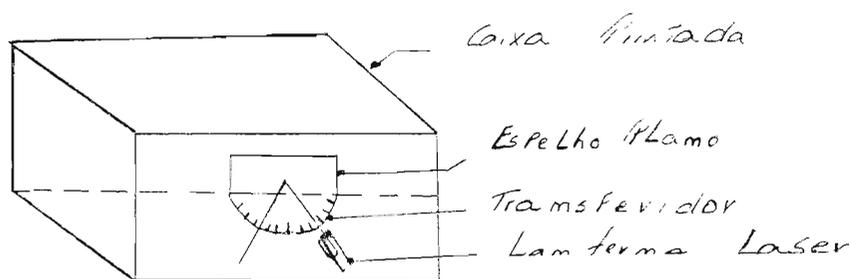


Fig 6 Esquema da caixa refletora.

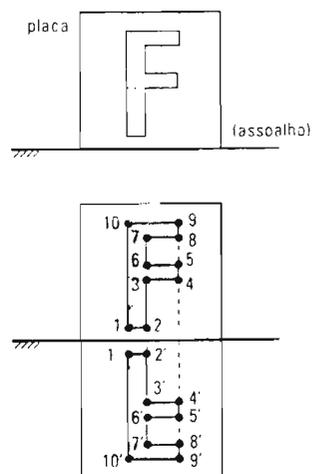
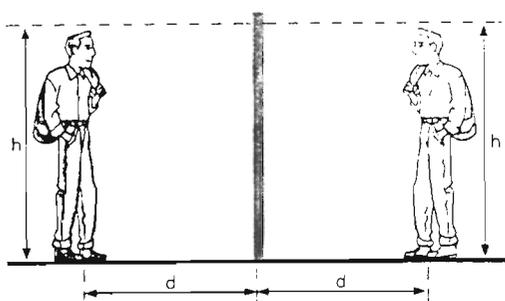


Fig 7 A imagem fornecida por um espelho plano é direita, de mesmo tamanho e dista do espelho a mesma distância que o objeto.

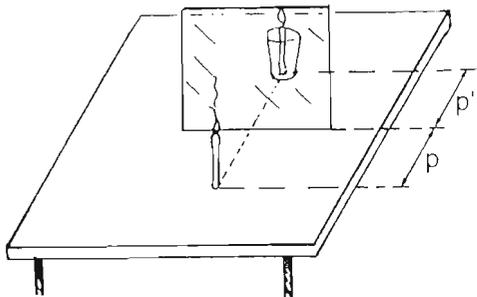


Fig 8. Vemos que a distância $p = p'$



A IMAGEM FORNECIDA POR UM ESPELHO PLANO É DIREITA, POSSUI O MESMO TAMANHO DO OBJETO E DISTA DO ESPELHO A MESMA DISTÂNCIA QUE O OBJETO.

Fig 9. Se o objeto se move x , a imagem se move x .

Fiz esse teste e a imagem se moveu de 2x?

• Translação

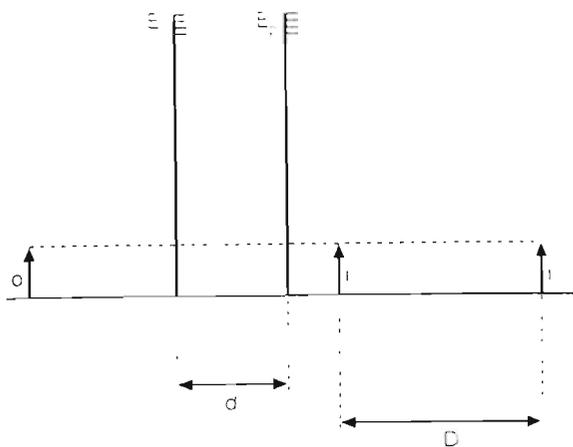
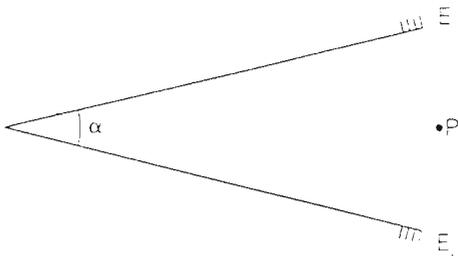


Fig 9. Se o espelho se move de x , a imagem se move de $2x$.

d : deslocamento do espelho
 D : deslocamento da imagem (ou posição para a posição 2)

$$D = 2d$$

• Imagens em dois espelhos angulares



N: número de imagens distintas do ponto P
 α: ângulo entre os espelhos E1 e E2

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Se $\frac{360^\circ}{\alpha}$ é um número par, P pode ficar em qualquer posição.

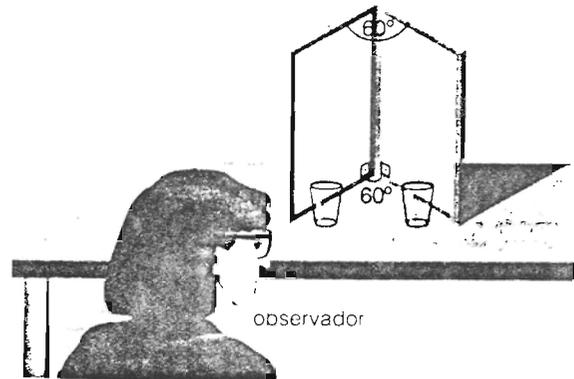


Fig 10 - Imagens obtidas por dois espelhos.

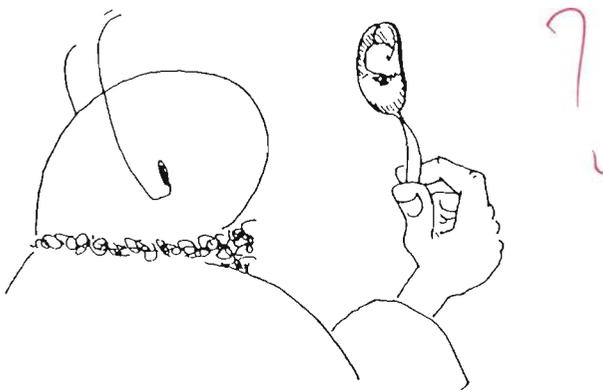


Fig 11 - Imagens obtidas nas duas faces de uma colher polida

4.7 Unidade II - Atividade III

4.7.1 Estudo de reflexão

Nesta unidade estudaremos a formação, propriedades e as características das imagens obtidas nos diversos tipos de espelhos.

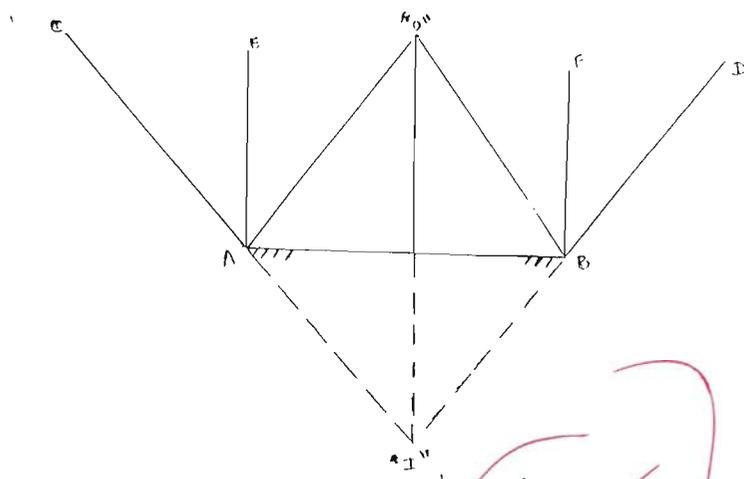


Fig. 12. AB representa o espelho e O o objeto. Representação de imagem formada em espelho plano.

4.7.2 As leis da reflexão

Analisando o desenho da figura anterior, vemos que:

Os ~~segmentos~~ de reta OA, AC e AE são segmentos coplanares, do mesmo modo que OB, BD e BF;

Os ângulos entre AO e AE, e entre AC e AE, são iguais, do mesmo modo que os ângulos entre OB e BF e BC e BF;

Denominando:

AO e OB: raios incidentes

AE e BF: normais à superfície do espelho nos pontos A e B;

AC e BD: Raios refletidos.

“O raio incidente, o raio refletido e a normal à superfície no ponto de incidência, estão no mesmo plano”

Ângulo entre AO e AE: ângulo de incidência

Ângulo entre AC e AE: ângulo de reflexão

Enunciemos a outra lei:

“O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão”.

Estas são as assim denominadas leis de Descartes-Snell, que permanecem válidas quando substituimos o espelho de superfície plana por um cuja superfície seja esférica.

Ainda com relação à figura acima, definiremos em seguida algumas entidades que nos serão de grande utilidade. (5, 10)

4.7.3 Parte real e parte virtual de um feixe luminoso:

Para um observador em C, o raio que o atinge, parece ter se originado em "I", e não em 1; desta forma podemos definir como parte real, deste raio, o segmento AC, e como sua parte virtual, o segmento IA.

Tente caracterizar na figura outras partes reais e virtuais de raios luminosos.

4.7.4 Imagens reais e virtuais:

Considere os dois raios refletidos de nossa figura, (raios AC e BD). Vemos que suas partes reais, em hipótese alguma se encontram, pois são raios divergentes; o que já não acontece com suas partes virtuais, que se encontram na parte I. Definimos imagens reais, como aquelas obtidas pela interseção das partes reais dos raios refletidos, e imagens virtuais, como aquelas formadas pela interseção das partes virtuais destes raios. De experimento que realizamos e do exposto, vemos que as imagens dos objetos reais, obtidos com espelhos planos, são sempre virtuais.

Uma última análise da figura obtida nesta prática nos diz do distanciamento entre objeto/espelho e espelho/imagem:

Ao medirmos os comprimentos dos segmentos que vão do objeto ao espelho e do espelho a imagem obtida, verificamos que os mesmos são iguais; esta é uma das características das imagens formadas por espelhos planos, estarem sempre colocadas, relativamente ao espelho, à igual distância que se encontra o objeto.

Uma outra característica, pertinente à formação das imagens, em um espelho plano, nos é dada pela prática 4, onde podemos facilmente concluir que a imagem obtida, toca seu nariz com a mão esquerda; disto vê-se que tal imagem está invertida. Também desta prática, observando a imagem, podemos concluir que esta possui o mesmo tamanho do objeto.

Resumiremos agora o que de mais importante concluímos sobre a formação de imagens em um espelho plano:

Formam-se por reflexão;

Imagens de objetos reais, são virtuais;

As imagens são invertidas em relação ao posicionamento direita/esquerda;

As imagens possuem o mesmo tamanho do objeto;

As imagens os objetos estão simetricamente colocadas em relação ao plano do espelho.

Na prática 4, desta unidade, comparamos as imagens formadas pelas duas faces de uma colher; analisaremos agora, de uma forma mais quantitativa, tal efeito.

4.7.5 Os espelhos esféricos:

São dispositivos que convergem ou divergem os raios luminosos, que sobre ele incidem; aos que convergem os raios luminosos, determinamos espelhos côncavos, (parte interna da colher), enquanto que aos que divergem, denominamos espelhos convexos, (parte externa da colher).

Definiremos agora algumas entidades, relativas a tais espelhos, que muito nos ajudarão em nosso estudo: [Fig 13]

Raio de curvatura:

Um espelho esférico é uma parte da superfície de uma esfera, portanto, o raio de curvatura (R) do espelho, é o raio da esfera à qual esta parte pertence.

Vértice do espelho:

É o centro da superfície do espelho.

Eixo principal:

Traçando-se uma reta que passe pelo centro da superfície do espelho, (V), e pelo centro da esfera de onde este se originou, obtém-se o assim denominado, eixo principal.

Foco principal:

Localiza-se sobre o eixo principal, no ponto no qual se encontram os raios refletidos pelo espelho, após incidirem sobre este, paralelamente ao eixo principal. Demonstra-se que sua localização dá-se em $R/2$.

Distância focal:

É a distância do foco ao vértice do espelho. (5, 10)

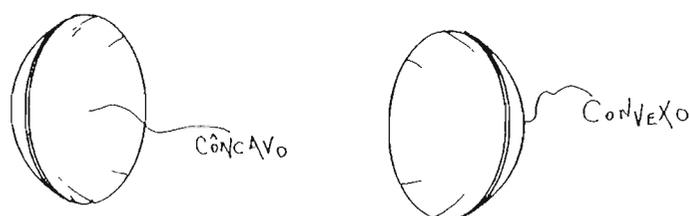
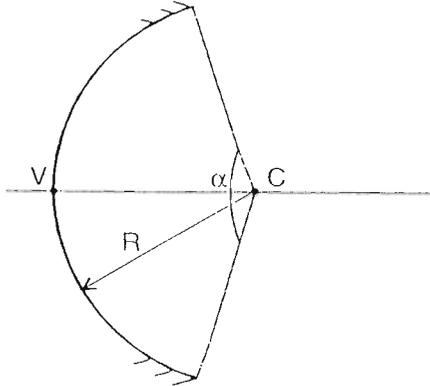


Fig 13. Espelho côncavo e convexo.

II – ELEMENTOS DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

Aqui estão os principais elementos de um espelho esférico (côncavo ou convexo):



ponto C – **centro de curvatura** do espelho (centro da superfície esférica da qual o espelho faz parte);

segmento R – **raio de curvatura** do espelho;

ponto V – **vértice** do espelho (ponto central do espelho. É a partir dele que mediremos as distâncias dos objetos e das respectivas imagens fornecidas pelo espelho);

reta CV – **eixo principal** do espelho;

ângulo α – **abertura** do espelho.

Fig 14. Elementos dos espelhos esféricos.

4.7.6 Aproximação de Gauss:

Somente em condições particulares, um espelho esférico fornece imagens nítidas; tais condições são conhecidas como condições ou aproximações de Gauss:

o feixe cônico emitido pelo objeto deve ter pequena abertura, fazendo com que seus raios luminosos sejam pouco inclinados em relação ao eixo principal, (raios para-axiais).

os objetos extensos devem ser retilíneas ou planos, perpendiculares ao eixo principal e possuir dimensões geométricas pequenas.

Equação dos espelhos esféricos:

Referencial de Gauss:

Na determinação analítica das imagens formadas em espelhos esféricos, adota-se tal referencial, o qual impõe as seguintes convenções:

O vértice é a origem das distâncias contadas sobre o eixo principal;

Objetos ou imagens reais terão distâncias positivas;

Objetos ou imagens virtuais terão distâncias negativas;

O raio de um espelho côncavo é positivo e o de um espelho convexo é negativo.

Dentro destas convenções, por igualdade de triângulos, demonstra-se para os espelhos esféricos:

$$\boxed{1/f = 1/p + 1/p'}$$

[1]

Onde:

- f: distância focal;
- p: distância do objeto ao espelho;
- p': distância da imagem ao espelho.

4.7.7 Reflexão de importantes raios:

Devido à simetria da esfera temos alguns raios com características especiais.

- Raios incidentes paralelos ao eixo principal refletem-se passando pelo foco;
- Raios incidentes passando pelo foco, refletem-se paralelamente ao eixo principal;
- Raios incidentes, passando pelo centro do espelho, refletem-se sobre si mesmos, (incidência normal).

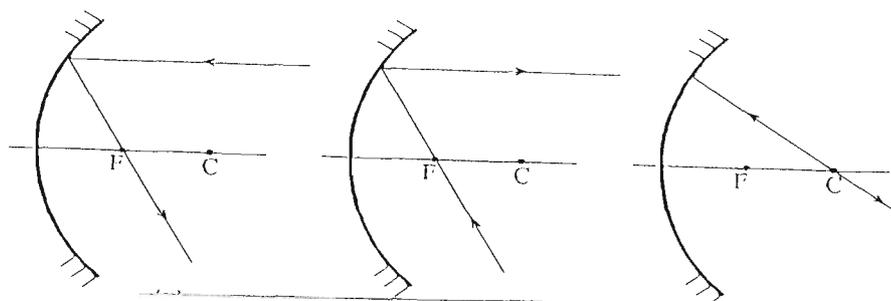


Fig 15. Raios com características especiais

4.7.8 Construção geométrica da imagem de um objeto extenso dado:

Seja o objeto AB, perpendicular ao eixo principal; utilizando alguns raios especiais, contidos no texto anterior, podemos obter imagens A'B' diferentes, em um espelho côncavo, apenas variando a posição do objeto sobre o eixo principal. [Fig 16 a,b,c,d,e]

- Objeto entre o vértice e o foco;
- Objeto sobre o foco;
- Objeto entre o foco e o centro;
- Objeto sobre o centro;
- Objeto após o centro.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
 INSTITUTO DE FÍSICA
 Monografia de Final de Curso

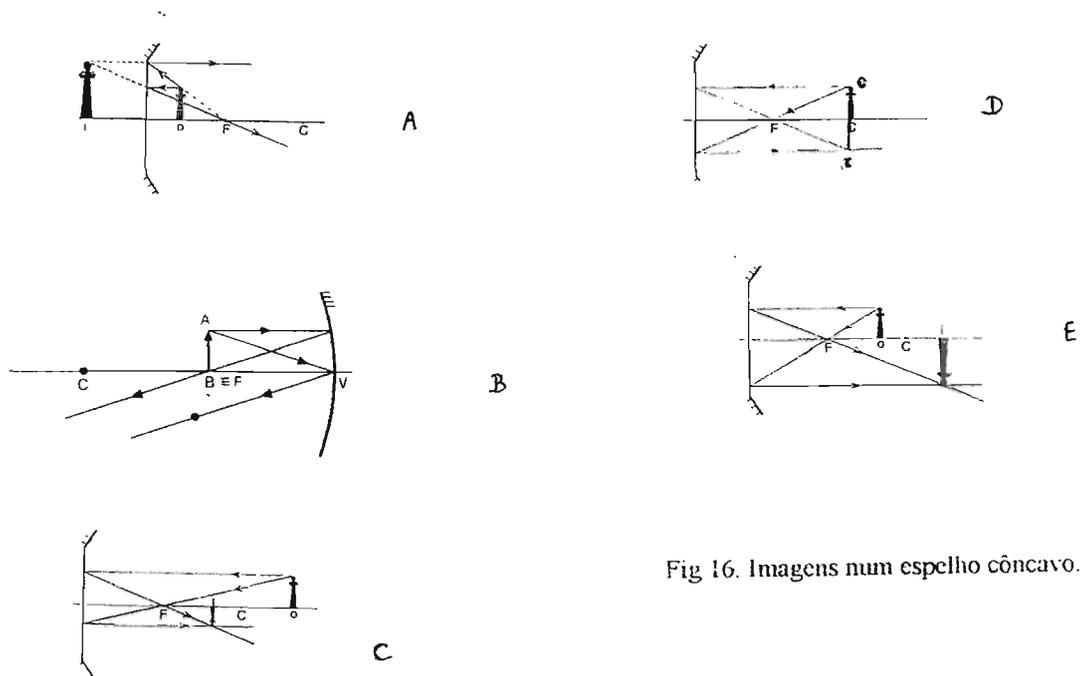


Fig 16. Imagens num espelho côncavo.

Obs: Podemos ver que os resultados obtidos tanto na teoria como na prática são bastante satisfatórios.

E para um espelho convexo temos sempre um mesmo tipo de imagem:[Fig 17]

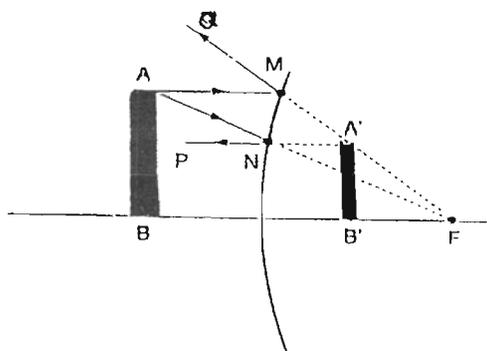


Fig 17. Imagem num espelho convexo.

De onde podemos ver que tal imagem:

É virtual por ser formada pela interseção das partes virtuais de dois raios refletidos; É menor; É direita.

4.7.9 Ampliação ou aumento linear transversal:

Defina-se como sendo a relação entre uma dimensão linear qualquer da imagem, e a dimensão homóloga do objeto, sendo esta dimensão linear considerada perpendicularmente ao eixo principal;

$$A = y'/y \quad [2]$$

Convencionou-se:

Ampliação positiva – y' e y possuem mesmo sentido; (figura a anterior).

Ampliação negativa – y' e y possuem sentido invertido; (figura b anterior).

Demonstra-se por igualdade de triângulos, que para os espelhos esféricos, é válida a relação:

$$A = i/o = -p'/p \quad [3]$$

Onde:

- i : dimensão da imagem;
- o : dimensão do objeto;
- p' e p : como definidos anteriormente.

Com base na relação anterior, podemos concluir que:

Imagem maior que o objeto: p' maior que p ;

Imagem menor que o objeto: p' menor que p ;

Objeto e imagem de mesma natureza, (ambos reais ou virtuais): a imagem só pode ser invertida;

Objeto e imagem de natureza diferente: a imagem só pode ser direita.

(5, 10)



Fig 18. A casa dos espelhos.

4.8 Unidade II - Atividade IV

- Pesquise:
Caleidoscópio.
Poder refletor.
Reflexão metálica e vítrea.
Espelho parabólico.
- Sobre o vidro de um espelho plano coloca-se perpendicularmente a ponta de um lápis. A imagem desta ponta se forma, afastada dela de 2 mm. Qual a espessura do vidro do espelho?
- Uma pessoa está sentada diante de dois espelhos que formam entre si um ângulo θ . Uma outra pessoa tira uma fotografia deste arranjo. Revelada a fotografia, esta mostra a presença de 12 pessoas. Determinar o ângulo θ .
- Visto num espelho plano, um relógio parece marcar:
 - 3 h;
 - 6 h e 15 min.Qual a indicação real?
- Um motorista vê no espelho retrovisor de seu carro, a imagem de um poste afastar-se com velocidade v ; qual a velocidade do carro?
- Qual o diâmetro da imagem do sol fornecida por um espelho esférico côncavo de 2,0 m de raio? (Considere que a distância sol-terra seja de 250 vezes maior que o diâmetro do sol).
- Em um determinado instante, um carro passa por um homem de 1,62 m de altura. Passadas 6,4 seg., o motorista percebe que a imagem do homem, que permaneceu parado, fornecida pelo espelho convexo do carro, tem 2 cm de altura. Qual a velocidade do carro, suposto constante, sabendo-se que o raio do espelho é 80 cm?

4.9 Unidade III - Atividade I

Introdução ao estudo da refração

- Com relação ao que já foi estudado sobre refração na Unidade 1, considerar as seguintes afirmações:
"Vemos o sol nascendo, (ou se pondo), quando o mesmo ainda, (ou já), se encontra abaixo da linha do horizonte".
"Vemos um peixe, ou o fundo de uma piscina, mais próximo da superfície do que ele realmente está".
Mostre tais afirmações através de diagramas.
No caso do peixe, ele verá o observador mais perto ou mais longe? Por que?
- Tente justificar o fato:
Um diamante verdadeiro se torna completamente invisível dentro d'água.
Porque em dias muito quentes, certos trechos de uma estrada parecer estar molhados, apesar de não o estarem?
- Tente justificar o fato:
Uma lâmpada acesa colocada no fundo de uma piscina, produz uma iluminação total em seu interior, à ponto de tornar nítido o fundo da piscina, no entanto, fora da piscina, tal luminosidade não se verifica.
- Qual sua explicação para os seguintes fatos:
Com uma lente, pode-se atear em uma folha de papel.
Peixes parecem maiores em um aquário de formato circular do que em aquário de formato quadrangular.

4.10 Unidade III - Atividade II

Prática de laboratório

Prática 1:

Material: uma caneca transparente, água e uma moeda.

Pôr uma moeda no fundo de uma caneca vazia, colocada sobre uma mesa. Colocar-se em posição, de modo que a beira da caneca esconda a moeda. Sob tal ângulo de visão, pedir para alguém colocar água na caneca, muito lentamente; como explicar o que se nota? [Figura 19]

Prática 2:

Material: diversos óculos e uma lanterna, uma régua pequena.

Verifique se as lentes dos óculos são convergentes ou divergentes. Se forem convergentes, usando uma lanterna, meça sua distância focal; (distância entre a lente e o ponto para onde convergem os raios que sobre ela incidiram paralelamente ao seu eixo).

Prática 3:

Material: uma lâmpada comum cheia de água. (Retire o miolo da lâmpada com cuidado). Um recipiente transparente.

A lâmpada cheia de água constitui uma excelente lente convergente. Mantendo esta lente dentro d'água, num recipiente de vidro com paredes planas, faça um feixe luminoso atravessá-la; dê a descrição de sua observação.

(7, 10)

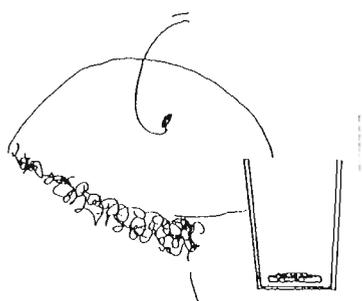


Fig 19. Visão da moeda . numa caneca sem e com água.

?

figura?
Fonte: Borz et al.?

4.11 Unidade III - Atividade III

Estudo da refração

Nesta unidade estudaremos a refração de raios luminosos, quando estes atingem uma superfície de separação entre meios óticos diferentes; estudaremos também os vários tipos de lentes existentes.

4.11.1 As leis da refração

Analisando o desenho abaixo, vemos que:

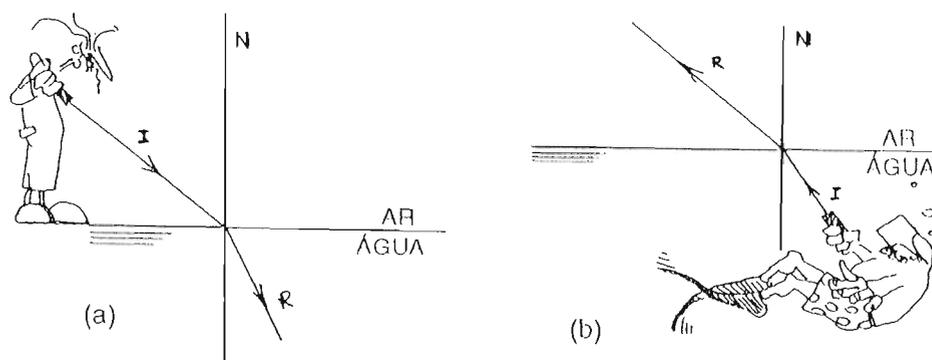


Fig 20. Refração

Os segmentos AB, BC e BE são segmentos coplanares, tal como os segmentos BC, CD e CF;

Analisando as relações entre os senos de \hat{i} e de \hat{r} , e os senos de \hat{i}' e \hat{r}' , vemos que $\text{sen } \hat{i} / \text{sen } \hat{r}$ é aproximadamente, dentro do erro experimental, igual à $\text{sen } \hat{r}' / \text{sen } \hat{i}'$; denominado:

AB: raio incidente;

BE: normal superfície no ponto de incidência;

BC: raio refratado pode enunciar aquela que vem a ser uma das leis da refração:

"O raio incidente, o raio refratado e a normal à superfície no ponto de incidência, estão no mesmo plano".

Ângulo entre AB e BE: ângulo de incidência;

Ângulo entre BC e BE: ângulo de refração, com o auxílio da identidade das relações entre os sen, enunciamos a outra lei:

"Para o mesmo tipo de feixe luminoso e para um mesmo par de meios, há uma relação constante entre o sen do ângulo de incidência e o sen do ângulo de refração".

Estas são as assim denominadas leis de Descarte-Snell, que permanecem válidas, quando substituímos a placa de superfície plana, usada na prática, por uma cuja superfície seja curva.

(5, 11)

4.11.2 O índice de refração

Seja uma pessoa fazendo sua corrida cotidiana no calçadão da praia, com velocidade suposta constante; em certo trecho, a pessoa se vê obrigada a correr pela areia. Deste momento em diante, esta pessoa terá grande dificuldade em manter a mesma velocidade que possuía no calçadão; notando-se assim, uma significativa mudança em sua velocidade. De modo análogo, verifica-se uma significativa mudança na velocidade de propagação da luz, quando esta se propaga em dois meios óticos distintos, mudança esta que é devido à maior ou menor resistência imposta pelo meio.

Quando a luz, propagando-se no vácuo, encontra uma superfície de separação, e passa a propagar-se com uma nova velocidade v , definimos o índice de refração absoluto deste meio, pela razão:

$$n = c/v \quad [4]$$

A razão entre as velocidades de propagação da luz em dois meios óticos distintos define assim, o índice de refração relativo entre estes dois meios, ou seja:

$$n_2/n_1 = v_1/v_2 \quad [5]$$

Onde:

- O índice 2 denota grandezas relativas ao meio para onde a luz vai;
- O índice 1 denota grandezas relativas ao meio de onde a luz veio.

Prove, usando os índices de refração absoluta de cada meio, a relação anterior.

Definição geométrica:

Reportando-nos à segunda lei obedecida pela refração, (relação constante entre $\text{sen } \hat{i}$ e $\text{sen } \hat{R}$), mostra-se por construção geométrica que esta relação define o índice de refração relativo entre o meio que contém o raio refratado e o meio que contém o raio incidente; ou seja:

$$\text{Sen } \hat{i} / \text{sen } \hat{R} = n_2 / n_1 \quad [6]$$

4.11.3 Refringência:

Se um determinado meio 1 impõe maior dificuldade à propagação luminosa que um segundo meio 2, diz-se que o meio 1 é mais refringente que o meio 2.

Quando a luz passa de um meio para outro mais refringente, isto provoca uma aproximação do normal, do raio luminoso; em caso contrário, o raio luminoso se afasta da normal.

4.11.4 Ângulo limite e reflexão total:

Define-se ângulo limite de incidência - \hat{L} (ou de refração), ao ângulo de incidência (ou refração), ao qual corresponde um ângulo de refração (ou incidência), igual à 90° . [Fig 21] (5, 11)



Fig 21. Ângulo Limite

Devido ao "princípio do retorno inverso da luz", (aquele que diz que o trajeto do raio luminoso não se altera, quando se troca a posição da fonte e do observador), quando se inverte o sentido de propagação do raio luminoso, o que antes era ângulo limite de incidência passa a ser ângulo limite de refração; por esta razão, denota-se, sem especificar qual, o ângulo limite como \hat{L} .

Utilizando a relação entre os $\text{sen } \hat{i}$ e $\text{sen } \hat{r}$, pode-se mostrar que:

Quando \hat{i} é menor que \hat{L} : verifica-se o raio refratado;

Quando \hat{i} é igual a \hat{L} : o raio refratado é rasante;

Quando \hat{i} é maior que \hat{L} : não se verifica o raio refratado. A este caso denominamos "reflexão total"; sendo ele o responsável pelo fenômeno das

miragens, (questão relativa a “estrada parecer molhada” da atividade I desta unidade).

4.11.5 Lentes:

Estudaremos agora as assim chamadas lentes esféricas delgadas; para tal, necessitamos ter em mente, algumas definições e convenções, as quais são:

Qualquer meio transparente, homogênea e isótropo, limitado por duas superfícies curvas, ou, por uma curva e outra plana, e com espessura desprezível em relação aos raios de curvatura de suas superfícies, é denominada lente esférica delgada.

Uma lente esférica delgada, que por comodidade, passaremos a denotar por lente. As lentes que convergem os raios luminosos que a atravessam, são chamadas convergentes e as que possuem a propriedade de divergir tais raios, são denominadas divergentes. Suas representações esquemáticas se dão por: [Fig 22]

Por terem as bordas mais finas que a parte central, as lentes convergentes são representadas da maneira indicada na figura (a) ao lado; já as lentes divergentes possuem as bordas mais espessas que o centro, e são representadas como mostra a figura (b).

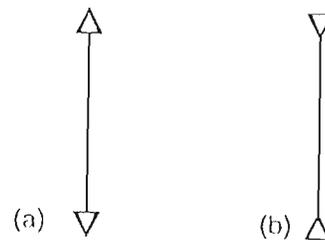


Fig 22 Tipos de lentes

4.11.5.1 Nomenclatura:

Na denominação de uma lente qualquer, adota-se a seguinte convenção: Denota-se em primeiro lugar o nome correspondente à superfície de maior raio de curvatura, denotando-se a seguir a de menor raio.

Assim sendo, temos os seguintes possíveis tipos de lentes:

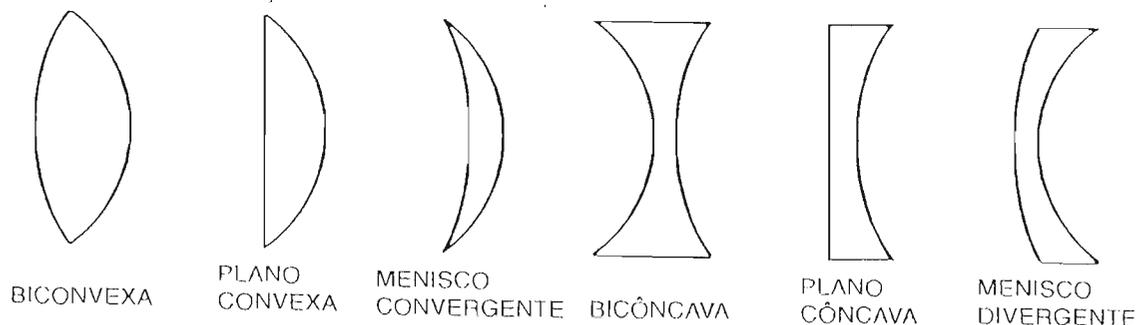


Fig 23. Lentes de bordos finos e bordos largos.

As três primeiras lentes, por possuírem bordas mais finas que a região central são denominadas lentes de bordas delgadas, enquanto as restantes, por possuírem bordas mais grossas que a região central, são denominadas lentes de bordas espessas. (5, 11)

4.11.5.2 Estudo analítico das lentes:

Para tal, adotaremos a seguinte convenção:

À distância da lente a um objeto ou imagem real, é considerada como positivo, enquanto à distância da lente a um objeto ou imagem virtual, é negativa.

O raio de curvatura de uma superfície convexa é positivo, quanto o raio de uma superfície côncavo, é negativo.

Eixo principal, centro ótico, foco objeto e foco imagem:

De maneira análoga às definições de eixo principal e foco, utilizadas nos espelhos esféricos, temos para as lentes:

A linha reta que passa pelos centros das superfícies delimitadoras das lentes denomina-se eixo principal.

Desprezando a espessura da lente, podemos definir o centro ótico, como o ponto do eixo principal, por onde passam os raios luminosos, que atravessam a lente sem serem desviados.

A ponto do eixo principal, cuja imagem se encontra no infinito, denominamos foco objeto F.

A ponto do eixo principal, onde se forma a imagem de outro ponto situado no infinito, denominamos foco imagem f'.

A classificação das lentes em convergentes e divergentes, leva em consideração o tipo de foco imagem da lente; denominando distância focal f, à distância da lente ao foco, tem-se que:

Distância focal positiva – foco imagem real.

Distância focal negativa – foco imagem virtual.

As lentes do tipo 1, são denominadas convergentes, enquanto as do tipo 2, denominam-se divergentes. [Fig 24]

Esquemáticamente, temos:

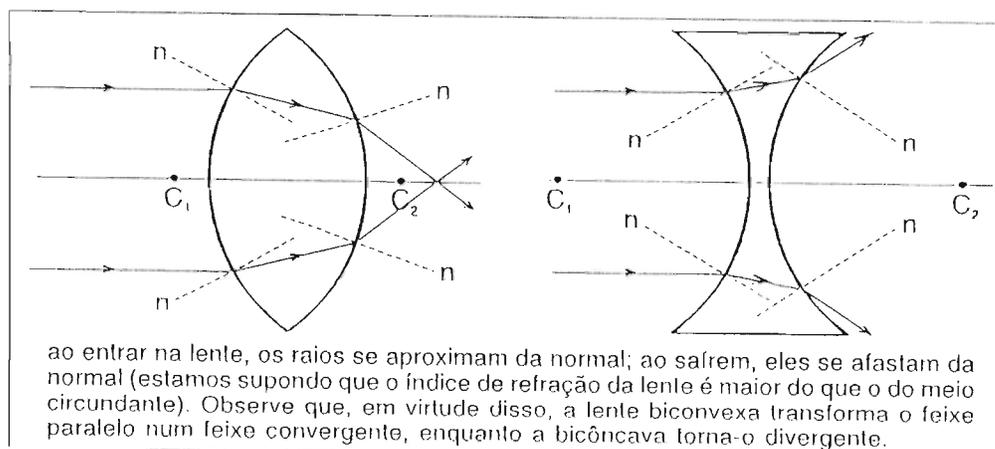


Fig 24. Esquema de lente convergente e divergente.

4.11.5.3 Raios incidentes particulares:

Na obtenção gráfica da imagem de um objeto qualquer, fornecida por uma lente, alguns raios são de grande utilidade; são eles:

Todo raio incidente paralelo ao eixo principal emerge da lente, passando pelo foco imagem;

Todo raio incidente passando pelo foco objeto emerge da lente, paralelamente ao eixo principal;

Todo raio incidente sobre o centro ótico, atravessa a lente sem ser desviado.

4.11.5.4 Construção gráfica da imagem de um objeto extenso dado:

Seja o objeto AB, colocado perpendicularmente ao eixo principal; utilizando os conceitos contidos nos textos anteriores, podemos obter sua imagem A'B', em uma lente convergente, conforme a figura 25:

(5, 6, 11)

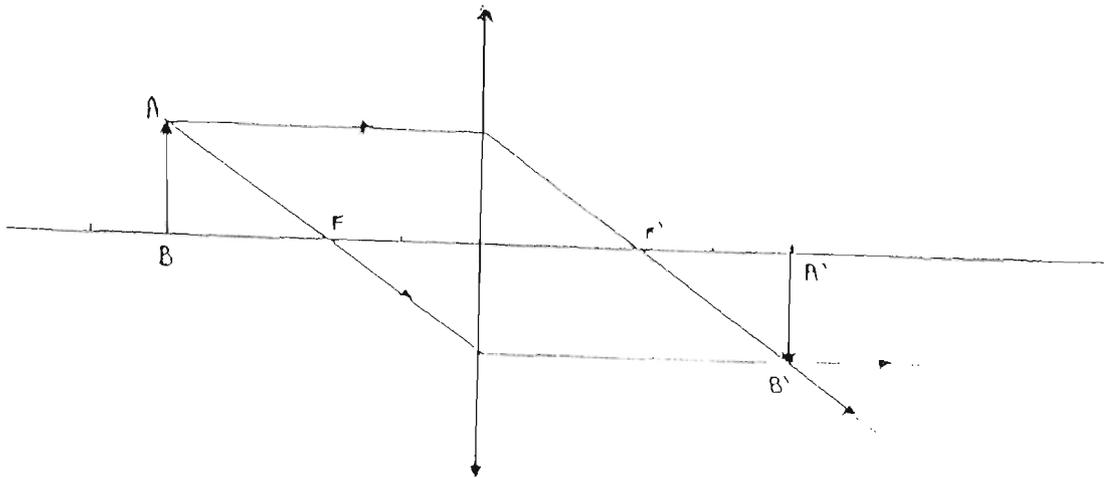


Fig 25. Construção de imagem em lente convergente.

De onde notamos que tal imagem:

É real, por ser formada pela interseção das partes reais de dois raios luminosos que atravessaram a lente;

É invertida por ter posicionamento simétrico ao eixo principal.

E para uma lente divergente:[Fig 26]

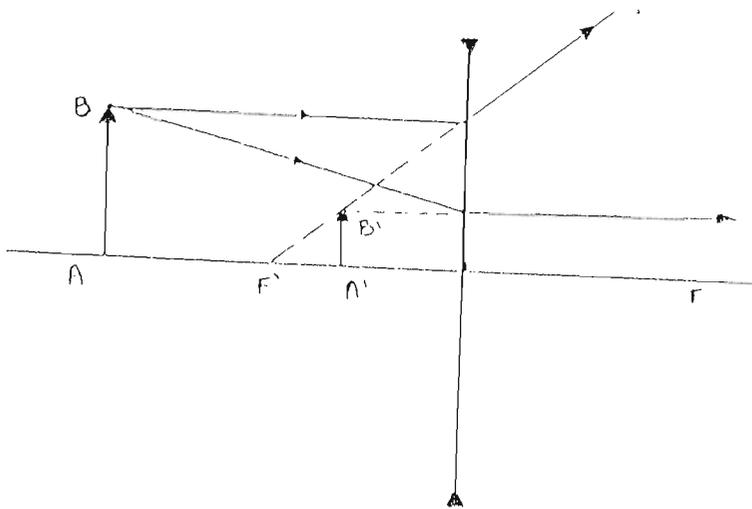


Fig. 26 Construção de imagem em lente divergente

De onde notamos que tal imagem:

É virtual, por ser formada pela interseção das partes virtuais de dois raios luminosos que atravessaram a lente;

É direita por ter posicionamento igual ao da imagem, em relação ao eixo principal.

Variando a posição do objeto sobre o eixo principal, obtemos imagens com diferentes características.

Como verificação, construa e dê as características das imagens de um objeto AB, colocado perpendicularmente ao eixo principal de uma lente convergente, (divergente), nas seguintes posições:

Entre o centro óptico e o foco;

Sobre o foco;

Entre o foco e o infinito.

4.12.5.5 Ampliação ou aumento linear transversal:

Os efeitos relativos a esta questão, são os mesmos produzidos pelos espelhos esféricos. Recomenda-se, portanto, que se leia sobre este assunto, no último item da Atividade III, da unidade anterior.

4.12 Unidade III - Atividade IV

- Pesquise:
Lâminas de faces paralelas.
Focometria.
Fotometria.
Fluxo luminoso.
Aberração esférica.
Fibra óptica
- Uma pessoa, em pé, à margem de um lago, vê um peixe; deve ela apontar seu arpão para cima ou para baixo do peixe, a fim de fisgá-lo?
- Um peixe, no rio Amazonas, vê, as 9 h 13 min, o sol 60° acima do horizonte. Calcular o índice de refração da água deste rio, sabendo-se que no Amazonas o sol nasce as 6 h e se põe as 18.
- Uma lente de distância focal “f” projeta sobre um anteparo a imagem de um objeto ampliada “h” vezes. Demonstrar que a distância da lente ao anteparo é igual à $f \cdot (h + 1)$.
- O disco solar visto da terra tem um diâmetro aparente de $0,5^\circ$. Calcular que diâmetro terá sua imagem fornecida por uma lente de distância focal igual a 2,0 cm.

4.13 Unidade IV - Atividade I

Introdução ao estudo dos aparelhos óticos

- Tente justificar os seguintes fatos:
- Ao se tirar uma fotografia em dias ensolarados, devemos usar uma menor abertura na máquina fotográfica, enquanto que, em dias nublados, devemos usar maior abertura.
- Quando entramos na sala de projeção de um cinema, mal conseguimos enxergar as pessoas ao nosso redor; pouco à pouco, nossa visão vai melhorando.
- A lua cheia, ao nascer, parece ser muito maior do que quando está no zênite.
- Baseando-se no estudo já realizado sobre lentes, que tipo você usaria no visor de uma câmara fotográfica, côncavo ou convexo?
- E num projetor? E na objetiva e visor de uma luneta astronômica? Justifique suas respostas.
- Caso a imagem formada por um projetor seja maior do que a tela, onde está sendo projetada, qual a atitude que deve ser tomada?
- Discuta sobre:
O posicionamento da imagem de uma estrela qualquer, vista com uma luneta.
A colocação da lâmpada no foco do espelho de um holofote.
- Em uma luneta astronômica, para focalizar um corpo celeste, deve-se variar a distância focal do instrumento. Como esta variação se apresenta, no formato do instrumento?

4.14 Unidade IV - Atividade II

Prática de laboratório

Prática 1

Material: Madeira, espelhos quadrados pequenos.

Montagem de um periscópio

Monte em madeira ou isopor, um tubo quadrado com 1 m de comprimento. Nas extremidades de dois lados alternados, faça aberturas de 5 cm aproximadamente. Nas duas bases, adapte espelhos planos formando 45° com a horizontal.[Figura 27]

Prática 2

Material: tubo de papelão, duas lentes (uma convergente e outra divergente).

Montagem de uma luneta:

Adapte em cada extremidade de um tubo de papelão, duas lentes; uma convergente e uma divergente. Focalize, olhando pelo lado que contém a lente divergente, um objeto qualquer; observe a imagem assim obtida. Focalize agora, o mesmo objeto, porém olhando pelo lado da lente convergente. Compare as duas imagens obtidas.[Fig 28]

Prática 3

Material: uma caixa de sapato, cartolina, uma vela, uma folha de papel vegetal, lente feita de lâmpada com água.

Montagem de uma câmara fotográfica

Faça um pequeno orifício em um dos lados de uma caixa de sapatos. No interior da caixa faça uma moldura para o papel vegetal, presa em uma tira de papelão, de maneira que você possa movimentar o papel vegetal para focalizar. Obtenha a imagem de uma vela acesa, colocada diante da câmara. Descreva tal imagem.

Quem primeiro idealizou este dispositivo, foi Leonardo da Vinci, que o denominou "câmara obscura".[Fig 29]

Prática 4

Material: uma lupa.

Limitação dos instrumentos óticos

Com uma lupa, e um livro aberto, obtenha uma imagem não distorcida e ampliada de uma página qualquer. Erga a lupa do papel, e aumente, ao

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso

mesmo tempo, a distância entre a lupa e seus olhos. Descreva o que acontece. [Fig. 30] (7,10)

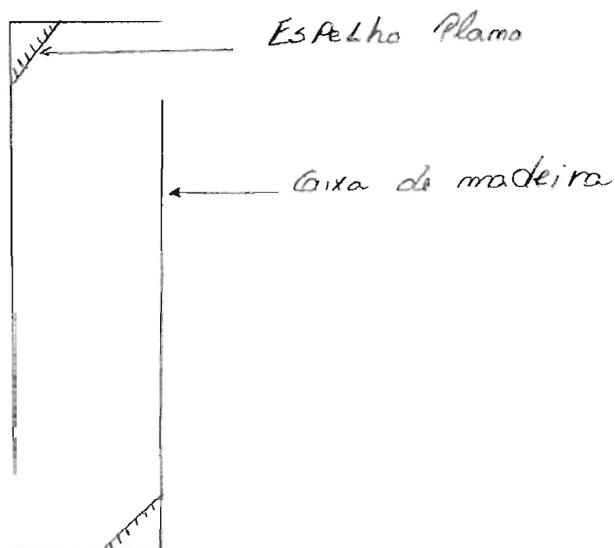


Fig 27 Esquema de montagem de um periscópio.

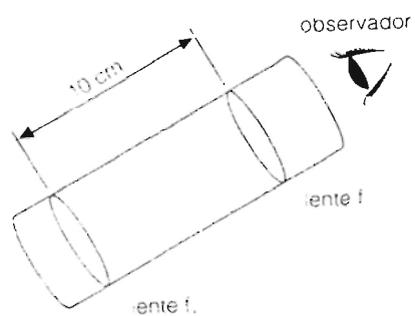


Fig 28. Esquema de luneta.

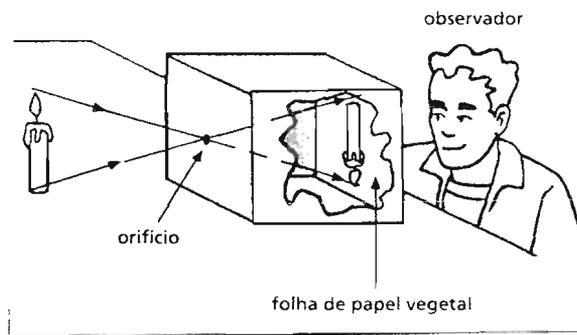


Fig 29. Esquema da câmara fotográfica

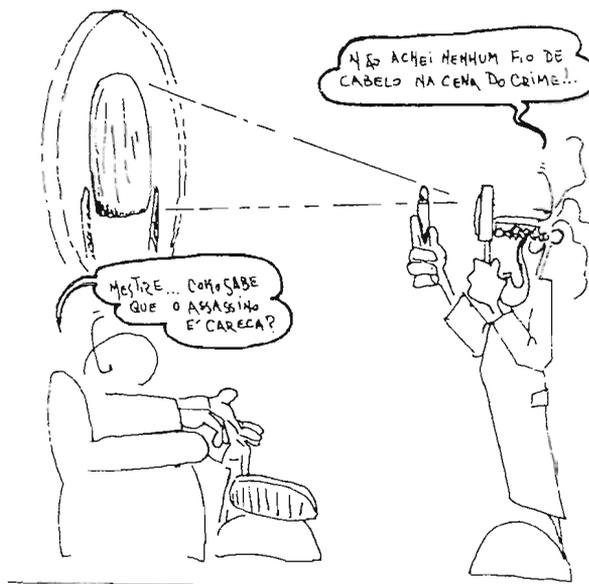


Fig 30. Esquema de uma lupa.

4.15 Unidade IV - Atividade III

Estudo dos aparelhos ópticos

Estudaremos agora os aparelhos ópticos que fazem parte do nosso cotidiano.

Tais aparelhos estão classificados em dois tipos distintos, a saber:

1 – Aparelhos de projeção:

Aqueles que nos fornecem uma imagem real, que pode, portanto, ser projetada sobre uma lente ou anteparo.

2 – Aparelhos de observação:

Aqueles que nos fornecem uma imagem virtual do objeto.

Entre os do tipo 1, incluem-se a máquina ou câmara fotográfica e os projetores de cinema: enquanto entre os do tipo 2, incluem-se a lupa ou lente de aumento, o microscópio composto ou microscópio, as lunetas astronômicas e terrestres, os telescópios e os óculos comum.

Uma outra classificação, dentro dos aparelhos do tipo 2, é necessária:

a – Aparelhos de aumento:

Fornecem imagens maiores que o objeto;

b – Aparelhos de aproximação:

Aqueles em que a imagem observada não é maior que o objeto, porém é vista sob maior ângulo visual.

4.15.1 Câmara fotográfica

Constitui-se basicamente de uma câmara escura com uma lente convergente, (objetiva), em uma de suas extremidades, tendo na outra extremidade o filme fotográfico.[Fig 31]

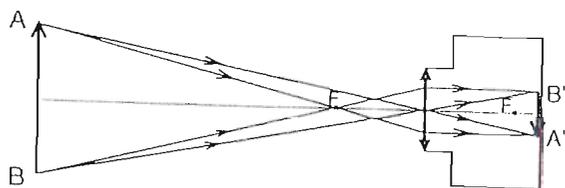


Fig 31 Como funciona uma câmara fotográfica.

Existem câmaras com vários dispositivos, os quais visam diminuir as observações nas fotos.

A seguir, descrevemos os constituintes básicos de uma câmara:

Objetiva:

Conjunto de lentes, arrumadas de modo à se obter um sistema convergente.

Diafragma:

Regulador da quantidade de luz que penetra na câmara.

Disparador:

Dispositivo mecânico que abre a entrada de luz da câmara; também é conhecido como obturador.

Ampliação de uma câmara:

Por igualdade de triângulos, da figura facilmente se percebe que:

$$A = i/o = - p/p \quad [7]$$

4.15.2 Projetores:

Fundamentalmente, constituem-se de uma lente convergente como objetiva, que fornece, de um objeto bem iluminado, uma imagem real, invertida e maior.[Fig 32] (5,6,11)

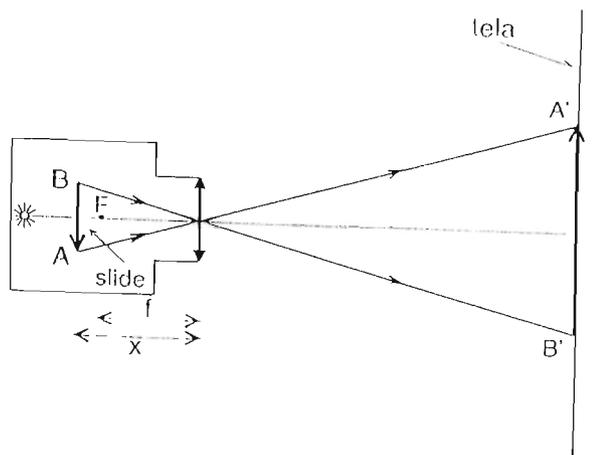


Fig 32. Esquema de um projetor.

A figura é uma representação esquemática de um projetor, onde raio luminoso emitido pela lâmpada, colocado no foco de um espelho côncavo, ilumina um filme, fazendo com que, sua imagem após atravessar a lente, se forme num anteparo.

4.15.3 Os aparelhos de observação

a) Lupa ou lente de aumento

É uma lente convergente que fornece de um objeto real, uma imagem virtual, maior e direita.

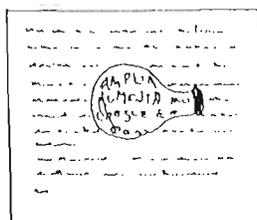


Fig 33. Imagem numa lupa feita com lâmpada.

você pode repetir a descoberta de Sêneca, utilizando uma lâmpada queimada. Quebre com cuidado o isolamento preto que existe acima da rosca e retire o filamento. Encha-a de água e observe objetos através dela. Apesar de fornecer imagens ampliadas, você verá que elas são muito distorcidas, em virtude da grande curvatura da superfície da lâmpada. Essa esfera pode ser considerada a primeira lente de aumento – ou lupa – de que se tem notícia.

Se a lente e o objeto estão fixos, o aparelho é denominado microscópio simples.

b) Microscópio composto

Instrumento utilizado para observação de objetos com dimensões muito pequenas. (5, 6, 11)

Compõe-se tal aparelho de duas lentes convergentes dispostas coaxialmente:

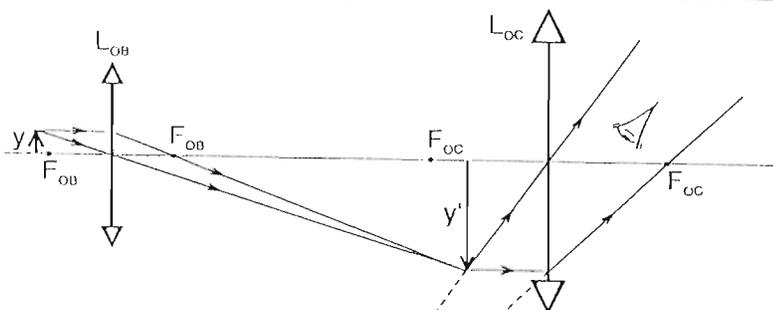
Objetiva:

Próxima do objeto;

Ocular:

Por onde se observa o objeto.

Seu esquema básico é dado por:



a objetiva L_{ob} deve formar uma imagem (y') real e a mais ampliada possível do objeto; para isso, ele deve ser colocado um pouco além do foco da objetiva. Essa imagem y' , que já é bem maior que o objeto, é então observada e ampliada mais ainda pela ocular L_{oc} .

Fig 34. Esquema simplificado de um microscópio.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CCMN
INSTITUTO DE FÍSICA
Monografia de Final de Curso

Onde:

- L_o – lente objetiva;
- L_{oc} – lente ocular;
- i_1 – imagem fornecida pela objetiva;
- i_2 – imagem vista pela ocular

Do esquema vê-se que:

a imagem i_1 serve de objeto para a ocular;

a imagem observada i_2 é virtual, invertida e maior que o objeto.

Ampliação linear transversal:

Como já definida anteriormente, é dada por:

$$A = i_2/o$$

[8]

Multiplicando-se por i_1/i_1 , obtemos:

$$A = A_{ob} \cdot A^{oc}$$

[9]

Onde:

$$- A_{ob} = i_1/o \quad e \quad A_{oc} = i_2/i_1$$

Cabe aqui frisar que a objetiva deve ter distância focal da ordem de milímetros.

c) Luneta astronômica ou Telescópio de refração:

Em sua forma mais simples, tal luneta é um sistema centrado, constituído por duas lentes convergentes montadas no interior de um tubo.

Sua objetiva possui grande distância focal, na ordem de metros; enquanto sua ocular possui curta distância focal, na ordem de milímetros.

Seu esquema básico é dado por:

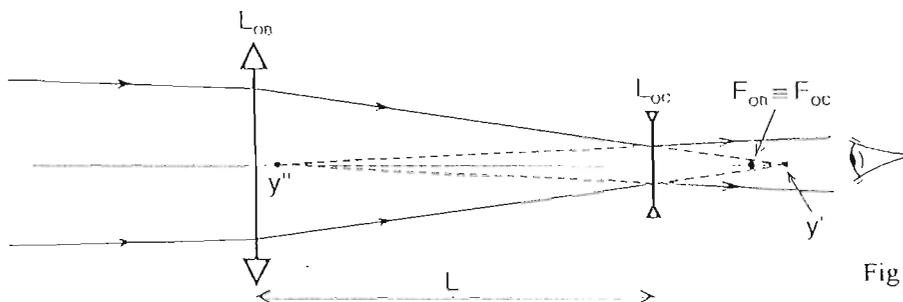


Fig 35. Esquema de Telescópio de refração.

como na luneta de Kepler, a objetiva L_{ob} fornece uma primeira imagem (y'') um pouco depois do seu foco. A ocular L_{oc} , agora divergente, deve ser posicionada de modo a interceptar o feixe antes de a imagem y'' se formar. Desse modo, y'' serve de objeto virtual para essa ocular; se, além disso, ela for colocada com seu foco coincidindo com o foco da objetiva, os raios emergirão do sistema ligeiramente divergentes, e o observador verá uma imagem virtual (y') o ampliada da primeira imagem y'' . Pode-se então concluir que devemos colocar as lentes numa distância tal que $L = (f_{ob} - |f_{oc}|)$.

Note que i_1 , (imagem do astro observado, fornecida pela objetiva), encontra-se sobre o foco da mesma, (uma vez que o astro se encontra no infinito).

Tal aparelho também é conhecido como Luneta de Kepler.

Aumento visual:

Para as lunetas, a ampliação nos é dada como aumento visual, que é a relação entre o ângulo visual sob o qual é vista a imagem final dada pelo instrumento, (θ'), e o ângulo visual segundo o qual o astro é visto a olho nú, (θ).

$$A_v = \theta' / \theta \quad [10]$$

Tal valor depende das condições de observação; para condições normais, tal valor é expresso por:

$$A_v = f_{ob} / f_{oc} \quad [11]$$

Onde:

- f_{ob} – distância focal da objetiva;
- f_{oc} – distância focal da ocular.

d) Telescópio:

São lunetas nas quais substitui-se a objetiva por um espelho parabólico côncavo, obtendo assim menores problemas com as observações obtidas com as lentes.

Seu esquema básico é dado por:

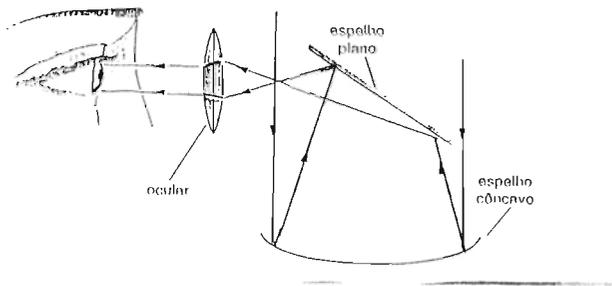


Fig 36. Esquema de telescópio refletor

Tais aparelhos também são conhecidos como Telescópios de reflexão.

e) Lunetas terrestres ou Lunetas de Galileu:

- para evitar o incômodo da imagem revertida, obtidas nas lunetas astronômicas, Galileu usou como ocular uma lente divergente, criando assim lunetas que fornecem imagens virtuais direitas. (5, 6, 11)

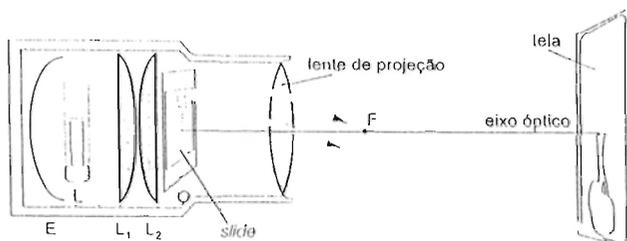


Fig 37 Projetor de slides.

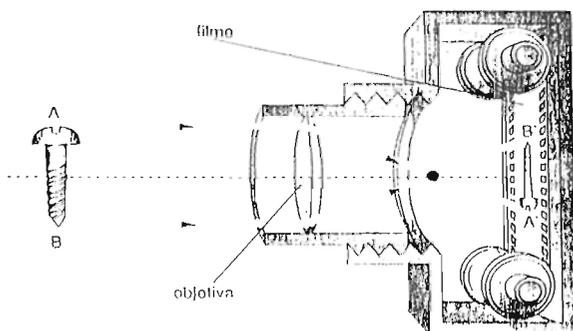


Fig 38. Máquina Fotográfica.

4.16 Unidade IV - Atividade IV

Pesquise:

O olho humano;

Potência de aparelho ótico

Poder de resolução;

Processos de revelação de filmes fotográficos

Lunetas prismáticas;

Binóculos prismáticos.

- Demonstre que o tamanho da imagem do sol produzida por uma lente convexa é proporcional à distância focal da lente. Qual é esta constante de proporcionalidade?
- Evidencie as diferenças entre a luneta astronômica e um telescópio.
- Com uma câmara de distância focal igual à 5 cm, fotografa-se um objeto situado à 50 m. Com uma câmara de distância focal f , fotografa-se o mesmo objeto, porém à 1 km. Qual deve ser a distância focal da objetiva desta câmara, se a imagem, com ela obtida, possui o mesmo tamanho da imagem obtida com a primeira câmara?
A este tipo de objetiva, denominamos tele-objetiva.
- A objetiva de uma luneta astronômica simples tem 60 cm de distância focal, a sua ocular, tem 1.5 cm. Ao se observar um astro, verifica-se que tal imagem se forma a 43.5 cm da ocular. Calcular:
O comprimento do tubo da luneta;
O aumento visual da luneta.

5. Conclusões Finais

CONCLUSÕES FINAIS

Embora este trabalho valorize o que os alunos sentem quando estão nos laboratórios, não podemos esquecer a ênfase que a teoria tem em relação a eles, através destes experimentos.

Uma vez que os alunos não estão acostumados a desenvolver sua imaginação é difícil para eles visualizarem, experimentos. Portanto, a mera citação das experiências não desperta o interesse deles. É necessário colocar a "mão na massa". Podemos considerar que nossos objetivos foram alcançados, ou seja, a melhoria em todos os sentidos, tanto na nota como no interesse dos estudantes em relação à matéria.

Considerando as médias gerais dos alunos participantes deste projeto, nos dois bimestres anteriores foram 5.5 e 5.8, obtivemos no terceiro e quarto bimestres as médias 8.0 e 8.5, concluindo que houve um aumento de aproximadamente 50% em relação aos bimestres anteriores e também foi verificado que as turmas onde essa metodologia foi aplicada, o aproveitamento foi bem melhor comparado as notas das outras turmas do colégio, na prova de avaliação, que é única e tradicional no Colégio.

Assim conseguimos transformar o ensino de física, visto hoje em dia como pura "decoreba", num ensino mais dinâmico com aproximação professor/aluno, uma vez que, é sabido que tal tipo de procedimento produz melhor rendimento na turma.

6. Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

- [1] Barros, Célia S.G, *Psicologia e Construtivismo*, Ed. Ática, 1996.
- [2] Bizzo, Nélio Ciências: *fácil ou difícil?* Ed. Ática, 2ª edição, 2000, SP.
- [3] Borges, F.T, *O papel do Laboratório em ensino de ciências*, I ENPEC, p2-11, Águas de Lindóia, 1997.
- [4] Fuzer, W.B., "*Ensinar a pensar*" em Física: *dois exemplos de aplicações das operações de pensamento de Louis Raths*, Caderno Catarinense de Ensino de Física 5(2): 61-71, ago, 1998
- [5] Alvarenga Beatriz & Maximo, Antônio, *Volume Único*, primeira edição, Scipione, 1997.
- [6] Gonçalves, Dalton, *A evolução da Física*, segunda edição, Scipione, 1991, vol. 2.
- [7] Moreira, Ligia, *Apostila do Curso Física para Professores de Ciências*, 2001
- [8] Guimarães, Luiz Alberto e Fonte Boa, Marcelo, *Termologia e Óptica*, primeira edição, Harbra, 1998, vol. 2
- [9] Maia, L, P, M., *Dicionário de Física*, primeira edição, Moderna, 1981.
- Perelman, Y., *Ótica e Eletricidade*, terceira edição, São Paulo, Harbra, 1992, vol. 2.
- [10] Pinto, H. e Pinto, Dilson F., *Brincando com a Física*, Rio de Janeiro, UERJ, 1998.
- [11] Ramalho, Ivan, Nicolau & Toledo, *Os fundamentos de Física*, Vol. 2, quinta edição, São Paulo, Moderna, 1993.