UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FISICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

A FÍSICA, O LÚDICO E A CIÊNCIA NO 1º GRAU

dissertação de mestrado

ANIBAL FONSECA DE FIGUEIREDO NETO

área de Ensino de Física
YASSUKO HOSOUME
(orientadora)

PRIMAVERA DE 1.988

TOMO 1

A

SANTA ...

... MINHA MÃE.

Não digas nada!
Não, nem a verdade!
Há tanta suavidade
Em nada se dizer
E tudo se entender -
Tudo metade
De sentir e de ver....
Não digas nada!
Deixa esquecer.

Talvez que amanhã
Em outra paisagem
Digas que foi vã
Toda essa viagem
até onde quis
Ser quem me agrada...
Mas ali fui feliz...
Não digas nada.

(Fernando Pessoa)

Fui feliz... fui feliz contando com teu carinho, com tua dedicação, com tua solidariedade, com tua estima, com tua amizade... Sou feliz porque sei que não venci sozinho;... porque saltamos, pulamos, comemos, lamentamos, zangamos e rimos e não-dormimos juntos. E serei mais feliz ainda porque nos embriagaremos juntos; zombando e relembrando das costas fritas dos Romanos,do jacarandá mimoso, do "boi deitado", do camelo de estimação e do "vinde a mim".
Zé Roberto, Mitsui, Arnaldo, Zé Carlos, Lia, Cristina e Eliana.

Lembrarei aqui também da saudade do amigo Maurício, companheiro de pagodes e labutas ao longo de todos esses anos. Infelizmente teve que ir para a França.

AGRADECIMENTOS:

Pela compreensão, paciência, amizade e orientação da Yassuko.

Pela confiança e amizade do Bassalo, meu primeiro mestre.

Pela carinhosa amizade e pelo B-A-Bá no ramo do Tex.

Pela gostosa amizade, pelas elucidantes discussões e orientação do Mané.

Pela "chata" cobrança carinhosa da Cecil.

Pela força meiga e amiga da Maria Regina.

Pelo exemplo, confiança,amizade ao longo dos anos que desenvolvi esse trabalho, da Anita e Raquel.

Pela amizade e solidariedade do Cosme e seu espírito saguzeiro.

Pelo carinho, atenção, compreensão e gentileza da maravilhosa Rita.

Pela atenção carinhosa e especial da "Claudinha".

Pela amizade e gentileza da Iracema.

Pela força e amizade da Vera.

Pela amizade e solidariedade e carinho da Silvia.

Pela ajuda e presteza do Wanderley e Wilson.

Pela companhia amiga nas últimas horas,da Terezinha.

Pelo grande estímulo dos amigos da FUNBEC.

Pelo estímulo, amizade e confiança do Edilson e sua turma do Pará

Pelo convívio alegre com velhos e novos colegas do IFUSP.

Pela atenção e cafézinhos-solidários dos guardadores deste templo, ao longo das intermináveis madrugadas, Antonio, Zé de Freitas, Dito e outros.

Pelos companheiros da Xerox, responsáveis pela multiplicação desse pequeno trabalho.

Pelo suprimento de fósforos fornecidos pelo Paulo, através de suas caprichosas muquecas de cada dia, fato determinante para o cumprimento desta tarefa.

Sem isso... Nada feito!

RESUMO

O ensino de Física apresenta diversos problemas desde a escola primária até os cursos básicos das universidades. Várias pesquisas já foram e continuam sendo realizadas no sentido de detectar, diagnosticar e amenizar tais problemas; porém, o que se percebe é um acentuado descuido de nossa Universidade com o ensino de Física no primeiro grau, campo este que tais pesquisas não atingem.

Uma breve análise da atual situação do ensino de Ciências em nossas escolas de primeiro grau, hoje, em São Paulo, dos seus métodos e recursos, como também da nova proposta de guia curricular deste ensino, marcam o contexto deste trabalho. Apresentamos uma proposta de ensino de Física no primeiro grau, dando-se ênfase à experimentação e relevando a presença da criatividade e do lúdico como elementos essenciais no desenvolvimento integral de uma criança.

Depois de apontar para a formação necessária desse novo educador, em particular na área de Física, concretizamos essa proposta através do conteúdo de óptica. Para tanto foi elaborado um texto, onde são apresentados elementos desde a clássica óptica Geométrica até a moderna óptica Física, culminando com questões de ilusão de óptica e percepção visual.

Tudo isso disposto em atividades que, por um lado desafiam a imaginação lúdica da criança e por outro, vão de encontro à expectativas de seu cotidiano, como a construção de uma "falsa máquina de raio X" ou a projeção de estranhas sombras coloridas; sem no entanto, diminuir em nada a compreensão dos modelos físicos explicativos. .

ABSTRACT

Much research has been and still is dedicated to identify and to minimize the various problems and dificulties of Physics teaching. These problems show up at all school levels, from elementary school to undergraduate curses, so that the pedagogical research tries to take cure of a wide variety of situations and their dificulties. However, the troubles with Physics learning at elementary school are mostly neglected by the academic investigation.

To stablish the framework to our propositions, a compact analyses of science teaching is conducted, to determine wich didactic surces and methods are used nowadays at elementary school in São Paulo and to understand the scope of official guidelines the science teachers. Next, we propose a new enphasis to that teaching showing how the pupils criativity in association with toys, games and their construction are essential ingredients to an integral development of child.

A new cort of teatcher formation must be proposed, in Physics, to face the new approach. This is shown here with concrete examples, particularly in Optics. For that sake a text has been written, where elements of both classic and modern Optics are treated, aiming the understanding of visual perception and optical ilusions. Children imagination can be challenged with somewhat trivial playing situations, like a "jake X ray machine" or the projection of strange color fringes. This can be done in such a way as to produce the necessity of the physical explanation and to motivate the development of physical models.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO

Inspirados, em primeiro lugar, na necessidade de criticar a situação atual do ensino de Ciências em nossas escolas, e depois apresentar a nossa proposta de reparos a essa situação, o nosso trabalho desenvolveu-se da seguinte forma:

Como introdução a essa crítica, no capítulo 1, trazemos uma breve discussão acerca de que Ciência é ensinada na sala de aula, conteúdo e forma, como também acerca da relação que existe entre esta "Ciências" ensinada e a Ciência como instituição. Ainda neste capítulo, ressaltamos a necessidade dessa visão de Ciência ser arejada, apontando para a presença de aspectos lúdicos, de arte, de criatividade, etc., no seu ensino.

Ao longo do segundo capítulo, apresentamos uma detalhada discussão sobre o ensino específico de Física no primeiro grau. Buscamos respostas a questões como: Para que ensinar Física? O que esperamos com esse ensino? é fundamental o seu aprendizado para uma criança, ou não? Poderia ser abolido o conteúdo de Física em nossas escolas de primeiro grau?

Porém, para responder a estas questões, precisamos esclarecer que Física queremos apresentar às crianças, que alternativas de Física nós temos. Dentro desse mesmo contexto, discutimos o papel do laboratório, isto é, das

APRESENTAÇÃO

Inspirados, em primeiro lugar, na necessidade de criticar a situação atual do ensino de Ciências em nossas escolas, e depois apresentar a nossa proposta de reparos a essa situação, o nosso trabalho desenvolveu-se da seguinte forma:

Como introdução a essa crítica, no capítulo 1, trazemos uma breve discussão acerca de que Ciência é ensinada na sala de aula, conteúdo e forma, como também acerca da relação que existe entre esta "Ciências" ensinada e a Ciência como instituição. Ainda neste capítulo, ressaltamos a necessidade dessa visão de Ciência ser arejada, apontando para a presença de aspectos lúdicos, de arte, de criatividade, etc., no seu ensino.

Ao longo do segundo capítulo, apresentamos uma detalhada discussão sobre o ensino específico de Física no primeiro grau. Buscamos respostas a questões como: Para que ensinar Física? O que esperamos com esse ensino? é fundamental o seu aprendizado para uma criança, ou não? Poderia ser abolido o conteúdo de Física em nossas escolas de primeiro grau?

Porém, para responder a estas questões, precisamos esclarecer que Física queremos apresentar às crianças, que alternativas de Física nós temos. Dentro desse mesmo contexto, discutimos o papel do laboratório, isto é, das

atividades experimentais no ensino de Física no primeiro grau, sem, no entanto, nos determos em estudos sobre tipos de laboratório, estudos esses já feitos em várias outras pesquisas. Discutimos também, como essas atividades são desenvolvidas em nossas salas de aula, quando de sua efetivação. Encerramos a discussão desse capítulo, com algumas críticas sobre a formação do educador que leciona a disciplina Ciências, e sobre a visão que grande parte desses educadores e de seus mestres mais comprometidos com esse ensino, carregam.

No capítulo 3, a discussão passa do nível de crítica ao nível de proposta de renovação, de se repensar o ensino de Física no primeiro grau. Expomos as bases, os alicerces de nossa proposta. Ressaltamos nessa nova visão à questão da motivação, seu importante papel dentro de qualquer processo educativo. Apontamos para a importante presença de atividades que desenvolvam habilidades artísticas, a noção de estética na criança, como fundamental para o seu desenvolvimento equilibrado.

Ressaltamos ainda nesse capítulo, a importância que deve ser dada ao local, ao ambiente onde se processa o ensino de Física, apontando como pespectiva salas ambientes, tipo oficinas de trabalho, como fatores que favorecem esse tipo de trabalho. Por último, relevamos a presença do aspecto de ficção científica, de Física moderna e contemporânea, nas salas de aula do primeiro grau.

Uma breve história de como esse trabalho foi desenvolvido ao longo de cinco anos, alguns esclarecimentos sobre a escolha de conteúdo, e de como as questões levantadas como vitais no processo educativo nos três primeiros capítulos, se relacionam com o conteúdo do texto e sua forma marcam o conteúdo do capítulo 4.

No capítulo 5, apresentamos um texto de óptica, que se pretende destinar à formação de professores de Física do primeiro grau, dentro da nossa visão de formação desse novo educador. O texto inicia-se com conteúdo de óptica Geométrica, indo até óptica Física, sendo complementado em sua abrangência, por elementos de percepção visual e ilusão de óptica. Estes conteúdos todos, devidamente apresentados em um texto, no mínimo, agradável.

Por fim, no último capítulo, apresentamos alguns comentários sobre nossas dificuldades e crenças a respeito do horizonte desse trabalho.

I - INTRODUÇÃO

1.1 - Acerca das Relações do Homem com a Natureza, no dia-a-dia e na Escola

Poderíamos começar esta conversa com a seguinte pergunta: O que é Ciência? talvez a pergunta "O que é ..."seja muito incômoda; seria mais fácil responder "Para que serve...". Porém, nos colocando na qualidade de pesquisadores científicos que somos, empedernidos até o fundo da alma de uma inabalável crença e amor a esta atividade intelectual, poderíamos arriscar tal resposta dizendo de maneira simples que Ciência é a atividade através da qual o homem investiga e domina a natureza, para com isto projetar a evolução de uma sociedade. Se buscarmos o Aurélio (1), encontraremos a seguinte definição:"Processo pelo qual o homem se relaciona com à natureza, criando a dominação dela em seu próprio benefício".Encontramos definições mais bucólicas, como a de Warren Weaver(2): "...a Ciência é uma aventura do espírito humano, é uma empresa essencialmente artística, estimulada em grande medida pela imaginação disciplinada e baseada em grande medida pela fé na racionalidade, na ordem e na beleza do universo do qual o homem é uma parte".

Vamos agora lançar mão de uma colocação de Bertrand Russel(3), para responder "para que serve..." ou ,

quais os efeitos desta atividade científica. Ele diz: "Os efeitos da Ciência são de espécies muito diferentes e variadas. Há efeitos diretamente intelectuais : a eliminação de muitas crenças tradicionais e a adoção de outras sugeridas pelo êxito do método científico. Há também efeitos na técnica de indústria e da guerra. Então, principalmente como consequência das nossas técnicas, há mudanças profundas na organização social, mudanças que vão gradualmente originando alterações políticas correspondentes. Finalmente, como resultado do novo controle sobre o ambiente, ocasionado pelo conhecimento científico, estamos assistindo ao desenvolvimento de uma nova filosofia, que implica numa nova concepção do lugar do homem no universo".

O fato é que, através do conhecimento científico, o desenvolvimento tecnológico sofreu uma aceleração muito grande, enchendo o nosso mundo de instrumentos, aparelhos maravilhosos que, ao operar uma "nova magia", conquistaram o nosso encantamento. Porém, o que esquecemos de ver é que essa falácia desenvolvimentista, apenas favoreceu a caminhada de poucos, muito poucos, e conseguiu criar uma incomensurável tensão entre todos: _ é o homem levando ao pé da letra o primeiro discurso de Deus: "...Que ele reine sobre os peixes do mar, sobre os ares dos céus, sobre os animais (...) e sobre toda a terra, e sobre todos os répteis que se arrastam sobre a Terra"(4).

Pensemos um pouco sobre as coisas que assimilamos até aqui. Fará parte do corpo de nossas indagações as

questões colocadas no início deste texto. Na qualidade de educador, e de um educador que trabalha no complexo campo da Ciência, penso que é preciso ter estas duas questões bem resolvidas, tanto na cabeça quanto na alma, e de forma integradamente comprometida. Creio que a Ciência deveria ser entendida como uma linguagem, através da qual nos comunicamos com a natureza à nossa volta. E como toda linguagem, evolui sempre que descobrimos símbolos novos, novos reflexos, e encontramos novas necessidades e soluções para nos relacionar com o objeto de nossa relação; no caso a natureza. O resultado desta relação tem que ser algo aprazível, tem que trazer satisfação, novos conhecimentos e um domínio civilizado acerca das reações deste objeto com o qual nos relacionamos. Uma relação que se baseia, que se assenta apenas em bases racionais, é uma relação fria, (....) e cansativa, e a nossa relação com a natureza no nosso cotidiano, não é assim. A Ciência, da mesma forma, não deveria nos ensinar a fazer teste, assumindo um tom sisudo por defrontarmo-nos com a natureza, como muitos cientistas sugerem.

Kneller (5) falando acerca do desempenho da Ciência diz que a Ciência "...Procura remover tudo que for único no cientista, individualmente considerado: recordação, emoções e sentimento idílicos despertados pelas disposições de átomos, as cores, e os hábitos de pássaros, ou a imensidão da Via Láctea (...). Por conseguinte, a Ciência elimina a maior parte da aparência sensual e estética da

natureza. Poentes e cascatas são descritos em termos de frequência de raios luminosos, coeficientes de refração e forças gravitacionais ou hidrodinâmicos. Evidentemente, essa descrição , por mais elucidativa que seja, não é uma explicação completa daquilo que realmente experimentamos". Sem dúvida este comentário contrapõe duas realidades. A realidade morta detectada por um cientista e a realidade viva e exuberante que nos seduz a alma e nos encanta.

Talvez tivéssemos que aprender um pouco mais com a magia negra, que coroa seus rituais de emoção, expectativa, sensação e outros sentimentos fervorosos. Poderíamos caminhar nesse sentido se víssemos a Ciência como um outro tipo de magia. A primeira, a magia negra, aquela que sobrevive e é acreditada pelos místicos, que consigo arrasta, pela evidência de flancos no entendimento, pelo sinistro. A Ciência, a magia que triunfa por caminhos no sentido de desvendar, de conhecer os mistérios desta aparente mágica e misteriosa natureza. E isso, sem dúvida, deve nos trazer a emoção de uma aventura de quem caminha em busca de descobrir o que há atrás de uma cascata, de um pôr-do-sol ou no interior da matéria.

Se nos reportarmos um pouco à fala citada anteriormente de Russel, deveremos compreender qual o significado de "reinar" que mencionamos: Qual a dimensão de falácia desenvolvimentista? Sem dúvida, é fabuloso adentrar uma sala de processamento de textos onde se usa microcomputadores, e ver uma máquina impressora trabalhando,

se auto-digitando, sozinha....É mágico! Não há quem não pare por algum tempo, e imagine mais um mundo de coisas, máquinas, com desempenho similar.

É fantástico usar comunicação via satélite. Um ônibus espacial era algo inimaginável há bem pouco tempo! Porém, quantos usufruem destes benefícios, quantos têm, ao menos, conhecimento de tão desenvolvidas técnicas. Enquanto isso, quantos ainda nem compreendem uma simples máquina fotográfica. Mas, sem dúvida, todos esses estão ameaçados, alguns vivem na pele a tensão criada pelo desenvolvimento tecnológico bélico.

A Ciência ao desenvolver-se enquanto linguagem, cria termos, vocabulos, novas palavras, descobre novos símbolos; mas é o comprometido e ideologizado desenvolvimento tecnológico que reina, que determina quais as sentenças a serem construídas com estas novas palavras, e quais as equações a serem resolvidas com estes novos símbolos! Sentenças e soluções essas que surgem sempre disfarçadas em uma roupagem de Ciência.

Em um texto intitulado "Marcuse e a Desmaterialização da Natureza pela Ciência", Kneller diz que " N. Marcuse sustentou que, desde a Renascença, a Ciência tem servido à tecnologia e, por conseguinte, à classe dominante, a qual procura constantemente aumentar seu controle sobre os homens e a natureza (...). A Ciência também tratou a natureza como substância neutra e sem valor, a ser implacavelmente manipulada como se lhe faltasse vida e

objetivos próprios. Hoje, diz Marcuse, a Ciência e a tecnologia estão submetidas a uma vasta maquinaria produtiva, a qual poderia realizar todo o trabalho feito atualmente pelo cérebro e músculos humanos. Ela é usada, pelo contrário, para manter as massas trabalhando e, portanto, dóceis; saciando-as com bens de consumo para evitar que elas reflitam sobre a sua verdadeira servidão"(6). Continuando ainda diz: "O cientista deve estudar a Natureza com simpatia, como um parceiro vivo que tem valor e potencialidade próprios"(7).

E o que acontece quando acrescentamos um "s" na palavra Ciência e a introduzimos no currículo básico de uma escola? Ou melhor, para não ser muito abrangente, o que se entende por Ciências de 5ª a 8ª séries? Se perguntássemos a vários alunos de primeiro grau, vítimas naturais neste processo, o que eles estudam em Ciências, ficaríamos estarrecidos com a soberba configuração que essas crianças fazem acerca de algo tão objetivo! Certamente, cada um diria uma coisa diferente, dependendo se está na 5ª, 6ª, 7ª ou 8ª série. Mas se insistíssemos com um aluno que está concluindo a 8ª, ele diria que é uma mistura de Física, Química e Biologia. E logo seria corrigido pelo professor dessa disciplina: Não é só isso; Física, Química, Biologia e Geociências!" Pois é, ...mas que é uma mistura é!

Até mesmo na cabeça da maioria dos professores de Ciências, o conteúdo dessa disciplina , não apresenta outro compromisso além de salpicar sobre as orelhas de seus alunos

informações totalmente desarticuladas. Portanto, além de ser uma mistura, é uma mistura não monofásica que só não se misturam de fato, porque são mencionadas em semestres diversos. Porém, uma mistura que se preze, tem algum objetivo. Dá em alguma coisa, aparentemente algum resultado esperado. E para esse professor de Ciências, por que é necessária essa miscelânea, a que se presta, o que espera atingir com seu trabalho? Até mesmo um bolo razoável apresenta em sua receita, rigorosa sequência para se obter a mistura ideal; e no ensino de Ciências, será que foi feita em algum momento a pergunta: "Como ensinar?"

Certamente não, pois uma relação frívola não suscita envolvimento de fato; para se ensinar, como diz Menezes(8)"que o corpo humano se divide em três partes: cabeça, corpo e membros", não precisa se fazer muito questionamento. O grande questionamento deve ficar por conta do aluno, para tentar descobrir de que lado fica o pescoço!

E esta instituição - pelo que se pode aferir - dotada de sólida e imutável personalidade, já deixa suas marcas há muito. Francis Bacon, em pleno século XVII já versava sobre este congelador de idéias: "Por outro lado, nos costumes das instituições escolares, das academias, colégios e estabelecimentos semelhantes, destinados à sede dos homens doutos e ao cultivo do saber, tudo se dispõe de forma adversa ao progresso da Ciência. De fato, as lições e os exercícios estão de tal maneira dispostos que não é fácil que venha a mente de alguém pensar, se concentrar em algo

diferente do rotineiro"(9). A falta de propósito, de objetividade no ensino de Ciências, impossibilita uma definição a respeito da prática e método.

Para não divagarmos apenas sobre análises a priori, vejamos o que diz o Guia Curricular de Ciências do Estado de São Paulo: "O ensino de Ciências deve propiciar condições e conhecimentos ao aluno de forma que este seja capaz de analisar criticamente o papel da Ciência e tecnologia, na real melhoria das condições de vida da população; venha interferir na realidade visando a melhoria de suas condições de vida e da população"(10). E como se consegue toda essa maravilha?

I.2 DE COMO O HOMEM SE RELACIONA COM A NATUREZA NESSA PRÁTICA CHAMADA CIÊNCIA

"Enquanto o homem medieval e antigo visaram a pura contemplação da Natureza e dor, o moderno deseja a dominação e a subjugação"(11).

De muito, filósofos de Ciência, e porque não dizer, alguns cientistas, mesmo que não ligados à filosofia, vêm tentando apontar qual a melhor maneira do homem estabelecer sua relação com a Natureza, para efetivo e saudável progresso da Ciência. Poderíamos dizer que, desde os primórdios até hoje, os cientistas apontaram para comportamentos que vão desde uma postura platônica frente aos fenômenos da natureza, até uma postura fria, racional, sisuda frente a estes mesmos fenômenos.

Para Bacon, se o homem observasse, observasse ... bastante algum determinado fenômeno, seria capaz de, através de um método indutivo, partindo de casos particulares, formular, gradativamente, às generalizações que governam o fenômeno observado. Isto, sem levar em conta algumas pressões mentais, mas confiando nos sentidos. Para fazer Ciência, segundo F.Bacon, o homem precisa antes de tudo, aprender a CONTEMPLAR a natureza.

Em seu texto "NOVUM ORGANUM OU VERDADEIRAS INDICAÇÕES ACERCA DA INTERPRETAÇÃO DA NATUREZA" (12), F.Bacon expõe: "Indague agora espírito sóbrio e diligente qual o caminho escolhido e usado pelos homens para a investigação e descoberta da verdade. Logo notará um método

de descoberta muito simples e sem artifícios, que é o mais familiar aos homens. E esse não consiste senão, da parte de quem se disponha e apreste para a descoberta, em reunir e consultar o que os outros disseram antes. A seguir, acrescentar as próprias reflexões. E, depois de muito esforço da mente, invocar, por assim dizer, seu gênio para que expanda os seus oráculos. Trata-se de conduta "sem qualquer fundamento e que se move tão somente ao sabor de opiniões" numa visível crítica aos que acreditam que a Ciência caminha com acumulação sucessiva de descobertas, que se alinharam à luz da razão. E continuando no mesmo texto acrescenta: "Algum outro pode, talvez, invocar o socorro da dialética, que só de nome tem relação com o que se propõe. Com efeito, a invenção própria da dialética não se refere aos princípios e axiomas fundamentais que sustentam as artes, mas apenas a outros princípios que com aqueles parecem estar de acordo. E quando, cercada pelos mais curiosos e importunos, é interpelada a respeito das provas e da descoberta dos princípios e axiomas primeiros, a dialética os repele com a já conhecida resposta, remetendo-os à fé e ao juramento que se devem prestar aos princípios de cada uma das artes". Dessa vez fica patente a crítica que Bacon faz ao aristotelismo e suas postura dogmática de avançar nas descobertas científicas.

Continuemos a ouvir Bacon "Resta a experiência pura e simples que, quando ocorre por si, é chamada de acaso e, se buscada, de experiência. Mas essa espécie de

experiência é como uma vassoura desfiada, como se costuma dizer, em busca do verdadeiro caminho, quando muito melhor fariam se aguardassem o dia ou acendessem um archote para então prosseguirem. Mas a verdadeira ordem da experiência, ao contrário, começa por, primeiro, acender o archote e, depois com o archote mostrar o caminho, começando por uma experiência ordenada e medida - nunca vaga e errática - dela deduzindo os axiomas e, dos axiomas, enfim, estabelecendo novos experimentos"(13). Bacon propõe assim um método indutivo, onde uma ordem bem estabelecida para os passos a serem dados, garantem uma gradativa descoberta de, primeiro, simples axiomas, outros mais complexos e até generalizações.

Em uma passagem deste mesmo livro de Bacon, fica clara sua crítica e posição: "Os que se dedicaram às Ciências, foram ou empíricos ou dogmáticos. Os empíricos, à maneira das formigas, acumularam e usam provisões; os racionalistas, à maneira das aranhas, de si mesmo extraem o que lhes serve para a teia. A abelha representa a posição intermediária: recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere"(14). Mas se ainda sobraram dúvidas com relação ao estabelecimento de um método indutivo por parte de Bacon, vai aqui uma outra fala sua contida nesse mesmo livro: "Mas a indução que será útil para a descoberta e demonstração das Ciências e das artes deve analisar a natureza, procedendo as devidas rejeições e exclusões, e depois, então de posse dos

casos negativos necessários, concluirá a respeito dos casos positivos"(15).

Queremos deixar claro, que não pretendemos discutir ou criticar os métodos defendidos por diversos pensadores, temos apenas a intenção de mostrar que tais pensadores preconizaram a existência de um tal método científico. E, mais uma vez recorrendo a Bacon, isto fica bem explícito: "Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma, que consiste no saltar-se das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, descobrirem-se os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. Esta é a que ora se segue. A outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar; em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Este é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado". (16)

Na mesma época em que essas defesas acima eram feitas, Descartes, após criticar o acúmulo de incertezas, dúvidas que se fizeram notáveis até sua época, propõe uma "receita", isto é, um procedimento racionalista que, certamente conduziria a informações com conteúdos dignos de crédito.

1. Não acolher jamais como verdadeira uma coisa que não se reconheça evidentemente como tal - isto é, evitar a precipitação e o preconceito e não incluir nos juízos

aquilo que se apresenta com tal clareza ao espírito que torne impossível a dúvida.

2. Dividir cada uma das dificuldades em tantas partes quantas necessárias para melhor resolvê-las.

3. Conduzir ordenadamente os pensamentos; principiando com os objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir, em seguida, pouco a pouco, até o conhecimento dos objetos que não se disponham, de forma natural; em sequências de complexidade crescente.

4. Realizar sempre enumerações tão cuidadosas e revisões tão gerais que se possa ter certeza de nada haver omitido"(17).

Para Descartes, a verdade esconde-se por trás de elementos que vão de simples a complexos, racionalmente graduados, cujo estudo minuncioso desses elementos, nos conduz, através, da intuição e da recomposição dedutiva, a ela. - Um racionalista convicto!

Dando um salto considerável no tempo, chegaremos às idéias de "conjecturas e refutações" que, divulgadas desde a metade deste século, têm sido centro de muitas críticas e discussões. Para Popper, a indução é um engodo, uma falácia. Para ele, jamais, através de mera observação, poderemos afirmar, por exemplo, que "boi deitado não é vaca", pois essa afirmação pode até ser válida para os bois que conhecemos, mas poderemos encontrar um boi, um certo dia, que ao deitar vire vaca!

Segundo Popper, as novas teorias científicas não nasceram da observação de casos particulares e da posterior generalização indutiva, mas de modificações alterações em teorias já existentes. A observação não precede as teorias, pois para ele, qualquer observação já está apoiada, já tem, no horizonte, uma teoria. Uma observação para Popper, não é uma simples observação, mas uma interpretação, e como tal, é subsidiada por uma teoria(18.

Para Popper, a investigação, uma nova teoria, tem como ponto de partida um problema, a partir desse problema se conjectura, isto é, faz-se previsões explicativas; passando-se daí para a parte mais importante, a meu ver, a ~~fase~~ fase. A primeira é mais confiável, pois está mais sujeita à refutação. Isto parece indicar um NÃO à intuição, não? "

Popper refuta também as descobertas casuais, e diz: "Contudo, mesmo as "chamadas descobertas casuais" apresentam fundamentalmente a mesma estrutura lógica. De fato, as "descobertas casuais" são, via de regra, refutações de teorias sustentadas conscientemente ou inconscientemente: ocorrem quando algumas de nossas expectativas (baseadas naquelas teorias) inesperadamente não se cumprem". (19) - O que dizer das grandes descobertas casuais na história da Ciência, como a da radiação

Até aqui, colocamos pareceres de filósofos que defendem, sequitariamente a adoção de um método para o trabalho científico, mais do que isso: defendem a existência de um único, de um verdadeiro, de um infalível, do melhor

método científico. E essa visão, findou introjectada naqueles que fazem Ciência hoje. Poderíamos dizer que em meio aos cientistas de hoje, ressalta-se uma visão ortodoxa de método científico, sem o uso do qual - alertam eles - não se está fazendo Ciência.

Comentando esse aspecto do comportamento científico, L.Hegenberg diz: "Em linhas gerais, deve-se aos seguidores de Bacon a idéia de que a Ciência, em sua marcha, se caracterizaria pelas seguintes etapas principais.

1. Observação (meticulosa);.

2. Generalização (indutiva) - formulação de leis;

3. Confirmação das leis". (20)

Acredita-se como procedimento científico, aquele que principia a investigação pela observação de um determinado fenômeno, registra-se após minuciosa observação, as relevâncias observadas; repete-se tal procedimento, para afastar confusões. Ordena-se então, sistematicamente esses dados, e com bastante cautela, fazem-se conclusões, através de um processo indutivo, isto é, passando de conclusões particulares e simples para outras mais complexas e gerais. Assim chega-se à generalização.

Ora, mas será verdade isso? Existe O MÉTODO CIENTÍFICO - o melhor? Será possível a existência de um método científico que se aplique a qualquer investigação e sempre dê certo? G.Bachelard (21), em seu texto acerca do "NOVO ESPÍRITO CIENTÍFICO" conta: "Um dos químicos contemporâneos que pôs em ação os métodos científicos mais

minuciosos e mais sistemáticos, Urbain, não hesitou em negar a perenidade dos métodos, mesmo dos melhores. Para ele, não há método de investigação que não acabe por perder a sua fecundidade primitiva. "Chega sempre uma altura em que já não se tem interesse em procurar o novo na esteira do antigo, em que o espírito científico só pode progredir criando métodos novos".

Parece natural e até óbvio esse raciocínio, não? A cada situação, deve aparecer a maneira peculiar de conduzí-la. Pensando em termos de trabalho com crianças de escolas de 1º grau; poderíamos levantar alguns exemplos: Quando queremos ressaltar a relação entre nitidez e claridade da imagem e o diâmetro do orifício em uma câmara escura, parece ser melhor que se proponha primeiro a construção da câmara escura, e, através de observações sucessivas, com interferências sobre as variáveis existentes, a criança chegue à importância da relação entre essas variáveis.

Por outro lado, quando queremos falar da relação entre eletricidade e magnetismo em um motor elétrico, dos mais simples, parece que o procedimento acima não conduz a avanços. A criança pode observar o dia inteiro, o motor funcionando, que não passará de débeis modelos indutivos acerca daquele funcionamento. Aquele fenômeno precisa de mais suporte para seu entendimento. Sua explicação está contida em um modelo mais sofisticado; teremos então que adotar uma metodologia diferente daquela.

Há quem refute veementemente o método científico, não o admite em hipótese alguma. P.Feyrabend, no livro "CONTRA O MÉTODO", nos diz: "Devemos realmente acreditar que as regras sugeridas e simplistas que os metodologistas adotam como guias são capazes de explicar esse labirinto de interações? Não é claro que, em se tratando de um processo dessa espécie, só pode ter participação bem sucedida um oportunista brutal que não se prenda à filosofia alguma e que adote o que a ocasião pareça indicar?". (22)

Mais adiante, justificando sua posição, ou melhor, a não necessária aplicação do método científico para ser bem sucedido, Feyrabend diz: " ... um dos notáveis traços dos recentes debates travados em torno da história e filosofia da Ciência é a compreensão de que acontecimentos e desenvolvimentos tais como a invenção do atomismo na antiguidade, a revolução copernicana, o surgimento do moderno atomismo (teoria cinética, teoria de dispersão, estereoquímica; teoria quântica), o aparecimento gradual da teoria ondulatória da luz, só ocorreram porque alguns pensadores decidiram não se deixar limitar por certas regras metodológicas "óbvias", ou porque involuntariamente as violaram". Feyrabend chega ao ponto de dizer "TUDO VALE".

Ora, como vemos, retomando a questão do relacionamento do homem com a natureza que ressaltamos no início do nosso texto, podemos compará-lo muito bem ao relacionamento de um homem e uma mulher. O que observamos no comportamento dos pensadores antigos e medievais, é uma

postura platônica diante da natureza, de contemplação, uma admiração à distância, e que satisfazia. Depois assistimos à pregação de um relacionamento frio, seco do cientista com a natureza _ podemos ver isso em Descartes _ como aquele namoro que necessariamente tem que começar com uma pegada de mão, um beijo na testa, um beijo..., e de encontros pontualmente marcados, um relacionamento onde os dois ficam se experimentando, se testando. Por fim, Feyrabend propõe um relacionamento liberal do homem com a natureza. Ora, como no caso do casal que não está preparado, por questões culturais , para esse salto, a Ciência também não, por questões conjunturais, isto é, pela questão da expectativa de produção. Mas certamente, deveria se ter um relacionamento intermediário com os fenômenos naturais. Deveria se vibrar mais com as novas descobertas, com as previsões absurdas. Mas o que nos sobrou, o que foi herdado em nosso meio científico, foi uma visão ortodoxa do método científico, uma espécie de "matrimônio" com suas inflexíveis regras intrínsecas, entre o homem e a natureza. Visão esta, que é ainda mais grotesca, quando se tenta introduzí-la em meio à educação de crianças. E isto podemos ver num texto de O. F. Pessoa, extraído de seu livro didático publicado na década de sessenta(23). _ Lembrando ainda que se deve a esse cientista, passos e passos que foram dados no que diz respeito ao ensino de Ciências em nosso país. No último parágrafo desse texto, que faz uma apologia ao método

científico e que tem como título "A Vida e o Método Científico", Pessoa escreve:

"Agora proponho-lhe uma última experiência. Escolha qualquer problema pessoal que, no momento, o preocupe e procure aplicar, em sua solução o método científico. Comece por analisar as circunstâncias que criaram o problema, para entendê-lo melhor. Não deixe que a emoção deforme a realidade dos fatos, ou venha a colorir os atos com intenções inexistentes. Em seguida, procure compreender a natureza da dificuldade em que você se encontra. Feito isto, imagine diferentes soluções possíveis e descubra, dentre as diversas atitudes que você pode tomar, qual lhe parece mais apropriada para levar o problema à sua melhor solução. Faça um plano de ação e execute-o. Julgue, depois, os resultados e veja se sua análise estava correta. Se gostar do método, adote-o daí em diante"(24).Quanta arrogância! Poderia se acrescentar uma observaçãozinha no final: se você conseguiu fazer isto tudo, dê um tiro na testa com bala de prata, pois esta mata vampiros e robô de brinquedo!

E esta maneira de ver o trabalho científico, também habita a cabeça daqueles que hoje são responsáveis pelas normas, pelos guias curriculares de toda escola. Todas aquelas maravilhas que mencionamos como previstas pelo guia curricular, como abrangíveis através do ensino de Ciências, acredita-se, trabalhando no espirito do método científico. Senão, vejamos o que diz o Guia Curricular:

"Quanto aos objetivos destacam-se: o desenvolvimento lógico e a vivência do método científico e de suas aplicações"(25)

Ora, creio que não podemos nos alienar com respeito a quem estamos atribuindo tamanha carga. Tais atribuições do ensino de Ciência previstas no Guia Curricular e que já mencionamos, é bom que se lembre, recairá nos ombros-talvez na testa- de crianças e adolescentes de 11 a 14 anos! é muita pretensão, e pior, incomensurável equívoco tratar crianças como adultozinhos, porém está é a visão predominante no meio científico, da maioria das pessoas ligadas ao ensino de Ciências em nosso país.

Podemos mais uma vez ouvir Feyrabend- talvez faça bem: "Em verdade, entretanto, esse não é o modo que se desenvolvem as crianças. Usam palavras, combinam essas palavras, com elas brincam, até que aprendam um significado que se havia mantido para além de seu alcance. E a atividade lúdica inicial é requisito básico do ato final da compreensão"

Urge que nossas escolas de 1º e 2º graus revejam suas posições com relação ao objetivo e método do ensino de Ciências. Tais escolas precisam ser alertadas para o fato de que não estão preparando futuros cientistas. E essa postura de educação científica é, sem dúvida, mais uma das importações de valores, de atitudes, dos E.U.A. Para quem não lembra ou nunca teve conhecimento desse fato, a corrida

ao cientificismo exacerbado nas escolas americanas, foi um fato marcante, quando do lançamento, por parte dos soviéticos, da primeira nave espacial. Coitados... vendo que haviam sido superados pelos comunistas na corrida ao espaço, chegaram a brilhante conclusão de que era impreterível a necessidade de novos cientistas de grande competência. E concluiram também que não podiam ficar à espera que estes caissem dos céus, isto é, vindos de outras nações, como aconteceu num determinado momento da História. A saída então, era formar desde novinhos, os futuros cientistas.

Daí surgiram projetos como o PSSC, que traziam em seu bojo a marca de um conteúdo preciso dentro de uma abordagem ortodoxa do método científico. Esta era a saída para recuperar o tempo perdido em relação aos soviéticos. _ E dá-lhe método científico na molecada americana!

Mas nós não precisamos disso, isto é, não devemos almejar ser um jovem norte-americano _ é pouca pretensão. Além disso, já estamos "perdidos no espaço", o que precisamos é ver como se sai dele e, sem dúvida, se fizermos uma autocrítica com relação à nossa maneira de ver a relação homem-natureza, se deixarmos de enaltecer a lógica formal, a razão exacerbada e o ortodoxo método científico no ensino de Ciências para crianças, poderemos apontar para horizontes onde haja lugar para o criativo e imaginário nessa atividade.

I.3 - A Ciência, o Imaginário e a Criança

Parece ficar clara a necessidade de se rever os objetivos e métodos no ensino de Ciências. Precisamos reconhecer que onipotência sempre está vinculada à religião. Assim sendo, religião por religião.... E para começar esta reflexão, parece salutar retomar a definição que Weaver(2) deu à Ciência; isto é, ver a Ciência como uma aventura do espírito humano, como uma atividade essencialmente artística, onde a imaginação e a disciplina ajudam a compreender a beleza do Universo.

Que belo ver a Ciência e a Arte caminhando lado a lado, como pinturas diferentes de uma mesma realidade. E quanta convicção existe na fala de Herbert Read(26) quando se posicionou a este respeito. "Afinal não faço distinção entre Ciência e Arte, exceto no que diz respeito aos métodos, e julgo que a oposição criada entre elas no passado, se deve a uma mesma visão limitada de ambas as atividades. A Arte é a representação, a Ciência a explicação - da mesma realidade".

Talvez nos falte clareza ao analisar dessa forma essas duas atividades. Certamente nos sobre um comentário ou análise crítica com relação à visão de Ciência como uma "explicação" da realidade. O significado dessa "explicação" deve ser mais profundo. A explicação é o ato final a que se propõe o cientista, porém para isso dar corpo à sua atividade científica, usando de configurações adequadas ou

modelos de realidade, muitas vezes frutos de intuição imaginativa. E quantas vezes esses modelos convergem para uma mesma descrição? A idéia de raios visuais que se concebeu até o século XI como o processo pelo qual as pessoas visualizavam o mundo à sua volta, ainda é retratada em prosa e verso pelos escritores, compositores quando dizem: "De tanto levar, frechada do teu olhar..." (27).

Sem dúvida, há uma distinção de natureza nestas representações. A Arte, a Poesia, não têm compromisso de coerência explicativa, não estão sujeitas ao controle da razão. Respondem à alma. Por seu lado a Ciência caminha acompanhada de perto por uma necessidade explicativa; as representações que usam vão, no fundo, responder a uma incomodação do intelecto - mesmo que nem sempre acompanhada de razão evidente. - Os elétrons de Bhor que só podem caminhar em determinados passeios, têm uma semelhança muito grande com o girassol que, por razões também escusas, mas que perfeitamente, também verificado na interpretação de uma realidade; acompanha o sol em seu bailado ao longo do céu!

Quem garantiria que a lenda existente que diz que "ao término do arco-íris, encontra-se um pote de pérolas preciosas", não nasceu da observação de que uma pedra preciosa - à mesma maneira que um prisma - transforma a luz que a atravessa em um leque espetacular de cores?

Bronowski, em seu texto "Ciência e Valores Humanos" diz: "Quando Coleridge tentava definir a beleza, regressava sempre a um único pensamento profundo: A beleza,

disse, é a "unidade na variedade". A Ciência não é nada mais do que a procura da descoberta da unidade na desordenada variedade da natureza _ ou, mais exatamente, na variedade de nossas experiências. Cada um, à sua própria maneira, procura as semelhanças sob a variedade da experiência humana" (28)

Mas podemos ainda, para ajudar nossas reflexões, ouvir um pouco mais Bronowski: "As descobertas da Ciência, os trabalhos de arte, são exploração . ou antes, são explosões . de uma oculta semelhança. O descobridor ou o artista apresenta neles dois aspectos da natureza e funde-os num. É do ato da criação que nasce um pensamento original e o ato é o mesmo na Ciência e na Arte original. Não é portanto, monopólio do homem que escreveu o poema ou que fez a descoberta. Pelo contrário, creio que este aspecto do ato criador está certo e só ele que dá significado ao ato da apreciação. O poema ou a descoberta existe em dois momentos da visão: quer no momento da apreciação, quer no momento da criação; porquanto o apreciador tem de ver o movimento, acordar ao eco que teve início na criação do trabalho. No momento da apreciação vivemos de novo o instante em que o criador viu e agarrou a semelhança oculta" (29).

Não podemos negar a presença dessas sensações semelhantes que vive tanto o artista quanto o cientista. Lembro quando construímos em nossas aulas de Instrumentação para o Ensino de Física, um motorzinho bem simples _ o mais simples que a natureza, as leis de Maxwell e a imaginação já permitiram _ observava-o por vários minutos e achava

incrível. Era como se estivesse vivendo a criação daquela descoberta. Chegava a atribuir vontade própria para a espira de fio de cobre ... dava para vê-la a pedalar nas linhas de força do campo de um pequeno ímã!

E o que são as linhas de força? Meras construções, representações de uma realidade, a princípio complexa, até que dominássemos o uso daqueles "pincéis mágicos" manifestos sob a forma de leis e relações matemáticas, que com crescente destreza, retratávamos não copiávamos a realidade de acordo com os princípios de nossa crença. E Bronowski continua: "...é pouco correta, em comparação, a noção de que tanto a Arte como a Ciência se dispõem a copiar a natureza. Se a tarefa do pintor fosse copiar para os homens aquilo que vêem, o crítico faria apenas um juízo: ou a cópia está ou não está conforme. Se a Ciência fosse uma cópia do fato, então qualquer teoria estaria certa ou errada, e seria assim para sempre. Nada ficaria para nós dizermos senão: Isto é assim ou não é assim. Ninguém que tenha lido uma página de um bom crítico ou de um cientista teórico, pode tornar jamais a pensar que esta escolha estéril de sim ou não é tudo que o espírito oferece" (30).

Quando ouvimos, por exemplo, o grande físico teórico Feynman, explicando o que sucedera ao ônibus espacial Challenger, ao explodir, usando para ilustrar um elástico, um copo com água e uma pedra de gelo; colocou o gelo na água, deixando-a esfriar por um tempo, depois mergulhou o elástico, retirou-o e dobrou-o, quebrando-o;

para com isto responsabilizar a ação do frio sobre a borracha de segurança, pelo acidente, sobra-nos . pelo menos aquela famosa avaliação . própria de miss .: "Interessante!"

Para fecharmos esta discussão acerca da arte nas representações da Ciência, voltamos a citar H. Read: "Mais ainda: Quando passamos a investigar a natureza do pensamento científico quanto a ser este uma atividade inventiva ou criativa, e não um mero arranjo lógico de fatos estabelecidos, descobrimos que ele também se liga às imagens. Toda a Física Moderna, por exemplo, é recheada de imagens, da maçã que cai de Newton ao homem no elevador de Eddington. É possível que haja mais imagens na Física atual que na poesia moderna" (31). E o que dizer sobre isso se pensarmos nas idéias de "buraco negro", "big-bang" ou do modelo de átomo do "pudim de passas" de Thomson?

Todos os aspectos alimentados pela sensibilidade do ser humano, foram alijados de nossas escolas. O que dizer do papel da imaginação na educação de uma criança e mesmo de um adulto? Parece que ficou relegada ao descaso a imprescindível ligação imaginar-pensar-fazer, na educação infanto-juvenil. E a Ciência encontra-se nesse triângulo. Precisamos ver o ensino de Ciências como um espaço onde se descobre e se divulga sonhos, onde se dá asas à imaginação, onde se tem o livre pensar e o livre argumentar. Espaço onde, partindo do espontâneo, através do mundo imaginário, consegue-se abstrair o suficiente para agir sobre o real e

se ter a conquista do prazer que o conhecimento nos lega. Referindo-se ao papel da imaginação no ensino de Ciências, Kneller(32) diz:

"Extirpar a fantasia no interesse da Lógica, nessa idade, é traçar uma divisória demasiadamente rígida entre inteligência e imaginação, levando a criança a pensar que esta última seja inútil e prejudicial ao pensamento". David Elkind (33) também analisando o papel do imaginativo na formação infanto-juvenil fala: "Ao mesmo tempo porém, também é importante para os jovens abrirem-se às coisas imaginativas e de fantasia. Os adolescentes não menos que as crianças precisam de fantasia para lidarem com sentimentos e emoção que nem sempre articulam claramente".

F. Abramovich (34), na abertura de seu texto sobre Literatura Infantil cita uma bela fala de Liv Ullman: "Para a criança, não se trata de fantasia: o medo de ser abandonado, o lobo mau, a escuridão do armário, tudo é real. O rótulo que colocamos é falso". E tendo claro o significado deste rótulo que teremos condições de trabalhar na educação infantil. Sem dúvida, aprender Ciências deveria ser uma das atividades mais prazeirosas para a criança e adolescentes, se respeitássemos seus anseios, suas vontades e seu mundo interior.

Lembro do período em que desenvolvemos um projeto chamado "Trem da Ciência", no Museu Estação Ciência, com crianças de nove a quatorze anos. Era maravilhoso, gratificante, ver aquelas crianças mergulhadas em suas

atividades, numa alegria e satisfação incontestável. Construiram cortadores de isopor, com eles, construiram casas, jardins, de isopor; em seguida faziam ligação elétrica na casa, partiam então para a construção de postes com semáforos que funcionavam como os que conhecem. E suas casas eram enfeitadas, alguns, cuidavam apenas da estética - e já começavam a tropeçar na atrofia de atividades manuais, que o banco da escola lhes desenvolvera. Porém, a vontade era quem determinava o ritmo.

Outro dia montamos um "rádio galena". Foi emocionante presenciar a alegria, a vibração do grupo que primeiro conseguiu ouvir sinais de rádio: "Conseguimos! Conseguimos!". E, num único tom, todos diziam "Gostamos, só que a viagem foi curta, podia durar mais ou devíamos fazer outras viagens". E gratificante foi ouvir a resposta de uma menina de onze anos que disse: "É ótima essa viagem; ficar aqui fazendo estas coisas, a gente aprende bastante e é muito melhor do que ficar em casa assistindo 'Xou da Xuxa'".

Mas da escola, nunca se ouve isso, na escola, prefere-se passar a idéia que fazer Ciência é coisa extremamente complicada, chata, com milhares de fórmulas, onde homens sérios, sisudos trabalham dia após dia, até alcançarem uma nova descoberta. Exalta-se a idéia de que a Ciência é obra de cientistas, seres humanos especiais, gênios que só pensam e nada sentem!.

Em uma coletânea de textos anarquistas, Dennison (35) fala sobre o que nossas escolas oferecem às crianças:

"Os jovens estão ansiosos pelo mundo tal qual ele é e nós lhe oferecemos mapas rodoviários, meros diagramas do mundo à distância". Este é o melhor retrato de uma aula em nossas escolas desde as primeiras séries, até as de nível superior. Acreditamos que o ato de educar se resume na atividade de ensinar, e esta no processo de entulhamento de informações frias na cabeça das crianças. Acredita-se que só se pode mostrar uma imagem produzida por uma lente a um aluno, depois de ter provado que a luz caminha em linha reta, que a luz sofre refração quando passa de um meio para outro, que existem lentes convergentes e divergentes, etc,etc....Ora, isso é pior que mapas, são vias sem começo e sem fim. Quem poderá se animar a trilhá-las? E quando não conseguem justificar alguns ensinamentos, quando um aluno "inoportuno" resolve perguntar para que serve aquilo, para que estou estudando isso, a resposta é contundente: "O futuro lhe mostrará; mais tarde você verá!"

Como pode uma criança ou adolescente se animar a resolver relações matemáticas que comparam tempo, espaço e velocidade? Coisas estas que ainda não estão nem claramente definidas nas cabeças das crianças _ e mais, não fazem sentido em seu universo de curiosidade: Que coisa mais sem sentido ficar decorando que "a matéria ocupa lugar no espaço e que o feixe de átomos, que por sua vez é composto de prótons, elétrons e nêutrons que..." Isto despejado, desprovido de contexto. Como que uma aula, isto é, um sermão que é composto de respostas a perguntas inexistentes, pode

ser agradável? Como se pode desenvolver a criatividade, a imaginação e a curiosidade, mantendo-se por cinco horas, todos os dias, socado em uma cadeira, a ouvir e anotar as "verdades inquestionáveis" que um "dono da verdade" resmunga, quase sempre de costas para os ouvintes?

II - FÍSICA NO ENSINO DE 1º GRAU (5ª a 8ª SÉRIES)

II.1 - Para que ensinar Física

Emília, a boneca de pano do Monteiro Lobato, ao admirar uma gravura do D. Quixote (36), "qual representava um homem alto, sentado numa cadeira que mais parecia trono, com o livro na mão e a espada erguida na outra. Em redor, pelo chão e pelo ar havia de tudo: Dragões, cavaleiros, damas, coringas e até ratinhos" ... "pensando lá consigo que se aqueles ratinhos estavam alí era porque Doré se esquecera de desenhar um gato".

É este ser, dinâmico, ainda vivo, ávido de se relacionar com o mundo que encontramos em nossas classes de 5ª a 8ª série. É nesta fase que o ser humano encontra-se na formação de suas estruturas intelectuais. É neste período que a façanha de entender o mundo passa a ser uma necessidade. E esta necessidade de dar vazão a sua curiosidade e imaginação precisa ser estimulada. Para que não se desenvolva como um admirador passivo, um mero espectador deste maravilhoso espetáculo que é a natureza e suas artimanhas.

É após os 10, 11 anos de idade que as crianças começam a acreditar em seu potencial, inventar, querer agir usando das informações que chegam até eles - geralmente pela televisão - é neste momento mais, do que nunca, que a

criança sente necessidade de dominar uma linguagem que ajude a se comunicar com a natureza, que, certamente, a encanta: entendê-la e elaborá-la. Piaget nos lembra: "As operações formais fornecem um novo poder, que consiste em destacá-lo e libertá-lo do real, permitindo-lhe assim construir a seu modo as reflexões e teorias." (37)

Aqui surgem os conceitos intuitivos expressos pelas crianças. Os modelos que sempre carregam e que sempre os professores lhes castram. Não seria um grande equívoco do processo da educação das crianças, não lhes permitir elaborar suas próprias teorias, a partir de reflexões que, a cada passo, poderiam ser orientadas pelo professor? Por que negligenciarmos este processo importante do processo ensino-aprendizado, quando poderiam estes modelos intuitivos tornarem-se pontos de partida para nossa abordagem?

Talvez o que falta aos professores é a capacidade de conduzir esses modelos criados e elaborados por seus alunos, através de questionamento, isto é, de testes sucessivos à elaboração de um modelo mais amplo, mais geral e conveniente aos dois.

A Física aparece como uma das maneiras de ler, interpretar e se comunicar com a natureza. A Física como instrumento de criação. A Física como desafio à capacidade inventiva e construtiva da criança. Como forma de indagação do cosmo e excitação à percepção. A Física como instrumento de "domínio" sobre a natureza em prol de anseios próprios ou de sua comunidade, seja esta de colegas, vizinhas, etc.

Qual a Física capaz de conseguir as proezas acima? Ora, Rousseau (38) ajuda a responder: "...tem que se ensinar uma criança o que é útil a ela como criança, e descobrir-se-á que isso absorve todo o tempo dela. Por que instigá-las a estudos de uma idade que talvez nunca atinjam, negligenciando estudos que satisfazem suas necessidades atuais".

Vivemos hoje a era moderna, onde as ficções tornaram-se realidades presentes e acessíveis no dia a dia da criança. E esta Física tem que ser competente para fazer frente a estes anseios. Precisa capacitar o aluno a usar esta linguagem da Ciência moderna de forma menos ignorante. "Uma disciplina que hoje prepararia o aluno para a vida... seria ficção científica!" (39). Mesmo porque é preciso que reconheçamos que o que achamos que ainda é ficção até ontem, pode já ter se transformado em uma conquista de pesquisa científica. E só o conhecimento, isto é, a informação acerca das descobertas emergentes da Ciência contemporânea, nos habilitaria a assumir uma postura de um mundo moderno. Não deve ser a Física dos grandes laboratórios praticada pelos "cientistas". Nem a Física das grandes demonstrações mas sim a Física das construções mirabolantes, das engenhocas, a Física envolvida nos brinquedos, a Física que com sua superestrurura, consegue dar respostas a problemas desafiadores que nos deparamos no dia a dia, através de uma linguagem simples, que consegue explicar o azul do céu, a cor das estrelas, etc... e, por fim, a Física moderna das

grandes ficções científicas. E essa Física tem que aparecer de forma desafiadora, não pode ser mostrada como uma seqüência metódica de passos, que precisam ser verificados, até se comprovar uma lei ou se verificar um resultado. De nada adianta um laboratório frio e estéril, onde não é permitido ao aluno criar, experimentar de fato. Falando sobre experimentação no ensino de Ciências Piaget comenta "é verdade que foram anexados laboratórios ao ensino magistral, mas repetir experiências já realizadas está ainda muito longe de uma educação do espírito de invenção e mesmo da formação do espírito de controle e verificação" (28). E o curso de Física precisa ser competente para fazer todas estas adaptações.

Observando certa vez um grupo de alunos do 2º grau que fazia uma visita ao laboratório de demonstração do IFUSP, no qual, para quem não o conhece, existe um número muito grande de montagens experimentais, cujo funcionamento desafia a lógica, encanta, deixando mesmo perplexos seus visitantes; ouvi o seguinte comentário de um dos alunos: Se Física fosse isso aí, até eu iria estudar Física a vida inteira; o que a gente vê na escola não tem nada a ver com isso, é só um monte de conta e gráficos."

Quando vejo um plano de ensino de Física que envolve contas e gráficos, penso que deve ser sustentado por aqueles que acreditam que o único papel do ensino de Física nas escolas de 1º e 2º graus, é o desenvolvimento do intelecto, da razão... Que ledo equívoco dobrado: achar isso

e crer que com "seu método conseguiu esse pouco". Na realidade isto é o que se pode chamar de uma " proposta não estimulante" convicta.

II.2 - Não à "caixa preta"

Um dos obstáculos que precisamos destruir no ensino de Física é a questão da "caixa preta". No afã de se levar o aluno a um laboratório para desenvolver atividades experimentais, coloca-se o aluno frente a um conjunto de instrumentos que, para ele, não passam de "aparelhos complicados" que sevem para fazer funcionar as experiências. Propõe-lhes que sigam um determinado roteiro, que indiquem como e quando ligar e desligar aqueles "aparelhos científicos" portanto herméticos ao entendimento infanto-juvenil, e acreditam estar a desenvolver uma aula experimental desafiadora! Precisamos abrir estas "caixas pretas" até onde é possível, mesmo que fiquemos no nível da linguagem - é imprescindível seu domínio e uso.

Em uma certa altura do texto do Minotauro de Monteiro Lobato (41), a escrava de Péricles foi mostrar o interior do palácio para às crianças do Sítio do Pica-Pau Amarelo. Aí desenvolveu-se a seguinte conversa: "...Isto é o tal candeeiro que vovó conta que havia na casa do pai dela. Aqui a gente põe azeite, aqui é a mecha. Engraçado não?

- Não é assim também na terra onde vocês moram?

- Perguntou a escrava.

- Foi assim - respondeu Pedrinho. - Hoje temos a eletricidade - a luz elétrica.

- É algum azeite especial?

Pedrinho deu uma risada gostosa e bobiou-a:

- Sim, é um azeite feito de vibração do éter".

Ora, sem duvida, Pedrinho não dominava conhecimentos acerca da dualidade onda-partícula da luz, porém o modelo que lhe fora proposto pelo Visconde de Sabugosa, já não era mais usado apenas como um dogma inquestionável. Na entonação que lhe confere Monteiro Lobato, Pedrinho lança mão desse conhecimento, já de uma forma contextualizada - criticada.

Não podemos fugir à missão de responder, isto é de tentar explicar a um aluno o que é a luz; alegando que não compreenderá a explicação. Se isto é uma questão que interessa o aluno, deve ser respondida e de forma mais honesta e competente possível. Cabe-nos, pois, a missão de fazer como D. Benta . Emília lhe pedira que lesse a história de D. Quixote, no texto original de Cervantes. Ao iniciar tal leitura, com aquele português erudito e rebuscado, foi logo interpelada por Emília, que anunciava não estar entendendo nada - Se fosse assim, não precisava ela continuar lendo. Dona Benta então, em vez de parar de contar a história, resolveu contar, a seu modo, isto é, dentro de uma linguagem acessível, a história de D. Quixote.

Quando alertamos para o perigo da "caixa preta", não queremos com isto, negar o uso de determinados elementos em um laboratório porque o aluno é incapaz de assimilar sua estrutura e funcionamento. Muito pelo contrário - a Física moderna deve chegar mais rapidamente às mãos desses alunos. Não deixaremos de usar uma fibra ótica em determinado

projeto, porque o aluno tem dificuldade para conceber o que se passa dentro daquele "cabo especial". Devemos sim mostrar que o que se passa ali é o mesmo que aconteceria se usássemos um fio de nylon, só que com melhor rendimento. Não deixaremos de trabalhar com um diodo, porque seu funcionamento não está explícito, mas devemos mostrar que na natureza temos cristais que se comportam da mesma forma que o diodo.

Queremos deixar claro que não estamos defendendo a concretização exarcebada; o que pode dar a entender os exemplos acima. Já falamos o suficiente para fazer crer que valorizamos, e muito, imaginação e abstração, apenas alertamos para que o implícito nas "caixas pretas" não se traduzam em distâncias, em inatingibilidade.

Esta "desmitificação", reverter-se-á em mais confiança no aprendizado e a criança irá sentir-se mais capaz de manipular tais instrumentos.

Durante os cursos de extensão, com professores de Ciências do 1º grau, a uma determinada altura propúnhamos a seguinte atividade: "Vamos agora tirar fotografias. Usaremos uma lata de leite em pó vazia e papel fotográfico". Era interessante o ar de desconfiança que transparecia."_ Como tirar fotografia com uma lata de leite?" Sempre tiveram a impressão de que uma máquina fotográfica era algo muito complicado. No momento da revelação das fotos tiradas com essa "máquina", era magnífica a ansiedade deles: No fundo, ainda tinham dúvida que a fotografia ia dar certo". E depois

concluiam: "Que legal, isso dá para fazer com qualquer criança! " . Agora imaginem a alegria e satisfação de uma criança ao desenvolver essa atividade, ao desvendar os "segredos" da máquina fotográfica. E, ao longo dessa atividade, ao controlarem o diâmetro do orifício na lata, o tempo de exposição e outras variáveis, iam compreendendo qual o papel dos vários dispositivos de uma máquina fotográfica comercial. O modelo levou à compreensão da realidade, coisa que não acontece em nossas salas de aula, onde o modelo é tratado como a própria realidade, projetada de forma pobre e simplista.

II.3 - A Ciências de nossas salas de aula.

"...Mazinho era um garoto sagaz e crítico. Certa vez encontrei-o triste e perguntei o que lhe sucedera. Disse-me então que havia sido suspenso na escola. Pedi para que me contasse como isto aconteceu. Ele então disse que tudo começou na aula de História, quando o professor estava a ditar o seguinte ponto: "...os Australuptecos e os Ramapitecos foram os primeiros seres de nosso planeta e blá, blá, blá, blá...". E dizia Mazinho: - Não vi nenhuma utilidade naquela coisa, e fiquei pensando por que ele falava aquilo. Depois da aula de História - continuou me contando - entrou a professora de Ciências e disse o seguinte: - Vamos fazer uma experiência para mostrar que o ar existe e é importante. - E eu então falei a ela: - professora, ...mas isto até os Ramapitecos já sabiam! Ela ficou irritada e mandou-me para a diretoria. Foi tudo..."

Sem dúvida esta história poderia ser de toda real. O que o ensino de Ciências hoje traz em seu bojo, é uma simbiose entre os conteúdos específicos de Física, Química, Geociências, Biologia e Programa de Saúde, desprovido de propósito e disfarçado sob o do pomposo pretexto de uma abordagem integrada do conhecimento científico. Só se essa integração fosse feita na cabeça do aluno, pois cada tópico, isto é, cada conteúdo específico, tem a sua vez de ser abordado. Isto tudo muito bem determinado pelos, então pretensos, livros didáticos. Estes

por sua vez vêm à reboque das propostas de guias curriculares. Quase sempre nem estranha coincidência de fase entre a elaboração de uma proposta curricular de Ciência e um novo livro didático.

Até aí tudo bem; o grotesco é a abordagem que tais livros fazem do conteúdo de Física e provavelmente das outras áreas. Em primeiro lugar, estes conteúdos são sempre desprovidos de contexto, e são ministrados tendo como premissa a idéia de que a criança é um adultozinho. Desta forma, o formalismo é menos rigoroso que o formalismo usado para o mesmo conteúdo no segundo grau, porém nem um pouco menos inerte. E esta convicção pedagógica justifica que esta abordagem funciona como pré-requisito para o 2º grau.

"A aprendizagem não é processo lógico-linear, mas a formação de estruturas cada vez mais amplas, abrangentes e móveis. Não há porque logicizar os programas, os currículos e cursos. A idéia de propedêutico (cursos e matérias básicas) não tem fundamentação científica: é um cacoete lógico das pessoas que têm mentalidade já estruturada (42)...

Ora, ledo engano acreditar que tal informação será identificada como pré-requisito ou fundamento para uma abordagem posterior, ficará arquivada em um setor do cérebro, e que poderá ser recuperada na hora necessária. Ou essa informação presta-se a construir um contexto, ao lado de outras informações no aprendizado do aluno, ou será esquecida por ser caracterizada como estéril. E se o que se

quer é abrigá-la dentro de um contexto, é necessário que a passemos com cuidado, garantindo-lhe importância e sentido para o aluno naquele momento. Essa é a concepção aceitável de pré-requisitos. É a informação, isto é, a bagagem cultural que o aluno carrega consigo, o conceito espontâneo que, em parte deveria ser adquirido na escola . no processo citado anteriormente . e em parte é adquirido em seu cotidiano. Mas, como é no seu cotidiano, na escola essa informação teria que responder a sua curiosidade e propor-lhe desafios; tem que explicar-lhe "coisas" interessantes.

Mas os livros didáticos não conseguem ver sobre esse prisma . certamente nem tentam . preferem expelir, de forma desarticulada, fragmentada, suas inócuas informações onde reluzem algumas pérolas que permanecem encasteladas nesses livros, sendo reproduzidas há dezenas de anos, das quais falaremos mais adiante.

Algumas peculiaridades destes textos:

Ao longo do conteúdo relativo à óptica, que é visto em 13 páginas (não são folhas não!) . nem Aristóteles, com a pouca informação e com a seca explicação dogmática, conseguiria falar desse conteúdo com tão reduzido número de vogais e consoantes . e do qual não faz parte o estudo de lentes, elementos esses que tentam intrigar as crianças com seus aumentos e diminuições; carrega observações importantíssimas como:

"Se a luz caminhasse em linha curva, se evitaria vários acidentes, principalmente nas esquinas". É esta

"pérola" é devidamente acompanhada por um desenho ilustrativo da situação.

Ora, certamente, se a luz caminhasse em linha curva, pela seleção natural ou evolução da espécie, já não teríamos visão, guiaríamo-nos por outro sentido, provavelmente!

No mesmo texto, temos:

"Os cientistas descobriram que um litro de ar ao nível do mar pesa 1,3 grama." - Que cientistas burros, hein?! Podiam ter feito algumas medidas simples e dado o valor em unidade de peso, não?!

Provavelmente estes mesmos cientistas descobriram que um vidro transparente colorido é translúcido. Este livro mostra, em um desenho, um vidro perfeitamente transparente, de cor com uma superfície translúcida.

Não é nossa intenção analisar livros didáticos, isto é apenas uma amostragem do que estes textos podem significar. - Impossível algo mais desinteressante! A história do Mazinho é quase verdadeira, em um outro livro de Ciências(), o texto para 5ª série começa da seguinte forma: "Vamos propor a seguinte experiência: Feche bem a boca e tape o nariz com as mãos. Veja quanto tempo você suporta. - E continua o texto. - Para a atividade se tornar mais divertida, convide um grupo de coleguinhas e veja quem é o campeão, isto é, quem suporta mais tempo."

Ora, dá para imaginar a molecada caindo roxa no afã de ser o campeão. Ou no máximo um aluno mais esperto,

age como o garoto da história do Asterix (26). Que na qualidade de refém importante, chantageava ao pretender algo, ameaçando os romanos de se suicidar prendendo a respiração...

Deixando um pouco de lado a questão dos livros didáticos, vamos até a metodologia em salas de aula. O discurso tagarelístico reveza com o contundente pó de giz, no salpicar de fragmentos de informação, fragmentos estes, que não há força do universo que os una dando idéia de um todo, quanto mais a incipiente estrutura mental das crianças. Mesmo porque aquelas "coisas" não lhe fazem menor sentido. As atividades experimentais - quando ocorrem - são, unicamente e exclusivamente, para demonstrar alguma lei, provando assim, diante da "platéia" que a ciência está correta ou que ela existe e explica quase tudo, até o que não queremos saber!

Gostaria de citar aqui, um crítico comentário que Feynman fez, quando de sua passagem em 1950 pelo Brasil, sobre o ensino de Ciências:

"Por isso lhes conto que uma das primeiras coisas que reparei quando vim para o Brasil, foi ver as crianças das escolas elementares nas livrarias a comprar livros de Física. Há tantas crianças a aprender Física no Brasil, começando muito mais cedo do que nos Estados Unidos, que é espantoso não encontrarmos físicos no Brasil . por que razão?"(43)

E na tentativa de responder a tal questão, continua nos contando sobre o restante do seminário que apresentava:

"Então fiz uma analogia com um erudito de grego, que ama a língua grega, e que sabe que no seu próprio país não há muitas crianças a estudar grego. Mas chega a um país onde fica encantado por descobrir que toda a gente estuda grego . até as crianças menores nas escolas elementares. Vai ao exame de um aluno que quer se graduar em grego, e pergunta-lhe: <<Quais eram as idéias de Sócrates sobre a relação entre a Verdade e a Beleza?>>; e o aluno não sabe responder. Depois pergunta ao aluno: <<o que disse Sócrates a Platão no Terceiro Simpósio?>> O rosto do aluno ilumina-se e ele faz: <<Brrrrrrrrrrr-up>> _ diz palavra por palavra, tudo o que Sócrates disse num grego maravilhoso. Mas o assunto sobre o qual Sócrates falara no Terceiro Simpósio era a relação entre a Verdade e a Beleza!"

Que bela comparação, não? O que não é belo, mas sim muito triste, é termos que concordar que se Feynman viesse hoje ao Brasil, constataria pouca ou nenhuma mudança nessa realidade. Principalmente se assistisse a uma aula de Ciências sobre a estrutura da matéria, por exemplo, onde o professor pede que o aluno decore os elementos e suas funções no átomo. Mas Feynman continua seu discurso: "O que este erudito grego descobre é que os alunos no outro país aprendem grego aprendendo primeiro a pronunciar as letras, depois as palavras e depois as frases e os parágrafos. Sabem

recitar, palavra por palavra, o que Sócrates disse, sem compreenderem que aquelas palavras gregas, na realidade, significam alguma coisa. Para o aluno, elas são artificiais. Nunca ninguém as traduziu para palavras que os alunos possam entender"

Será que precisa acrescentar mais alguma palavra a esse discurso? Apenas precisamos concordar que, de fato, esta é a tônica de nossas aulas de ciências. Mesmo porque "essas palavras" não têm muito significado, nem para quem ensina a pronunciá-las. Encaram a sua função como apenas levar os alunos a repetí-las! _ Essa será a avaliação final sucesso ou insucesso será medido pela boa ou má repetição.

E Feynmann estende seu comentário crítico aos livros textos usados pelas crianças nas escolas elementares e dirige-se à platéia dizendo:"Folheando as páginas ao acaso e pondo o dedo e lendo as frases nessa página, posso demonstrar-vos o que se passa _ que não é Ciência, mas memorização, em todas as circunstâncias. Portanto, tenho a coragem suficiente para folhear estas páginas agora, em frente dessa assistência, pôr o dedo, ler e demonstrar-vos. Assim fiz. Brrrrrrup enfiei o dedo e comecei a ler: "Triboluminescência. Triboluminescência é a luz emitida quando os cristais são esmagados..." Perguntei: E aqui, temos Ciência? Não! Disseram apenas o significado de uma palavra em termos de outras palavras. Não disseram nada sobre a natureza que cristais produzem luz quando os

esmagamos, por que produzem luz. Viram algum estudante ir para casa experimentar? Nenhum pode."(44)

Ora, este mesmo conceito, e da mesma forma encontra-se em nossos livros hoje! Depois, o fenômeno de triboluminescência, a necessidade de sua explicação, o propósito, o contexto, tudo parece ter caído do céu . que há de curioso nisso? A bem da verdade, cristal é algo que as crianças até desconhecem sua forma, sua aparência e sua natureza. Pensam até nunca tê-los visto. Pois, certamente, foi falado de cristal para essas crianças da seguinte forma: "Cristal é uma substância que tem estrutura definida, ponto de fusão definido, e são encontrados na natureza isolados ou agrupados". Nunca se relacionou uma pedra de sal com um cristal, talvez até por ignorância.

Voltemos à crítica de Feynman. Referindo-se ainda à abordagem do fenômeno da triboluminescência repara: "Mas se, em vez disso, escrevessem: "Quando tomamos um torrão de açúcar e o esmagamos com um alicate no escuro, vemos um clarão azulado. Alguns outros cristais fazem o mesmo. Ninguém sabe o porquê. O fenômeno chama-se triboluminescência". Então alguém irá para casa experimentar. Haverá então uma experiência sobre a natureza" (45) . Que sábio este "ninguém sabe o porquê", quão desafiante!

É lógico que seria completamente diferente; certamente os alunos procurariam até aprender o nome do fenômeno para poder contar em casa ou aos colegas a

novidade. Por fim, Feynman diz: "Que não concebia que alguém pudesse ser educado por esse sistema de autotransmissão, no qual as pessoas passam em exames, ensinam outras a passarem em exames, mas ninguém sabe nada." E parece ser essa ainda a tônica de nossas escolas. Principalmente das escolas que formam professores de Ciências. Habilitam apenas, a reproduzirem a farsa do ensino-aprendizagem. _ E assim caminham as relações professores-alunos: Uns fingem que ensinam , outros fingem que aprendem.

II.4 - Quem Ensina

Durante a aplicação de nossa proposta em cursos de extensão para professores de Ciências, fizemos alguns levantamentos de dados, acerca das características destes professores.

Uma das primeiras questões abordadas, dizia respeito à formação desses professores. Dos 52 que responderam às nossas questões, cerca de oitenta por cento tinham formação em Biologia e quase todo o restante era formado em Licenciatura curta em Ciências Este resultado já era praticamente esperado. Esta é a realidade em meio aos professores de Ciências; tanto em escolas públicas quanto em escolas privadas, raríssimas entre as últimas, separam Ciências em três etapas: Biologia na quinta e sexta séries, Química na Sétima e Física na oitava. Nesse caso, quem dá aula nas duas primeiras citadas é um biólogo, na sétima um químico e na oitava um físico.

Outra especulação que buscávamos era acerca de que conteúdo redominava em maior parte dentro do seu curso de Ciências; Física, Química ou Biologia. E, como já era esperado, a maior parte dos entrevistados apontou para o conteúdo de Biologia. Todos estes, justificavam seu comportamento, ressaltando que se tratava de uma questão de segurança; sentiam-se mais preparados naquela disciplina. E, em meio a estes, alguns até declaravam que evitavam pegar aulas nas oitavas séries, alegando que é nesta série que se

acumula pelo menos na grande maioria do planejamento das escolas públicas conteúdos de Física e Química. Porém, havia também entre os professores entrevistados, aqueles que trabalhavam mais Biologia por acreditar que este conteúdo está mais próximo da realidade do aluno, é mais fácil relacionar com o seu cotidiano.

Porém, todos trabalhavam, nem que fosse durante apenas um semestre, conteúdos de Física em seus cursos. Aí centralizamos outra questão; isto é, perguntamos, dentro do conteúdo de Física abordado nesses cursos que ministravam, qual parte da Física era mais relevada? E obtivemos mais uma resposta esperada: Mecânica! Vindo óptica em segundo lugar, porém em muito menor proporção. E o que chamavam de Mecânica, resumia-se em algumas relações de Cinemática.

Por fim, perguntamos, que dificuldades esses professores encontravam para ministrar o ensino de Ciências em suas salas de aula; o que atrapalhava, o que não era suficiente. E a grande maioria das respostas apontava para a falta de laboratórios, de instrumentação adequada. Outros reconheciam a fraca formação nos diversos conteúdos de Física, principalmente no aspecto prático.

Ora, todos estas colocações carregam também, no fundo, um tom de desabafo,esses professores também não estão satisfeitos, não estão conformados, com a formação desequilibrada, capenga que tiveram. Reconhecem-se incapacitados para ensinar Física e Química, e reclamam dessa deficiência que seus cursos de graduação não deram

conta. Mas essas declarações não contêm surpresas - meras constatações. Estamos cansados de saber que a grande maioria dos profesores de Ciências, tem formação em Biologia, quando não, em Licenciatura Curta em Ciências. Porém, tanto um quanto o outro - que às vezes é o mesmo - possui fracos conhecimentos de outra área que não a sua. E não é para menos, Senão vejamos: estes professores, enquanto alunos, em sua grade curricular têm um ou dois, no máximo, cursos de conteúdo de Física. E que Física é essa? - A velha, ortodoxa, e privilegiada Mecânica - uma repetição menos grosseira do que foi visto no colegial. Meras relações matemáticas - Mas para eles é dito que aquilo faz parte do conteúdo de Física.

Na USP, ainda tem um curso diferenciado de Física,para alunos de Biologia. Mas isso depois de muita luta, muito estudo, e muita dedicação, pois este, como todos os outros cursos de Física para biólogos, era detestado, criticado. Havia um grande número de reprovações, abandono do curso. A grande maioria dos alunos deixava para fazer esse curso no último semestre e quase todos eram unânimes na inutilidade do curso. Trabalhou-se então um texto de Física, especialmente voltado para a Biologia. Discutindo os fenômenos de Física verificados no corpo humano, com um espírito mais aberto. Passou a ser um curso contextualizado e com objetivos claros. Porém na maior parte das faculdades, estes alunos assistem aulas junto com alunos de Física, Engenharia, Geologia, alunos esses que teriam continuidade

no aprendizado de Física, este curso previa isso para eles. Porém, para os "meros" alunos de Licenciatura, a única coisa que é prevista, é um alto índice de reprovação nessa disciplina, reencontrá-los no próximo semestre. Dóceis, que conseguem se aplicar no curso e obter aprovação. Não há compromisso nenhum também, pois é sabido que, nunca mais, terão Física em sua formação.

Ora, em momento algum, cursos são transmitidos ou conteúdos de Física trabalhados visando preparar estes alunos para serem futuros professores de Ciências - coisa que se assim o fosse, no máximo, seria quixotesco, razões para esta afirmativa, que, ficarão mais evidentes adiante.

Desta forma, não se precisa argumentar muito, para constatar que o montante que estes professores sabem, além do que sabem seus alunos, refere-se a um débil domínio ou linguagem, e um desenvolvimento formal mais apurado. Quando alguns destes professores chegam a falar que este livro didático que aí existe - que para outra grande parte é uma falácia - ajuda-os a preparar suas aulas, pode-se imaginar o "buraco negro" que é sua formação em Física.

Ora, se todos ou a maioria dos professores de Ciências tentam evitar dar aulas desta disciplina em classes que o currículo oficial prevê aulas de Física - não sem razão - só resta duas hilariantes conclusões: ou não se tem Física no primeiro grau - o que parece ser pouco provável, pelo memos em intenção, ou um desavisado, de pouca sorte, o

faz - certamente cheio de boa vontade e carregado de insegurança.

II.5 - O Mito da Ciência como fotografia do mundo

"...e aí, o segundo porquinho - o Palito - tentando resguardar-se mais, construiu sua casinha de madeira..."(46)

Há duas décadas aproximadamente, inventou-se neste país algo denominado Licenciatura Curta. Esta invenção ainda perdura em várias Faculdades de Biologia. Esta Licenciatura que é concluída em dois ou três anos visava justamente formar o professor de Ciências que temos hoje no mercado. Muitas discussões transcorreram nestas duas décadas sobre esta formação e, mais especificamente, sobre quem teria competência para ministrar este curso de Ciências. Tais discussões foram polarizadas, por um lado aqueles que não acreditavam na possibilidade de se formar este professor incrivelmente eclético e por outro lado aqueles que acreditavam veementemente na ciência integrada. Por último a Sociedade Brasileira de Física manifestou-se entre os primeiros.

Hoje, parece que já se avalia que houve um equívoco. Realmente a Licenciatura Curta era emergencial, precisa-se apontar para algo consistente e duradouro. Assim surge e já viabiliza-se em algumas plagas, mais

especificamente no Sul, a elaboração de uma proposta de "Licenciatura Longa", isto é, um curso de Licenciatura em Ciências, não mais em dois anos, mas em quatro! Acredita-se que dois anos a mais de curso irão resolver as limitações a que ficava sujeita a Licenciatura Curta. Ora, vejamos se não é um sonho: "...o curso renovado exige do professor nível técnico mais alto e diversas qualidades pessoais que, embora não sejam raras, precisam ser cultivadas para atingir expressões adequadas. O professor precisa ter grande familiaridade com a matéria para que possa levantar problemas e aproveitar as boas linhas de discussão que surgem imprevistamente. Precisa dominar perfeitamente a técnica do método experimental e conhecer bem a psicologia da aprendizagem" (47). Este é um comentário de um dos professores da antiga proposta integrada. O grande argumento que os defensores desta proposta apresentam é que: "se a natureza é em si integrada, por que não sua abordagem?"

Acreditamos que não faz mais sentido, algum sustentar a argumentação em favor da Ciência integrada, de que a natureza assim o é. Ora, a natureza sem dúvida é sim compacta, integrada, porém quando esta natureza, este universo se transforma em conhecimento,objeto de pesquisa, não pode ser visto assim! Piaget comenta o equívoco deste paralelo; "Esquece-se deste modo, e logo de início, que o conhecimento não dá de maneira nenhuma, uma cópia figurativa da realidade, a qual consiste sempre de processos operatórios que chegam a transformar o real" (48).

Bronowski, comentando a posição de Bacon com relação ao papel da ciência diz: "A sua noção de que observamos a natureza, e olhamos, e depois de vermos bastantes casos, exclamaremos: 'Ah! Veja como isto funciona' e então uma Lei da Natureza esta forma de raciocínio indutivo é claro que não resulta."(49)

É evidente que os conteúdos específicos de Física, Química e Biologia têm características de abordagem bem distintas. Estas metodologias são diferentes de forma tal que, devido às necessárias divisões em áreas específicas de cada um desses conteúdos, já se usa uma metodologia distinta para cada um deles. Por outro lado, quando se trata de pesquisas que abordam conteúdos interdisciplinares, como Biofísica, por exemplo, essa abordagem tem característica e metodologia específica, já que não é nem Física nem Biologia, mas algo próprio, que amadureceu durante o processo de pesquisa. Um médico há cinqüenta anos atrás, detinha conhecimento de Física, Química e Biologia, bem mais que um médico hoje... Mas convenhamos... o conhecimento científico expandiu-se avassaladoramente nos últmos cinqüenta anos. Aquele médico, clínico geral, que sabia um pouco de tudo, inclusive de conhecimentos outros fora de sua área de atuação, transformou-se hoje numa infinidade de especialistas, que a cada momento mergulham ainda mais em suas especificidades. Hoje, se faz premente as pesquisas em áreas específicas. Se continuarmos dentro do referencial de conhecimento de cinqüenta anos atrás, a escola estará na

realidade caminhando progressivamente para um isolamento do mundo real"... as escolas dispensam mais e mais energia diversas preparando os escolares para um mundo que já não existe" (50)

Por que não a ciência integrada? Em primeiro lugar não acreditamos na possibilidade de um educador ser suficientemente competente para dominar tamanho gama de conhecimento. Mesmo porque isto equivaleria a desvincular a atividade de ensino da atividade de pesquisa. É lógico que isto também não é feito hoje, mas não estamos procurando remendo! Estamos apontando para um horizonte e não para as pontas das botas! Pois não se conhece alguém que consiga desenvolver pesquisas, mesmo que básica e elementares nas três áreas conjuntamente.

E como um indivíduo que não se mantém atualizado,que não pesquisa, pode estar informado das pesquisas de ponta ou dos conceitos emergentes da Ciência moderna? Ou isto não precisa ser trabalhado com o aluno de 1º. grau na escola? Será que isto é só função da televisão, do rádio, dos cinemas?

Depois qual a justificativa de se continuar batendo nesta tecla? Se o que se pretende é uma integração deste conteúdo; não seria mais coerente que isto ocorresse em uma ação integradora interdisciplinar? E é insofismável que para viabilizar tal integração, precisa-se de professores mais preparados em cada área, a ponto de perceber as fronteiras de suas disciplinas com outras. Por

outro lado esta integração se daria, não só nas Ciências Naturais, mas também na Arte, Ciências Sociais, etc.

III - NOSSA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA PARA O 1º GRAU

III.1 - A nossa crença

Os professores de Física do 2º grau, como um todo, proclamam, em uníssono, o estado letárgico em que se encontram os alunos frente à Natureza, à Ciência e à Tecnologia que nos cercam. Ainda mais; uma aversão muito grande ao conteúdo de Física e Química. Associando-se por um lado a desagradável Matemática e por outro lado, à experiência nefasta de anos anteriores, chegando a verbalizar o distanciamento que tais conteúdos têm com suas aspirações. Kneller comenta o papel que a escola desempenha: "Uma das mais justificáveis acusações que se pode levantar ao nosso sistema educacional é que ele desprezou, e demasiadas vezes até suprimiu, a criatividade natural dos jovens"(51).

É preciso que se pense melhor nisso. Não teriam sido desestimulados a conhecer melhor seu Universo e suas leis naturais? A Tecnologia contemporânea não lhes terá sido colocada como algo complexo e inatingível? Não teriam sido levados a crer que são incapazes - pelo menos por enquanto - de manipular instrumentos ou elaborar conhecimento no sentido de lhes trazer prazer? Não teriam sido castradas suas habilidades motoras e seu instinto inventivo? Não terá sido a Ciência mostrada a eles com um caráter sisudo?

Como tudo destas indagações apresentamos em uma proposta de ensino que instigue a criança e/ou o adolescente a ver o mundo e sentí-lo como desafio. "Que a aprendizagem seja uma extensão progressiva do corpo, que vai crescendo, inchando, não apenas em poder compreender e conviver com a natureza, mas em sua capacidade para sentir o prazer, o prazer de contemplação da natureza, o fascínio perante os céus estrelados, a sensibilidade tátil entre as coisas que se tocam..." (52). Propomos um curso de Física que lhe coloque problemas e não respostas desprovidas de contexto e propósito; algo que lhe permita uma participação ativa no seu processo de aprendizagem. "A tendência dos professores mais inteligentes e ousados é deixar os próprios alunos conduzirem o processo escolar sem grandes pretensões de "institucionalização". O que os alunos precisam para o ano 2000 é da flexibilidade operatória de seus esquemas de assimilação e não de respostas aprendidas" (53).

Ressalta-se que não estamos propondo que a escola seja uma praça pública, onde nada se planeja, e nada se avalia. Cabe aqui repetir a piadinha da criança de uma "escola progressiva", citada por M.V.C.JEFFREYS (54) que certo dia chega e indaga à professora "A gente vai ter que fazer de novo o que quiser?" Sem dúvida, não estamos fazendo apologia ao "tudo que quiser". Mas acreditamos que não é preciso anunciar sempre o próximo passo a ser dado pela criança. Precisamos sim, saber como instruir quando isto se fizer necessário.

Apostamos em uma proposta que proporcione, também, o desenvolvimento de habilidades motoras. Que induza à criatividade, que permita, através do transcorrer das atividades obter prazer e satisfação da solução de um problema, de vitória sobre um desafio. Pretendemos um curso onde o aluno seja capaz de caminhar mesmo fora da sala de aula.

Retomemos o caso do "torrão de açúcar" citado anteriormente por Feynman _ quanto desafio é colocado ao aluno ao lhe falar de úm fenômeno tão simples, isto é, tão fácil de se ver, e dizer que ninguém conhece a razão. é nesta postura que apostamos. Numa situação dessa, certamente o aluno ficará curioso, quem sabe, finalmente acreditará que é útil saber Física _ serve para alguma coisa. E, como diz Feynman, correrá para casa _ com um problema concreto na cabeça _ na ansiedade de verificar se o que lhe foi dito é verdade. Certamente, também se sentirá estimulado a explicar, isto é, dar sua opinião sobre a causa daquele fenômeno. E aí surgirá o seu modelo intuitivo.

Durante o período em que dava aulas de Física para duas turmas de 1º colegial, aconteceu-me uma situação muito interessante. Havia substituído um professor daquela turma, quase no final do ano, e duas semanas depois já teria que aplicar-lhes uma avaliação, marcada há algum tempo. No primeiro contato que tive com eles, perguntei-lhes para que servia aprender Física _ todos remeteram-me ao seu futuro. Falei-lhes do que pensava sobre aquela questão e comecei,

isto é, continuei o curso. Procurava sempre relacionar o conteúdo com algo que lhes interessasse. Na avaliação fiz-lhes perguntas como: "Como que, tendo um volume bem menor, um cubo de gelo consegue resfriar bastante o volume de seu copo de água?" ou "Qual queimadura é mais danosa: de vapor ou de água fervendo?" e outras no mesmo espírito. Acharam a prova ótima. Vieram a mim elogiar a prova. Falaram que tinham ido bem e outras coisas.

No outro dia levei-lhes o resultado, que não foi dos mais agradáveis para grande parte dos alunos, em termos de nota. E pedi então que criticassem o curso, a maneira como as aulas se desenvolveram, se a prova foi confusa... Mesmo os alunos que haviam ido "mal", disseram que a aula estava muito mais dinâmica, e que agora, até conseguiam ver para que serve aprender Física; apenas não estavam acostumados a pensar daquela forma. E é nessa aula dinâmica, nesse processo feliz pelos dois lados envolvidos no processo, que acreditamos.

III.2 - A questão da motivação e a escola que não queremos

É natural que uma criança e até mesmo um adulto, consiga melhor rendimento em uma atividade, se para desempenhá-la, estiver suficientemente motivado. Quando se fala em uma educação centrada na realidade do aluno, pensamos que deva ser assim, porém, que realidade é esta? Ao nosso ver esta realidade está definida pelo interior e exterior da criança; isto é, pela imaginação, pelo lúdico e pelo concreto.

Quão agradável é para nossa criança observar um show de magia? Porém mais satisfatório ainda, é para esta criança, aprender a reproduzir tais magias e poder também, "enganar" os outros. Desta forma acreditamos na força do brinquedo, dos jogos, dos "truques" envolvendo domínio de certos fenômenos físicos. Assim centralizaremos, ou melhor, usaremos sempre como ponto de partida e chegada, o desafio de construção de brinquedos, ou instrumentos dos quais a criança venha usufruir em suas atividades lúdicas. Na nova escola de Mc Luhun(55), "...tudo será atividade de indagação e desafio para descobertas de soluções novas". Mc Luhun traz à cena a palavra brincadeira colocada no seu devido lugar. "Não há engajamento infanto-juvenil sem o sentimento de ludicidade... A forma de engajar-se da criança e do jovem é brincar, embora o conceito de brincadeira evolua, profundamente ao longo do período de desenvolvimento." E vai mais além: "A distinção bem nítida que os professores

fazem entre 'brincadeira' e 'aula' é uma prova, que só consideram como atividades didáticas as tarefas compulsivas".

Urge extirpar da educação de nossas crianças, a indução ao auto-flagelo para ser inteligente. Isto era coisa para quem queria ser santo na Idade Média. Que violento é ficar incutindo na cabeça de nossa criança que é a custo de renúncias que se consegue vencer na vida! Que fúnebre motivação se dá a uma criança, para que estude e decore, mesmo que desagradáveis e chatas - coisas que às vezes só parecem assim por causa da visão bolorenta de tais "educadores" - dizendo que no futuro ela perceberá a necessidade de ter aprendido aquilo.

A mesma avaliação que Bettelheim (56) faz dos livros infantis, vale para nosso ensino. "Todos tendemos a avaliar os méritos futuros de uma atividade, na base do que ela oferece no momento. Mas isto é especialmente verdadeiro no caso da criança, pois, muito mais do que o adulto, ela vive o presente e, embora tenha ansiedades sobre seu futuro, tem apenas noções vagas do que ele pode solicitar ou de como poderá ser. A idéia de que, aprendendo a ler, a pessoa, mais tarde poderá enriquecer sua vida é vivenciada como um processo vazio quando as histórias que a criança escuta ou está lendo no momento são ocas. A pior característica destes livros infantis é que logram a criança no que ela deveria ganhar com a experiência da literatura: acesso ao

significado mais profundo e aquilo que é significativo para ela neste estágio de desenvolvimento".

Que pobreza apontar como principal objetivo do ensino de Física no primeiro grau; "desenvolver o pensamento lógico da criança". E ainda - o que é mais drástico - acredita-se que isto só se consegue explorando os recursos de caneta, papel, giz e cuspe. - Ora... - Santa falta de imaginação achar que o ensino, a educação precisa se desenvolver de maneira seca e fria! Será que não se consegue desenvolver o pensamento lógico de maneira agradável? Não seria mais LóGICO pensar que essa atitude se desenvolve mais facilmente com desafios de fato, alimentando-se a curiosidade, estimulando a criatividade do aluno, do que através de práticas persuasivas?

O grande filósofo e educador A.N.WHITEHEAD, em seu texto OS FINS DA EDUCAÇÃO diz:"Não pode haver desenvolvimento mental sem interesse é o "sine qua non" para a atenção e apreensão. Pode-se conseguir despertar o interesse por meio da vara de marmelo, mas pode-se consegui-lo pelo incitamento à atividade agradável; mas sem interesse não haverá progresso. A maneira natural pela qual os organismos vivos são excitados para um desenvolvimento próprio e adequado é o prazer.(....). A Alegria é o incentivo saudável para o élan vital"(57). É bom que tenhamos claro, que interesse é esse que se consegue com a "vara de marmelo": aquele interesse que o pobre aluno apresenta nas salas de aula, para poder passar de ano, pois

senão não ganhará uma viagem de presente. Se não tirar notas altas, não irá ao cinema; e outras mesquinharias que se costuma cometer na educação de crianças e adolescentes _ um falso interesse.

A sisudez com que alguns educadores querem tratar a educação, causa-nos a impressão de uma verdadeira farsa, parece que tem que ser assim, senão ninguém leva as aulas a sério- certamente iriam perceber o quanto são pueris! C.R.Brandão parece muito preocupado que assim seja "Uma concepção frouxa de seu sentido e uma interpretação do exercício da pedagogia a que conduz, por exemplo, a teoria de Jean Piaget sobre as relações entre a vida, a inteligência e a aprendizagem, podem semear juntas as falsas idéias - aparentemente libertárias - de que a educação não é uma experiência de trabalho e a escola é um lugar social de esforço e disciplina persistentes. Invocar direitos da criança para que a escola seja em tudo permissiva e o ensino seja uma sequência de atos lúdicos, concentrado nos aparentes interesses exclusivos dos alunos, pode servir para esconder uma pequena série de princípios reguladores das próprias relações do ato de ensinar e aprender"(58).

Ora,... quanto engajamento sócio-político no ato de educar uma criança! Não é porque a maioria das escolas que se pretendem novas e progressistas continuam persistindo na na falta de objetivo, na prática, e o que é pior, presas à força do capital, amontoando 40 alunos dentro de uma sala de aula, desenvolvendo atividades "quadradas" _

que taxaremos qualquer iniciativa de proposta mais liberal de equivocada. Mas J.HUIZING (59) tem um ótimo comentário sobre isso. "Parece haver pouco lugar para o jogo no século XIX. Já no século XVIII o utilitarismo, a eficiência prosaica e o ideal burguês do bem estar social (elementos que foram fatais para o barroco) haviam deixado uma forte marca na sociedade. Estas tendências foram exacerbadas pela Revolução Industrial e suas conquistas no domínio da tecnologia. O trabalho e a produção passarem a ser o ideal da época; e logo depois o seu ídolo. Toda a Europa vestiu roupa de trabalho. Assim os dominantes da civilização passaram a ter a consciência social, as aspirações educacionais e o critério científico". Na realidade se ganhou uma consciência de que o ser humano é um ser social, e que, portanto, assim deve pensar primeiro. E neste processo o indivíduo, seus sonhos, suas vontades, seus desejos, suas alegrias, foram perdendo espaço e significado, dentro de uma sociedade que caminha para o zero absoluto. Mas Huizinga continua: " Com o imenso desenvolvimento técnico e industrial, da máquina a vapor à elétrica, vai ganhando terreno a ilusão de que o progresso consiste na exploração da energia solar. Em conseqüência, pode aparecer e mesmo ser acreditada a lamentável concepção marxista segundo a qual o mundo é governado por forças econômicas e interesses materiais. Este grotesco exagero da importância dos fatores econômicos foi condicionado por nossa adoração ao progresso tecnológico, o qual por sua vez foi fruto do

racionalismo e do utilitarismo; que destruiram os mistérios e absolveram o homem da culpa e do pecado. Mas esqueceram de libertá-lo da insensatez e da miopia; e a única coisa de que ele passou a ser capaz foi de adaptar o mundo à sua própria mediocridade"

Certa vez em conversa onde se discutia a necessidade da presença do aspecto lúdico na educação, alguém fez o seguinte comentário : "Acho uma grande ilusão se acreditar que pode se tornar agradável, lúdico o ato de ensinar, e conseguir um ´rendimento satisfatório , em vista do que se deveria ensinar de fato. Nos grandes países, que estão à nossa frente, não houve isso, e como que a educação, o ensino lá deu certo?. "...Ora... se o que temos hoje em termos de juventude, na França e na Inglaterra é uma amostra do que deu certo,... é preferível continuar caminhando nas trevas do túnel, do que correr ao encontro do primeiro sinal de luz que aparecer; pode ser o trem! Eles têm uma outra cultura. Uma cultura de fato, que lhes permite outros caminhos de acesso à informação, ao conhecimento, ao desenvolvimento que a escola... Pensam até em ressuscitar a palmatória! Mais uma vez vale a observação de Huizinga; deu certo se pensarmos o homem como um parafuso de uma engrenagem sócio-econômica. Jules Celma (60) educador francês, fez um crítico comentário sobre a educação naquele país: A educação os dissocializa, os culpabiliza, os complexiliza, os neutraliza, os reprime, os desvitaliza, os anula, os doutrina, os militariza, os imbeciliza, os

submete, os desespontaneiza, os sadiquiliza, os masoquisa, os robotiza, os industrializa, os cidadaniza, os patriotiza, os fossiliza, fá-los esmagar (...). A mentira, a submissão, a magificação são as peças essenciais de um jogo cruel que a criança deve apreciar custe o que custar e onde ela é vítima resignada. E, aliás, não é jamais um jogo. A santa autoridade física e intelectual atua para melhor e para o pior (....) Não se aprende nada na escola, ou muito pouco, (....) .Quantos milhões de pessoas foram destruídas nas fundações escolares? Quántas doenças de caráter não foram concebidas por estes congeladores pedagógicos"

Comentando, também, sobre as escolas inglesas Russel (61) fala: "As chamadas boas maneiras, quando não são impostas mais cedo, podem ainda ser apreendidas durante a adolescência através de castigos tão poucos severos como um simples levantar de sobrancelhas conotando desprezo. Aquilo a que se chama "comportamento de cavalheiro" é adquirido por quase todos os que com ela entram em contato pelo simples receio de incorrer na censura dos outros ao infringi-lo (...). As chamadas "public schools" inglesas desenvolveram este sistema até a perfeição, e conseguiram em grande medida esterilizar a inteligência levando-a a encolher-se sempre perante a horda. É a isto que se chama fazer de um rapaz um homem". Isto é uma educação equilibrada, que proporciona o desenvolvimento integral do indivíduo? E, sem dúvida, alguns pensarão "... se eles lá não conseguiram, ... não vamos nos preocupar com isto; não vai ser aqui que vamos conseguir..."

III.3 - A questão da criatividade e da Arte e da oficina como espaço de trabalho

A sensação de domínio ou ainda de familiaridade, e de acessibilidade das variáveis de um processo, são pontos de partida para desencadear-se um processo criativo. A beleza e a originalidade são estímulos naturais no ser humano, a estética agrada à nossa percepção. [illegible] cultura a sua estética! Em momento nenhum em nossa [illegible] estes estímulos são valorizados, apesar de serem, acreditamos, de vital importância para o desenvolvimento equilibrado da criança. Herbert Read ressalta sabiamente a questão da estética: " O desejo de fazer coisas belas , deve ser mais forte do que de fazer coisas úteis, ou melhor, tem que existir a percepção instintiva de que beleza e utilidade, no seu mais alto grau, não podem ser concebidas separadamente"(62). Huxley ao salientar o papel da criatividade na Ciência diz: " A Ciência é no fundo originalidade, é necessidade de investigar." (63).

Há quem discorde da importância da criatividade, da Arte dentro da educação, e ainda justifica, - Alienados de nossa própria capacidade de sermos severa e responsavelmente criativos buscamos no outro - na criança que nos sucede - o homem criador. Mas incapazes de vivermos em nós próprios a tarefa difícil da genuína criatividade, mudamos a formação deste ser, a quem importa tornar autônomo e criativo de uma pequena e perigosa experiência e métodos

de trabalho pedagógico, onde a aparência da novidade e o apelo à invenção livre não fazem mais do que denunciar nossa coletiva dificuldade em sermos nós mesmos criativos" (64). Mais uma vez, mostra-se aqui o ranço do discurso critico generalizado às escolas novas ou novas propostas. Temos que estar atentos para uns "para-quedistas" mas, creio prematura a generalização. Ora, parece pouco provável que alguém que não detenha um pouco de criatividade desenvolvida vá fazer sérios apelos, à presença desta componente - importantíssima - na educação. Por outro lado, poderíamos também pensar que estes aspectos não se fazem presentes em nossas escolas porque "o adulto, tendo perdido a consciência dos seus desejos primeiros, ignora a existência destes nos seus descendentes" (65).

É irrefutável que na educação de crianças e adolescentes, se reserve lugar para a imaginação, para a fantasia. Quão fantasiava Kepler que não era nenhuma criança, ao buscar a harmonia do universo? Rubem Alves fez poesia sobre o assunto. "Assim peço licença ao leitor acostumado ao sisudo discurso da Ciência. Quero brincar de Lewis Carroll. Entrar, mãos dadas com Alice, espelho a dentro onde tudo acontece às avessas. Há uma magia nas imagens invertidas. Parece que para se ver bem o real é necessário por óculos de fantasia."(...) "Arte e brinquedo têm isto em comum, não só meios para fins mais importantes, mas puros horizontes utópicos em que se inspira toda a

canseira do trabalho, suspiro da criatura oprimida que desejaria ser transformada em brinquedo e em beleza." (66)

E o que propomos em nossas atividades, quando das construções, é uma ênfase especial para o belo, para o estético, para o original. Acreditamos que, ao assimilar os conceitos desenvolvidos em determinadas atividades propostas, o aluno, se desafiado, partirá para criação e projeções outras, envolvendo aquele conceito e até relacionando com outros. E Piaget (67) conclui por nós: "Compreender é inventar, ou reconstruir através da reinvenção, e será preciso curvar-se ante tais necessidades se o que se pretende para o futuro, é moldar indivíduos capazes de produzir ou criar, e não apenas de repetir". Mas ainda resta-nos uma questão: Onde trabalharemos todas essas atividades prazeirosas? Onde cultivaremos o prazer e viveremos nossos sonhos; naquela mórbida e tradicional sala de aula?

Quando se aponta para a necessidade de se repensar a educação que polula em nossas escolas, pensa-se sempre na redivisão "nova" de conteúdo ou, quando muito numa forma de transmiti-lo dentro daquela velha estrutura das salas de aula. Ora, vamos relaxar e ver que temos horizonte em toda nossa volta. É preciso que se repense também, o espaço da escola. O espaço ante as renovações curriculares irão ser desenvolvidas. - Será aquele ambiente oco, sem infra-estrutura nem para fazer uma simples colagem, pode ser fértil e induzir seu comportamento ativo e criativo nas

crianças? Será que aquele quadro - que não poderia ter nome melhor - negro - tem poderes mágicos que só serão revelados quando aquela criança vier a vencer na vida?

Nossas salas de aula deveriam ser abastecidas; aqueles velhos palcos de recitação desprovidos de sentido deveriam ser transformados em novas oficinas, em oficinas de trabalho, lugares onde tivéssemos materiais,ferramentas e estrutura básica para desenvolver práticas como colar, cortar, serrar, fotografar, etc. E ,com isto, mais uma vez, não estamos propondo construções de grandes laboratórios, mas sim de salas ambientes, onde estes materiais permaneceriam sempre disponíveis. E é dentro destas salas ambiente que devem ocorrer as construções, criações, as indagações e o aprofundamento necessário. E, sem dúvida, do quadro _ por mais que negro _ faremos uso quando necessário, como também do discurso, o usaremos, mas não em apelo à erudição na tentativa de ocultar a falta de convicção, como bem sugere Goethe.

E, um desenvolvimento eficaz e competente das diferentes oficinas, sem dúvida, proporcionaria uma verdadeira integração interdisciplinar. O trabalho de uma oficina certamente iria complementar, dar brilho ou fundamento ao trabalho desenvolvido por outras. Experiência semelhante tivemos em uma escola pública de São Paulo (68) dentro de uma proposta chamada "Projeto Noturno". Efetivamos uma oficina de fotografia, onde construimos nossas simples máquinas com lata de leite em pó. Planejávamos como proceder

para obter melhor resultado nas fotografias; estes resultados eram avaliados, corrigidos e alterados; isto tudo revelando o espírito de um Método Científico, que se mostrava imprescindível naquele momento. Ao mesmo tempo estas fotografias eram discutidas, pensados os seus conteúdos e propósitos na oficina de comunicação e linguagem. Foi uma experiência maravilhosa. Determinados conteúdos de Física que jamais pensaria explorar em outro tipo de abordagem, por parecerem áridos àquelas pessoas, como é o caso da relação entre a energia que a luz carrega e a frequência dessa radiação, surgiu como necessidade na discussão acerca dos contrastes das diferentes tonalidades de preto e cinza, nas fotografias. De repente, era interessante saber qual a frequência da luz vermelha, azul, etc., compará-las.

Outro aspecto importante deste novo espaço é que põe fim à polarização teoria-prática; fomentada pela idéia distinta de "sala de aula" e "laboratório". Não acreditamos que a assimilação do conhecimento a este nível, se divida em dois momentos bem distintos. Isto é uma postura muito pragmática de quem anuncia algumas leis e tenta mais tarde prová-las. Acreditamos que as teorizações, ou as experimentações devam se dar uma em função da outra, como necessidades naturais, oriundas de uma mesma curiosidade; como requisito natural para o controle e elaboração de atividades, tanto por parte do aluno quanto por parte do professor.

III.5 - Ficção Científica

Ora, sem dúvida, o vídeo ocupa, cada vez mais, um espaço maior em nossa vida. Na vida da criança, não só é um espaço muito grande, como se torna um momento agradável. Toda criança adora assistir àqueles absurdos - os adultos também - interessantes contidos nos desenhos animados, em alguns filmes de ficção científica e outros. E a nossa educação deveria dar conta de discutir, trabalhar estas informações, que é tão real e tão do cotidiano dos alunos. Estes filmes poderiam se traduzir em excelentes pontos de partida para a motivação e desafio do aluno; como também, de fundamental importância para desmistificação de determinados fenômenos.

Estes filmes estão cheios de pérolas. Como por exemplo, no filme "Guerra nas Estrelas", as metralhadoras emitiam raio laser e estes raios - mesmo no mais vazio espaço que um ser humano possa imaginar - eram vistos em forma de feixes de luz - Certamente isto é o que chamaríamos de efeitos de um "éter excitado". Neste mesmo filme; este vazio mágico interplanetário, também conduzia vibrações sonoras, possibilitando ouvir-se explosões.

No filme do "Super-homem", este, por várias vezes, lança mão de seus super-poderes visuais, isto é, sua visão de raio x".- Uma verdadeira apologia aos raios visuais dos gregos. Um feixe de luz misterioso parte desde seus olhos e atinge o alvo procurado. - Isto é o que se poderia chamar de

uma retina arrojada, ativa; Não espera a imagem, vai atrás! E este mesmo "super-homem", quando a moça despenca de uma grande altura, corre, ou melhor, voa e a apara subitamente. Ora, para ele que é super, certamente nada deveria acontecer a seus braços, porém para ela uma reles representante da espécie humana, pouca diferença faria ser aparada daquela forma ou aterrizar, em queda livre , sobre duas lanças.

Quão interessante seria dar lugar em nossas salas de aulas, para o prodigioso "Mc Giver". Quanto conhecimento e informação contém aquela série. Queremos deixar claro, que a intenção de trabalhar os equívocos presentes nesses filmes, não é de "estragar a brincadeira", isto é, não pretendemos extirpar a fantasia e a imaginação da criança que, maravilhada, os assiste, mas sim com essas discussões, aproximar o conhecimento científico dessa criança, para que também seja capaz de criar suas próprias ficções. Certamente uma exaltação ao "Mc Giver" iria provocar algumas alterações na conservação dos eletrodomesticos de uma casa, pois muitas crianças partiriam para, por exemplo, desmontar uma geladeira para, com suas peças construir uma bicicleta, um radinho a pilha e um extintor de incêndio.... Mas tudo bem....

Um exercício interessante para instigar o papel da ficção científica é ler o Minotauro de Monteiro Lobato (69). É o que poderíamos chamar de ficção científica às avessas. Emília, Pedrinho, Narizinho e o Visconde de Sabugosa, viajam no tempo e vão falar à Grécia antiga dos prodígios dos

nossos tempos. Um verdadeiro nocaute à compreensão e imaginação de um grego antigo; Dona Benta falando-lhes da máquina fotográfica, da fotografia _ "Impossível imaginar se fixar, mecanicamente numa imagem...!" Como é difícil acreditar que muitas das nossas ficções de ontem só permanecem na nossa ignorância do conhecimento de hoje.

IV. CONCRETIZAÇÃO DA PROPOSTA

IV.1 - Um breve histórico desta proposta.

Nossos trabalhos começaram a desenvolver-se dentro do curso de Instrumentação para o Ensino de Física, ministrado naquele momento (1983) pelos professores A.G.Violin e N.C.Ferreira. Após o curso continuamos desenvolvendo trabalhos de pesquisas na linha de instrumentação, sob orientação de N.C.Ferreira. Tínhamos sempre em mente a reprodução de aparelhos ou instrumental de laboratório, que eram produzidos comercialmente, de forma artesanal. Por outro lado, buscávamos demonstrações de Leis, comprovações de fenômenos, isto tudo usando material de baixo custo e fácil acesso. Neste momento trabalhávamos juntamente com A.M.Vaz, M.C.Duarte e M.P.P.Oliveira, todos alunos de pós graduação.

Posteriormente, em 1985, fomos convidados pelo professor A.G.Violin para ajudar na montagem e aplicação de cursos de extensão universitária, para professores de 1o. e 2o. graus da rede pública. Ministramos cursos envolvendo diversos conteúdos de Física, isto é, óptica, Eletromagnetismo, Mecânica, etc. A partir daí já começamos a elaborar mais sistematicamente propostas de curso.

Durante as elaborações e aplicações de cursos, procuramos através de uma forma assistemática, em contatos

os através de uma forma assistemática, em contatos freqüentes de acompanhamento com alguns dos professores que participaram do Curso de Extensão, avaliar a viabilidade da proposta metodológica por nós desenvolvida nestes cursos, em suas salas de aula. Num primeiro momento, isto é, no primeiro curso, o que apresentamos foi uma proposta de trabalho experimental em Física, nas salas de aula. Sem dúvida, a ênfase que dávamos era à característica específica àquele tipo de instrumentação. Material acessível, conhecido, construção simples; não precisávamos de grandes laboratórios.

O material nos ensinava muito, fazia-nos ver fenômenos interessantes, se prestava a todo tipo de demonstração. Depois fizemos uma auto-crítica e verificamos que aquilo não bastava. Talvez estivéssemos a "doirar a pílula". Não fazia muita diferença falar de fenômenos eletrostáticos e mostrar o pêndulo feito de papel alumínio, demonstrando e seu funcionamento.

Surpreendíamo-nos, às vezes, quando em aulas a alunos de colegial e, ao fim da demonstração, de uma série de fenômenos eletrostáticos, usando canudo de refresco e papel alumínio; não observávamos brilho nenhum nos olhos dos alunos. Olhavam para aquilo sem muito interesse. Não entendíamos como isso podia acontecer. Mas, ao fim de algumas análises, concluímos que era natural esse comportamento por parte dos alunos. Não adiantava só falar de campo elétrico de uma maneira menos chata; continuava não

dizendo nada àqueles alunos. Era preciso que aquele conceito, aquele fenômeno ganhasse contexto, fizesse sentido para eles. Tudo o que havíamos desenvolvido até ali, tinha que se transformar em uma parte de seu grande contexto.

Percebemos então que estávamos a desprezar várias dimensões que aquele processo permitia. Sem dúvida, mesmo abordado àquela maneira, que já avaliamos equivocada, um dos melhores momentos para os alunos era o momento de construir os suportes dos experimentos, usando gesso. Por outro lado, verificávamos que aqueles alunos _ tanto de colegial, quanto os participantes do curso de extensão, apresentavam uma dificuldade impressionante para cortar, recortar, colar, etc.. Além disso, não possuiam o mínimo padrão de estética, faziam as coisas de qualquer jeito. O importante era que funcionasse.

No primeiro momento também, seguimos praticamente o mesmo roteiro proposto nos livros didáticos, passo por passo como uma sequência lógica inquestionável. Era irrefutável que o que nós relevávamos mesmo era a instrumentação.

Depois de toda essa análise crítica, fomos revendo nossas posições; percebemos, em primeiro lugar, que só passaria a adquirir sentido para o aluno aquela proposta, se explorássemos ou lhes déssemos chances de com ela explorar a sua imaginação, a sua fantasia ou ficção. Daí passamos a privilegiar arranjos que forjavam truques, jogos e brincadeiras. Passamos a ressaltar mais a necessidade de se

deixar os alunos "brincar" com aquele material durante algum tempo, após sua construção. Certamente lhes colocaria problemas, explorando assim seus conceitos intuitivos. Era necessário também reparar para que os alunos dessem importância à questão da beleza, para que criassem uma noção de estética. Apontamos assim para o fato de se cultivar uma noção estética. Como também, colocar em meio ao conteúdo de óptica, elementos de percepção visual, ilusão de óptica, que, de uma certa forma, abria possibilidades para se ampliar as fronteiras da Física naquele ensino.

Por fim, avaliamos que uma questão importante para se começar o curso, seria o funcionamento de um instrumento óptico , e entre todos, pensamos que o mais lúdico seira a máquina fotográfica. Isto nos levaria a uma inversão no conteúdo, abordando assim, lentes em primeiro lugar e, posteriormente , espelhos. Concluimos que só tínhamos a ganhar com isso e assim o fizemos.

Ao final do último Curso de Extensão que efetivamos em outubro de 1987, elaboramos algumas questões aos professores-alunos, no intuito de obtermos uma avaliação, mesmo que superficial, de nosso trabalho. Dizemos superficial, porque temos consciência da fragilidade do questionário que elaboramos, que não apontava para sistematização nenhuma de aprofundamento posterior. Mesmo porque não haviamos previsto anteriormente aquela fase de avaliação.

Em primeiro lugar perguntávamos se o curso correspondera à expectativa, e por quê? E a resposta mais comum foi:"Sim, pois foi um curso bem prático". Outros respondiam: "Sim, porque permitiu acesso a uma série de experimentos fáceis, que em muito auxiliam o trabalho em sala de aula". Um grande número de participantes falou que sim, mas queixou-se da falta de um suporte para viabilizar sua aplicação em suas salas de aula. Quase todos acharam muito pouco tempo para trabalhar o conteúdo do curso. Algumas respostas até nos emocionavam, um dos alunos disse que: "Não correspondera; superara as expectativas, pois tomara contato com coisas que não havia visto e que nem pensava em ver com tanta simplicidade". Outros diziam: "...em certos momentos, fiquei até surpreso com as descobertas que realizava". Mas a ênfase à experimentação sobrepunha-se ao resto, o que dá para ver nas respostas: "Consegui entender,através dos experimentos,os conceitos de óptica", ou "Correspondeu. Porque tivemos oportunidade de realizar os experimentos aplicáveis nas salas de aula. Experiências bem objetivas". Alguns eram mais enfáticos: "Sim, correspondeu. Principalmente pela parte experimental".

Algumas respostas eram dadas tendo como referencial a sua formação, as suas necessidades para dar uma boa aula, onde, mais uma vez, a parte experimental ressaltava: "Sim. Gostei muito porque abordou essencialmente a instrumentalização que é o que mais me faltava", ou "Sim.

Porque complementou na prática os conceitos apreendidos durante a fase de estudante, inclusive com aplicações".

No segundo momento do questionário, perguntávamos se haviam encontrado dificuldades para acompanhar o curso, que parte do curso ficara mais confusa? Muitos disseram que a única dificuldade era a "falta de habilidade manual". Reclamavam que a última parte do curso foi levada às pressas, por falta de tempo _ justificando assim a necessidade de mais tempo para se viabilizar o curso. Alguns achavam que não dava para responder já, mas que acreditavam que seria muito bom se tivessem um outro momento para aprofundarem determinados tópicos.

E, por último, procuramos saber se esse curso poderia ser reproduzido em suas salas de aula. Alguns, uns quatro ou cinco alunos, falaram que não só era possível, como já estavam aplicando. Outros acreditavam que a única barreira era a falta de tempo nas curtas aulas de Ciências. Um dos participantes respondeu: "Claro que sim; tornará interessante se o próprio educando puder confeccionar seus próprios experimentos, dentro daquilo que é proposto no ano letivo, ele poderá assim tornar mais concreto aquilo que, a priori, não parece concreto". Um último depoimento nos encheu de glória: "Acredito que para o professor de primeiro grau, essa é a melhor forma de atingir os alunos". .

Atentando um pouco para os depoimentos dos professores relacionados anteriormente percebe-se nitidamente que o que mais marcou, o que foi decisivo para

que sua opinião fosse de total aprovação à nossa proposta, foi a possibilidade de se trabalhar aulas práticas sem muitas complicações em sala de aula. Foi como se um novo horizonte se abrisse. Todos avaliavam como fracas suas aulas, porque não tinham formação para trabalhar, praticamente, o conteúdo Física.

E este mito, esta crença ressoa em todos os encontros, simpósios que se detém a discutirem o Ensino de Ciências. No final a conclusão de que o que falta nas aulas de Ciências são atividades experimentais é sempre um dos destaques. É preciso ir mais a fundo. Uma aula experimental pode ser tão ruim ou pior que uma aula discursiva. - Que horrível ficar pesando bexiga cheia para mostrar que o ar existe?! O que há de mais desagradável que ficar medindo, tirando dados, simplesmente porque o guia de laboratório propõe. Seguir uma receita é desagradável até na cozinha!

Então, não é só fazer qualquer coisa experimentalmente. Sem dúvida, se fizermos de forma experimental tudo o que os livros didáticos de Ciências fazem no blá blá, seguindo a mesma sequência e da mesma forma que ali está proposto, seremos ainda chatos, sem graça. Só que agora, um "sem graça experimental." É preciso saber explorar as sutilezas de cada situação , saber como determinado problema pode ser relevante, e, acima de tudo, todas as atividades, devem estar dentro de um contexto que faça sentido e desperte o interesse das crianças.

A atividade experimental não pode ter como único fim, comprovar leis, como muitos professores acreditam. Não se prestam para distrair e tornar mais agradáveis as aulas; não pode ser vista como uma atividade alienante. Estas atividades não se justificam por si só no contexto em que estão inseridas. Podemos mostrar para um aluno, seja criança ou adulto, a existência da força de Lorentz, porém sem dúvida, a melhor maneira é mostrando um motorzinho do tipo do proposto pelo PEF(2) ou PBF(*). Aquele motor girando é fantástico e mágico. E a sua magia forçará o aluno e o professor a sair da superficialidade do útil, passando para o modelo abstrato de seu funcionamento. Mas se fizermos o contrário certamente a primeira parte ficará perdida e a última desacreditada. Isto principalmente em se tratando de criança.

O equívoco que se costuma fazer ao aprovar esta proposta, é achar que ela é fantástica porque trabalha com material de baixo custo e fácil acesso, e é disto que a nossa escola precisa. Não é nada disso! O material de baixo custo e fácil acesso, é para que a criança possa adquiri-lo mesmo fora da escola, e também porque esta desmitifica as "caixas pretas" que escondem princípios elementares simples.O problema da pobreza da escola é um problema político, que tem que ser resolvido custe o que custar, de forma política, não através de remendo e boa intenção!

Mantivemos alguns contatos com professores que fizeram o Curso de Extensão de óptica, apoiado em nossa

proposta, após o final de tais cursos. Era importante saber o que estes professores, conseguiram alterar em suas salas de aulas, e se esta abordagem, se mostrou viável. Convidados a discutir esta visão de Ensino de física em algumas das Delegacias Regionais de Ensino, tivemos a oportunidade de ir a uma escola onde quem coordenava o curso de física havia feito vários cursos ministrados por nosso grupo de trabalho, de conteúdos diversos. Nesta escola encontramos um "laboratório" entulhado de montagens, construções similares às desenvolvidas em nossos cursos.

Conversando com os professores, principalmente com a professora que havia trabalhado conosco, ela disse-nos que as aulas de física - para o 2º grau - haviam mudado de cara e também passaram a ter melhor recepção. Os alunos participavam muito mais, animavam-se e empenhavam-se em construir as coisas com certa perfeição, carinho. Contavam também que os alunos passaram a ter mais interesse pela Física, passaram a achar que servia para alguma coisa. Assimilavam muito mais. E ainda afirmava que o resultado era bem diferente do anterior. Não decoravam nada trabalhando daquela forma, mas sim aprendiam bastantes coisas. Discutindo com outros professores, que também fizeram nossos cursos e que se propuseram a aplicá-los em suas salas, foram unânimes em afirmar a viabilidade da proposta. Reclamaram apenas da falta de um suporte que os auxiliasse e também pudesse ser passado aos alunos - com um pouco mais de conteúdo.

Alguns afirmavam também que às vezes se sentiam com medo e inseguros pois aquele tipo de atividade e dentro de uma abordagem mais ou menos livre, os alunos levantavam muitas dúvidas, questões, que se mostravam evidentes na manipulação daquele material, e na maioria das vezes não sabiam -os professores- responder a tais questões. Alguns voltavam com certa frequência à nossa procura, trazendo dúvidas que haviam sido levantadas em suas salas de aulas.

Em virtude de todos estes dados, e da avaliação positiva realizada por tais professores, achamos que era urgente produzir este suporte. Porém convém deixar claro que este trabalho, isto é, este texto produzido, é fruto do amadurecimento de alguns anos de trabalho, fruto de sucessivas avaliações críticas, onde, além de ser fiel ao que acreditamos que seria de melhor para o ensino de Ciências, procuramos adequar ao máximo para a realidade de nossa educação sem, no entanto, tentar ser conivente com o desleixo, com o pouco caso a que foi relegado o ensino de Ciências, por parte das instituições formadoras dos professores dessa disciplina, como também pelos desgovernos que, ao poucos têm avassalado a educação de nosso país.

Portanto, além de todas as avaliações verificadas no que já havíamos produzido ao longo desses anos, nos debruçamos a desenvolver mais a fundo os conteúdos abordados e, a partir daí, apresentá-los em um texto acessível a estes professores.

Um texto que em momento algum tem a intenção de ser um texto auto-suficiente, devendo ser complementado com textos de História da Ciência e Física do cotidiano. E fizemos, por várias razões, a escolha do conteúdo de ópitca para tal trabalho.

IV.2 - Porque Óptica, Como e que Óptica

Quando você era criança certamente você deveria ter maior curiosidade para saber de que era feito o teto azulado que pairava sobre sua cabeça nos mais brilhantes dias de Sol. Queria saber quem pintou o arco-íris... Certamente você achava intrigante o piscar das estrelas, o sol mudar de cor durante o dia, as coloridas manchas de óleo no asfalto... Será que você nunca tentou encher a mão de luz e ir abrindo um dedinho, bem rapidamente, para ver se havia luz lá dentro...?!

Ora, já seria razão suficiente para esta escolha, porém iremos listar algumas outras. Não nos satisfaz apenas o exercício de contemplação do espetáculo, que dessa forma, se manifesta como que a uma distância infinita de nossas almas, nossa vontade de compreender. Interessante seria entendê-lo de fato, e até reproduzi-lo, manipulando coisas e conhecimentos. E todos estes fenômenos observados, são de fácil reprodutividade em uma sala de aula - aquela renovada.... Além de ser um conteúdo intrigante e acessível a alunos de 1º grau 5a. a 8a. séries, a óptica encontra-se bem presente dentro do corpo da Física Moderna, como é o caso da fibra óptica, dos fenômenos de difração e interferência da luz. Sendo que estes elementos de Física Moderna, possuem imediata aplicação na Tecnologia Contemporânea. Considere-se também que, se pretendemos responder às questões colocadas pelos alunos, relativas às

simples ficções científicas apresentadas nos filmes, os seus conteúdos certamente passam por aí.

Outro fator importante na escolha, é o fato da óptica permitir - ou até exigir - com bastante freqüência e naturalidade, explorar a questão do modelo na estrutura do conhecimento científico. Se pretendemos dar uma explicação sobre o desvio da luz por um meio transparente, temos, forçosamente, que optar por um dos modelos - corpuscular ou ondulatório - e então dar a resposta.

Outra razão que encontramos, é o fato do estudo da luz estar na fronteira com a Arte. Permitindo desenvolver-se discussões e trabalhos explorando questões como: percepção, visão cultural, projeção a partir das cores, construção da terceira dimensão no plano, a forma, o contraste de sombras criando profundidade,etc... Questões estas que pensamos serem de fundamental importância para o desenvolvimento da sensibilidade visual da criança ou adolescente. E por último, sem dúvida, uma questão de gosto!... Certamente dirão que esta foi a decisiva...

Existem os contadores de piadas e os "piadeiros"; os primeiros conseguem, na ameaça de contar uma piada qualquer, fazer as pessoas se desmancharem em risos. Os últimos...perdem, sempre, chances de ficarem calados. De nada adiantaria desenvolver um conteúdo, repleto de atividades experimentais, construções atraentes, demonstrações e outras, se esto não fo[illegible] maneira também lúdica de suscitar seus aparecimentos. Quando

pregamos a necessidade do conteúdo ir de encontro ao interesse do aluno, desafiá-lo queremos com isso defender a idéia de que os conceitos, as características importantes de um fenômeno devem aparecer, como necessidade, como resposta a uma indagação. Não como uma colocação desligada e desprovida de contexto.

Certamente parecerá pouco importante as proposições de Fermat se foram colocadas em um discurso sisudo e rigoroso na forma. As radiações infravermelho e ultravioleta, também passarão despercebidas, se não forem relacionadas a um contexto, mesmo que um tanto quanto "absurdo". Quando citamos a Emília explicando como o fósforo é aceso ou mesmo Pedrinho falando do agente de éter vibratório, queremos ressaltar, exatamente, a necessidade de contextualização de um determinado aprendizado. A elaboração e contextualização criticada de determinado conhecimento, sem dúvida indica que este conhecimento já foi processado de alguma forma. E isto é que é importante.

Historinhas introduzindo a questão dos modelos, certamente provocam uma certa expectativa acerca de suas conclusões, criando com isto um clima favorável para a compreensão do que é um modelo, e muito mais, induz, mesmo que através de brincadeiras, o aluno a um comportamento crítico.

O estudo de uma lente, não surge como a rígida imposição de uma rígida proposta de conteúdo. Aparece como uma necessidade de se entender porque a "nova imagem da

"antiga" câmara escura, ainda permanece com "defeito", isto é, de ponta cabeça. Da mesma forma, a imagem fornecida pela simples e elementar câmara escura, coloca como desafio a necessidade de se compreender, ou mesmo de se descobrir como a luz penetra; ou seja, qual caminho seguido pela luz, até formar aquela imagem. Daí o fato da luz caminhar em linha reta, aparece como uma constatação necessária dentro de um modelo explicativo.

O fato de se colocar o espelho como uma superfície invisível, chama de maneira intrigante e desafiadora a discussão a respeito do tipo de superfície que temos na natureza, com relação à sua interação com a luz. - Que pueril seria definir tipos de superfície e discorrer sobre de suas características? Aparentemente, isto é, colocado como "mais uma informação", o fato do cachorro querer cheirar a sua imagem em um espelho, pareceria desprovido de bom senso ou plenamente sem graça. Porém isto colocado como uma maneira de constatar que nossa visão tridimensional tem muito de cultural, intriga. Qual estudante que viu com bons olhos, quando estudou óptica no colegial, as condições de Gauss? -Coisa sem a menor importância! Porém quando estas condições aparecem como condição importante para se ter uma "imagem consertada" de um objeto deformado, chegam mesmo a parecerem mágicas. E daí se chega suave e agradavelmente às construções de imagens por um espelho curvo.

Uma interpretação equivocada, poderia avaliar que este texto peca por ausência de rigor científico, por humor gratuito. Porém, apostamos, não só que este humor não é gratuito, e sim fonte inesgotável de motivação para o aluno, como também que rigor científico não se mede pela construção gramatical nem pela arrogância de postura de quem transmite o conhecimento. Acreditamos que rigor científico se avalia pela precisão com que tais conhecimentos são suscitados e pela maneira perspicaz de se introduzir questões críticas por parte do aprendiz, acerca do seu aprendizado.

Por outro lado, uma abordagem leve e solta, sem o "ranço" próprio de quem detem a verdade nua, crua e inquestionável, favorece à "desmistificação" do cientista. Coisa que já apontamos como necessária para uma comunicação, de fato, entre o educador e o educando.

Desta forma, vemos que neste texto, em sua forma, em seu espírito, estão presentes o aspecto lúdico, a criatividade, o desafio, elementos estes que apontamos como pedra angular da construção de nossa proposta.

O texto traz consigo um número bastante elevado de construções de aparelhos, instrumentos, jogos e truques. Todos devidamente contextualizados. Mas, à parte os outros aspectos que já mencionamos, ou que iremos ressaltar, está acentuada a presença de construções que cultivam a valorização de habilidades manuais. Este elemento, bastante subestimado, induzido por uma supervalorização do desenvolvimento intelectual, coisa esta fomentada de forma

exacerbada desde há muito tempo. É a velha polarização entre os que fazem - por serem menos dotados neuronicamente e os que pensam - moradores naturais do Olimpus.

No decorrer dos Cursos de Extensão para Professores de Ciências, é grotesca a limitação que apresentam tais professores, para usarem a mão, de uma forma mais delicada e articuladamente. Como alguém chegou a reconhecer certa vez: que "é... eu na verdade tenho duas mãos esquerdas".

Porém em momento nenhum estes educadores deixaram de reconhecer que seus alunos teriam bem menos dificuldade para montar os experimentos que eles. A constância ao longo do textos deste tipo de atividade, tenta assim desenvolver, desde cedo, a capacidade criadora e manipuladora de objetos por parte destas crianças. Apostamos pois, na total integração entre o fazer e pensar; estas coisas podem e devem caminhar juntamente.

A verdadeira comunhão entre a "coisa" e seu "espírito", aflora quando o objeto, o aparelho construído, é levado ao uso e é também, ao mesmo tempo objeto de admiração. O fazer, em si só, não se sustenta. O fazer funcional já representa um passo; já se pode aferir a assimilação de determinada habilidade, de determinado conceito. Mas acreditamos que a assimilação equilibrada, ideal, acontece na comunhão _ como já foi mencionado _ entre o belo e o funcional. É a aquisição de um conhecimento, ou a exteriorização da razão, banhada de sensibilidade.

Ao longo do texto, quando exaltamos, sempre, ao término de uma montagem proposta, o fator "acabamento" da construção, quando relevamos a questão de beleza, da estética no seu mais simples significado, desafiamos a criatividade e a fantasia dessas crianças. Mas este sentimento, este valor, precisa ser sentido de fato, por parte de quem o cultiva em outrem, pois, de outra forma, parecerá um discurso forçado.

Quando da aplicação desta Proposta em Cursos de Reciclagem para Professores de Ciências, onde todas ou quase todas estas montagens eram verificadas,em determinado momento, no final da atividade, era falado, em tom de crítica bem humorada, coisas como: "...Você se esforçou para que isto saísse feio desse jeito ou foi acidentalmente?" Natural que, mesmo num tom de brincadeira, os professores não gostavam, acusavam a falta de reforço positivo ou estímulo. E justificavam dizendo: "...Você tem que ver que é a primeira vez que estamos trabalhando dessa forma, nós não fomos educados para fazer isso".

Sem dúvida o trabalho em grupo, no espírito de atividades de oficinas, proporcionará clima para valorização do objeto de trabalho como um todo: forma-função-significado. Uns se destacam mais na planificação da montagem, outros na própria montagem e outros, no acabamento. São naturais essas identificações dentro de um processo como este. E isto é que torna a atividade rica, alegre, integradora. Isto permite que, até mesmo,

professores de Física, Educação Artística, Português, etc, trabalhem juntos. Na montagem de um projetor, para a estética da apresentação e para o texto ou contexto que a exposição traz.

Certamente o texto de óptica poderia ter começado por um outro tópico que não "sombra". Os livros didáticos o fazem de maneiras diversas. Porém, não estávamos preocupados apenas com o texto, com o seu conteúdo, com o seu rigor científico. Preocupava-nos também o contexto no qual deveria ser inserido o conteúdo de óptica; sua forma. Por essa razão, buscamos encadear os tópicos, de maneira a gerar um roteiro onde a luz aparece como a principal estrela.

Surge então, a luz das trevas . Que tal uma noite de lua nova para relembrarmos as trevas do Genesis? Porém, depois vem a lua quarto crescente, que traz consigo a pergunta do garotinho do texto de Jorge de Andrade: "...Por que a Lua está quebrada?". E aí então começa o nosso caminho, investigar a luz passo a passo _ O que acontece quando tentamos impedir a passagem da luz? Primeiro com um objeto de grande extensão, em relação à fonte de luz, depois, quando a fonte é extensa em relação ao objeto. E assim vamos discutindo sombra e penumbra. E brincando sombras, descobrimos que podemos criar um cachorro maior ou menor, basta aproximar ou afastar o objeto da fonte.

Aprendemos também como acontecem as fases da Lua _ o céu, a Lua é um dos mistérios primeiros da nossa vida.

Depois de tentarmos impedir a passagem da luz, partimos para verificar o que aconteceria, se deixássemos apenas um pequeno orifício de passagem para a luz. Isto é proposto, nesta ordem, porque, além de dar uma sequência em relação a diversos tipos de obstáculos à luz, também desafia, pela primeira vez, o entendimento da criança, a formação da imagem observada permitindo, entretanto, que ele investigue e monte seu modelo explicativo, no caso, bem simples, pois no primeiro momento o que lhe interessará é o caminho da luz.

Esta atividade também é muito importante porque coloca a necessidade de um "amadurecimento" em sua observação e no tratamento do problema, pois perceberá que também o diâmetro do furo é importante, tanto para a nitidez da imagem quanto para a sua luminosidade, de forma inversa.

É importante observar que essa atividade, coloca a necessidade de controlar variáveis, de uma maneira bem concreta . cada variável vai se mostrando de maneira bem evidente e de fácil manipulação.

Para explorar um pouco mais este fato da nitidez e luminosidade de uma outra forma, como também para mostrar que este era um problema concreto de nosso cotidiano, quando usávamos determinados instrumentos ópticos e, por último para desenvolver uma habilidade nova e prazeirosa nas crianças, partimos para fixar as imagens projetadas na câmara escura. Atividades de fotografia colocam uma série de questões, que chamam o restante do texto. Todos estão

acostumados a lidar ou já viram as máquinas fotográficas que existem por aí, e sabem que elas têm um "vidrinho" na frente e não um simples orifício. é preciso então passarmos para a discussão de lentes.

Porém é preciso estarmos preparados para o fato de que ao tocarmos no assunto "lente", este trará uma quantidade muito grande de novas questões. E esta proposta só faz sentido se, não só se permitirmos tais questões através de uma abordagem mais ou menos livre; como também provocarmos as questões que acreditamos de importância fundamental para o desenvolvimento do conteúdo. é importante ressaltar que em momento algum propomos a amarração das questões, da abordagem do conteúdo, e da sequência do texto. Ela é importante, porém não tão rígida. As outras questões têm que ser encaminhadas sem escamoteação.

Conhecendo um pouco as lentes, trabalhamos alguns instrumentos ópticos e descobrimos também como projetar, de maneiras diversas, belas imagens. é importante que, até o presente momento tudo o que aconteceu no caminho da luz, ela conseguiu de alguma forma superar, isto é, até aqui a luz operou todos esses feitos, passando através dos obstáculos colocados. Seja limitando-se a alguns "raios", ou sendo desviada. Mas o fenômeno de transparência, de alguma forma é o que predominou.

E aí, o que acontece quando a luz é obrigada a voltar do mesmo jeito que chegou? Chegamos então aos espelhos. Como conseguir projetar imagens semelhantes

àquelas fazendo a luz voltar? Daí discutimos os diversos tipos de espelhos ... começando pelo mais simples: o plano. Neste tópico, isto é, explorando o fenômeno da reflexão, propomos o maior número de atividades lúdicas e fantasiosas possível. Aqui o capricho e a estética caminham lado a lado. É importante ver que aqui surge uma superfície que não se definiu muito bem ainda: se é espelho ou se é transparente. O semi-espelho. E este tipo de superfície é bastante explorada para várias construções engenhosas. A proposta de construção do periscópio, neste tópico, é a maneira encontrada de colocar a necessidade de se saber as leis da reflexão. Elas aparecem como uma resposta a uma indagação curiosa, não como uma informação desprovida de contexto. A introdução da questão de perspectivas anamórficas no texto, também é uma maneira lúdica e desafiadora, de se introduzir as propriedades de um espelho curvo, isto é, cilíndrico - é preciso entender a interação da luz com este tipo de espelho, para compreender aquela maravilhosa transformação.

É importante ressaltar, que todas estas atividades lúdicas, estas brincadeiras, estas construções, já têm uma importância muito grande, por esses aspectos que significam, não apenas pela possibilidade que apresentam de, disfarçadamente, servir de meio para a transmissão de alguns conceitos de Física, coisa que em análise equivocada poderia sugerir.

Até aqui a luz passou ou voltou sem sofrer modificação alguma. Porém, como que a luz ao passar pelo

arco de goticulas do céu, pode gerar aquele colorido todo? É preciso explicar os diferentes coloridos de nosso dia a dia. A cor do céu, das bolhas de sabão, as cores em círculo das manchas de óleo no asfalto. É preciso descobrir, como pintar com a luz . Como que a luz interage com a matéria. E até mesmo, tentar agora responder de uma maneira mais arrojada o que é a luz, como é produzida.

Nesse momento, o comportamento de investigação e de teorização dessas crianças já lhes permite um aprofundamento maior na discussão das questões dos modelos. O modelo físico explicativo surge aí como necessidade de se compreender a óptica Física. A Física Moderna da óptica. Essa atividade, precisaria então, ser uma atividade de conclusão, de um apanhado geral de conceitos apreendidos, e apreensão de novos que englobem, que permita ao aluno obter uma compreensão integradora dos fenômenos de óptica.

Por último, é preciso chamar a atenção dessas crianças para o aspecto belo, curioso, encantador de todos esses fenômenos, que se processa - após a luz sofrer qualquer tipo de obstrução nos nossos órgãos sensíveis à luz: nos olhos. Coloca-se então aí a necessidade do entender o funcionamento de nossa visão, como também das discussões acerca das questões de percepção visual e ilusão visual como uma limitação de nossos órgãos visuais e como uma questão cultural de observação.

Assim, conseguimos discernir um encadeamento lógico, desafiador e contextualizado do conteúdo de óptica.

Porém cabe ressaltar, mais uma vez, que a maneira que se requer para trabalhar essa proposta, é aquela que permita iniciativa, liberdade, expontaneidade por parte das crianças. Trabalhando em grupos, em ambientes tipo oficina, que possibilitem todas estas construções e elaborações; sendo, além de tudo, incentivados.

V - O Texto de óptica

Aqui apresentamos de óptica que elaboramos, ao longo de anos de trabalho. _ Mais precisamente uns quatro! _ Um texto recheado de raciocínios que, embora parecendo, às vezes, absurdo, arrastam consigo uma irrefutável lógica _ ou não ! Um texto sem muitas amarras. ... Mais uma opção...

Das Sombras

Uma das coisas que mais nos maravilha em nosso Universo, sem dúvida, é o céu. Mas não aquele que muitos pensam que, mais tarde, lhes servirá de suguro abrigo. Mas aquele céu, que mesmo inexistindo, de fato, mostra-se como uma camada esférica giratória que, durante o dia, mostra-nos apenas uma bela e brilhante bola ardente de luz; contrastando com um esplendoroso azulado, e que durante a noite apresenta-nos minúsculas "pedras preciosas" cintilarem, que parecem encrustadas nessa camada. Ao lado dessas, um estranho astro, em cor de prata e de forma intrigantemente variável, reprisa espetáculos de 28 em 28 dias, contra um fundo negro e misterioso...

Em um trecho do texto "Rastro Atrás" de J. Andrade, vemos o seguinte diálogo entre um caçador e seu filho:

_ "Pai, por que a Lua tá quebrada? ...Por que a Lua parece, às vezes, quebrada?"

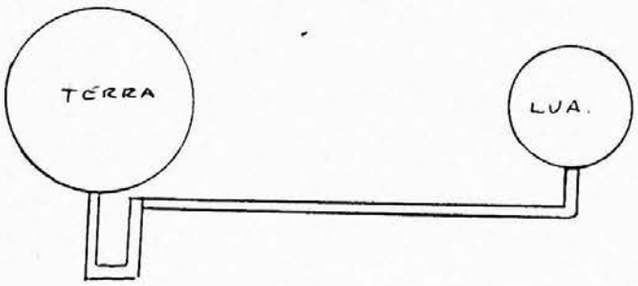
E você, saberia explicar isto a esse menino? Pois é, primeiro precisaremos recordar que a Lua não possui luz própria. O brilho prata que faz ???? em nossos olhos, sobre nosso planeta, é apenas fruto de um magnífico reflexo de luz do sol que lá incide. Assim, já temos alguma pista para nossa conclusão. A Lua, quando parece quebrada, na realidade possui uma de suas "bandas" escurecida, isto é, lá não está chegando luz do sol.

Podemos então dizer que nessa região temos sombra. Algo se coloca entre o Sol e a Lua, impedidindo a passagem de luz do astro-rei até o nosso único satélite. Mas, temos também outra dica: a sombra, sempre apresenta um contorno em linha curva. Isto é uma forte razão para crermos que o obstáculo que se apresenta à luz do Sol, deve também ser esférico. E, sem dúvida, nossas investigações nos conduzirão à própria Terra. Podemos então concluir que as "partes quebradas" da Lua, são frutos da sombra que a Terra faz na Lua.

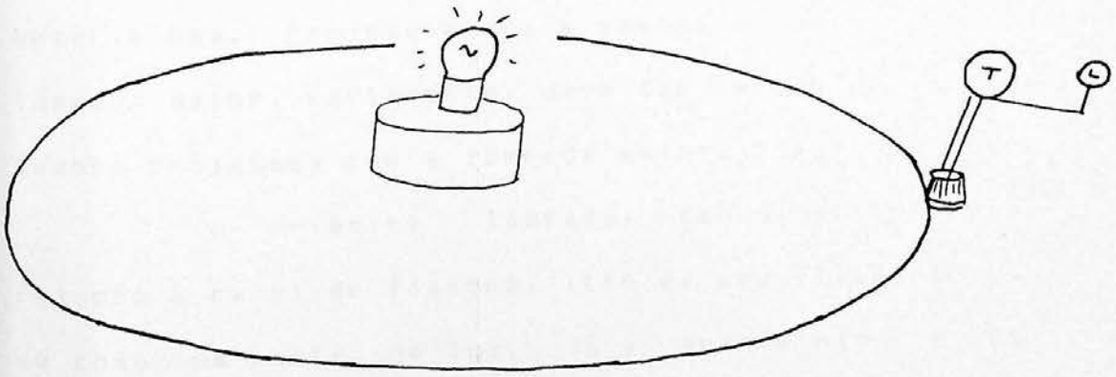
E quando a Lua some totalmente de nossas noites? Aí também é simples: se fizermos um esboço da posição Sol-Terra-Lua, poderemos ter idéia do que se passa.

De acordo com a disposição acima, ninguém sobre a Terra verá a Lua. Isto, não porque a Lua está do lado que é dia, mas porque a região da Lua que permanece iluminada é a oposta à superfície da Terra.

Tente construir um arranjo que simule o sistema Lua-Terra-Sol. Use uma lâmpada, uma bola de isopor média e outra menor. Fixe a posição das duas bolas, como que a Lua girando em torno da Terra. Para isso, use um arame.

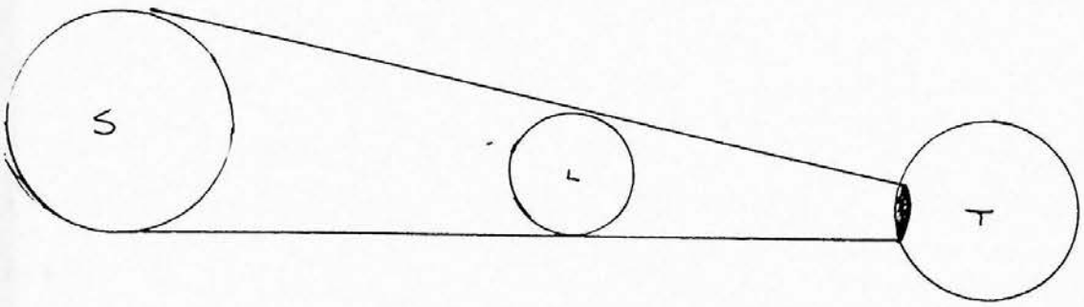


Encaixe agora a parte dobrada do arame em um canudo de refresco.



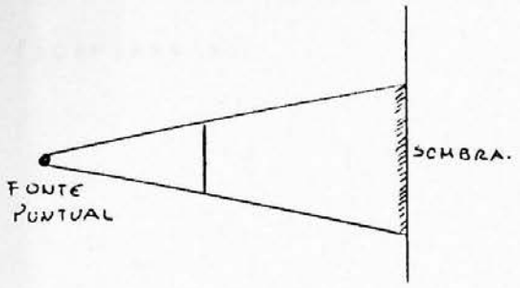
E os eclipses?

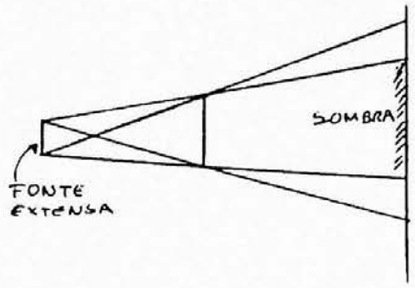
Variando um pouco mais a posição da Lua, deixando-a entre o Sol e a Terra, verá que alguma posição da circunferência, a Lua fará sombra sobre a Terra. Na verdade, teremos a seguinte configuração:



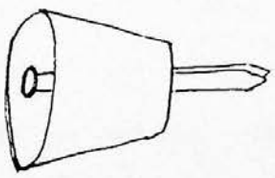
E porque temos eclipses totais e parciais? Ora, façamos uma experiência simples. Consiga lâmpada pequena e uma grande. Projete primeiro com a pequena, por exemplo, a sombra de uma caixa de fósforo sobre uma parede clara. Observe bem. Projete agora a sombra da mesma caixa usando a lâmpada maior. Certamente, deve ter percebido um contorno na sombra projetada com a lâmpada maior. E por que isso?

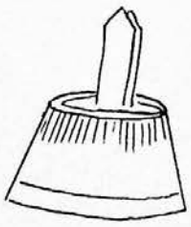
À primeira lâmpada, sendo muito pequena, em relação à caixa de fósforo, isto é, seu filamento, comporta-se como um ponto de luz. Já a grande não. É uma fonte extensa de luz, determinamos as seguintes regiões de iluminação:





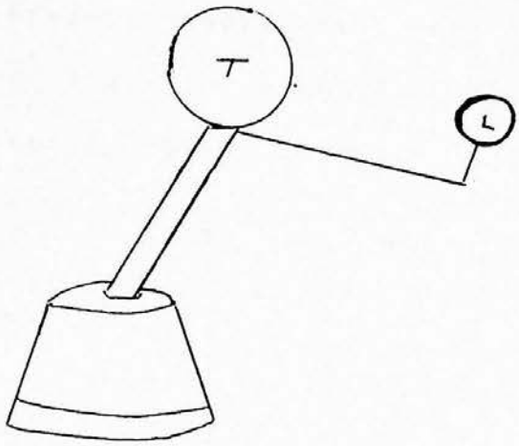
Como suporte ao canudo, faremos o seguinte arranjo: pegue um copinho plástico de café, um colchete do tipo bailarina e gesso. Encha quase que totalmente o copinho com gesso. Perfure o fundo do copo com as pontas do colchete, deixando as "pernas" do colchete quase que totalmente de fora - deixe, internamente, apenas o comprimento de 1cm. Coloque um pouco de água dentro do copo e misture o gesso. A massa deve assumir uma consistência pastosa.





Após seca a mistura, encaixe o canudinho que sustenta as bolas de isopor na "pernas" do colchete. Agora, como eixo da Terra é um pouco inclinado em relação à sua

órbita, entorte um pouco as "pernas" do colchete de forma a ficar assim:

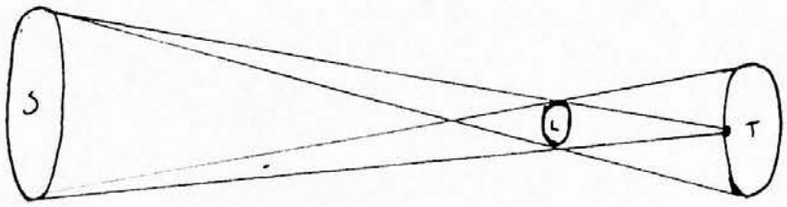


Consiga uma lâmpada incandescente, e arranje um suporte, uma lata, por exemplo, de maneira que ela permaneça à mesma altura da bola que representa a Terra.

Desenhe uma circunferência sobre uma cartolina branca. Esta simulará a órbita da Terra. Coloque o copinho sobre um ponto dessa linha circular e, deixando toada a circunferência, sem rotacioná-la. Assim verá as diferentes regiões da Terra que são iluminadas ao longo do ano. Isso causa as estações do ano. Parando o copo, de vez em quando, em um determinado ponto dessa órbita, e girando a Lua em torno da Terra, verá as diversas fases da Lua. Tente!

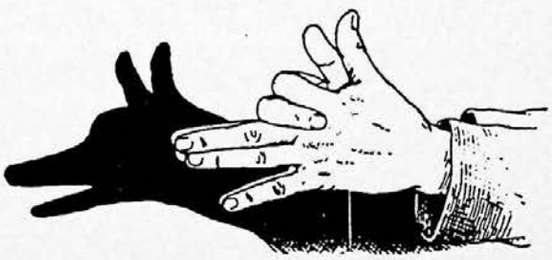
No primeiro caso, a parte de luz projeta apenas uma região de sombra. No segundo caso, temos três regiões diferentemente iluminadas. A região A é de sombra. A região que chamamos de B, recebe um pouco de luz, de parte da fonte extensa. Permanece, assim, um pouco iluminada. Daí para frente, a região C fica totalmente iluminada. A região B é uma região de penumbra.

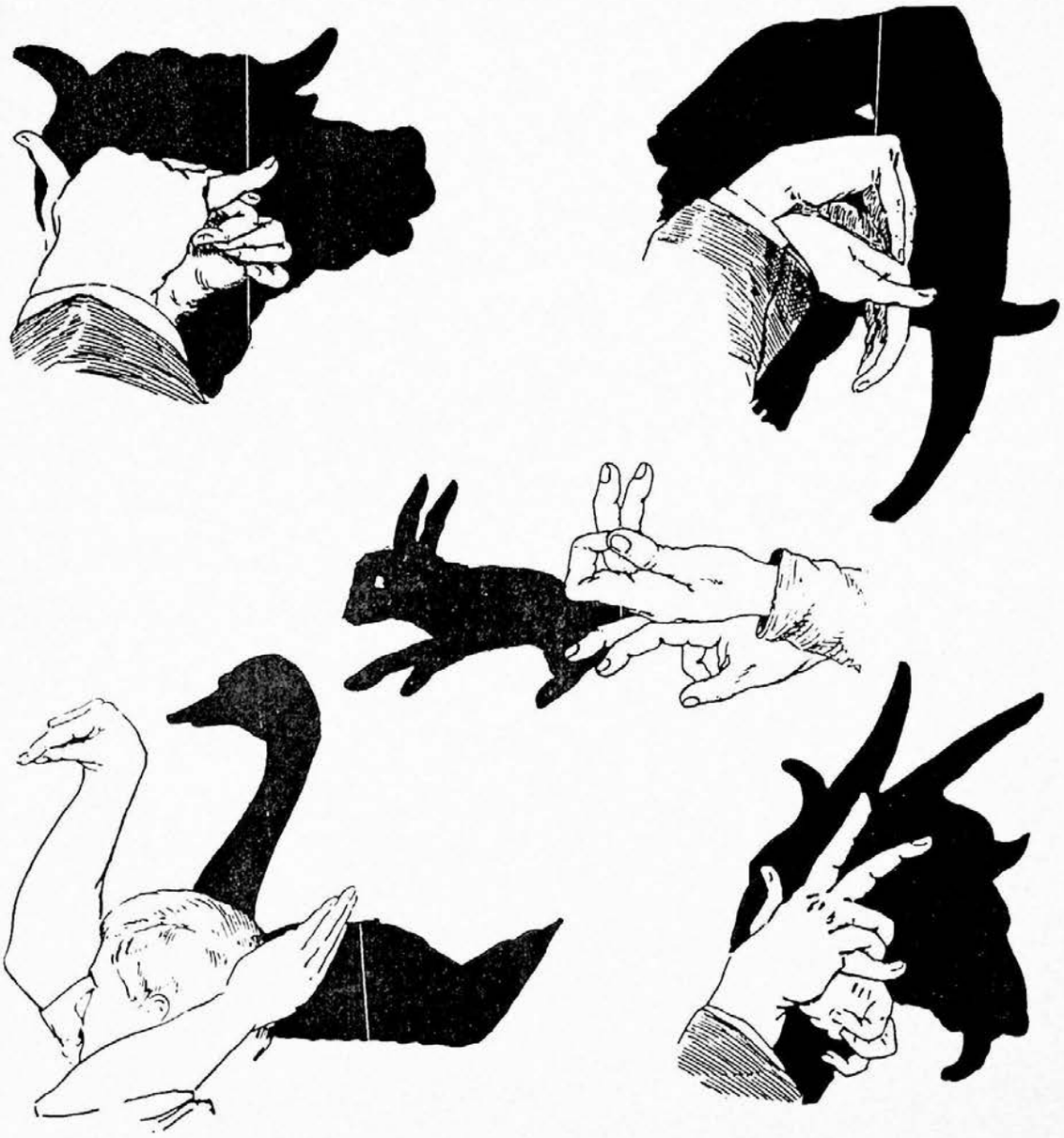
Dessa forma, como o Sol é uma fonte extensa, em relação à Lua, projeta todas essas regiões de diferentes iluminações sobre a Terra. A região totalmente escurecida durante o eclipse, é região sujeita à eclipse total. A região de penumbra é a região sujeita a eclipse parcial. A outra não é afetada.



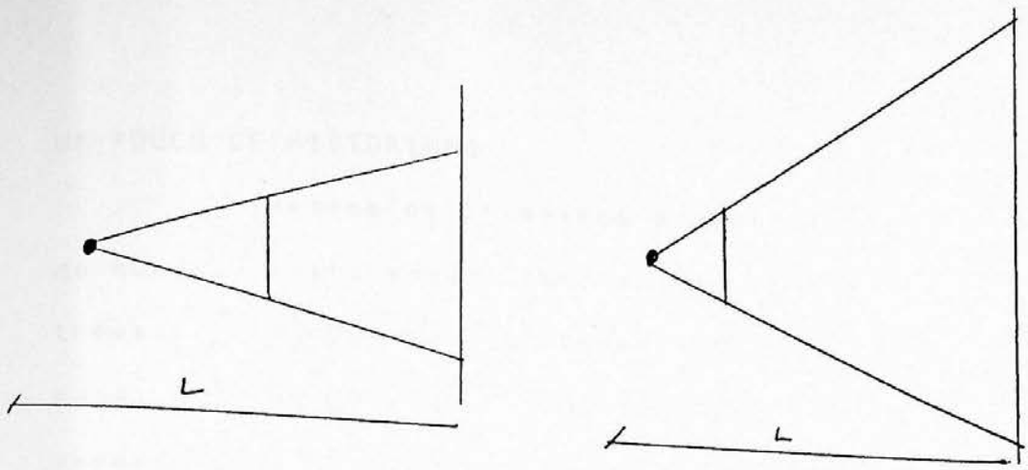
BRINCANDO COM SOMBRA

Você, certamente, já brincou bastante com sombras, não? Talvez fosse a pessoa que mais gostasse quando faltave luz em sua casa; ficava mais fácil brincar de projetar sombras com a luz da vela. Aqui vão algumas sugestões para se divertir um pouco.





Mas você já reparou que, quanto mais aproximamos o obstáculo da fonte de luz, maior fica a sombra? Pois é, por que isto ocorre? Se tentar construir geométricamente as sombras de um mesmo objeto, colocado em diferentes posições, em relação à fonte de luz; verá que a razão é simples.



Isto é uma forte evidência de que luz caminha em linha reta. E é por isso que temos diferentes tamanhos de projeções. Continue se divertindo com sombras.

UM POUCO DE HISTORINHA

Imagine os primeiros momentos, logo após a criação do mundo... isto mesmo; tudo muito escuro! "...No início era trevas..." - Que tal transportarmos estas "trevas" para hoje, e tentarmos ver o mundo no escuro? Bom ... a bem da verdade isto parece uma tarefa para algum mito. Mas ... se deixarmos apenas um pequeno furinho para não ficar completamente escuro? Ora, você deve estar se perguntando onde fazer este furo, e para que toda essa arrumação? Pois é, conta-se que já na Grécia Antiga se conhecia uma "caixa mágica" que permitia "ver o mundo" no escuro.

Conta-se também que esta "caixa mágica", intrigava a todos, pois além do vazio total de seu interior possuia, apenas, um minúsculo furinho. E, com tudo isso, conseguia mostrar maravilhosas e estranhas paisagens na parede interna oposta ao furinho. Mas pelos registros históricos que se tem, parece que a "patente" desta caixa mágica ficou com um astuto e estudioso árabe chamado Alhazen, que desfrutou de sua existência ao longo do século XI. A história fala que este moço usava deste intrigante instrumento, para acompanhar eclipses solares; evitando assim olhar diretamente para o sol.

A "coisa" funcionava assim: a "caixa" era na realidade uma sala de reduzidas dimensões, completamente fechada - portanto, plenamente escurecida - com um orifício de mais ou menos 2mm de diâmetro em uma de suas paredes, à metade da altura da mesma. Na parede oposta ao orifício era

fixado um tecido branco que funcionava como uma espécie de tela, onde seriam projetadas as paisagens - ...tudo muito parecido com uma sala de cinema - Você já deve ter imaginado, que este "instrumento" não devia ser usado apenas para acompanhar eclipses solares, pois se assim fosse o, estaria em ótimo estado até hoje, pelo pouco uso, não?! Pois é, como já foi mencionado, esta "sala de cinema", projetava outras coisas em sua "tela", além do sol. Toda paisagem que encontrava-se diante do orifício desta sala, quando plenamente iluminada pelo sol, podia ser vista; projetada no interior da sala escura. Assim, em vez de se expor ao Sol para admirar uma bela paisagem, esta poderia ser contemplada no interior da tal sala....Quanta sabedoria, não?

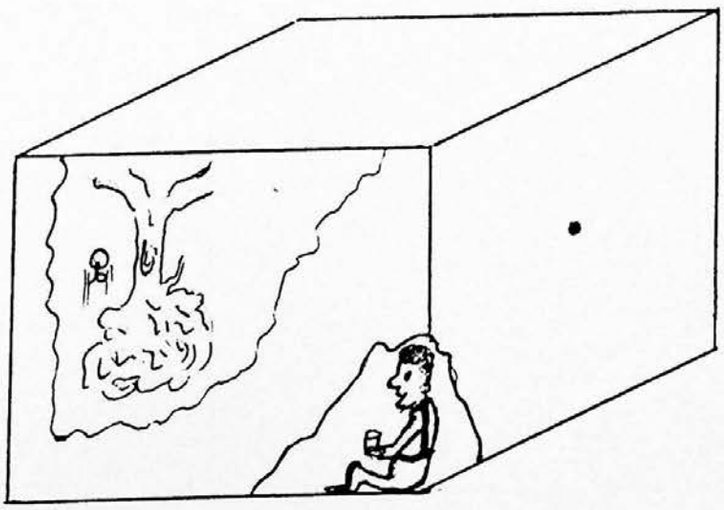


figura: Suposta imagem de Alhazen contemplando uma das paisagens projetadas por sua câmara escura

...Pois é... conta-se também que esta estranha "sala de projeção" possuia um grande defeito: a paisagem era projetada na tela de ponta cabeça! -Há quem diga que tentou-se inverter uma dessas construções, porém, a ausência de poderosos guindastes inviabilizou tal tentativa. Também houve quem propusesse virar a tela de ponta cabeça durante a projeção, mas não resolveu o problema. E assim, até o início do século XVII, tinha que se consolar em admirar o mundo de ponta cabeça.

Pintores, copiadores e desenhistas da época, usaram também este instrumento, para copiar uma bela paisagem - a máquina fotográfica ainda era ficção científica para eles - Mas a verdade é que estes laboriosos profissionais, já não suportavam os gastos com tal hoby.- Imaginem vocês, toda vez que escolhiam uma nova paisagem para retratar, tinham que arcar com as despesas da construção de uma nova sala escura, diante desta paisagem!

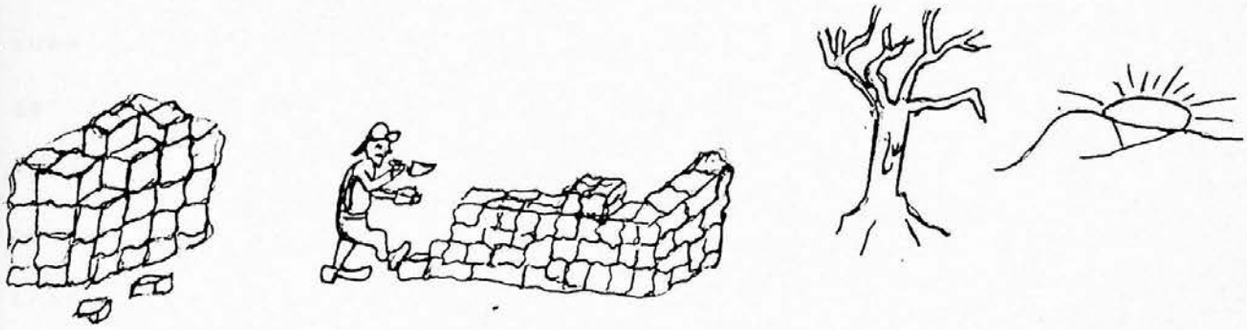
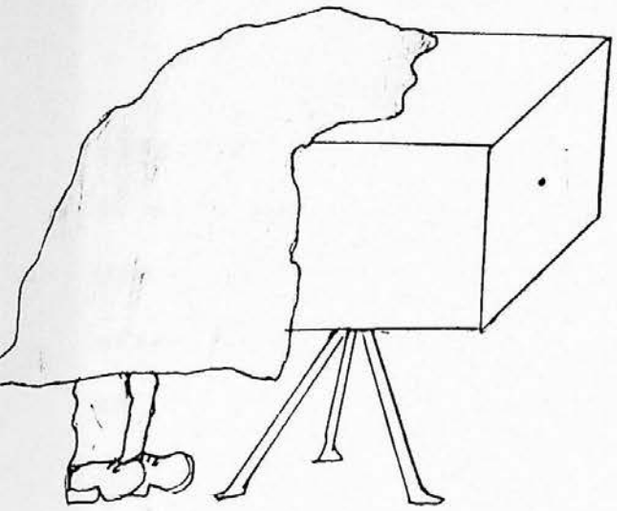


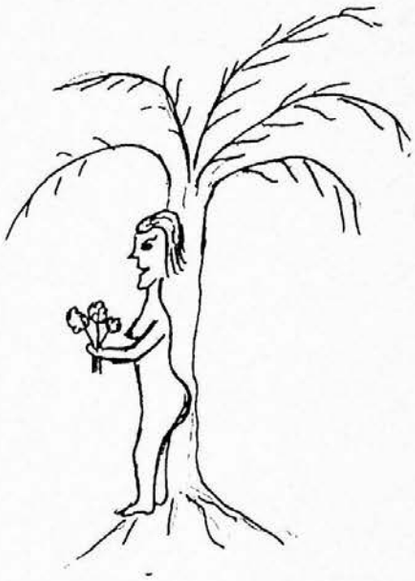
figura: um suposto pintor da época, construindo sua "sala escura"

...Ora, mas não tardaria para o avanço tecnológico chegar até aquela civilização. Já no final do século XVII, são "fortuitamente", construídas as primeiras "salas escuras" portáteis - e, segundo fontes fidedignas, não foram importadas do Japão! - Conta-se que eram facilmente transportadas nas costas, até por uma criança de 5 anos.... Foi uma verdadeira revolução na arte de copiar paisagens - Agora não se perderia mais tempo e capital, construindo novas "salas", em vez disso, comprava-se inúmeras telas. Que maravilha; apenas uma sala seria suficiente para todas as paisagens - uma de cada vez!

E nesta nova versão, não era mais preciso adentrar na sala escura; a imagem era projetada numa superfície translúcida, isto é, uma superfície que permite a passagem de luz, porém de uma forma como se estivesse embassada - O papel vegetal que temos hoje, é um ótimo exemplo de uma superfície translúcida. Esta "sala em miniatura" consistia de uma caixa de madeira, de mais ou menos, 1m3. com um orifício, de 0.5mm de diâmetro em uma das faces, e a face oposta ao orifício, era substituída por uma película translúcida. A imagem projetada pelo orifício, formava-se então sobre a película, podendo assim - devido ao fata da superfície ser translúcida - ser observada de fora da caixa. Para que o contraste da imagem na "tela" pudesse ser melhor visto, usava-se do recurso que os fotógrafos "lambe-lambe" usam ainda hoje: cobrem a tela e a cabeça com um tecido escuro.

Temos que convir que, para os que usavam este "instrumento" para copiar paisagens, não era nada agradável permanecer um longo tempo ao sol, sob "cobertor", mas... o labor enobrece o ser....Devido a estas novas dimensões, esta que era chamada "sala escura", passou a ser conhecida como "câmara escura".





Uma suposta sessão de desenho em praça pública no século XVII.

UMA VERSÃO PÓS-MODERNA DA CÂMARA ESCURA

A estas alturas, você deve estar imaginando, que este tipo de projeção só ocorria furos da idade média, isto é, não funciona esta câmara com furos de hoje. Porém, isto não é verdade. Este tipo de projeção você pode observar, mesmo deitado em sua cama, se sua janela tiver uma fresta, e se tiver uma paisagem ou passar alguém em frente à sua janela. Preste atenção e verá a imagem projetada de ponta cabeça no teto ou na parede oposta à janela.

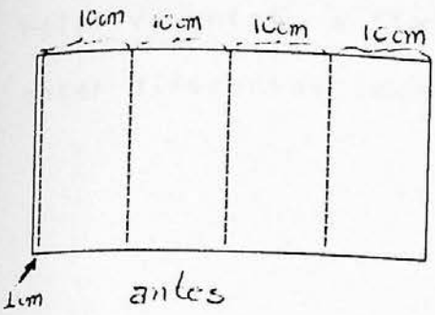
Mas se sua janela for desprovida de fresta ou se no horizonte de sua janela não existir uma paisagem, não desanime; nós construiremos uma versão pós-moderna da câmara escura. Para isto será preciso arranjar:

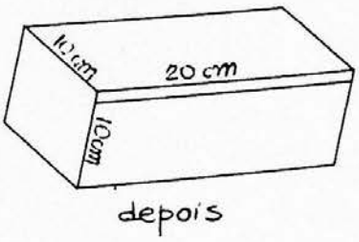
-uma folha de papel cartão preto

-um pedaço de papel vegetal de 10cm x 10cm

-cola, fita crepe, alfinete e um pedacinho de 5x5cm de papel alumínio.

Recorte duas faixas de papel cartão de 20cm de largura, sendo uma de 41cm de comprimento e a outra de 39cm. Sobre a primeira, faça o tracejado indicado na figura abaixo. Dobrando sobre o tracejado e colando o centímetro que sobrou sobre a face adjacente, terá construído a primeira "caixa sem fundos". Veja a figura 1a e 1b. Deixe a face preta do papel cartão para dentro.



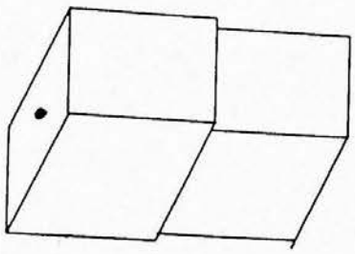


Construção semelhante deverá ser feita com a outra faixa de papel cartão; só que agora cada faixa deverá ter 9.5cm de largura. Uma caixa deverá encaixar na outra. Com um quadrado de 10x10cm de papel cartão, faça um "fundo" para a caixa maior, colando-o à caixa com fita crepe e tomando cuidado para não ficar frestas. Neste fundo faça um furo com o alfinete.

Usando agora papel vegetal, faça algo semelhante, isto é, um fundo também, para a outra caixa. Encaixe uma na outra, deixando a face com papel vegetal da caixa menor, para dentro. Mire a paisagem à sua volta e verifique se há projeção desta paisagem na "tela" da câmara escura.

Nesta montagem, você deve ter percebido quanto vantagem obtemos: não precisamos cobrir a cabeça para escurecer a tela, pois ela, por encontrar-se no interior da caixa, já permanece sensivelmente escurecida. Outra vantagem é que como uma caixa desliza dentro da outra, é possivel

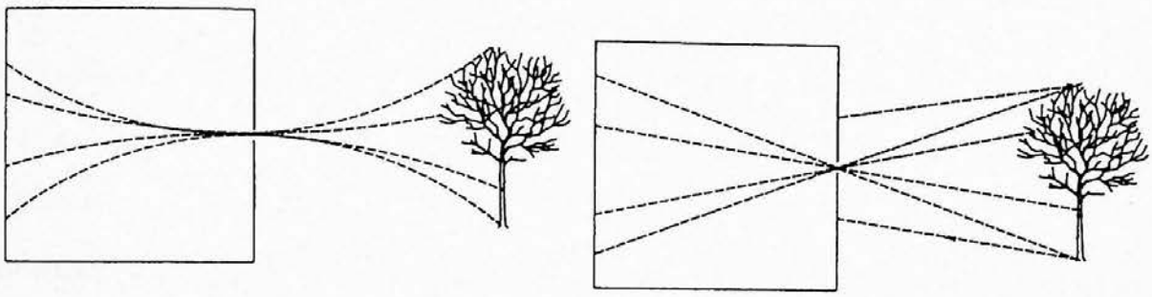
paralizar as imagens projetadas. Isto é, variando a posição relativa entre a "tela" e o orifício projetor, você pode obter diferentes imagens - escolha a melhor!



...Pois é... mas por que será que as imagens são sempre projetadas de ponta cabeça?

UMA EXPLICAÇÃO PRÉ-ARCAICA

Havia um caiçara que dizia que "a melhor maneira de encontrar um peixe, é seguindo seu rastro". Ora, sabemos que esta é uma tarefa das mais difíceis; porém, seguir o rastro da luz não o é. Vamos então verificar quais os possíveis caminhos que levaria a luz desde o objeto iluminado até a tela.

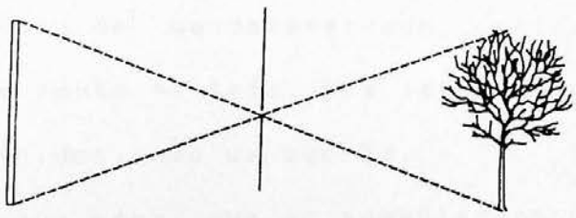


caminho 1 caminho 2

Parece que só são possíveis estes dois. O primeiro pressupõe que a luz refletida pela árvore, sabendo que deveria passar pelo orifício, desvia-se de seu trajeto normal, antes de penetrar na câmara. Ao cruzar o orifício, percebera que nada mais obstruia o seu caminho e abriam-se novamente. Porém observe que se fosse este o caminho percorrido pela luz, a imagem deveria formar-se direita, pois o raio de luz que partia da copa da árvore, atingia a tela numa posição correspondente à região superior da

imagem. Da mesma forma, o raio proveniente da raiz, atingiria a região inferior.

No esquema proposto pelo caminho dois, os raios de luz refletidos pela árvore, não foram avisados que deveriam passar pelo orifício, de maneira que a maioria foi bloqueada pela tampa da câmara. Só aqueles que vinham na direção do furo é que conseguiram atravessá-lo. Ora, sabemos que de cada ponto da árvore, parte luz em todas as direções. Assim, a imagem obtida na tela, foi construída pelos raios que, mesmo partindo de diferentes pontos da árvore, caminhavam na direção do orifício. Assim sendo, o raio de luz que partiu do ponto mais alto da árvore, deveria atingir a região inferior da tela e o raio de luz que partiu da raiz, deveria atingir a região superior da tela, isto é, estes raios se cruzariam ao passar pelo orifício, seguindo seus trajetos retilíneos.



Este esquema, sem dúvida, é compatível com o que observamos na tela da câmara. A imagem projetada, inverte-se

em relação ao objeto. Daí podemos inferir as seguintes peculiaridades a respeito da luz:

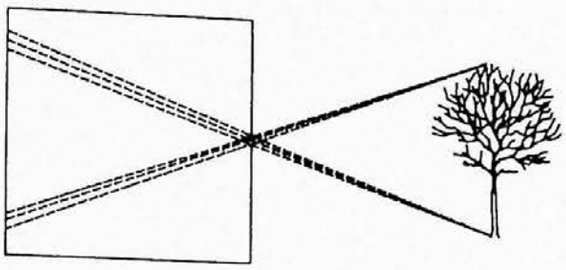
1. Quando passa por um buraquinho ... não toma conhecimento da sua existência - mesmo porque buraco não é algo presente, mas sim ausente!

2. Prefere caminhar em linha reta!

Vamos continuar brincando mais um pouco com a nossa câmara. No lugar do furinho de alfinete, faça agora um furo do diâmetro de um lápis. Observe novamente a imagem formada. Ela deve ter ficado bastante borrada - e você bem chateado por ter estragado sua câmara escura, não? Mas...não é bem assim; daremos um jeito. Antes é importante atentar para um fato: dizer que a imagem ficou borrada, corresponde ao mesmo que dizer que esta perdeu a nitidez. Vamos aprender bem este conceito: estar nítido significa dizer que os detalhes da imagem são construídos com um único traço, isto é, a luz que partiu de um determinado ponto do objeto, atingiu apenas um ponto na tela. Com isto, temos a formação de traços bem definidos, não um borrão.

-E por que será que ao aumentarmos o diâmetro do furo, perdemos nitidez na imagem projetada? Você já deve ter matado a charada. - É isto mesmo; com um furo maior, vários raios de luz que partem de um único ponto do objeto - no caso, da árvore - conseguem passar pelo furo, e atingem a tela em pontos muito próximos. Assim, a um ponto do objeto,

corresponde um conjunto de pontos projetados, que formam uma mancha e não mais um ponto bem definido.



Cuidado para não confundir nitidez com claridade. Você deve ter percebido que, à proporção que você aumentava o diâmetro do furo, a imagem ficava mais clara, isto é, mais iluminada. E isto é lógico, entrava muito mais luz na câmara. Porém, para termos uma boa imagem, precisamos balancear luminosidade com nitidez; não adianta ganhar muito em um e perder muito no outro...É mais uma manifestação do Princípio da Incerteza do velho Heisenberg.

Se você está pensando em jogar fora sua câmara estragada, aqui vai um reparo para ela. Consiga um círculo de papel alumínio de 2cm de diâmetro e cole-o sobre o orifício da câmara. Com o alfinete, você poderá fazer um novo furinho no papel alumínio; sendo este bem mais definido e sem as rebarbas que, provavelmente, o outro possuia.

UMA CÂMARA ESCURA QUE "APRISIONA" AS IMAGENS

Ora, mesmo que se copiasse muito bem as paisagens projetadas pela câmara, tais cópias nunca retratavam perfeitamente estas paisagens. Seria muito mais interessante se fosse possível fixar diretamente na tela, a imagem conseguida. Então começou-se a perseguir a maneira de "aprisionar" a imagem na tela. Percebeu-se logo, que era preciso encontrar algo que mudasse de tonalidade quando atingido pela luz, e assim permanecesse para sempre.

Em meados do século XVII, oobservou-se que certos compostos de prata escureciam quando expostos ao sol. Observou-se também, que a tonalidade destas impressões dependia tanto do tempo de exposição ao sol, como também da intensidade da luz naquele momento. Conclui-se então, que certos sais de prata eram fotossensíveis - o termo foto designa luz; assim, ser fotossensível, significa ser sensível à luz.

Só no início do século XVIII é que conseguiu-se as primeiras e frágeis gravações de imagens, usando como substância fotossensível uma mistura de gesso e nitrato de prata. E lentamente foi progredindo a pesquisa no intuito de aperfeiçoar o processo de gravação de uma imagem e sua fixação por longo tempo. Passou-se por vários processos, porém foi no final do século XVIII que atingiu-se o processos fotográfico usado hoje em dia. Mais precisamente

em junho de 1888, foi lançada no mercado a primeira Kodak, o que daria inicio a uma nova era em termos fotográficos.

Pois é, o que parecia um sonho inatingível há pouco mais que um século atrás, transformou-se em uma realidade tão acessível em nossos dias. Hoje, a película fotossensível encontra-se facilmente no mercado, já pronta, ou, se quisermos, apesar de laborioso, podemos até prepará-la. Da mesma forma, as substâncias reveladoras e fixadoras dessas imagens, também são de fácil aquisição. -Ora, com tudo isso à mão, que tal fixarmos algumas imagens que nos agradam?

Vamos começar por construir, nós próprios, uma máquina fotográfica caseira. Para tanto, será suficiente uma lata de leite em pó - vazia, é lógico. E para que possamos desenvolver nossa atividade de fotografar, vá até uma loja de material fotográfico e adquira os seguintes materiais:

Papel A3

Substância Reveladora

Substância fixadora

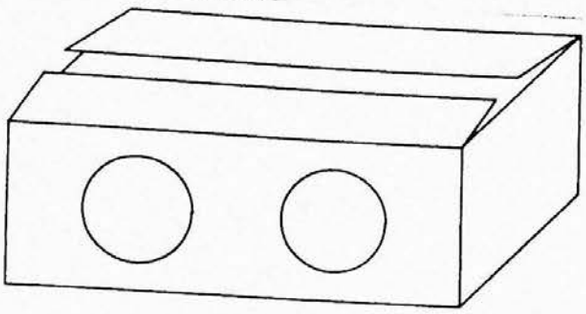
Apesar deste material ser despendioso, lhe permitirá uso por bastante tempo, ou para bastante atividade.

Com a lata construiremos algo como uma câmara escuro. Com um prego, faça um furo no fundo da lata. Por incrível que pareça, está pronta a nossa máquina fotográfica. Agora é só colocar o papel fotográfico, no

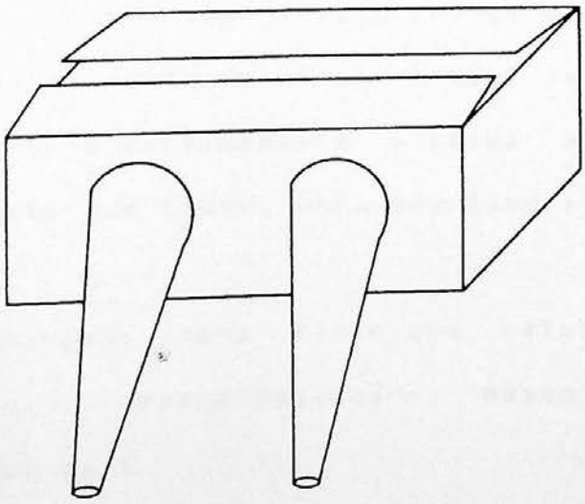
local onde deverá ser projetada a imagem, isto é, no fundo, para assim fixá-la.

Sabemos que não podemos expor à luz o papel fotográfico, portanto precisamos de um local escuro para manejarmos este papel. Se na sua escola ou na sua casa tiver uma salinha bem fechada, isto é, que possa ficar bem escura, você poderá trabalhar lá. Inclusive, para não ficar completamente às escuras, você pode até acender uma lâmpada vermelha, bem fraca, em um dos cantos da sala. A luz vermelha - por razões que veremos mais tarde, não queima a película fotográfica, para isso necessitaria de muito tempo.

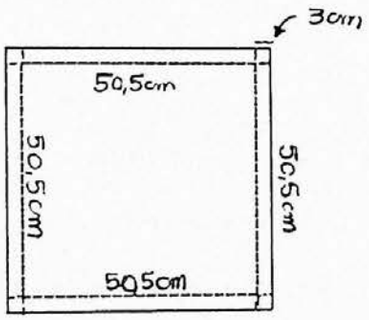
Bom, ...se você não dispõe deste recinto escuro, ou mesmo quiser, podemos construir um laboratório fotográfico portátil. Assim você poderá usá-lo onde quiser, de dia e de noite. Para isso, precisaremos de uma caixa de papelão grande (0.5 x 0.5 x 0.5m); 1 metro de tecido preto ou escuro, elástico (0.5m), cola e 3 cartolinas pretas. Primeiro forre completamente o interior da caixa com a cartolina preta. Faça dois furos circulares, em uma das faces da caixa, de 15 cm de diâmetro cada. Estes furos devem permitir a passagem da lata de leite, ou melhor, da máquina fotográfica. Até aqui a nossa construção deve estar assim.



Você já deve ter percebido que não trabalharemos dentro de nosso laboratório; apenas nossas mãos permanecerão no seu interior. Porém, para que fiquem bem vedadas as aberturas por onde passarão os braços, façamos uma espécie de "mangas de camisa", com o tecido escuro - uma para cada furo. Em uma das extremidades de cada "manga", coloquemos elástico - isto tudo deve ser feito no capricho! Cole agora as outras extremidades das mangas nos furos, de acordo com o esquema abaixo:



A parte superior do nosso "laboratório", isto é, a tampa, deverá ser mantida de forma a podermos abrir e fechar sempre que necessário. Por exemplo, para trocar o material de consumo do laboratório. Desta forma é bom construirmos uma "tampa", que encaixe na parte superior da caixa, sendo assim facilmente removível. Poderemos construí-la com cartolina preta. Se o "laboratório" tem as dimensões sugeridas, devemos fazer a tampa com uma área de, mais ou menos, 50.5 x 50.5 cm. Para isto risque sobre a cartolina o modelo abaixo.



É só recortar os traços cheios e dobrar sobre os pontilhados. Usando cola e fita crepe, a tampa estará pronta. Agora forre externamente a caixa e a tampa com o papel mais bonito que tiver, para seu laboratório ficar bem bonito.

Precisaremos agora fazer uma relação de material necessário para operacionalizar nosso laboratório fotográfico. Aqui vai:

1. Três tigelas plásticas: uma para o revelador, outra para o fixador e outra para a água (nas lojas de material fotográfico também vendem estas tigelas).

2. Tesoura

3. Papel absorvente para secar a mão sempre que preciso.

4. Barbante e pregadores de roupa, para prendermos as fotos reveladas, até que sequem completamente.

5. Fita crepe

6. Duas garrafas - uma necessariamente escura, para guardar o revelador - e a outra para guardar o fixador.

7. Funil para devolver a substância, após seu uso, nas garrafas.

8. Relógio digital ou com ponteiro de segundos.

9. Termômetro para poder acompanhar a temperatura das substâncias reveladoras e fixadoras.

10. Uma caixinha com tampa, bem ajustada, onde deverá ser guardado o papel fotográfico, já cortada em pedaços de 6 x 6cm. Mesmo assim, mantenha-os dentro de um saco plástico preto.

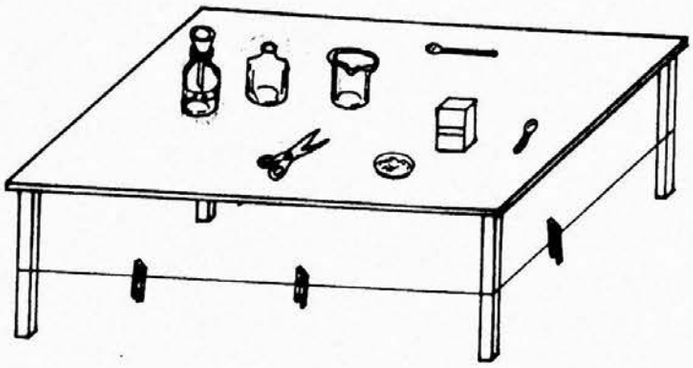
11. É indispensável você usar um bloco de anotações, onde deverão ser anotados todos os tempos de exposição, variações no diâmetro do furo e todas as outras anotações que você achar importante.

Dentro do laboratório devem permanecer:

- a caixa com papel fotográfico,
- as tigelas plásticas

- tesoura
- um prego para abrir as latas

O restante do material deve ficar, organizadamente, à mão, isto é, ao seu lado. A seguir, uma sugestão de organização para o seu laboratório.



Antes de começarmos a trabalhar em nosso ofício, vamos fazer um sussinto esclarecimento de cada passo do processo fotográfico.

I - O PAPEL FOTOGRÁFICO

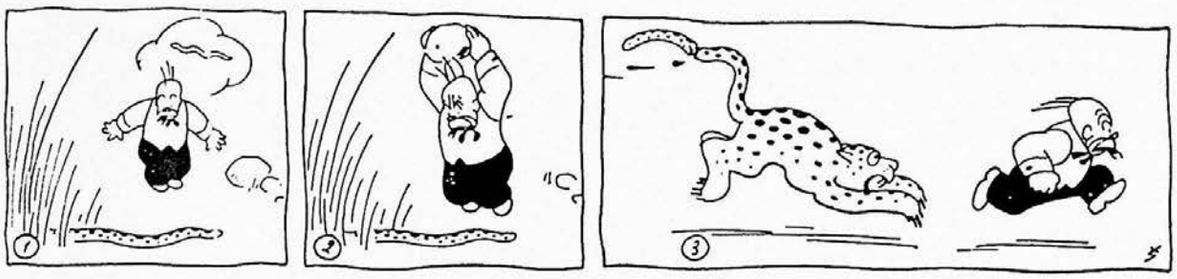
Os papéis fotográficos possuem uma superfície polida. Esta superfície polida é resultado da deposição, sobre o papel, de uma "gelatina" fotossensível. Esta substância, quando exposta à luz, deve enegrecer, provocando os contrastes que observarmos nas fotografias. Estes contrastes são fiéis àqueles da paisagem fotográfica. A

substância fotossensível usada neste papel é fundamentalmente composta por sais de prata.

II- A REVELAÇÃO

Para entendermos melhor o que acontece na revelação, vamos apreciar primeiro o quadrinho do Anderson e a cobra.

Adamson e a cobra



Pois é, algumas coisas precisam ser provocadas ou estimuladas para se mostrarem de fato. Algo semelhante acontece com a fotografia. A película fotográfica é constituida por brometo de prata, isto é, uma combinação de prata com bromo. Esta solução sofre uma decomposição química parcial quando atingida pela luz. Estes cristais decompostos é que formam a imagem latente. O agente revelador então, age separando a prata do bromo; o último dissolve no revelador e a prata escurecida permanece na película.

III- O FIXADOR

Ora, após o banho de revelação, se levarmos a fotografia à luz, ela enegrecerá totalmente; isto porque os cristais de brometo de prata que ainda não haviam sido

atingidos pela luz, ainda permaneciam intactos na película. Para evitar isto, após o banho de revelação, deve-se lavar a chapa com água potável de forma a eliminar a substância reveladora, e então passar a chapa por um banho de fixação, isto é, mergulhando-a em uma solução que torna os cristais de brometo de prata, ainda intactos, solúveis em água, sem afetar a prata que permaneceu no papel. Deve permanecer aí por algum tempo e depois deve-se lavar a chapa com água potável, a fim de eliminar completamente a substância fotossensível.

IV- A FOTOGRAFIA FINAL

De acordo com o exposto até aqui, deveremos ter como resultado em nossa fotografia o seguinte: Nas regiões onde incidir mais luz, os cristais de prata serão mais enegrecidos, devendo assim ter uma tonalidade mais clara as regiões atingidas por menor intensidade de luz. Assim, as regiões mais claras de uma paisagem deverão aparecer mais escuras nessa foto. Por esta razão é que chamamos a esta foto de "negativo". Para obtermos o "positivo", isto é, algo como a foto que estamos acostumados a lidar, precisaria passar esta foto obtida por um processo de ampliação, sobre o qual não nos deteremos aqui. Indicaremos, no entanto, alguma blibliografia no final do texto, para os interessados.

...Bem... finalmente estamos aptos a começar a fotograr. Vamos preparar nossos materiai. Encha as tigelas

plásticas de dentro do laboratório, com revelador, água e fixador. Deixe-as nesta ordem, da esquerda para a direita, no interior do laboratório. Feche-o direitinho e pronto.

Você já deve ter entendido como funcionará sua máquina fotográfica: a luz atravessará o furo e a imagem da paisagem mirada será projetada nesta tampa da lata. Aí, então, deverá ficar o papel fotográfico. Para fixá-lo à tampa, deixaremos permanentemente, nesta tampa, um pedaço de fita crepe. Faça um "anel" com uma tira de fita crepe, deixando a superfície aderente para o exterior, e fixe-o na tampa. Com um pedacinho de fita isolante feche o orifício, descobrindo só no momento em que estiver fotografando. Agora é só colocar a lata dentro do laboratório, com muito cuidado para não derrubar nada, retirar uma chapinha de papel fotográfico da caixa, e fixá-la na tampa da máquina, sobre o "anel" de fita crepe. -Deixe a caixa de papel fotográfico bem fechada! Retire a máquina, escolha algo a fotografar e, descobrindo o orifício, deixe-o em exposição durante 30 segundos, e feche novamente o orifício.

Pronto, você já fotografou, vamos agora verificar o resultado de seu trabalho. Introduza a lata no laboratório. Retire a chapa e deixe-a submersa no revelador durante 5 minutos, de preferência chacoalhando-a na substância. Depois deste tempo, lave-a na bacia com água por 30 segundos. Mergulhe-a, após isso, no fixador. Deixe-a aí por uns 10 minutos! Ao retirá-la deste banho, lave-a

novamente em água. Pendure-a em um barbante, presa por um pregador de roupa, deixando-a aí até secar.

ANALISANDO O TRABALHO PASSO A PASSO

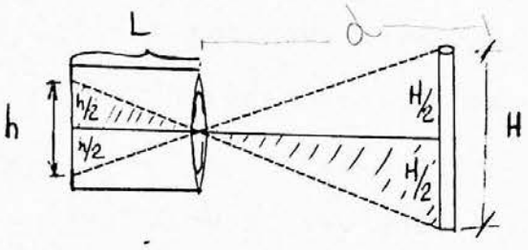
-E que tal? a foto ficou boa? É preciso muita sorte para que isto tenha ocorrido logo com a primeira foto, pois veja: você fez um orifício de um tamanho qualquer, deixou um tempo qualquer de exposição e mirou o objeto de uma distância qualquer!... É querer muito não?! Você já deve estar percebendo que fotografar é um processo bem delicado. Temos alguns elementos importantes neste processo, que precisamos variar para conseguirmos resultados melhores.

1. Nitidez: Você deve lembrar do que ocorria na câmara escura, não? Pois é, quanto menor o diâmetro do furo, melhor a definição dos traços [illegible] fixada. Para variar o diâmetro do furo, [illegible] orifício feito pelo prego, um círculo de papel alumínio, que permitirá a você fazer orifícios nos diâmetros desejados. Comece com um furo de agulha.

2. Tempo de exposição: Porém, se o furo for muito pequeno, a iluminação no interior da lata será reduzida. Para balancear as duas coisas, faremos um furo bem minúsculo, porém deixaremos um tempo maior para a exposição da foto.

3. Distância para fotografar: Todas as máquinas fotográficas possuem algumas numerações, que indicam a

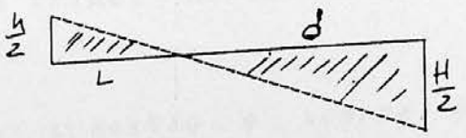
distância focal (distancia a focalizar o objeto) da mesma. Nós podemos calcular a distância focal da nossa. Senão vejamos:



O esquema acima pressupõe que centralizamos o orifício em relação ao objeto a ser fotografado. Isto é, o orifício da máquina ficou a uma altura, que divide, exatamente ao meio, a altura do objeto. As três linhas pontilhadas, representam alguns dos infinitos raios de luz que, partindo do objeto, chega à chapa fotográfica.

Chamamos de H a altura do objeto e de h a altura da chapa. Representamos o comprimento da "máquina" por L e a distância entre o orifício e o objeto por d.

De acordo com o nosso conhecimento de geometria, os triângulos hachuriados são semelhantes.



O que estamos procurando saber é a distância "d" que devemos colocar a máquina de um objeto de altura H, de forma a fotografá-lo por inteiro. Por semelhança de triângulos, a razão entre seus elementos correspondentes, isto é, cateto-cateto, hipotenusa-hipotenusa, deverá ser a mesma. No caso dos nossos triângulos, os elementos correspondentes entre si são h/2 e H/2; d e h e as duas hipotenusas. Assim, (h/2)/(H/2) tem que ser igual a h/d.

Como temos condições de saber o comprimento de nossa máquina (profundidade), que no caso da lata de leite é de 20 cm, e a altura da chapa fotográfica usada, que deve ser de cerca de 6 cm, temos:

Se por exemplo pretendemos fotografar uma cadeira de 80 cm de altura, devemos colocar a nossa máquina a uma altura de 40 cm - devidamente apoiada - a uma distância da cadeira de

Ora, nem sempre podemos colocar a nossa máquina à metade da altura que der e a inclinaremos um pouca, a máquina. A relação acima não será mais válida exatamente, porém servirá para dar uma idéia aproximada da posição correta.

Como você percebeu, talvez fosse interessante à máquina ter um tripé. Acreditamos na sua criatividade de "bolar" um.

Outra sugestão é acerca do acompanhamento do processo de revelação e fixação. Incomoda muito não poder observar a evolução deste processo no interior do

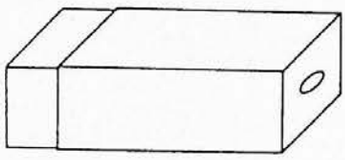
laboratório, isto é o momento exato em que começam a aparecer as imagens na chapa; e com isto não ter idéia, exata, do tempo necessário para a revelação. Para solucionar este problema, você pode fazer uma "janelinha" na parte superior da face da frente do seu laboratório e fechá-lo com um papel celofane vermelho, de preferência em folha dupla. A luz vermelha que entra é muito fraca e não consegue, por isso, sensibilizar a chapa fotográfica. - mas muita atenção: só serve celofane vermelho! - e não é lenda não, depois explicaremos o porquê da cor. Porém durante o processo todo de revelação e fixação, mantenha a face sensível da chapa voltada para baixo.

À medida que você for tirando fotografia, anote tudo direitinho, tempo de exposição, se o furo era maior ou menor que o anterior e a distância que ficou do objeto. Mas não tenha pressa e seja criterioso. Varie apenas um destes elementos de cada vez, até conseguir o melhor resultado, senão você não terá controle sobre que variação proporcionou mudança de resultado.

A Câmara que já não é mais tão escura

Agora que você fotografou bastante, vamos retornar à nossa câmara escura. Isto é, vamos deixá-la menos escura, porém mais eficiente. Retire novamente o papel alumínio deixando na câmara um orifício de diâmetro, aproximadamente, igual ao de um lápis.Fecharemos então este furo com uma

"cortina mágica". Vá até uma óptica e peça ao gerente lentes que não são mais usadas, que foram construídas para pessoas hipermétropes. Ou então, compre um daqueles monóculos, normalmente vendidos em praia ou em praça pública. Há também para venda em lojas de materiais fotográficos. - E retire aquela minúscula lente. Esta será a "cortina mágica". Fixe-a à câmara, com cola, como que fechando o furo.



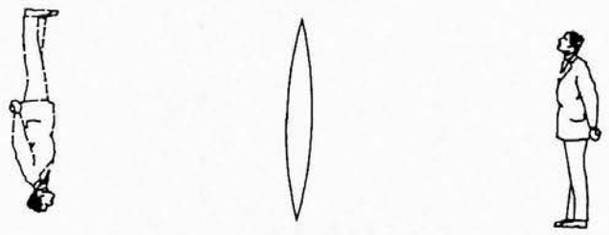
Tente após isto, mirar alguma paisagem, focalizando a sua projeção, isto é, fazendo variar a distância entre o papel vegetal e a lente, até conseguir a melhor imagem. - Que belo não?!...É...o único problema é que a imagem ainda permanece com o velho defeito: de cabeça para baixo! Tente descobrir uma maneira de "endireitar" a imagem.

Resta-nos agora algumas questões: Porque será que a imagem ficou bem mais nítida; até bem mais colorida? Por que uma lente deste tipo, que é dita convergente, se comporta de forma parecida com um orifício? O que se passa com a luz ao atravessar uma lente?

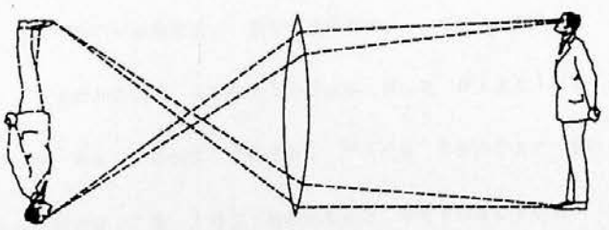
Pois é... algumas destas questões você já deve ter respondido. Por exemplo, a questão da melhor visibilidade da

imagem, deve-se ao fato de se ter permitido a entrada de mais luz na câmara. Porém, você deve também ter concluído que, apesar de ter entrado mais luz, ela entrou como entrava anteriormente, isto é, fazendo a mesma trajetória, pois se assim o fosse deveria aparecer tudo borrado.

Precisamos então tentar entender que caminho a luz deve ter feito, para que pudéssemos ter a imagem invertida que conseguimos.



Esta é a disposição que encontra-se mirado, lente e imagem projetada. Ora, para que a imagem tenha assumido esta posição, só há um caminho possível para a luz.



Na verdade o que deve ter acontecido para que a imagem tenha adquirido maior brilho e nitidez, é que a mesma "cortina mágica" em vez de permitir a passagem apenas dos

raios de luz que vinham na direção do furinho que havia anteriormente, faz com que todos os raios que, partindo de um mesmo ponto do objeto, e chegam ao longo da lente, sejam concentrados, também, em um único ponto na tela - Isto mesmo, uma lente de hipermetropia; ou seja, uma lente convergente, deve servir para "concentrar" a luz. Mas... como que a lente consegue desviar a luz? O que se passa com a luz ao atravessar a lente?

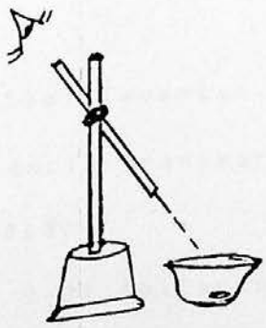
A Luz Sendo Desviada

Sem dúvida, não nos é estranho o fato da luz mudar de direção ao passar de um meio (uma substancia) transparente para outra. Você já deve ter observado uma colher dentro de um copo com água. Ela parece, nitidamente quebrada, isto é, há um acentuado desvio entre a parte da imagem da colher dentro da água, da parte que permanece fora. Quando observamos pessoas, de pé, dentro de uma piscina, elas parecem achatadas e a piscina parece bem mais rasa do que o é na realidade. Para tentar entender, passo a passo o que sucede à luz nestas situações, simularemos uma situação similar a estas.

Sugerimos então a seguinte brincadeira: observar uma moeda no fundo de uma xícara, enquanto a enchemos com água, sem no entanto, mudar a posição dos nossos olhos... Você deve estar pensando "que brincadeira mais sem graça..."

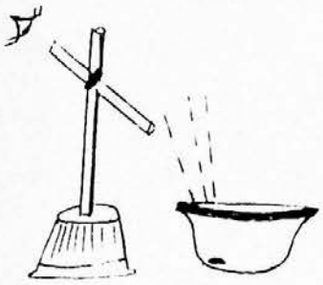
e além disso, como fazer para garantir que os nossos olhos não mudarão um pouquinho de direção? Pois é, a brincadeira parece desprovida de sentido, mas logo você verá ,que não o é. Com relação à garantia da posição permanente dos olhos, nós sugerimos a construção de "instrumento espiador". Isto pode ser feito com meio canudo de refresco (de maior diâmwetro possível), um palito de picolé, uma pilha velha e fita crepe e um pedaço de fio de cobre No.26, de 20 cm. de comprimento pode ser de outro número, desde que seja bem maleável).

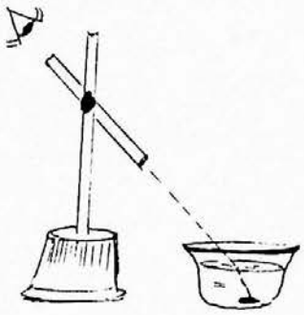
Com esta lista de material descrito aqui, você deve estar pensando que o instrumento é elétrico, não? Mas não é. A pilha velha, servirá de base. O palito de picolé deverá comportar-se como uma viga vertical, preso à pilha por fita crepe. Com o fio de bobina, você deverá fazer um "oito" (veja a figura (a)). Uma das "argolas do oito", deverá ficar presa ao palito, a outra ao canudo de refresco, de forma que o conjunto ficará assim.



Agora é simples: aproxime o instrumento da xícara com a moeda no fundo. Ajuste a inclinação do canudo, de

maneira que você, olhando através dele, possa visualizar a moeda. Afaste um pouquinho a xícara para frente, deixando-a em uma posição, que já não é mais possível visualizar a moeda, através do canudo. Coloque água na xícara tomando todo cuidado possível para não tirar a moeda do lugar e fique observando através do canudo. Assim que a água atingir um determinado nível, a moeda deverá reaparecer novamente.





A figura 1 mostra os possíveis caminhos que a luz, partindo da moeda, pode percorrer até escapar da xícara. E, neste caso, de acordo com a posição do canudo, é impossível algum desses raios chegar até nossos olhos.

Se ao colocarmos água na xícara a moeda torna-se visível, é porque a luz ao passar da água para o ar, foi desviada, de forma que, alguns raios, partindo da moeda, conseguem atingir nosso olho. Isto é o que tenta mostrar a figura 2.

Podemos então levantar a tese de que a luz ao passar de uma substância transparente para outra diferente, sofre mudança de direção.

Os índios e os caiçaras que pescam com flechas ou arpão, conhecem muito bem esse fenômeno (ou o que poderíamos

chamar de uma pegada da natureza). Há quem garanta que eles não erram um só golpe. É de se crer que isto é uma habilidade contemporânea; é muito provável que no início dos tempos, os peixes deveriam divertir-se bastante com os "nativos sem pontaria". Com o tempo... e, lógico, com a sabedoria que lhe é peculiar, o homo-sapiens foi aprendendo que o lugar de maior probabilidade para o peixe não estar, era onde o via. Por tentativa e erros, descobriu, intuitivamente que a luz ajudava o peixe.

A luz que é refletida pelo peixe, ao passar da água para o ar, é desviada dando uma falsa informação a cerca da posição do peixe.

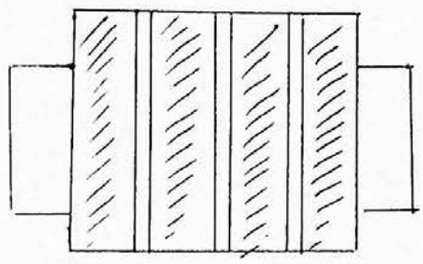
Ao prolongarmos, em linha reta, a direção do raio que nos traz essa informação, para dentro da água, ela nos levará a um lugar errado, pois esta informação não caminhou, desde o peixe até nossos olhos, em linha reta, ela sofreu um desvio que nossa visão não é capaz de detectar.

As "cortinas" que concentram e as "cortinas" que espalham a luz

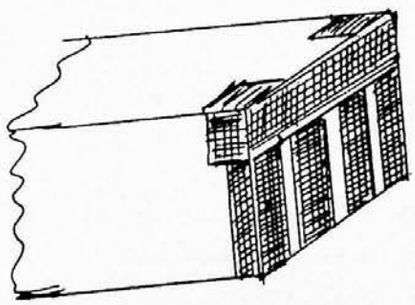
A melhor maneira de observarmos o que se passa com a luz ao atravessar uma lente, seria, acompanhar uns poucos raios de luz atravessando-a. Porém, sabemos que isso não é possível, pois raios de luz é algo que não existe de fato, é uma abstração útil para facilitar nosso tratamento com a luz. Mas o que podemos fazer, é um projetor que emite feixes de luz bem estreitos, que se aproximem da nossa abstração de raio de luz. Faremos estes diversos feixes estreitos atravessarem várias lentes e observaremos o que lhes sucede. Vamos primeiro construir o "projetor com fendas". Deverá ser algo mais ou menos assim:

Usaremos para a construção deste aparelho: - Uma caixa de creme dental - vazia é lógico; uma lâmpada de 2.2V, com soquete; duas pilhas médias e; 0,5m de fio cabinho; fita isolante e um pedaço de papel celofane incolor. Retiraremos uma das tampas da caixa. Aí deverá ser colocada uma nova tampa com fendas. Esta será feita com tiras de fita isolante

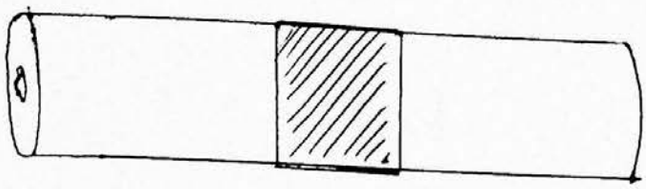
de 3cm de comprimento e 2mm de largura, sobre um pedaço de papel celofane, de 4cm x 4cm, deixando uma fenda de 1mm entre as tiras.



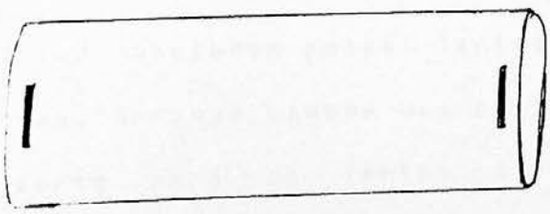
Com auxílio de fita isolante, fixe esta tampa com fendas à caixa, deixando-a de acordo com o esquema mostrado nos projetos. Atenção, não coloque fita isolante na parte inferior das fendas, pois são importantes os feixes razantes.



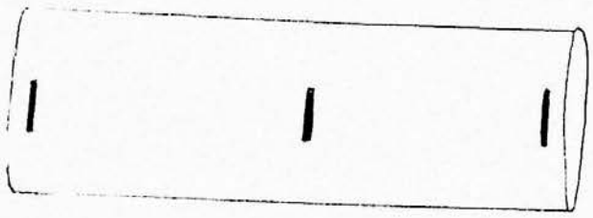
Precisamos fixar agora o soquete com a lâmpada na face oposta a esta. Isto poderá ser feito com auxílio de fita crepe. A lâmpada deverá ficar mais próxima da região inferior desta face. Adapte ao soquete os fios cabinhos. Prenda com fita crepe as duas pilhas, deixando-as em contato.



Novamente, usando fita crepe, prenda as extremidades do fio cabinho aos terminais, positivo e negativo, das pilhas. (Se você quiser fazer um "porta pilhas" interessante, poderá fazê-lo com um tubo de PVC, com diâmetro que permita encaixar as pilhas de forma ajustada, e três plaquinhas de cobre de 4cm de comprimento de 1cm de largura. Corte o tubo de PVC de forma a sobrar 2cm de comprimento, além do comprimento correspondente às duas pilhas. Com uma lâmina de serra faça dois cortes, em posição opostas, a uma distância de 1cm de cada borda do tubo. As lâminas de cobre devem encaixar, de maneira bem justas, no tubo.

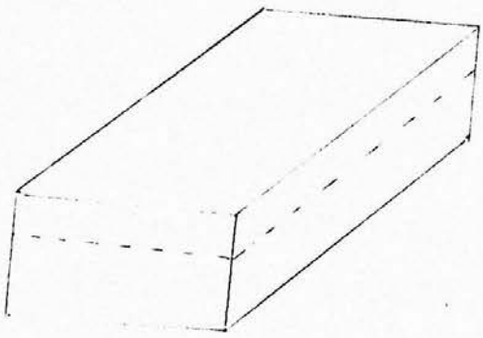


Faça um outro corte numa posição exatamente ao meio dos dois de um dos lados.

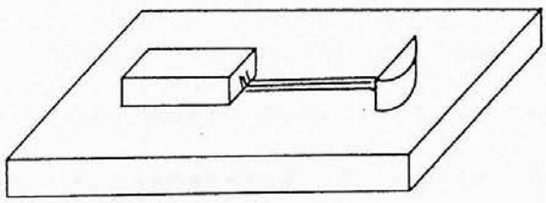


Encaixe uma das placas de cobre com dois cortes de uma das extremidades do tubo. Coloque as duas pilhas. Entre as duas pilhas encaixe a plaquinha do meio e por último a plaquinha da outra extremidade. Você agora tem um porta-pilhas onde: se você ligar os fios da sua lâmpada às placas da extremidades, você terá 3,0 volts (1,5 + 1,5); Se ligar os fios, um numa extremidade e outro na plaquinha do meio, terá 1,5 volts. Isto quer dizer que no primeiro caso, você estará fornecendo mais energia para a lâmpada do que no 2o.

Agora que você já está com o seu projetor pronto, experimente sua eficiência. Verifique se realmente ele projeta os "raios de luz paralelos". Para observar melhor, é bom trabalhar com ele em um ambiente escurecido. Faremos estes raios de luz passarem pelas lentes e verificaremos como se comportam. Arranje também uma caixa de sapato. Esta servirá de suporte para as lentes e sobre seu fundo projetaremos os raios de luz. Para este fim, é melhor quecortemos suas laterais, deixando-as com uma altura de 2,5cm.

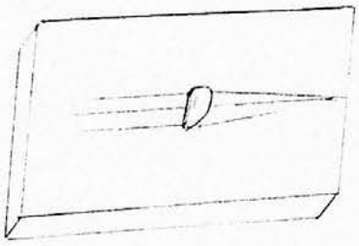


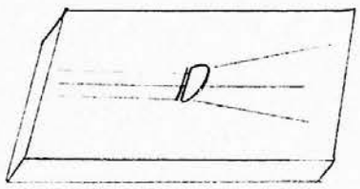
Para podermos encaixar as lentes, uma por vez, na tampa faremos uma pequena fenda na superfície da tampa, de 0,5cm de largura e 3cm de comprimento. Mas antes é melhor que recubramos esta superfície com uma folha de papel sulfite, assim veremos mais nitidamente os raios projetados. Encaixe uma das lentes e pronto, veja o que se passa quando você faz os raios passarem pela lente. A montagem deverá ser esta:



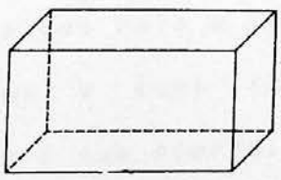
Siga trocando as lentes, mas não esqueça que estamos fazendo indagações, então precisamos ser cuidadosas e aplicados durante o processo. A cada lente que você testar cole um pedaço de fita crepe bem pequeno próximo à sua borda, com um número ou letra, de forma a identificá-la. Em uma folha de papel faça uma tabela e anote como cada uma agiu sobre a luz. Umas devem fazer os "raios" se afastarem outros devem fazer estes afastarem e outras....Separe-os em grupos em função de seus efeitos.

Às lentes que aproximaram os raios entre si, chamam-se convergentes, porque faz com que os raios convirjam para um ponto, e divergente as que afastam os raios, pois estes se comportam como estivessem divergindo de algum ponto.



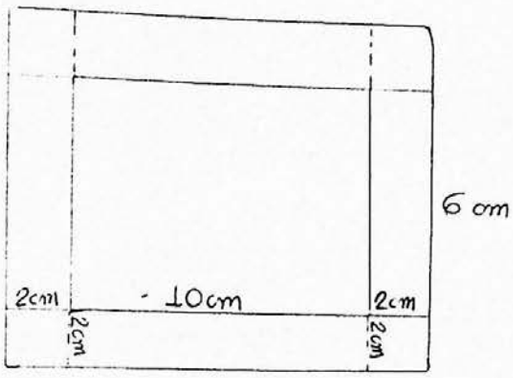


A única coisa que podemos concluir até aqui, é que a luz além de ser desviada quando passa do ar para o vidro, é desviada também ao passar do ar para o vidro. Porém vamos continuar a nossa série de experiências, construindo um "desviador de raio de luz". Para tanto, precisaremos de um pedaço de plástico transparente e rígido de 14 x 10 cm e cola para PVC. A idéia é construir uma cuba retangular como a do desenho abvaixo.



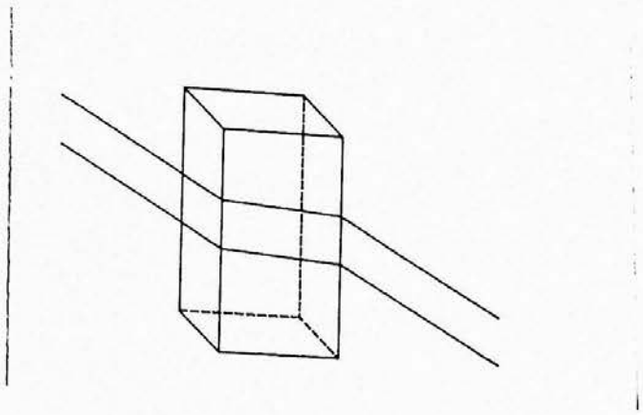
Para construir a cuba faça o traçado indicado em linhas cheias, com a ponta de um prego ou compasso. O traçado em pontilhado deve ser cortado. Depois dobre sobre

as linhas cheias e cole as bordas que "sobraram", de forma a ficar bem vedada a caixinha. Esta deverá ser enchida com água.



Agora é só testar a sua eficiência. Primeiro deixe-a seca por uns trinta minutos. Coloque a água e veja se ocorre vazamento. Se nada ocorrer, tudo bem; se vazar água, tente descobrir o vazamento e evitá-lo.

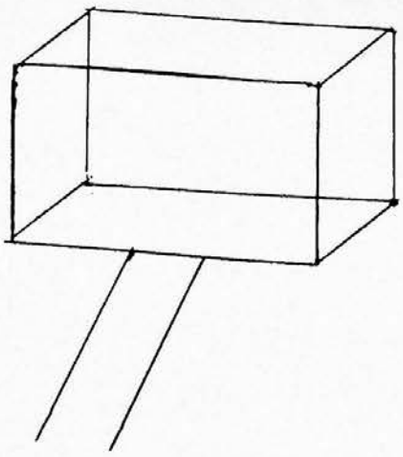
Sobre uma mesa ou o chão, cole com auxílio de fita crepe, uma folha de papel sulfite. Sobre esta coloque, de maneira centralizada, a cuba de plástico. Risque o contorno da cuba sobre o papel, de forma a registrar sua posição. Faça agora projeção dos raios de luz do seu projetor, sobre a cuba vazia, e observe se ocorre qualquer desvio. Mude a direção de incidência dos raio e continue observando. Depois disso, encha de água a cuba com água e, repetindo o procedimento, observe o que ocorre.



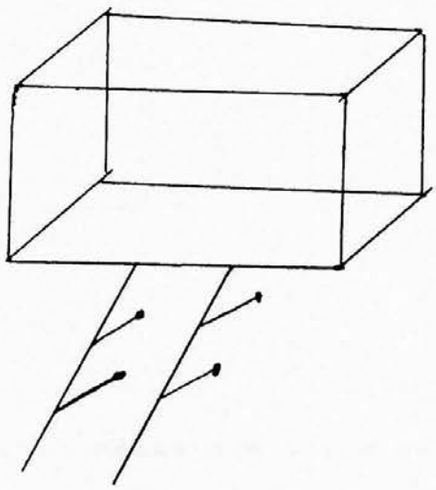
-E aí? Você deve ter observado que a luz foi desviada, tanto ao entrar na água, quanto ao sair desta, voltando à sua direção inicial. Será que isto nos diz alguma coisa? Ora, pelo menos já temos uma pista a seguir, isto é, se riscarmos este trajetos sobre o papel, teremos algumas retas e alguns ângulos. Diziam os gregos que a geometria resolve quase todos os questionamentos a que estamos sujeiros pela natureza.

Pode não ser verdade de todo, mas não custa nada a gente tentar.

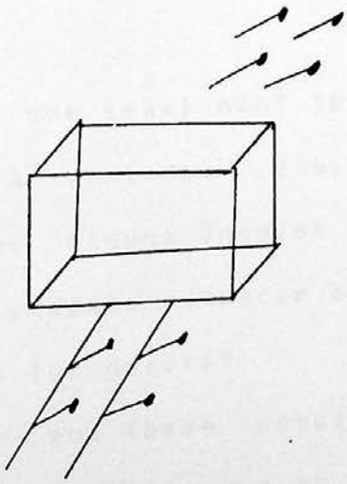
Esqueçamos um pouco o nosso projetor. Trace duas retas paralelas, distantes de 3 cm uma da outra, sobre a folha de sulfite, como se fossem raios de luz incidindo na cuba com água, porém com uma certa inclinação. Veja o esquema abaixo.



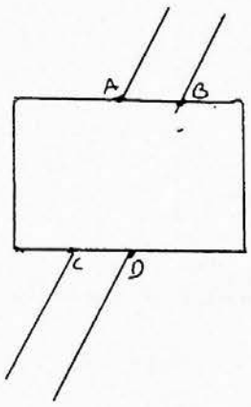
Fixe dois alfinetes em cada reta, distante 4 cm um do outro, isto em cada reta.



Olhando agora pelo outro lado da cuba, através da água, alinhe quatro outros alfinetes com os quatro primeiros, isto é dois a dois-Cuidado, não alinhe pela parte do alfinete que ficou visível sobre a água. O resultado tem que ser este:



Retire os alfinetes e a cuba com água de cima da folha e, com auxílio de uma régua e um lápis construa a reta que liga a posição dos dois alfinetes, alinhados no lado opsto, até encontrar o contorno da cuba, isto para cada par de alfinetes. Deve ter ficado assim:

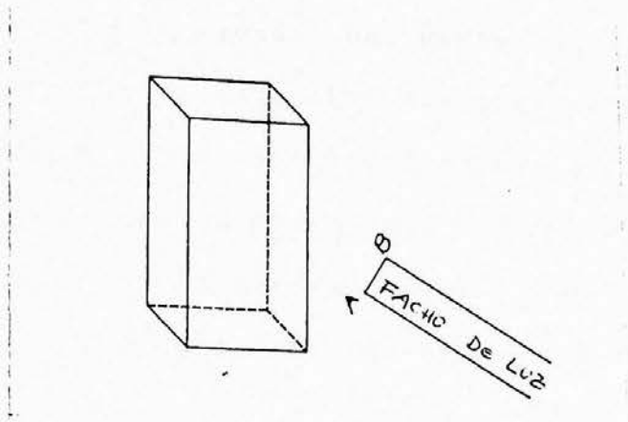


Trace agora as retas que ligam os pontos C a A e D a B. Na verdade este foi o caminho da luz! Se você quer testar, apanhe seu projetor, com fita isolante feche duas das três fendas, e projete o raio de luz proveniente da fenda que sobrou aberta, sobre uma das retas de um dos lados da cuba.- Veja se o "raio" não segue o traçado que você fez?!

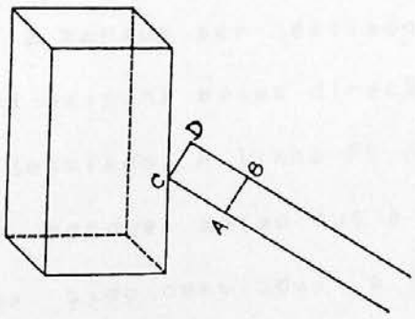
Pois é ..., que legal não? Tente entender o que se passa. Divirta-se à vontade. Bom, algumas retas já conseguimos, falta-nos alguns ângulos e ... que a geometria nos ilumine. Mas não podemos esquecer o que estamos tentando responder : Por que a luz desvia?

Vamos supor que fosse possível acompanhar a luz passo a passo. Vamos imaginar que os dois primeiros traços

que construimos, limitam um facho de luz que se aproxima das cubas. Na nossa imaginação temos o seguinte:



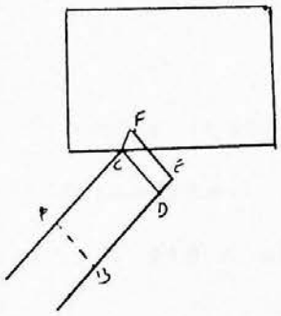
A linha AB é perpendicular às retas que delineiam o facho. Continuaremos imaginado... Bem, na nossa imaginação, este facho se aproxima lentamente da cuba. E ... mas que de repente, a frente do facho toca a cuba. Fotografamos o conjunto neste momento. Abaixo está o registro imaginário.



AB é a posição da frente do facho " alguns minutos atrás". CD é a frente do do fachono instante em que uma

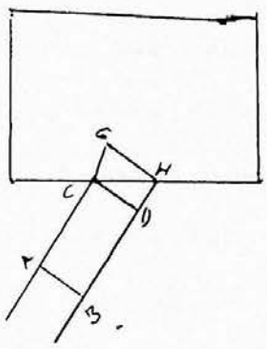
parte do facho atinge a cuba. Observe que AB é paralela a CD, pois a frente continua seu caminho sem ser desviada.

A partir de agora, uma parte do facho começa a caminhar dentro d'água enquanto que a outra continua fora. Porém surpreendentimente o facho começa a ser desviado. Continuando a dar asas à nossa imaginação, se acompanharmos a frente do facho e fotografá-lo, mais uma vez, antes de adentrar completamente na água, deveríamos obter o seguinte:



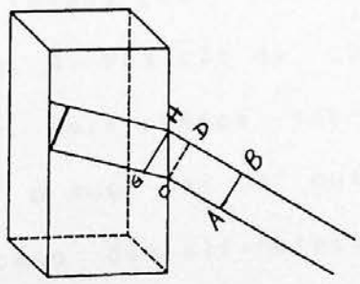
Observe que o ponto E continua na mesma direção de D e B, pois não teria porque ser desviado. Enquanto isto, o ponto F já não está mais na mesma direção de CA, isto é, o facho começa a ser desviado. A linha FE não é mais paralela à CD. Isto acontece porque, mesmo que a parte do facho que entrou na água tenha sido desviada, a frente do facho tem que caminhar junta, assim, do mesmo jeito que a linha CD era perpendicular aos traços AC e BD, a linha FE tem que ser perpendicular a CF e DE. Como o traço EF sofreu desvio, resulta que o facho todo foi desviado.

No instante que todo facho chega à água temos:



Onde GH é perpendicular a CG e HD e CD é perpendicular a AB e CD.

A partir deste instante, todo facho é desviado da mesma forma e conjuntamente. Compare este esquema com o esquema dos alfinetes. Até o momento antes do facho sair da cuba, teremos:



Vamos mais uma vez usar de nossa imaginação. Digamos que os traçados acima são os caminhos descritos por dois raios de luz que caminham juntamente.- No fundo isto é

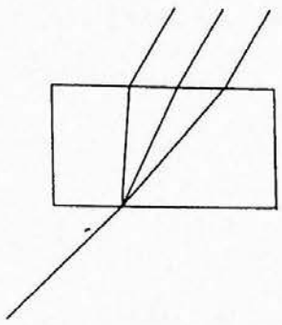
verdade no caso dos alfinetes e dos feixes do projetor. Como C e D e G e H representam as posições sucessivas da frente do dois raios, fotografados conjuntamente, temos todo o direito de afirmarmos que enquanto o raio da esquerda caminhou a distância equvalente a CG dentro d'água, o raio da direita caminhou DM fora. Como DH é nitidamente maior que CG, podemos conclui que q luz é mais rápida no ar que na água! Que bela conclusão não?!

Podemos dizer então que: a luz muda de direção quando muda de substância, porque muda de velocidade! Como é mais dificil caminhar na água, ela muda de rumo. É como se ela sentisse uma certa resistência e fosse "empurrada" um pouco para o lado.

E será que a inclinação do desvio que a luz sofre para uma dada direção de incidência, é a mesma, para qualquer que seja o líquido? Usando mais uma vez o nosso projetor, com uma única fenda aberta, vamos verificar isto? Façamos o seguinte : fixemos com fita crepe o projetor em uma determinada posição. A posição da cuba já deve estar marcada à lápis. Marque dois pontos sobre o raio de luz incidente e dois sobre o que sai do outro lado. Repita o procedimento usado no caso dos alfinetes. Isto é, complete com duas retas o espaço entre os pontos, até que atinjam o contorno da cuba, isto dos dois lados. Imagine de alguma forma o trajeto da luz quando a cuba contém água.

Troque á água por óleo e faça a mesma coisa. Você pode fazer o mesmo para glicerina ou qualquer outra

substância líquida transparente que quizer. Lembre o percurso do raio incidente será sempre o mesmo. Voce terá que traçar apenas o raio emergente em cada caso. O resultado na folha de sulfite deve ter sido algo assim:



Em cada caso o raio de luz foi desviado de uma forma diferente. Isto quer dizer que, se o desvio não é o mesmo, é porque a luz encontra maior ou menor resinstência, dependendo da substância usada. Ou seja, a velocidade da luz não é a mesma em qualquer substância.

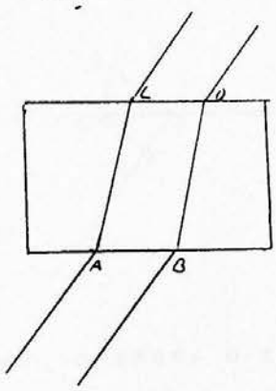
O fenômeno pelo qual aluz é desviada ao passar de uma substância para outra, recebe o nome de refração da luz. E a substância que desvia a luz mais que uma outra, é dita mais refringente. Assim toda substância transparente possui uma certa refringência, umas são mais refringentes, outras menos. Para caracterizar estas substâncias, existem tabelas que indicam, de forma comparativa, o índice de refringência ou índice de refração de algumas substâncias. Na verdade este número indica quantas vezes a luz é mais veloz no ar que na substância.

Ora, se dissermos que a velocidade da luz no ar é VA e velocidade da luz no óleo é VO, para saber quanto VA é

maior que VO, a melhor maneira é dividir VA por VO. O resultado desta divisão nos dá o índice de refração do óleo.

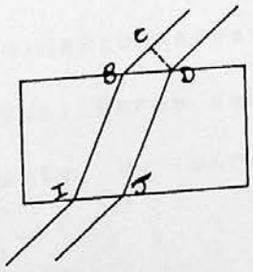
Vamos calcular este valor para água?

- É simples: recupere a folha onde havíamos feito to traçado com o auxílio dos alfinetes. O que tínhamos naquele momento era isto:

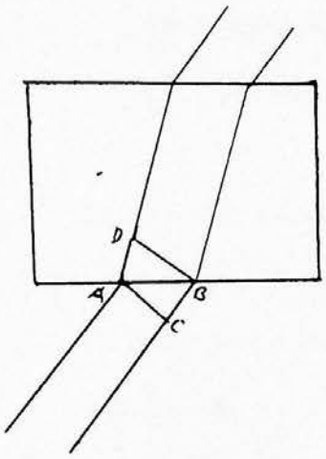


Tracemos a partir do ponto A, a linha que define a frente do facho de luz, no instante exato em que este chegou à cuba. Lembre-se que a frente tem que ser perpendicular aos contornos do facho.

Assim teremos:



Tracemos também agora, a linha que representou a frente do facho, no momento exato em que este penetra totalmente na cuba. Esta linha, tamném, deve ser perpendicular à AI e BI e passar por B. Logo teremos:



Como já mencionamos, o comprimento CB representa o espaço que a luz caminha no ar, a uma velocidade Var. Durante este mesmo tempo, a luz caminha na água o espaço correspondente ao comprimento AD, com velocidade Vag. Sabemos agora que o índice de refração é dado pela razão entre V_{ar} e V_{ag}; assim:

$$I_{ag} = \frac{V_{ar}}{V_{água}} \qquad (0)$$

Por enquanto, desconhecemos o valor da velocidade da luz no ar e na água. Porém sabemos que, quando um móvel com velocidade constante V, percorre um espaço E, num

intervalo de tempo t, o espaço percorrido é dado por:

$$E = V.t \quad (I)$$

Assim podemos escrever que:

$$AD = V_{ag}.t \quad (II) \qquad CB = V_{ar}.t \quad (III)$$

Os valores AD e CB, podem ser medidos em nosso esquema, com uma régua, portanto são valores conhecidos. Assim poderemos escrever as velocidades em função destes valores conhecidos.

Reescrevendo de outra forma II e III temos:

$$V_{ag} = AD/t \quad (IV) \quad e \quad V_{ar} = CB/t \quad (V)$$

Desta forma, calcular o índice de refração da água ficou fácil, pois é só substituir, IV e V em O

$$I_{AG} = \frac{\frac{\overline{CB}}{t}}{\frac{\overline{AD}}{t}} \quad \therefore \quad I_{AG} = \frac{\overline{CB}}{t} \cdot \frac{t}{\overline{AD}}$$

$$\text{Logo } I_{AG} = \frac{\overline{CB}}{\overline{AD}}$$

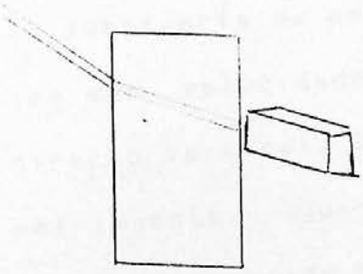
Esse valor para a água deve ser algo da ordem de 1,33. Meça com cuidado os valores de CB e AD e faça as contas.

Se repetissemos o processo acima para as outras substâncias, obteríamos da mesma forma os índices de refração correspondentes. Porém ..., não se assuste, este trabalho você não terá, pois abaixo encontram-se listados os valores dos índices de refração de algumas substâncias:

SUBSTÂNCIA	INDICE DE REFRAÇÃO
Vidro (*)	1,5-1,9
Diamante	2,42
Quartzo fundido	1,46
Quartzo cristalino	1,54
Glicerina	1,47
Álcool etílico	1,36
Ácido oléico	1,46
Água	1,33

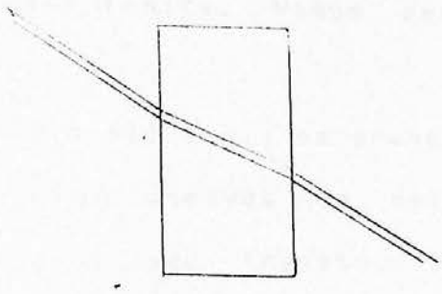
Comparando os valores acima e relacionando as diferentes inclinações obtidas quando você usou o projetor e as várias substâncias, poderá se concluir que quanto maior o índice de refração da substância, maior o desvio que esta impõe à luz. Porém, até agora só prestamos atenção para a passagem da luz do ar para a substância mais refringente, como a água por exemplo.Será válido o mesmo raciocínio para quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos? Façamos o teste.

Encoste o projetor com fenda única, a uma das laterais da cuba com água, mantendo-o um pouco inclinado (Veja o esquema abaixo). Agora acompanhe o raio de luz, ao sair da água para o ar. Deve ter acontecido isto não?



Fixe aí o projetor e trace o contorno da cuba bem como o trajeto da luz dentro e ao sair da cuba. Repita o procedimento para outras substâncias. - E aí? Continua sendo válida a nossa conclusão: quanto mais refringente a substância usada, maior o desvio que sofre o raio ao passar de uma substância para outra - Porém com um sério detalhe. O desvio agora é para o lado oposto! Senão vejamos: Se

registramos o trajeto todo do raio desde a entrada até a saída da cuba temos:



Observe que ao passar do ar para a água, o raio sofreu um desvio como que se aproximando mais da direção vertical, e ao passar da água para o ar, é desviado como que se aproximando da direção horizontal. Em síntese, a luz quando passa de uma substância ou meio material para outra mais refringente, tem sua velocidade reduzida e é desviada aproximando-se da direção vertical. Quando passa de um meio para outro menos refringente, água-ar por exemplo, sua velocidade é aumentada e é desviade de sua direção inicial, afastando-se ainda mais da direção vertical.

MAIS UM POUCO DE HISTORINHAS.

A velocidade da luz gerou uma das grandes polëmicas da história da ciência. Desde que o mundo era mundo até os últimos dias do século XVII, tudo o que se tinha a respeito da velocidade da luz era hipótese, teorias

e crenças, as quais dividiam-se em umas que acreditavam ter a luz velocidade infinita, isto é, propaga-se instantaneamente; e outras teorias defendiam que a luz possuia uma velocidade finita. Vamos recuperar um pouco dessa história?

Já no século III a.c., os gregos haviam submetido a luz a investigação, através de relações matemáticas construídas a partir de seu trajeto. Sabia-se que aluz caminhava em linha reta, como também sabia-se que a luz mudava de direção quando passava de um meio material para outro de diferente densidade. Porém, quase todos os antigos gregos acreditavam ter a luz velocidade infinita. Entre estes ilustres antigos, destacava-se o já conhecido Aristóteles que afirmava que a luz se propagava em todo espaço de forma instantânea. Entre estes gregos, Eurípedes era o único - pelo menos entre os ilustres- que acreditava que a luz gastava algum tempo da fonte a um outro ponto.

E essa discussão perdurou por vários séculos, vários tentaram mostrar que estavam corretos, porém apenas especulaões sem grandes fundamentos, pois, se a velocidade da luz não era infinita, era de uma grandeza tal que não possuiam instrumentos capazes de medí-la. Por volta do sceculo X, um estudioso muçulmano, chamado Avicena, acenou a favor dos "finitos", dizendo que a luz apesar de ter uma velocidade imensurável, era finita. Nesta mesma época Alhazen, aquele mesmo árabe daquela primeira câmara escura, era solidário à forma de pensar de Avicena

Porém apesar dos livros sagrados conhecidos não provarem, tese que se esperar por mais alguns séculos, para que isto viesse ao mundo dos humanos o intrépido gênio de Galileu, para por à limpo o que muitos acreditavam que só seria desfeito - como diz B. Jaffet - no juízo final. Era isso mesmo, precisava-se de um experimentador, de algumas experiências convincentes para se responder com seriedade esta questão.

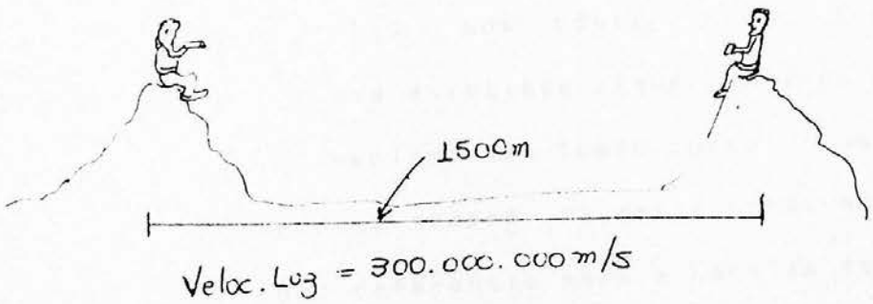
Em seu livro "Discurso e demostrações matemáticas em torno de duas novas ciências", Galileu fez aparecer a pergunta:

"Tem a luz velocidade infinita ou requer algum tempo para se propagar de um ponto a outro do espaço, como os outros movimentos?"

A pergunta é então respondida por um personagem que Galileu identifica-o como aristotélico da seguinte forma, " A experiência teórica mostra propagação da luz é instantânea" e cita algumas evidências, como o clarão de uma peça de artilharia, atirando de grande distância. Porém sabiamente um outro personagem dito neutro intervém: "A única coisa que posso concluir é que a velocidade do som é muito menor que a velocidade da luz". Aparece em cena então o personagem que incorpora o pensamento de Galileu dizendo : " Eu imaginei uma experiência que poderia determinar com precisão se a propagação da luz é realmente instantânea. Consideremos duas pessoas, cada uma das quais com uma lanterna, de tal maneira que, interpondo a mão numa delas

pode ocultar ou permitir que a luz seja vista pelo outro...De fato eu tentei essa experiência, apenas a uma pequena distância de 1500 m aproximadamente, mas não pude decidir com certeza se o aparecimento da outra luz foi instantâneo ou não; porém se não foi instantâneo, foi extraordinariamente rápido."

Ora, hoje sabemos que a velocidade da luz no ar é de aproximadamente 300.000 Km/s. Isto é, a luz em 1 segundo percorre uma distância de 300.000 Km! Sem dúvida Galileu, com toda sua fértil imaginação, jamais conseguiria fazer qualquer medida de tempo, para uma distância de 1500 m, com os recursos de que dispunha então. Vejamos:



SENDO $s = v.t$

$t = \frac{s}{v}$

$t = \frac{1500}{3 \times 10^8}$

$t = \frac{1}{200000}$ seg. !

As divergências então continuavam: enquanto não fosse possível decidir a respeito de uma medida de velocidade da luz, ilustres estudiosos da época se dividiam nos dois grupos: finita e infinita. Para se ter uma idéia de como a "turminha dos infinitos" era razoável, engrossavam suas fileiras Descartes e Kepler!

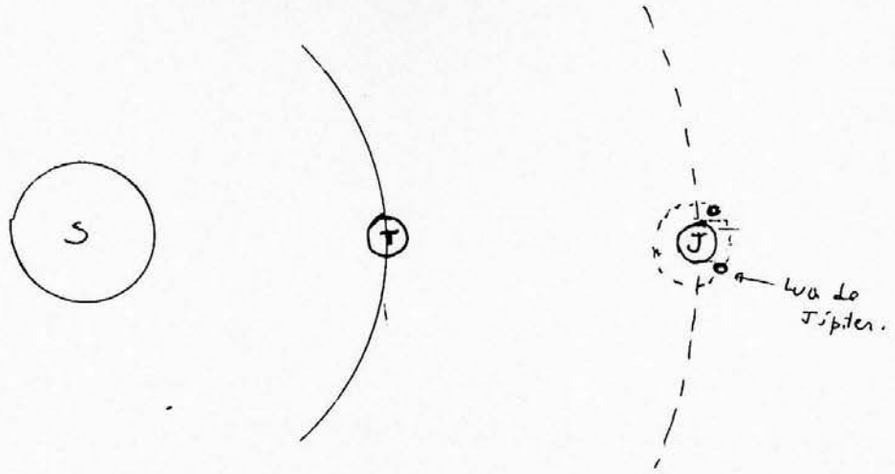
...Porém ... a roda do mundo não pararia por uma, até então irrisória questão; a bem da verdade, que questaozinha mais desprovida de significado: a luz ir ou

estar? Com o passar do tempo, o desenvolvimento social foi apresentando novas necessidades prementes. Em meados do século XVII, o comércio tomava vulto no continente europeu, a navegação tornava-se de importância vital para acelerar o curso deste desenvolvimento - Você deve estar pensando o que tem que ver a luz com isto - Pois é, quase nada, porém, às vezes ao se errar um tiro no gorila pode-se acertar um faisão! E foi mais ou menos isto que aconteceu, um belo de um acidente! Devido ao relatado acima a Academia Real Francesa de Ciências sentia a necessidade de melhores mapas, como também método preciso para determinar-se a diferença de horários entre dois lugares, coisa que os relógios da época não davam conta.

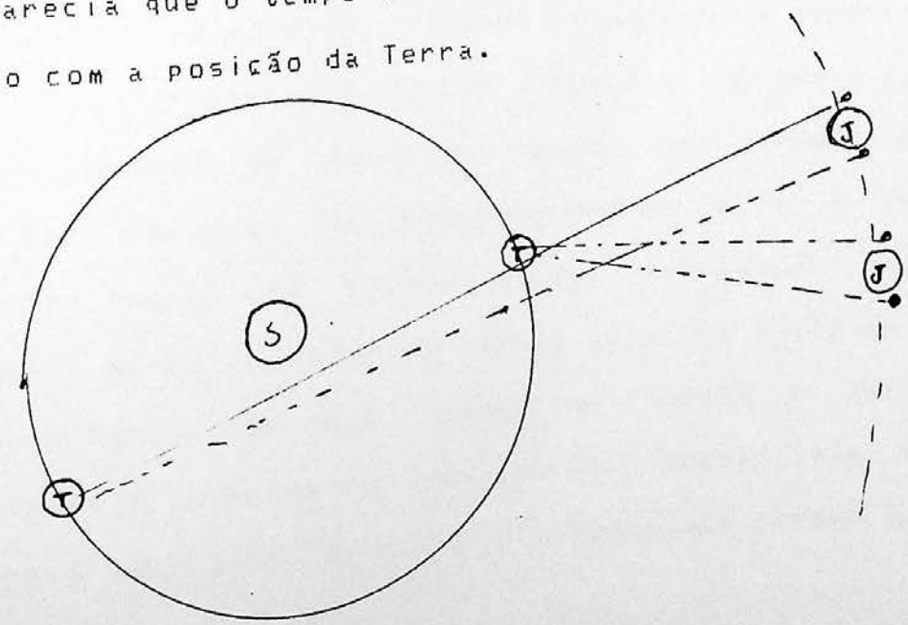
Recorre-se então aos céus, como todo bom desesperado. Seria bom que existisse algum fenômeno celeste, que se repetisse num período de tempo curto - um ou dois dias - e que acontecesse sempre na mesma hora. Assim este fenômeno serviria como referência para a hora em terra e em mar. Por exemplo, um navegador em alto mar, observando tal fenômeno poderia acertar seu relógio com a hora exata de Paris.

... E o céu mais uma vez respondeu aos apelos dos homens! O eclipse de uma das luas de Júpiter poderia ser observado em qualque lugar, em terra ou em mar. Foram então contratados alguns cientistas para a precisão de sua periocidade. Verificou-se logo que o intervalo entre dois eclipses sucessivos variava ao longo de um ano. Isto é, a

lua de Júpiter - a mais próxima - deveria levar um tempo de 42,5 horas para dar uma volta completa em torno de Júpiter. Assim sendo, a cada 42,5 horas, deveria ocorrer um novo eclipse.



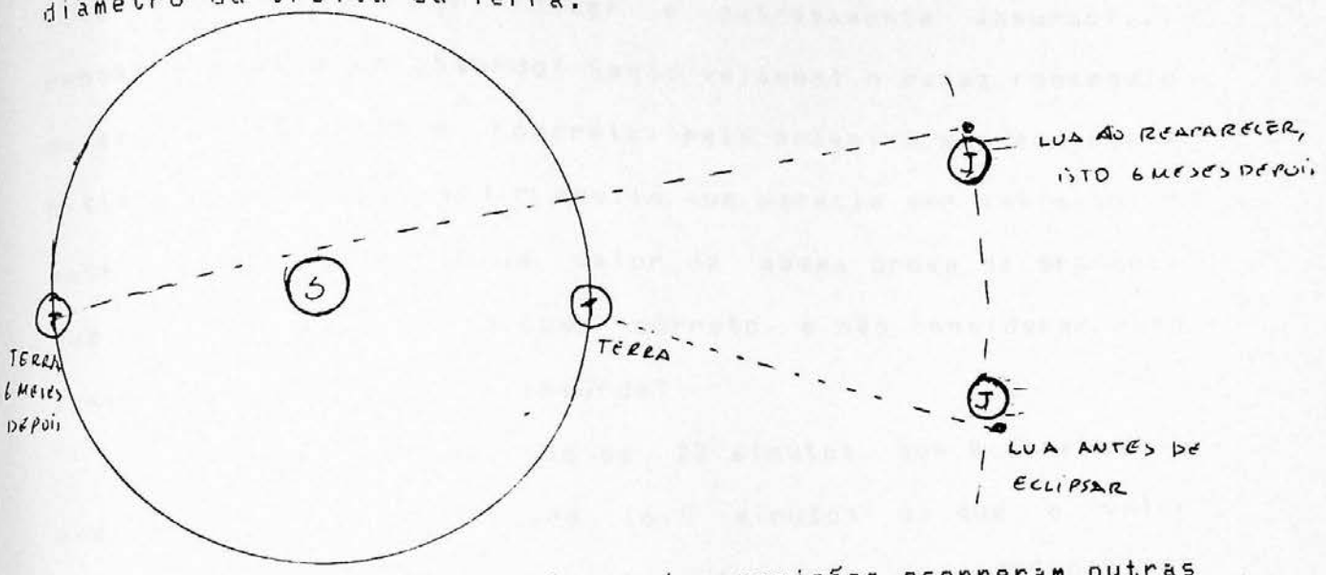
Porém o que se verificou na maior parte das medidas, foi um atraso nas eclipses. Ou seja, em vez de 42,5 horas após uma eclipse ocorrer outra, passaram-se alguns minutos para isto acontecer. O maior atraso registrado aconteceu em medidadas tomadas num intervalo de tempo de seis meses, isto é, em relação a medidas tomadas quando a Terra encontrava-se em posição mais próxima de Júpiter e quando a terra encontrava-se em posição mais distante de júpiter. Parecia que o tempo de revolução do satélite estava relacionado com a posição da Terra.



Debruçou-se então sobre tal problema, na tentativa de explicar qual a razão de tal atraso. Esse dilema passava-se precisamente no ano de 1676. Ole Roemer, um dinarmaques ajudante de astrônomo que foi contratado naquele ano para o observatório de Paris, e que dedicou-se bastante nas tomadas de dados, apresentou uma pouco esperada explicação para o fenômeno.

Roemer dizia que se aluz tivesse velocidade finita, ela ela deveria levar algum tempo para vir da lua de Júpiter até a Terra. Assim a lua desapareceria atrás do planeta e, quando tornava-se visível novamente, a Terra já havia se afastado um pouco de Júpiter, assim a luz teria que percorrer um espaço um pouquinho maior até chegar ao observador. Daí decorrer um pequeno atraso, pois a luz levaria maior tempo até trazer aquela informação, dos primeiros seis meses, somando-se estes atrasos, teria-se o tempo de 22 minutos. Ou seja, somas de quando a Terra encontrava-se mais próxima de Júpiter até quando ela se encontrava mais distante. Isto seria o mesmo que pensar que

a luz teria que percorrer um trajeto a mais, igual ao diâmetro da órbita da Terra.



No intervalo entre estas posições ocorreram outras elipses, é cálaro. Destacamos as posições extremas , isto é, a posição onde a Terra encontrava-se mais próxima do Sol e quando esta encontrava-se mais distante.

Pensando assim Roemer calculou, pela primeira vez, a velocidade da luz, pois se atraso entre os eclipses, no intervalo de seis meses, devia-se ao caminho que a luz percorria a mais, que era igual ao diâmetro da órbita da Terra, dividindo-se esse comprimento pelo valor do atraso, teríamos a velocidade da luz. Naquela época a medida que se tinha do diâmetro da órbita era de 290.000.000 Km. Refazendo-se os cálculos temos:

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{290.000.000 \text{ km}}{1320} \quad \ldots$$

Ora, sendo a velocidade da luz igual a 300.000Km/s, este valor achado por Roemer é extremamente absurdo!... Pensar é que é um absurdo! Senão vejamos: o rapaz conseguiu de maneira simples e concreta, pela primeira vez em toda a história do homem, medir aquilo que parecia ser infinito; e mais ainda, conseguiu um valor da mesma ordem de grandeza que o valor hoje tido como correto, e não considerar isso fantástico?! É ou não é absurdo?

Hoje sabe-se que os 22 minutos que Roemer havia medido, são na realidade 16,5 minutos e que o valor aproximado do diâmetro da órbita terrestre é de 295.000.000 Km. Com estes valores, refazendo-se mais uma vez as contas teremos:

$$v = \frac{295.000.000}{990} = 298.000$$

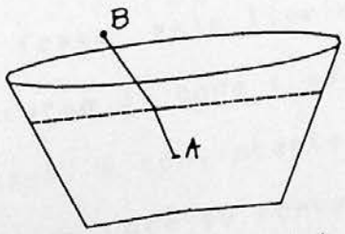
Deixando se lado a questão da magnitude do erro ou não, na medida de Roemer, o fato é que esta explicação toda, esta teorização de Roemer, não sensibilizou nem um pouco os filósofos de Paris. Apesar de, por outro lado, ser apoiado em sua teoria por Newton e Huygens; físicos de irrefutável renome na época. Esta foi mais uma das vezes em que o novo conhecimento encontrou enorme resistência para assentar-se no lugar de uma crença estabelecida.

A descoberta de Roemer aconteceu em 1579, porém, meio século depois, um outro astrônomo chamado James Bradley chegou à mesma conclusão de Roemer, usando um método diferente. Era insofismável:

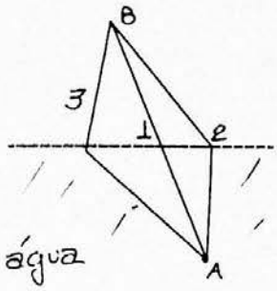
Roemer "freou" a luz. Fora jogada a última pá de cal sobre a velocidade infinita da luz. Outras medidadas foram mais tarde realizadas, onde, usando de recursos e técnicas sofisticadas. Fizeau, um físico francês, chegou ao valor de 310.000 Km/s. Isto quase dois séculos depois de Roemer, em 1849!

UMA OUTRA FACE DA MOEDA.

Apesar de Newton e Huygens, que citamos há pouco, concordarem com Roemer desde o início; discordaram entre si acerca da velocidade da luz, em outra circunstância. Tendo verificado que a luz era desviada de sua direção inicial, ao passar de um meio para outro, como por exemplo da água para o ar, argumentavam sobre em que meios a luz tinha maior velocidade. Para Newton a luz tinha mais velocidade na água e para Huygens, na água aluz tinha menor velocidade. E provava de uma maneira bem convincente. Relembrando, a luz ao passar da água para o ar faz o seguinte trajeto:



O esquema acima ilustra a situação onde um objeto localizado no ponto A, é avistado por um observador no ponto B. A luz segue o traço indicado. ... Ora, a luz teria três caminhos a seguir desde A até B:

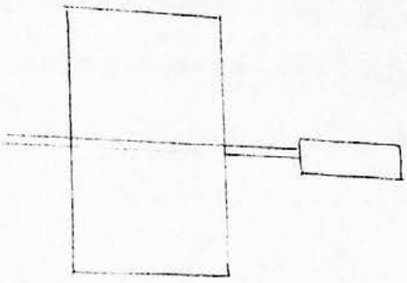


Segundo Huygens basta supor que a luz prefira sempre caminhos sobre o trajeto em que gaste menor tempo. Então vejamos: se seguisse o caminho 1, onde a luz caminha sem desvio algum ao passar de um meio para outro, isto indicaria que ela é tão veloz dentro d'água quanto fora. Mas sabemos que a luz faz o caminho 2, isto é, as velocidades no ar e na água são diferentes. Porém, se é verdade que a luz tem o hábitode chegar o mais depressa possível, e escolhe o caminho 2, onde o menor percurso é realizado dentro d'água, só há uma explicação: como a luz é mais lenta na água, então ela prefere aí fazer a menor parte do percurso. Assim o maior percurso ela fará onde sua velocidade é maior!

Se a luz fosse mais ligeira dentro d'água, ela deveria fazer o percurso 3, onde a maior parte do caminho se passaria dentro d'água. É convincente não?

Mas antes de você se convencer, teremos uma curta e simples experiência para propor: usando o projetor com

fenda única, faça incidir um raio de luz de forma perpendicular à cuba com água. Veja abaixo:



Como você deve ter reparado, o feixe não sofre desvio nenhum... E aí? Neste caso, a luz não muda de velocidade ao passar para a água. ...Ora, a partir da premissa de que "cachorro que late não morde", não se deve concluir que "cachorro que morde não late". Ou seja, dizer que a luz é desviada ao passar de um meio para outro, o que muda sua velocidade, não implica em dizer que só muda de velocidade se desvia!

Quando a luz incide perpendicularmente, talvez, quem sabe, ela até gostaria de desviar; porém, por que desviar para um lado e não para o outro? Essa dúvida atroz faz com que ela continue na direção inicial!

Uma Dose de Imaginação

Vamos supor que faremos uma pequena viagem. Isto porque escolhemos caminhar à velocidade da luz. Com toda esta

rapidez, poderemos ir a estações longínquas em uma curta viagem. Iremos então à época dos primeiros "homo sapiens", os quais não conheciam ratos. Mas levaremos no bolso um pequeno rato, aquele bichinho que é adorado por gatos! Seremos recebidos pelos habitantes daquelas plagas, porém não deveremos apresentar o nosso ratinho de estimação. Eles nos oferecerão queijo, farinha e também um cantinho na tenda, que inclusive, possui um piso de areia. Enquanto isto, o nosso ratinho de estimação continua escondido.

Ao cair da noite, todos são levados ao repouso noturno, vulgo sono profundo. - Menos o ratinho que, aproveitando a calada da noite sai do esconderijo e, indo até a dispensa come um pedaço de queijo. Porém, como é bem domesticado e esperto, volta para o seu lugar. Na manhã seguinte os nativos dão pelo fenômeno. Sumiu um pedaço do queijo! Logo se inicia uma escalada de especulações acerca de como, ou quem comeu o pedaço de queijo. Um grupo da tribo, dos mais místicos, acredita que deve ser algum espírito mau que visitou a tenda de mantimentos e, no intuito de assustá-los, fez com que sumisse aquele pedaço de queijo. O outro grupo, mais materialista bradava que só podia tratar-se de um animalzinho explorador que socializara o pedaço de queijo, no intuito de matar sua fome. Trava-se, então uma discussão.

Só havia uma saída para a questão: investigar melhor e com mais cuidado. Enquanto isso, nós permaneceríamos calados, juntamente com parte da tribo. Aqueles ignorando, nós não. Na noite seguinte, colocaram o queijo sob uma cesta

de palha bem leve, sobre uma prateleira bem alta. ...Mas na manhã seguinte o inseperado ocorrera: faltava outro pedaço do queijo.

Aí, os espiritualistas vibraram: só pode ser um espírito , pois passou pelos buraquinhos da cesta, tocou no queijo fazendo desaparecer um pedaço e partiu. Os materialistas não se conformavam. Diziam que deveria ser um bicho muito pequeno, do tamanho de uma barata - bicho este conhecido - porém bem mais forte e sem o cheiro de barata. O bicho deveria andar pela parede, ir até a prateleira, forçar e levantar a cesta, comer o queijo e voltar da mesma forma.

Na noite seguinte, deixaram a fera da tribo tomando conta do queijo: um belo gato! Começara a cair a madrugada, quando todos foram acordados pelo barulho intrigante de tropelos provocados pelo gato, ao correr numa determinada direção. Correram até o queijo e o queijo estava só arranahado. Pararam e fizeram uma breve reflexão do que sabiam acerca do misterioso ladrão de queijo.

1. Gostava de queijo.

2.Subia pela parede ou voava para alcançar prateleiras.

3. Provocara o gato.

Era insofismável que havia alguma coisa com essas características mas não se sabia o que era!

Vamos dar uma paradinha aquí na nossa estória e façamos uma breve reflexão também. - É neste estágio que nos entramos com relação à luz: sabemos uma série de coisas

acerca deste brilho transparente, mas nada sabemos a respeito do que é este brilho. Sabemos o que faz, o que provoca, como se comporta em determinadas situações, mas o que é isto...? Nada sabemos!...!

Você já perguntou alguma vez o que é a luz? Quando era menor, nunca tentou encher a mão de luz? Pois é, enquanto você pensa um pouco, continuaremos nosssa estória.

No dia seguinte, à ameaça da irrefutável presença de um ser estranho na tribo, fez-se uma assembléia e decidiu-se, democraticamente que nessa noite, deveriam ser escalados dois elementos da tribo para guardar o queijo: um espiritualista e um materalista. Os dois foram escolhidos e assim se fez. Colocaram o queijo sobre uma mesa, que era mantida ilumindada por uma tocha, e um guardião ficou de um lado e o outro do lado oposto.

UMA SUPOSTA IMAGEM DOS GUARDAS EM EXERCÍCIO.

Permaneceram noite à dentro, cochilando, acordando, e assim iam. E eis que o rato sobe pela viga localizada na parede traseira da tenda, e vem caminhando sobre uma outra viga que ia desta parade à parede da fernte da tenda, a uma altura um pouco superior à dos nativos, na qual se encontrava presa a tocha, com a parte acessa para o lado do espiritualista. O rato ao se aproximar verificou que a barra estava pesada e passou ligeiramente, de um extremo ao outro da viga horizontal. Com isto causou um certo barulho, que chamou a atenção dos guardiões que, meio sonolentos, afirmavam ter visto coisas diferentes: O materialista jurava ter visto um animal do tamanho de uma banana prata pequena, com três rabos e quatro olhos. Com o espiritualista que se encontrava em posição oposta a este, também em realção ao queijo, sucedeu o seguinte: o rato ao cruzar a viga passara por trás da chama, o que, neste momento, provocou a formação de uma enorme sombra na parede oposta. Ofuscado pela chama não conseguiu ver o rato e afirmava então que avistara um grande vulto passando pela parede, que parecia um enorme porco, que sumiu atravessando a parede da tenda.

...A estória prossegue, porém não nos convêm continuar contanto, mas o que se sabe é que, depois de se passarem algumas gerações, chegaram à conclusão que o ser misterioso deveria ser um rato!

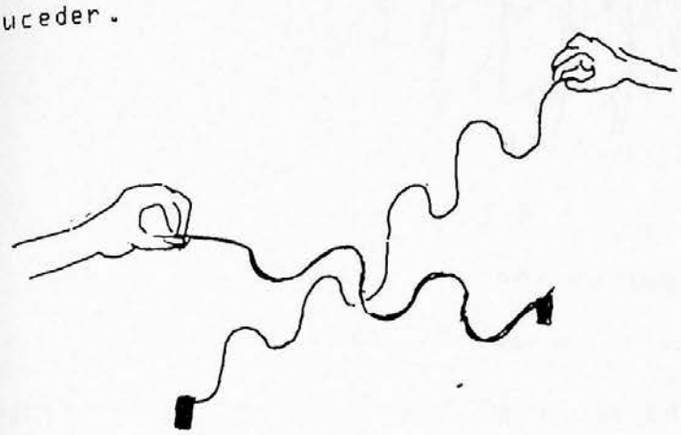
...Pois é, algo parecido aconteceu com a luz, desde o século XVII. Newton e Huygens, os mesmos dois citados anteriormente, travaram um duelo de gigantes acerca da

natureza da luz. O primeiro dizia que a luz era um feixe de bolinhas que partiam da fonte transportando energia luminosa. Huygens, por sua vez, dizia que a luz era um conjunto de ondas luminosas emitidas por um corpo iluminado. A diferença fundamental entre as duas teorias, é que para Newton, eram partículas que carregavam consigo esta forma de energia chamada luz, desde a fonte. Para Huygens, esta energia era transmitida sem que houvesse transmissão de matéria, esta apenas vibraria como acontece com o ar na transmissão do som, por exemplo, fenômeno este que chamanos de ondas.

Ora, ambos tinham razões suficientes para pensar da forma como defendiam. Algumas evidências (rastros) deixadas pela luz fortalecia uma teoria; outras evidências, fortaleciam a outra. Por exemplo: a luz emitida pelo sol chega até nós, mesmo existindo uma grande região de vazio entre a Terra e o Sol. Sendo a luz onda, isto não seria possível, pois não existiria suporte material que vibrasse, transmitindo as ondas luminosas! Isto acontece com o som; jamais poderemos ouvir uma explosão na Lua, estando na Terra, pois não há meio que conduza esse som, de um ponto ao outro! Já a luz sendo composta por minúsculas partículas, tudo bem, matéria se propaga no vácuo. Aí Newton levava vantagem.

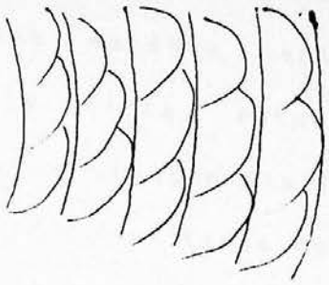
Por outro lado, quando dois feixes de luz se cruzam, um não toma conhecimento do outro; ou melhor, nada percebemos, cada um segue seu rumo sem que seja desviado pela presença

do outro. Se a luz fosse pequenas partículas, em algum momento, os feixes deveriam se chocar e assim ocorrer alteração no trajeto de cada um. Sendo onda, isto poderia suceder.



O desenho acima, à esquerda, ilustra o movimento ondulatório em duas cordas, onde as ondas se cruzam sem se interferirem. À direita, uma simulação do encontro entre dois feixes de partículas, antes e depois de se cruzarem.

...Pois é, mais adiante esclareceremos e aprofundaremos a teoria ondulatória da luz, pois dela necessitamos para compreender determinados fenômenos ópticos. Mas, é bom termos claro que, quando usamos a idéia de facho de luz para calcular o índice de refração na cuba, nós usamos na realidade o modelo ondulatório. O que chamamos de facho nada mais é do que um conjunto de ondas. E o que chamamos de "a fernte do facho", é dentro do modelo ondulatório, o que chamamos de frente de onda.



modelo de onda de luz

A discussão permaneceu então, acerca dos dois modelos. O de partícula e o de onda. Os seus precursores morreram, mas, a luta permaneceu entre seus discípulos.

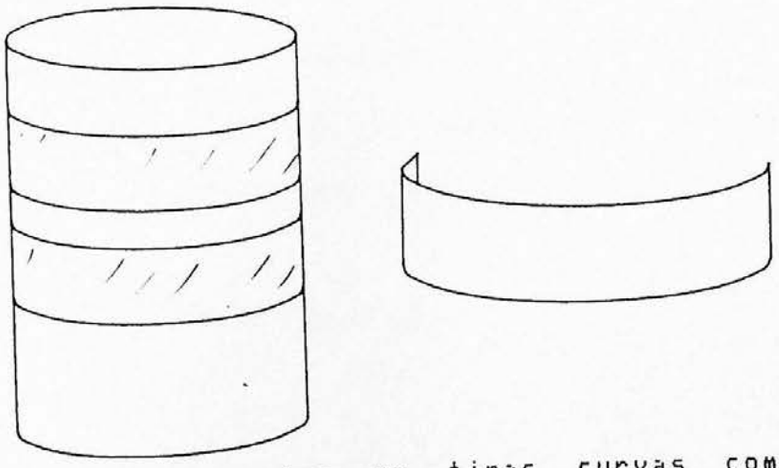
Entendendo Um Pouco Mais de Lentes

Já sabemos o que acontece quando a luz passa de um meio para outro, e sabemos até - isto é, se acreditamos no modelo proposto - porque aconteceu isto. Daí, podemos inferir que lente é apenas um obstáculo transparente, constituído de uma substância (meio) diferente do ar, de maneira a desviar a luz numa direção desejada. Porém vamos entender como orientar este desvio. Por que algumas lentes fazem a luz convergir para um ponto e outras fazem divergir?

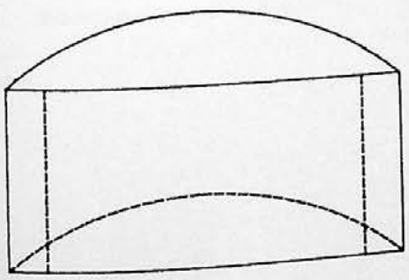
A idéia é construir umas lentes especiais - bem diferentes das lentes de contato. Precisamos para isso de plástico PVC transparente e cola tipo solda plástica para

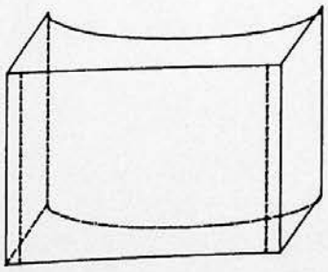
PVC. Se você não conseguir o plástico PVC aqui vai uma sugestão: chapas de raio x também servem. Basta você colocar de molho as chapas em água sanitária por um dia e depois lavar que aquela tinta escura sai do plástico. O procedimento para construção das lentes deve ser o seguinte:

Recorte quatro tiras de plástico, duas de 10cm de comprimento e 3cm de largura; e duas de 5cm e 3cm de altura. Prenda as maiores com auxílio de uma fita crepe, em torno de uma lata de leite condensado - vazia é claro. Agora, deposite água fervendo na lata. Deixe esfriar a água. Com isto, as tiras de plástico assumirão a curvatura da lata. Desprenda-as.

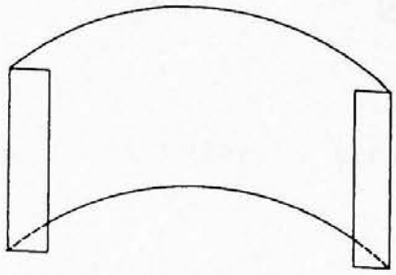


É preciso agora colar as tiras curvas com as planas, de forma a conseguirmos as duas formas abaixo. Para isso use a cola para PVC.



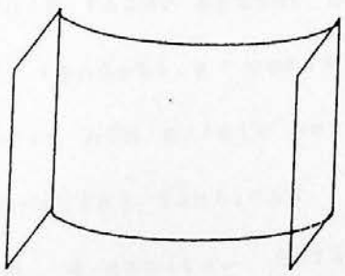


Para conseguir a primeira montagem vai aqui uma sugestão: Encurte o comprimento de uma das tiras encurvadas, de 3cm. Dobre seus extremos, de acordo com o desenho abaixo, deixando uma aba de 0,5cm.

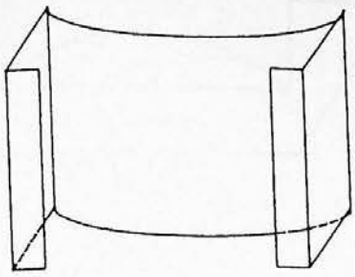


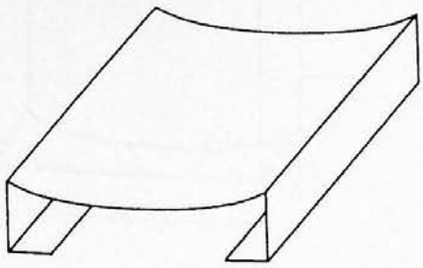
Passe cola na parte interna das abas e fixe aí a tira plana.

Para conseguir a segunda montagem, dobre os extremos de outra fita encurvada, deixando uma aba de 2cm de cada lado, de acordo com o desenho abaixo.

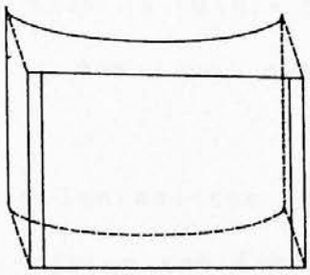


Dobre mais uma vez os extremos da aba de acordo com o esquema a seguir, deixando as novas abas com 0,5cm de largura.





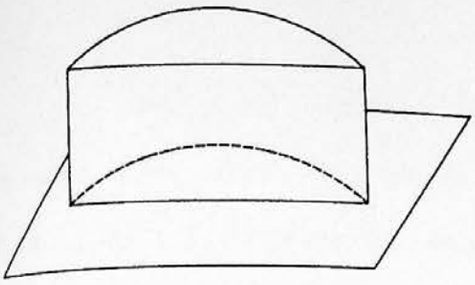
Agora é só colar a tira plana às faces internas das abas e teremos:

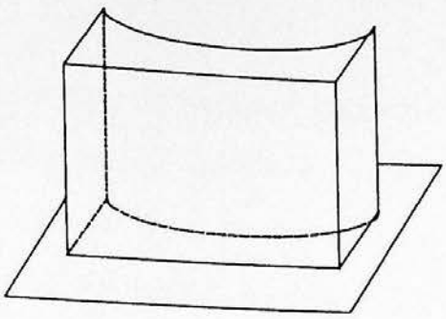


E aí, será que isto funcionará como uma lente?

Experimente fazer passar os raios de seu projetor, agora com as três fendas, e verifique se sofrem desvios. Certamente não, pois não existe uma substância diferente no interior das construções lásticas, como acontece com uma lente de vidro que é maciça. Então vamos colocar alguma coisa diferente de ar. Que tal água... Pois é precisamos primeiro fazer um fundo para nossas cubas em forma de lente.

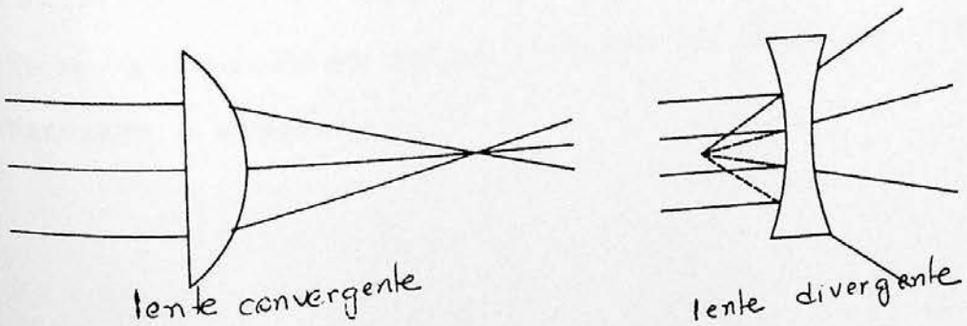
Recorte uma tira de plástico, plano, de 6cm x 3cm e, usando a cola para PVC, fixe as "cubas" nesta superfície.





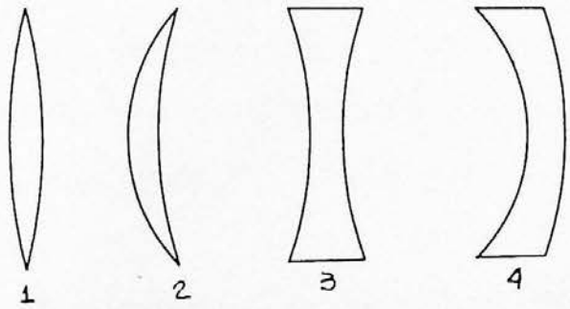
Deixe secar por trinta minutos e, após isto, ponha uma outra camada bem fina de cola. Deixe secar novamente por vinte minutos. Encha de água as nossas "lentes" e verifique se têm vazamento. Em cáso positivo descubra-o e acabe com ele.

Coloque as duas lentes, com água, sobre uma folha de papel e, usando o projetor com fendas, faça os raios de luz atravessarem as lentes, uma de cada vez. Risque os cantos das lentes sobre o papel e faça dois pontos sobre cada raio, antes de entrar na lente e após sair da lente. Retire a lente e o projetor e ligue os pontos, dois a dois e prolongue-os até o contorno da lente, isto em cada caso. Você deve ter obtido algo assim:

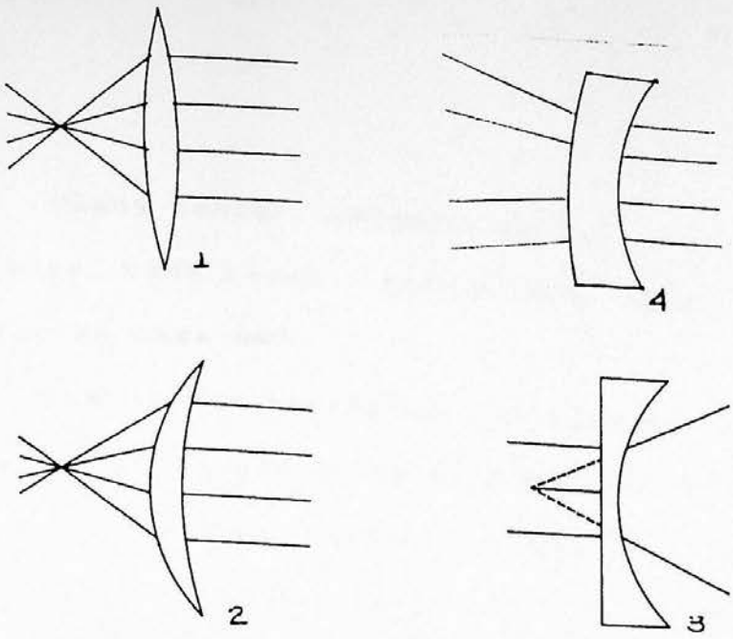


Pois é, o que obtemos nos permite concluir que é possível ter dois tipos de lente: convergente e divergente. - Mas como diferenciar uma da outra? É simples, observe que uma das lentes possui uma superfície plana e outra convexa. A outra lente tem uma superfície plana e a outra côncava. É só você lembrar: dá idéia de buraco e convexidade de relevo. Será que estes elementos são suficientes para caracterizar as lentes? Será que só temos lentes plano-côncava ou plano-convexa?

É lógico que sabemos que não, pois conhecemos vários formatos de lentes: Abaixo ilustramos a forma geométrica das que conhecemos.



Seria interessante que você as construisse usando o plástico PVC e observasse o que acontece com os raios de luz ao atravessarem estas lentes. Se você fez, deve ter observado o seguinte:



E aí? Como caracterizaremos as lentes convergente e as divergentes? Se observar com bastante atenção, verificará que as lentes que portaram como convergente, são aquelas que possuem as regiões das bordas mais estreitas que a central. Nas divergentes é exatamente o contrário; as regiões centrais são mais delgadas que as das bordas. Agora, de posse de uma lente você terá condições de dizer se uma lente é divergente ou convergente. Apanhe algumas lentes de óculos e tente acertar!

Qual a diferena entre as lentes que encontramos no dia a dia e estas? É simples, as lentes que conhecemos, têm forma que assemelha-se a cortes em uma esfera. As que construimos têm forma que assemelha-se a cortes em um cilindro. As primeiras são chamadas lentes esféricas, as últimas, lentes cilíndricas. Porém, cuidado, também se usam no dia a dia lentes cilíndricas! Daqui a pouco veremos.

Vamos tentar entender porque a luz se comporta diferente em cada caso?! Porque ela desvia em direções diferentes em cada um?

Bom, o que aprendemos, no caso da cuba retangular, é que a luz ao passar de um meio para outro, aproxima-se ou desvia-se da direção vertical. Isto é, naquela ocasião chamamos de direção vertical, à direção da reta perpendicular à superfície lateral da cuba. Como no caso das lentes vai ser difícil a gente definir o que é vertical em cada situação, é melhor em vez de usarmos a determinação "vertical" para a direção de referência, usarmos o termo "perpendicular". - Observe que continuamos nos referindo à mesma coisa que antes quando tratamos com a cuba. Trocaremos apenas "...afasta-se da direção vertical..." por "...afasta-se da direção perpendicular à superfície da cuba ou da lente...".

Assim, recapitulando, teremos como critério para entender o que se passa o seguinte:

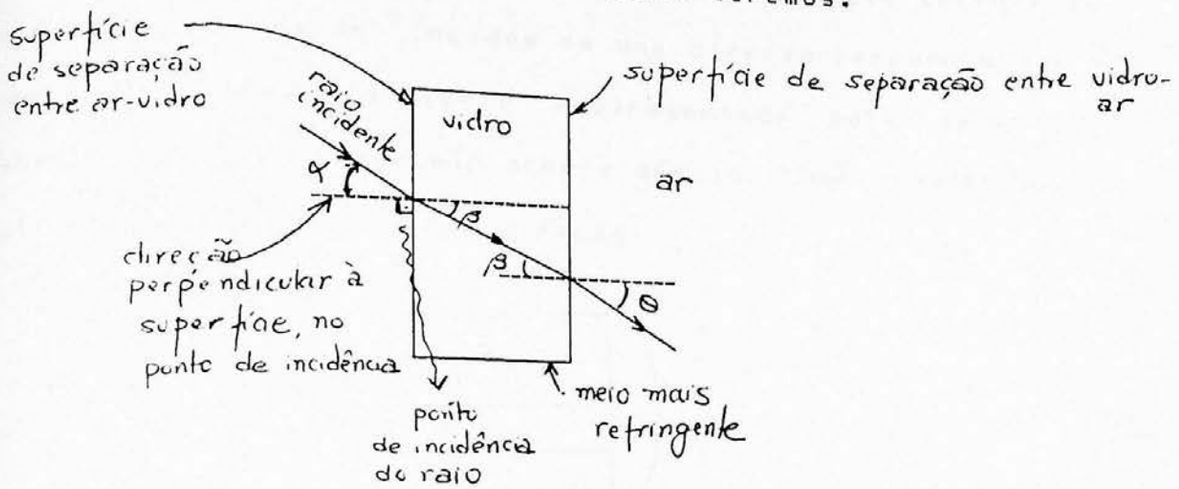
Quando um raio de luz passa de um meio para outro, teremos:

a) Se o meio seguinte for, mais refringente que o anterior, o raio deve se aproximar da direção perpendicular à superfície que separa os dois meios, no ponto de incidência deste raio.

b) Se o meio for menos refringente que o anterior, o raio de luz deverá se afastar da direção

perpendicular à superfície de separação de dois meios, no ponto de incidência.

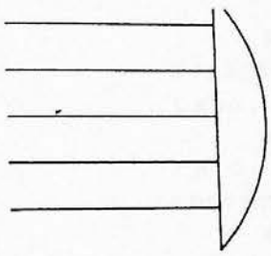
Sistematizando em um desenho teremos:



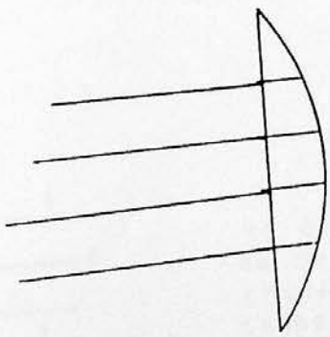
Observe que o ângulo entre o raio incidente e a direção perpendicular à superfície é maior que o ângulo entre o raio desviado ou refratado e a mesma direção perpendicular. . Isto porque o vidro é mais refringente que o ar. Quando o raio passou, agora, do meio mais refringente (vidro) de volta para o menos , o ângulo entre o novo raio refratado e a direção perpendicular é maior que o ângulo entre o raio dentro do vidro (o novo raio incidente) e a direção perpendicular. Tendo isto claro, poderemos entender o que se passa nas lewntes. Vejamos:

Caso 1 - Lente Convergente

Desenhe uma circunferência e faça um corte secante na mesma. Usaremos apenas o setor limitado pela secante ou pelo arco. Os raios incidem em uma direção perpendicular à superfície plana da lente (representada pela secante). Sabemos que neste caso não ocorre desvio. Logo, seguem até a outra superfície, na mesma direção

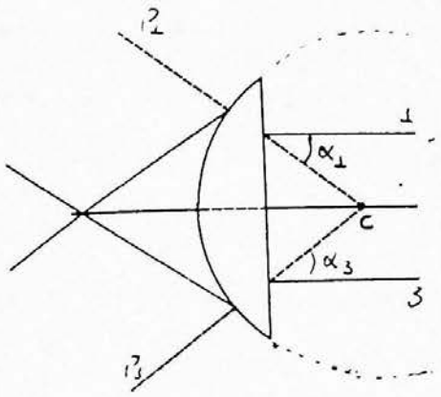


Agora eles deverão passar de um meio mais refringente para um outro menos. Então, eles devem se afastar da direção perpendicular à superfície de separação dos meios. Isto é, a superfície convexa. Como mostra a figura abaixo:



E como traçaremos uma reta perpendicular a uma superfície curva? Que direção tomamos como referencial? Pois é, quando você tem uma circunferência, qualquer raio dessa

circunferência tem direção perpendicular à mesma. Como você sabe onde está o centro da circunferência que deu origem a estew desenho, é só a partir daí traçar uma reta que ligue este ponto ao ponto de incidência desejado. Vejamos:



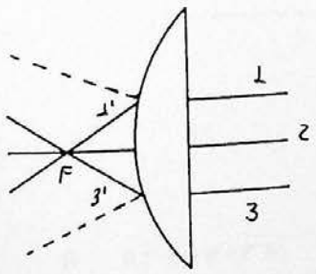
P1, P2 e P3, são as direções perpendicular em cada caso.

Alfa 1 é o ângulo entre o raio incidente 1 e a direção perpendicular 1.

Alfa 3 é o ângulo entre o raio incidente 3 e a direção perpendicular 3.

O raio 2 coincidiu com a direção perpendicular 2 então não deve sofrer desvio.

Como os raios refratados, correspondentes a 1 e a 3 devem ser afastados das respectivas direções perpendiculares, à lente nas partes de incidência, teremos:



Os raios 1' e 3' afastam-se da direção perpendicular, em relação a 1 e 3, e se cruzam no ponto F. O raio 2' também por F, pois 1' e 3' se afastam da mesma forma em relação a 1 e 3.

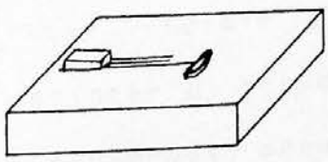
Se fizermos traçado geométrico semelhante para as outras lentes, obedecendo as leis da refração, veremos que o

resultado é o que obtemos com os feixes de luz. Não se trata de provar que a natureza ou o fenômeno está correto, mas sim de se obter melhor compreensão.

O Mistério das Imagens

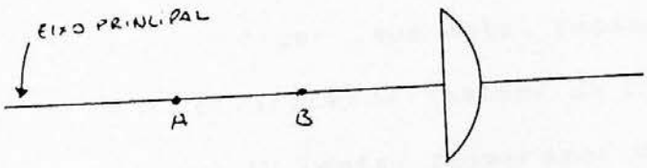
Daí até as belas imagens projetadas na câmara escura com lente, parece que há um passe de mágica, não? Então vamos tentar entender como que uma lente que desvia desta forma os raios de luz, pode produzir belas imagens.

Primeiro, o que precisamos fazer, é assimilar algumas "regrinhas" acerca do comportamento da luz ao atravessar as lentes. Façamos o seguinte: Apanhe o seu projetor, agora com uma só fenda, e uma lente convergente - Uma biconvexa ou plano-convexa. Usaremos mais uma vez o suporte construído com o fundo da caixa de sapato. Encaixaremos a lente na fenda que já havíamos construído e faremos o feixe de luz incidir sobre diversas direções na lente.

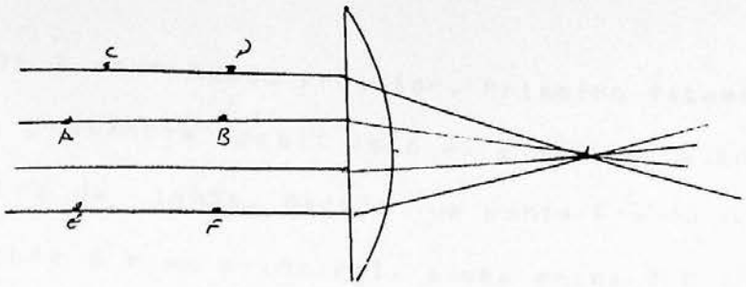


A primeira incidência deve ser na direção perpendicular ao corte onde encontra-se encaixada a lente, passando pelo centro da mesma.

Um raio que incide nesta direção sabemos que não deverá sofrer desvio. Marque, com um lápis, dois pontos sobre este raio, antes e depois da lente. Ligue depois estes pontos por uma reta e prolongue-a até que alcance o contorno da lente. A esta direção, onde o raio de luz caminha sobre ela não sofre desvios, chamaremos de eixo principal da lente. É uma nomenclatura bastante usada nos livros didáticos.



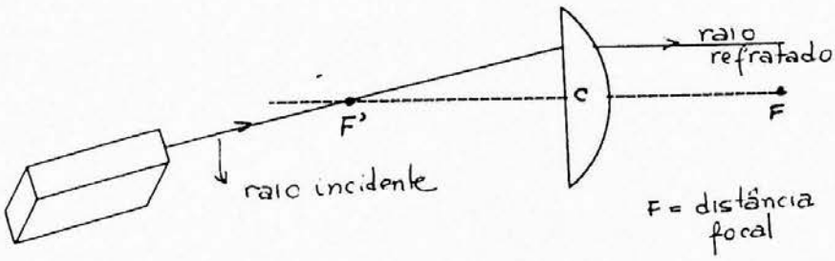
Vamos fazer incidir outro raio, em uma outra direção. Basta deslocar o projetor um pouco para o lado direito e depois esquerdo, provocando duas incidências, em direções paralelas ao eixo principal. Uma de cada lado deste. O procedimento deverá ser o mesmo. Marque dois pontos; antes e depois dos raios que atravessam a lente e trace as retas que indicam os trajetos destes raios. Você deve ter chegado a algo assim:



Se você quiser incidir um maior número de raios em direções paralelas ao eixo principal você verá que todos se cruzam ao serem refratados pela lente, num mesmo ponto F. Se repetíssimos todo este procedimento para uma outra lente, também convergente, porém um pouco mais delgada ou mais espessa que esta, aconteceria a mesma coisa; só que o ponto F, certamente, ficaria a uma distância diferente da segunda lente, em relação à distância que conseguiu-se para a primeira. Isto quer dizer que este ponto é característico para cada lente. Esclarecendo melhor um pouco: A distância do ponto F ao centro da lente, chamaremos de distância focal da lente. E ao ponto F, de foco da lente, isto é, o ponto onde a lente faz convergir os raios de luz. Assim, à cada lente, corresponde uma distância focal que lhe caracteriza. É lógico que poderemos encontrar lentes com mesma distância focal, só que devem ter comportamentos semelhantes.

...Bom, já podemos anotar a nossa primeira "regrinha". - Todo raio de luz que incide em uma direção que é paralela ao eixo principal da lente convergente, deverá ser refratado e passar pelo foco da lente.

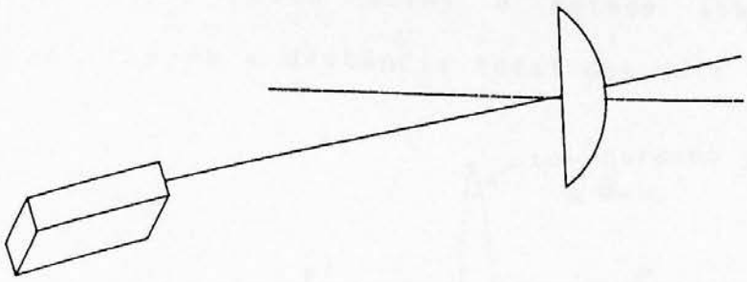
Voltemos a usar nosso projetor. Primeiro façamos o seguinte: meça a distância focal, isto é, a distância entre o foco e o centro da lente. Marque um ponto F', do outro lado da lente, sobre o eixo principal, a uma mesma distância que a focal. Faça incidir um raio de luz na lente, passando por este ponto F'. O resultado deverá ser este:



O raio foi refratado duas vezes e saiu da lente segundo uma direção paralela ao eixo principal. Se você fizer um raio de luz incidir na lente, do outro lado, isto é, passando pelo ponto F em vez de F', verificará que o resultado é o mesmo... É natural, não? - Não teria porque a luz ir por um caminho e querer voltar por outro!?! Inclusive, reside aí um grande trunfo da luz, ela não deixa rastros, isto é, você é capaz de saber por onde ela passou mas dificilmente para onde ela foi!

...Pois é, mas o que interessa é que daí poderemos retirar uma outra "regrinha": - Todo raio de luz que incide em uma certa lente convergente, sob uma direção que passa pelo foco da lente, é refratado segundo uma direção paralela ao eixo principal da lente.

Por último, faça incidir um raio passando pelo centro da lente. O resultado deverá ser o seguinte:

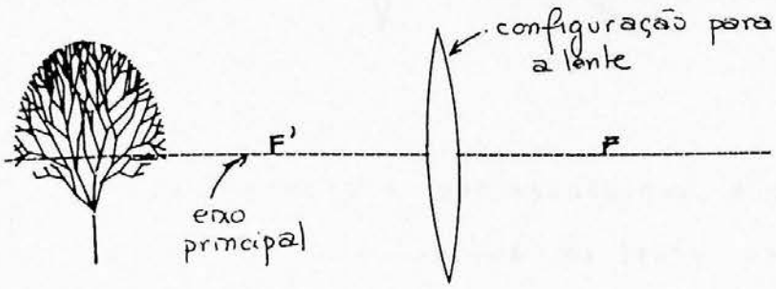


Isto é, o raio não deve sofrer desvio nehum. Assim, a nossa última "regrinha": - Todo raio de luz que incide em uma lente convergente, passando pelo centro da lente, não sofre desvio. Você também já deve ter concluído que a nossa primeira "regrinha" é um caso particular desta última.

Agora vamos abrir o jogo. Estamos fazendo isto, porque estes comportamentos específicos nos ajudaram a, usando de um tratamento geométrico, descobrir como as imagens são construídas pelas lentes convergentes. A única diferença é que a nossa reconstrução será geométrica. É por esta razão que esta parte da óptica chama óptica Geométrica. Ela usa as relações da Geometria para reproduzir o comportamento dos raios de luz.

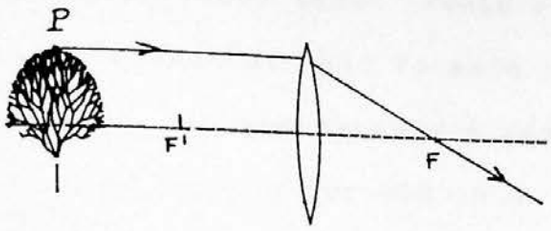
Vamos supor a seguinte situação: seguindo as "regras" que descobrimos e, usando da geometria, tentemos construir a imagem que uma lente convergente projetaria de uma árvore.

Usaremos de uma representação geométrica para lente; traçaremos a direção do eixo principal e desenharemos a árvore, com metade acima e metade abaixo do eixo. Simularemos também a distância focal dos dois lados.

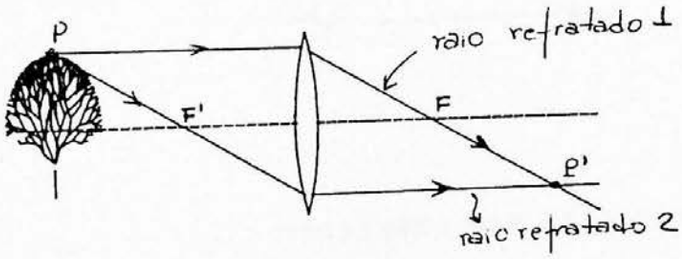


Tomemos em primeiro lugar um ponto no extremo mais elevado da árvore. Sabemos que daí partem raios de luz, em todas as direções. Vamos imaginar e trabalhar com apenas duas direções, isto porque precisamos no mínimo de duas retas se cruzando, para definirmos um ponto. É lógico que escolheremos direções entre aquelas que estão contidas em nossas "regras", pois já sabemos como os raios deverão ser refratados.

A primeira direção que iremos supor é a de um raio que parte deste ponto (o mais elevado), segundo uma direção paralela ao eixo principal. Sabemos que ele deverá ser refratado passando pelo foco F, logo:

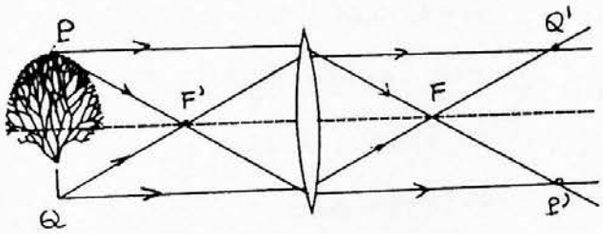


A outra direção a ser escolhida, é do raio que partindo do mesmo ponto P, incida na lente passando pelo foco F'. Assim, este deverá ser refratado segundo uma direção paralela ao eixo principal.

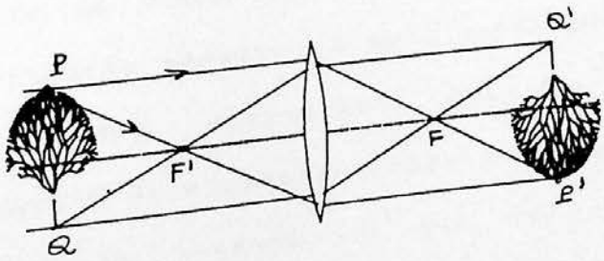


A imagem de um ponto, produzida por uma lente determinada pelo cruzamento dos raios de luz que partem deste ponto e são refratados, ou pelo cruzamento dos seus prolongamentos. O ponto P' é exatamente definido pelo cruzamento dos dois raios que, partindo inicialmente de P, foram refratados ao passarem pela lente. Logo, P' é a imagem de P.

Para termos a imagem da árvore por inteira, do outro lado, precisaríamos tomar ponto por ponto da mesma e fazer o mesmo tratamento. Não faremos isso é lógico. - por uma falta de tempo - O que faremos é pegar pontos extremos, pois sabendo onde está o focinho e o rabo do cachorro, sabemos onde ele se encontra. Escolheremos assim, um ponto próximo à raiz da árvore. E novamente imaginaremos dois raios: Um que incide paralelamente ao eixo principal e outro que passa pelo foco F'. Teremos então:



Os dois raios escolhidos, que partiram de Q, foram refratados e cruzaram-se em Q', imagem de Q. Desta forma, descobrindo onde está a imagem do tronco e da copa, logo sabemos onde deverá ficar a imagem da árvore.



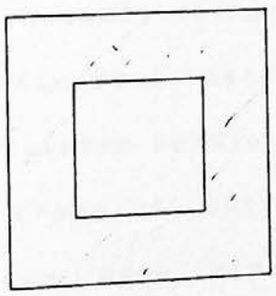
A imagem conseguida geometricamente, "também" é invertida! Mas é lógico! Nós apenas nos auxiliamos da geometria, porém seguiremos à risca todas as "regras acerca da passagem da luz por uma lente convergente. Agora podemos entender melhor porque a imagem da tela da câmara escura, tornou-se mais colorida e clara, quando no lugar do orifício minúsculo, adaptamos uma lente.

Veja; quando havia um orifício minúsculo, apenas um reduzido número de raios de luz vindo de um determinado ponto do objeto, atravessava o orifício. Quando aumentamos o orifício para adaptar nele uma lente, um maior número de raios de luz, vindo deste mesmo ponto, pode penetrar na câmara. E, de acordo com as Leis da Refração, estes raios todos que, partindo do mesmo ponto em direções diferentes, atravessaram a lente, foram concentrados em um único ponto na tela. No exemplo da árvore, um cone de luz partiu do ponto P, em direção à lente. Todo este cone de luz foi concentrado em P!

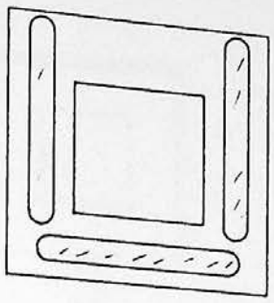
Porque precisamos focalizar a câmara para ter uma melhor imagem? Não precisa pensar muito, para percebermos que, se mudarmos a posição da árvore no esquema anterior, por exemplo, para um ponto mais distante do foco F', o resultado da construção geométrica será outro pois, os raios que partindo da árvore, passam pelo foco F', atingiram a lente em outro ponto diferente do anterior. Logo, a posição do objeto com relação à lente, é que vai determinar a posição que se formará a melhor imagem na tela.

Outra coisa que você deve ter observado é que a imagem obtida, tem tamanho menor que o objeto. Isto também você já devia ter percebido quando obtivemos as imagens na câmara. Seria interessante você fazer a seguinte experiência. Deixe uma lente convergente fixa, em uma certa posição, sobre uma mesa forrada com papel sulfite. Coloque um anteparo, isto é, uma tela para projetar imagens e consiga uma vela. A idéia é a seguinte: Deixando a lente em uma posição fixa, marcada inclusive no papel, coloque a vela distante da lente e, deslocando a tela, localize onde se forma a imagem da vela.

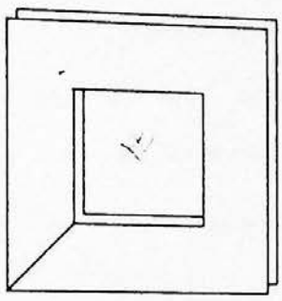
Aqui vai sugestões para fixar a lente e construir a tela. Recorte dois quadrados de papel cartão, de 6cm x6cm. Retire destes quadrados outros dois de 5cm x 5cm, isto sem danificar a periferia que sobrou decada quadrado maior, pois são elas que usaremos.



Consiga uma vareta de madeira balsa, palitos de picolé. Você deverá colar três pedaços dessa madeira, em uma das molduras de papel cartão, de acordo com o esquema abaixo:

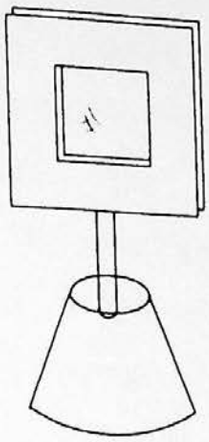


Agora cole a outra moldura sobre as varetas. Pronto, você acabou de construir um suporte para lentes. É só encaixar a lente entre as duas molduras.

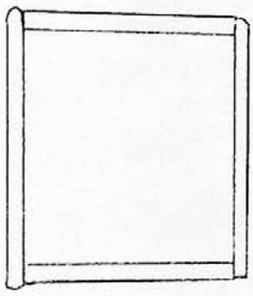


OBS: Se você for usar como lente convergente uma lente de monóculo, deverá reduzir as medidas.

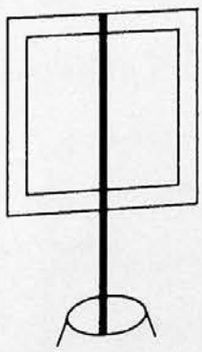
Precisamos agora fixar o nosso suporte de lentes, a uma haste, de forma que possamos deixá-lo à uma certa altura em relação ao plano da mesa. Essa haste pode ser meio canudo de refresco, de maior diâmetro possível. Ela poderá ser fixada ao suporte com fita crepe. A outra extremidade deve ser fixada a uma base com peso significativo, para que o conjunto não tombe. A base pode ser mais uma vez uma pilha grande. A montagem final do suporte deverá ficar assim:



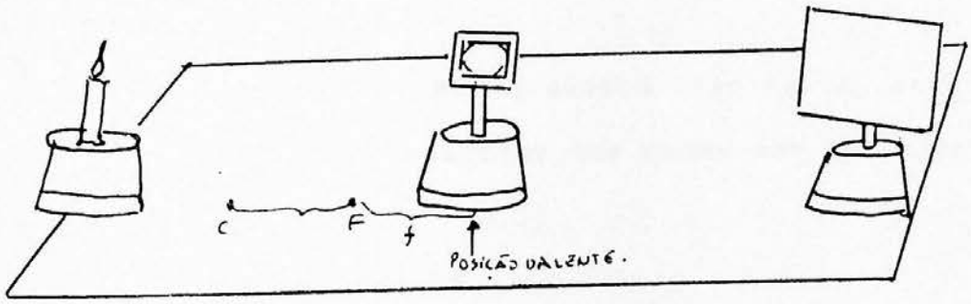
A construção da tela deve ser simples, usando varetas de madeira balsa ou varetas de pipas. Faça uma moldura de 20cm x 20cm, fixando as madeirinhas com cola. Sobre a moldura cole um pedaço de papel branco de 20cm x 20cm.



Neste caso a haste vertical pode ser feita também com um canudo de refresco. Se você acha que não está bem firme, poderá fazê-lo com outra vareta. Porém para ficar mais estável, prenda nas duas varetas horizontais.



A sobra na parte inferior não precisa ser grande, pois a tela já possui uma boa extensão, e não corre o risco de ficar baixa. Como base use mais uma vez nosso famoso "copinho com gesso". O seu banco óptico já está pronto! Forre a mesa com duas folhas de papel sulfite, por exemplo, e marque a posição que deverá permanecer a lente. Descubra a distância focal da lente que você está usando. - Isto você já sabe fazer! - e marque também sobre o papel. Marque também um ponto, que corresponde ao dobro da distância focal, em relação à lente.



Agora faremos uma tabela, onde deverá constar: Posição do objeto (vela) Po, Posição da imagem Pi e tamanho da imagem em relação ao objeto T.io. A posição da lente, lembrando mais uma vez, deverá permanecer fixa.

tabela

	P_O	P_I	P_{IO}
1			
2			
3			

Se a imagem for maior que o objeto, você deverá colocar no espaço o símbolo > ou < se for o caso.

Você deverá começar suas anotações com a vela em uma posição além do ponto C, isto é, em relação à lente. Anote a distância deste ponto em relação à lente. Não deverão mais ser mudadas as posições da vela nem da lente. O que temos que fazer agora é, deslocando a tela, procurar localizar a imagem da chama. Marque a posição da tela onde encontrou a melhor imagem e anote a distância desta fonte à lente. Veja se a imagem é maior ou menor que a chama. Anote tudo isto em sua tabela.

Este mesmo procedimento deverá ser feito para outra posição da vela. As posições que devem ser anotadas ser as seguintes:

1. Além do ponto C
2. No ponto C
3. Entre C e F
4. Em F
5. Entre F e a lente

Se você custar a encontrar a imagem em algum ponto, deixe-o de lado e verifique outros.

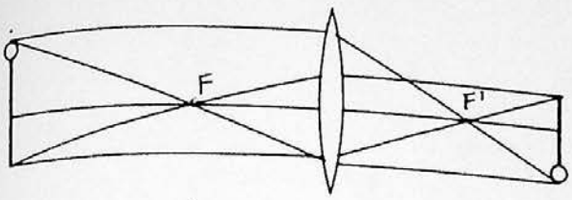
Cuidado que, em alguns pontos a imagem pode ficar tão nitida podendo queimar a tela!

CONFERINDO OS RESULTADOS

Se você trabalhar com bastante critério, deve ter anotado algo assim:

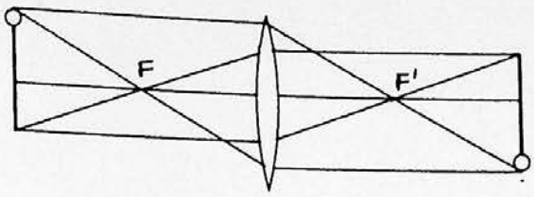
tabela

Pois é, a medida que você vai aproximando o objeto da lente, a sua imagem vai aumentando de tamanho, e vice-versa. Quando o objeto se encontra no ponto C, a imagem deve ter o mesmo tamanho que o objeto, isto é, a imagem da chama deve ter as mesmas dimensões da chama. Isto acontece pelas características geométricas deste ponto. Este ponto corresponde ao centro de curvatura da lente. Isto mesmo! A distância focal de uma lente, é igual à metade do raio de curvatura da superfície esférica da lente! Quando você colocou a vela no foco da lente, não deve ter conseguido encontrar imagem nenhuma. Isto também era esperado, pois para que um ponto da chama tivesse imagem na tela, era preciso que, pelo menos, dois raios que partissem deste ponto se cruzassem do outro lado da lente. Isto é impossível, pois sabemos que quando um raio de luz incide sobre uma lente convergente, passando pelo foco do mesmo, é refratado de forma a emergir da lente numa direção paralela ao eixo principal da mesma. Logo, como a vela está no foco, todos os raios que dela partem em direção à lente, sairão da lente em direções paralelas entre si.



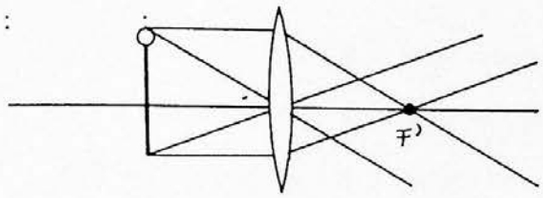
caso 1

Imagem < objeto



caso2

Imagem = Objeto

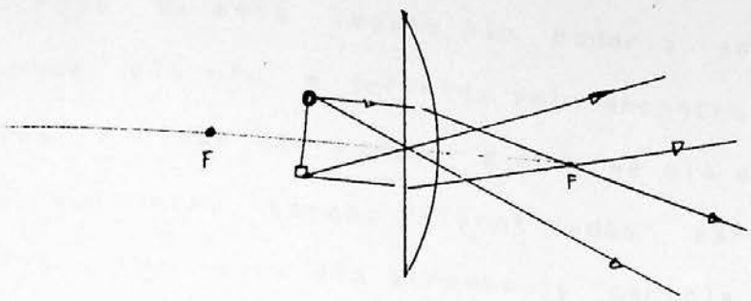


Aqui usamos uma das regras que não havíamos usado ainda, isto é, o raio que incide no centro da lente, não sofre desvio.

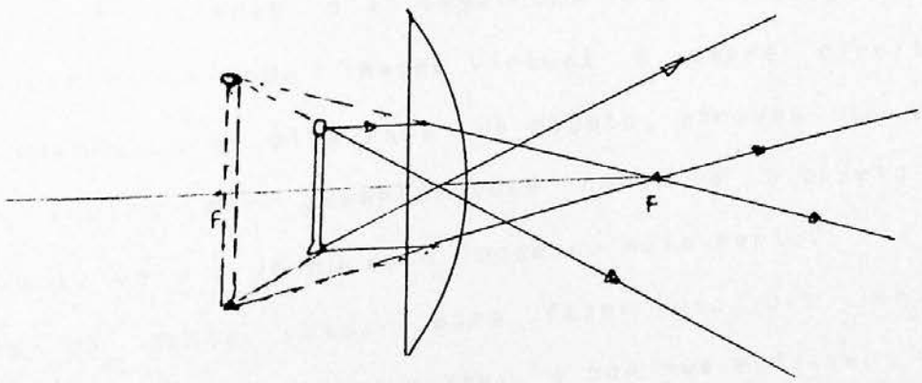
CACANDO FANTASMA

Quando você colocar a vela entre o foco e a lente, também não deve ter encontrado a imagem da vela.

Vamos tentar ver o que se passa, geometricamente, com esta imagem?



Veja, os raios refratados, em vez de se aproximarem se afastam. Ah! -se eles estão se afastando, é porque em algum outro lugar, nem que seja na nossa imaginação, eles já estiveram juntos! Você lembra, já havíamos mencionado que uma imagem pode ser definida ou pelo cruzamento dos raios refratados ou pelo cruzamento de seus prolongamentos. Então vejamos o que acontece se prolongarmos os raios refratados, que se afastam, procurando encontrar onde eles estiveram juntos!?



... Pois é, esta imagem não poderia ser projetada, mesmo porque ela não é definida pelo encontro dos raios de fato! Ela, a rigor não existe! É como se ela estivesse ali. Por isso que, para sermos "hipnotizados" para vê-la ali, precisamos olhar para ela através da "cartola mágica", isto é, através da lente. Fazendo assim temos uma informação deformada, à qual nos diz que o objeto está naquela posição e tem aquele tamanho!

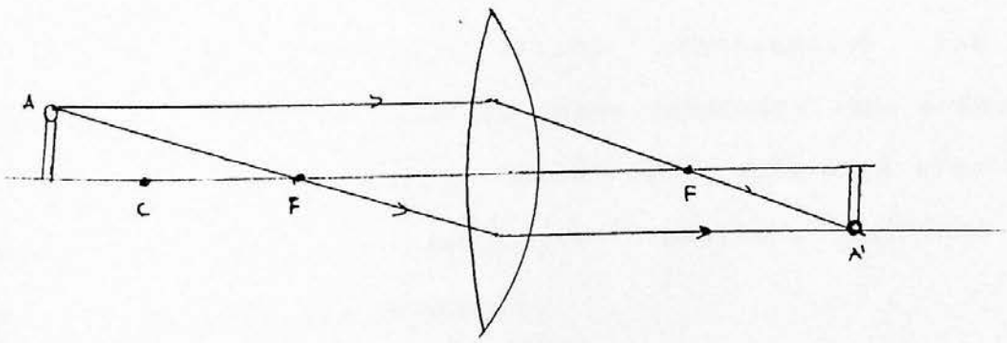
Vamos então guardar mais uma definição. Toda imagem que é construída pelo encontro, de fato, dos raios refratados, é chamado imagem real. Pois ela está ali, pode ser projetada em um anteparo e existe, queiramos olhar ou não para ela, ela existe. Para ser vista não é preciso que exista algo entre nossa visão e a tela. Olhamos para a tela a olho nu e lá encontramos aquela real imagem!

Quando a imagem é construída pelo encontro do prolongamentos dos raios refratados , dizemos que temos uma imagem irreal ou virtual. Pois ela só é vista se a olhamos através da lente. Portanto não pode ser projetada. Uma observação interessante é a seguinte: Toda imagem real, é sempre invertida e toda imagem virtual é sempre direita. Isto é, quando você olha para um objeto através de uma lente, um óculos, por exemplo, você nunca vê o objeto de ponta cabeça. Você o vê ou mais longe ou mais perto.

Antes da gente passar para fazer uso das lentes convergentes em outras atividades, é bom que estejamos bem familiarizados com elas. Por exemplo; você saberia apenas

tocando duas convergentes distinguir qual a mais convergente das duas?...Ora, você já deve ter sacado que será mais convergente a que tiver menor distância focal, pois a mais convergente fará com que um feixe de luz convirja mais rapidamente, isto é, logo ao sair da lente. E como saber quem tem menor distância focal?

Em primeiro lugar é importante saber se são construídas com mesmo material. Se forem de materiais diferentes, terão menor distância focal aquela construída com material de maior índice de refração entre os usados. Sendo de mesmo material, recorre-se então à construção geométrica. Como já sabemos que a distância focal é igual à metade do comprimento do raio da superfície curva da lente, é só verificarmos quem tem maior curvatura. Dessa forma, concluiremos que as lentes mais abauladas possuem menor distância focal sendo assim mais convergente.



Uma outra maneira de termos idéia acerca da distância focal de uma lente convergente é a seguinte: Apanhe uma lente convergente, pode ser de monóculo por exemplo, e tente

projetar a imagem de uma paisagem que se mostra pela janela, em uma folha de papel, ou na parede oposta à janela. Como a imagem está significativamente distante, em relação à distância focal das lentes, podemos raciocinar como se ela estivesse no infinito. Ora estar no infinito não tem significado real nenhum, quer apenas dizer que os raios de luz que de lá vem, vem de tão distante que chegam quase que paralelos entre si e também ao eixo principal da lente. Assim, a imagem da paisagem distante, deve se formar bem próximo ao foco da lente.

Medindo com uma régua, mais ou menos, esta distância, temos idéia da distância focal da lente.

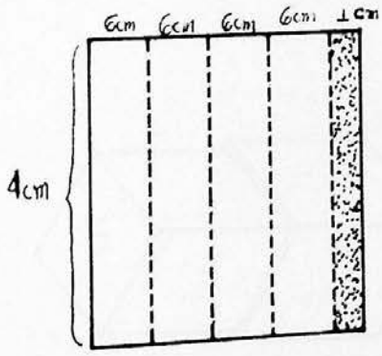
TRANSFORMANDO CONHECIMENTO EM TECNOLOGIA

- Pronto! Já estamos aptos a trabalhar com as lentes convergentes e construir alguns instrumentos ópticos conhecidos. É lógico, que não temos condições para produzir tecnologia de ponta, porém, para isso ...faremos algo que poderíamos chamar de tecnologia "caseira". Usaremos de material simples e bem conhecido.

Um Micro Projetor de Slides

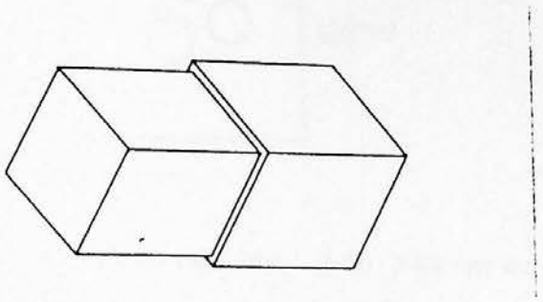
Vamos construir um projetor de slide possível de ser carregado no bolso. Grande ou pequeno, o funcionamento de um projetor de slide baseia-se, fundamentalmente, no processo de formação de imagem por uma lente convergente. Nos projetores comerciais existem outros elementos ópticos em sua montagem, porém, é apenas para direcionar a aproveitar melhor a luz do seu interior. Mas nós não precisaremos disto, vamos construir um protótipo de projetor.

Para tanto, precisaremos de 3 lâmpadas de 2.2 Volts com soquetes, 1m de fio cabinho, papel cartão, papel vegetal, duas pilhas e 1 lente de monóculos. Faremos ,primeiro, duas caixinhas com o papel cartão de modo que uma deslize dentro da outra. A primeira deve ser construída de acordo com o desenho abaixo:

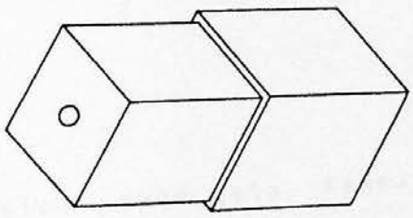


É só dobrar as partes correspondentes aos pontilhados e colar com cola e auxílio de fita crepe a aba

de 1 cm, de maneira a fechar a caixa, que por enquanto ainda não possui fundos. A outra deve ter 2 mm a mais na medida de cada face, e deve ser construída da mesma maneira. Colando uma dentro da outra teremos:

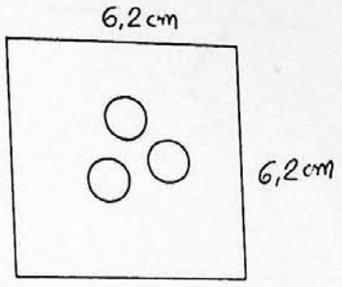


A tampa externa da caixa menor deverá ser construída fazendo-se um furo circular de 1 cm de diâmetro, no centro de uma placa de papel cartão de 6 x 6. Aí deve ser colada a lente. Agora cole a tampa à caixa, com auxílio de fita crepe.

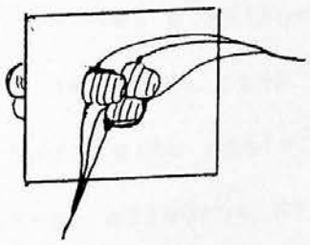


No fundo da caixa maior, deverá ficar o sistema de iluminação de nosso projetor. Em uma outra caixa de papel

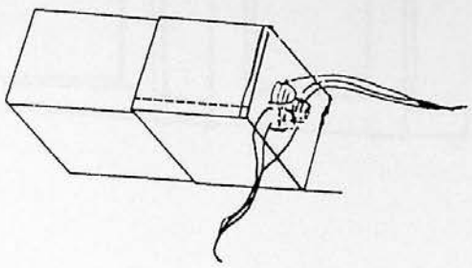
cartão de 6.2cm x 6.2cm deverão ser feitos três furos circulares, de diâmetro igual ao dos bocais da lâmpadas (não dos soquetes), de acordo com o desenho abaixo:



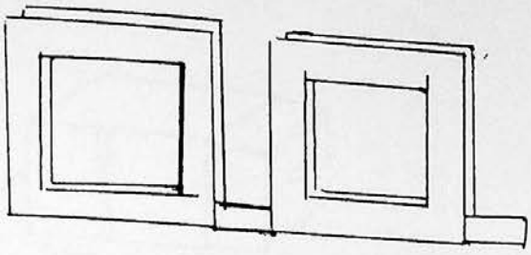
Corte seis pedaços de fio cabinho, com 1.5cm de comprimento cada, e ligue uma de suas extremidades ao terminal de cada soquete. Encaixe por um lado as lâmpadas nos furos circulares e pela outra atarrache os soquetes; assim as lâmpadas ficarão bem fixadas. As extremidades livres dos fios podem ser juntadas três a três.



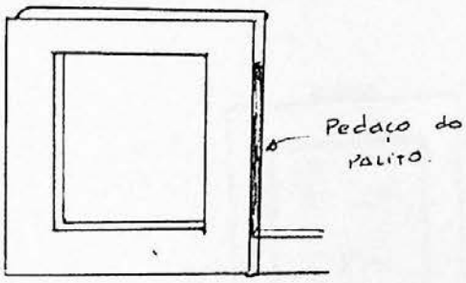
Feito isto, cole esta tampa ao fundo da caixa maior com fita crepe.



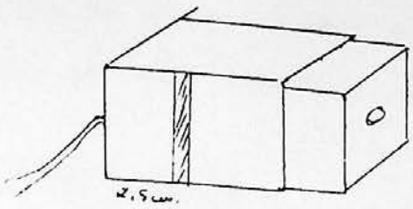
...Bom!...o sistema de projeção e de iluminação já estão devidamente prontas para o uso. Falta apenas agilizar o processo de encaixe dos slides. Primeiro vamos pensar como faremos o suporte para os slides. Ele pode ser construido de forma semelhante ao suporte que fizemos para lente que trabalhamos com a vela. Isto é, recortamos duas molduras com papel cartão e colamos uma madeirinha entre elas, de maneira a ficar como um porta slide de verdade. Porém, pensemos o seguinte: é melhor fazermos um suporte de slide que caiba mais de um de cada vez, ou seja, algo mais dinâmico. Isto pode ser feito assim: apanhe três palitos de picolé e recorte quatro molduras de papel cartão de 5.5cm x5.5cm. Cole-as uma de frente para a outra, no palito de picolé, deixando 0.5cm entre elas.



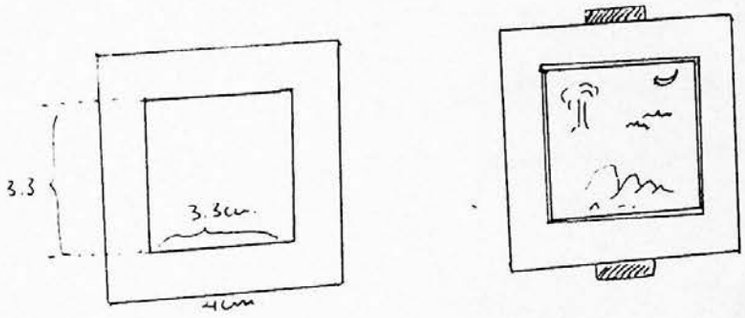
Recorte quatro pedaços dos outros palitos de picolé, de 5cm de comprimento cada, e cole-os nos vãos laterais entre as molduras; sempre colando-os mais próximos às bordas externas. Isto para ficar um vão interno entre as molduras onde devem ser encaixados os slides.



Precisaremos, agora, fazer uma fenda na caixa maior onde deve ser movimentado o suporte de slides. Esta fenda deve ter 3mm de largura, e deve ser feita nas laterais da caixa, a uma distância de 2.5cm do fundo

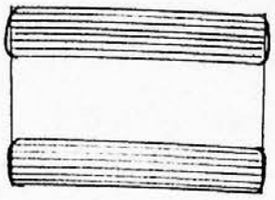


Só falta os slides. Estes devem ser feitos com papel vegetal e papel cartão. Recorte vários pedaços de papel vegetal de 3.5cm x 3.5cm, e desenhe sobre eles o que você desejar. Monte uma estorinha, por exemplo. Para fixar o "filme", faça mais uma vez, molduras com papel cartão, de 4cm x 4cm e cole sobre elas o papel vegetal.

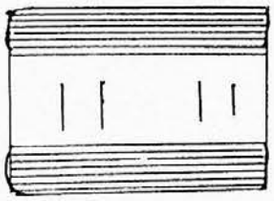


Para iluminar o sistema, use o seu porta-pilhas, com pilhas novas. As extremidades livres dos fios, três e três, devem ser ligadas em 3 Volts. Para ficar mais bonito e mais prático o nosso projetor, seria interessante fazer um interruptor para adaptar ao sistema de iluminação. Para isto, recorte uma plaquinha de papel cartão de 3cm x 2xm.

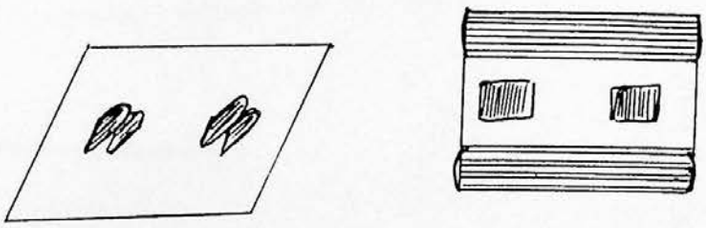
Cole nas bordas de maior extensão, dois pedaços de palito de picolé, de 3cm de comprimento.



Faça cortes na placa de papel cartão, de acordo com a posição indicada na figura abaixo:

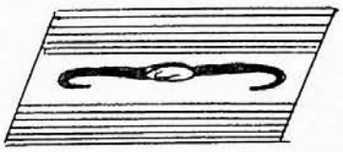


Recorte duas "pernas" de um colchete tipo bailarina e introduza cada uma delas nos cortes, de maneira que as duas extremidades de cada "perna" fique do lado oposto aos palitos:

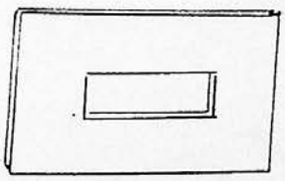


Entorte as "pernas" de um outro colchete, de acordo com o desenho abaixo:

Esta peça deverá fazer contato nos dois pedaços dois pedaços do colchete que encontra-se entre os dois palitos. Para ligar o circuito, as extremidades desta peça deverá estar sobre os dois pedaços de metal. Para desligar, deslize esta peçá para um dos lados, desfazendo o contato entre os "terminais" do interruptor.

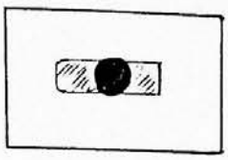


Precisamos agora fechar o vão onde deve correr a peça que liga e desliga os terminais. Recorte uma outra plaquinha de papel cartão, de 3cm x 2cm. Faça um vazamento de 1cm de comprimento por 0.5cm de largura.

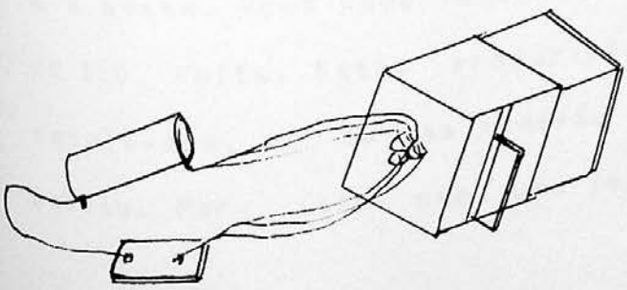


Esta região vazada deverá ser o espaço para o deslocamento do colchete-interruptor. Junte novamente as

"pernas" do colchete e introduza-as por esta fenda. Agora pode afastá-las novamente, deixando-as na posição que deve permanecer. Passe cola sobre os palitos e cole a placa vazada sobre estes.



O interruptor está pronto. Precisaremos de dois pedaços de fios de cabinho de 10cm de comprimento conectar este interruptor ao sistema. Uma extremidade de um dos pedaços deve ser ligada a um dos terminais da pilha. A outra extremidade, deste mesmo pedaço, deve ser ligada a um dos terminais metálicos que permaneceram (?) do interrruptor. Dobre estas extremidades para fazer um bom contato. Uma das extremidades do outro pedaço de fio deve ser ligada ao outro terminal do interruptor. Finalmente, a junção dos três fios provenientes das lâmpadas, deve ser conectada à outra extremidade deste fio cabinho.



Tudo pronto. Escureça um sala e projete sua estorinha em uma parede de cor clara. O sistema de encaixe das duas caixas do projetor permite focalizar melhor a imagem. Divirta-se!

Algumas observações:

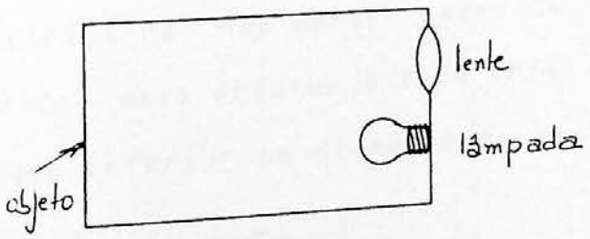
Você sabe que para que tenhamos uma imagem real, isto é, projetada, o objeto a ser projetado deve estar em uma posição anterior ao foco da lente. Porém, para que tenhamos uma imagem de bom tamanho, o objeto deve estar bem próximo ao foco. Com isto, fica amarrado um compromisso: a lente usada no projetor não deve ter distância focal superior à maior distância possível entre o suporte de slide e a mesma. Você pode fazer um projetor maior usando lâmpadas de 110 Volts. Estas produzirão maior iluminação e melhores resultados. As caixas poderão ser construídas com caixas de sapato. Para isto, use uma lente convergente de distância

focal não superior a 15cm. O esquema de montagem deverá ser o mesmo deste.

UM OUTRO PROJETOR

Um outro tipo de aparelho óptico de projeção é um episcópio. Já ouviu falar nele? Pois é, num episcópio a imagem não é projetada por transparência, como ocorre no projetor de slide. No episcópio a luz deve incidir na figura a ser projetada; refletida no (?) e então projetada pela lente em uma tela. Porém, para que se obtenha uma boa imagem, é preciso que uma boa quantidade de luz seja refletida pelo objeto. Isto torna necessário uma lâmpada bem mais intensa, ou seja, de potência elevada, acima de 100 Watts.

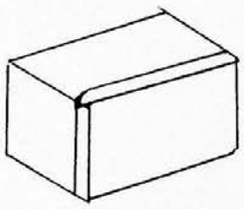
A posição dos elementos no projetor deve ser a seguinte:



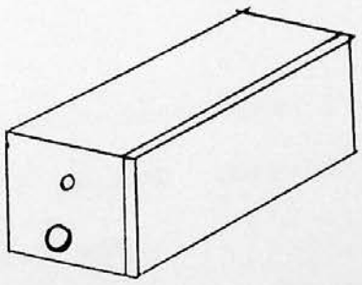
Você precisa ficar atento para alguns detalhes importantes na montagem deste projetor: a luz não deve ir

direto da lâmpada em direção à lente. Precisaremos, então, bloquear os raios que tentarem tomar esta direção. Para que se tenha uma imagem real projetada, o objeto deve ficar entre o centro de curvatura da lente; cuidado: não é o centro geométrico.

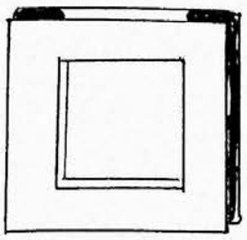
Aqui vai uma sugestão para a construção: corte uma caixa de sapatos, transversalmente à sua maior dimensão, deixando à parte uma das partes com o comprimento, igual à distância focal da lente a ser usada. Use uma lente convergente de distância focal no máximo de 10cm. Corte também, e cole com fita crepe, o pedaço de tampa correspondente. Até aqui temos:

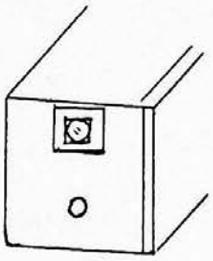


Deixando-a de lado, como mostra a figura acima, faça dois orifícios na sua menor face: um no diâmetro do soquete da lâmpada, mais próximo à face inferior, e outro no diâmetro um pouco inferior ao diâmetro da lente.

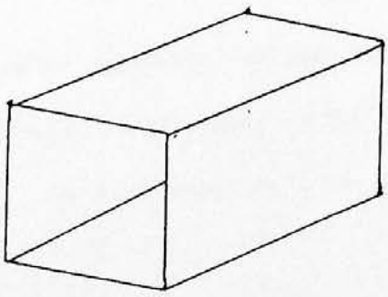


Para encaixar a lente, faça um suporte semelhante ao construído para os slides, e cole-o à frente do orifício.

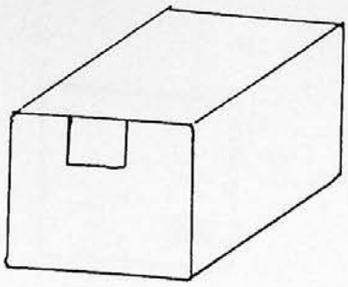




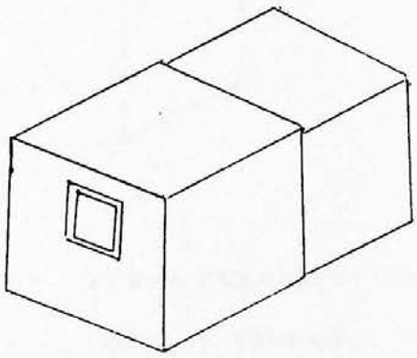
A tampa deve ser encaixada de dentro para fora, e o bocal adaptado a um soquete, que deverá conduzir a ligação até uma tomada. Bom!...a primeira parte do episcópio já está construída. O sistema, mais uma vez, precisará de focalização. Para tal, construiremos a segunda parte deste aparelho, com o formato do primeiro; comprimento de 10cm, e de maneira que o primeiro encaixe dentro do segundo, de maneira que um deslize dentro do outro.



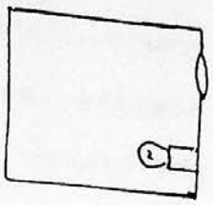
No fundo desta outra parte, faça um recorte quadrado desde a aresta superior, no meio das duas arestas laterais, de 4cm x 4cm.



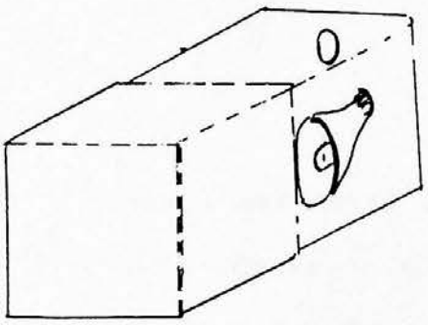
Em torno deste furo deve ser colado mais um suporte semelhante ao construído para a lente. Aí deveriam ser encaixadas as paisagens a serem projetadas. Até aqui o seu projetor deve estar assim:



...Ora, você deve também estar percebendo que um dos detalhe que chamamos atenção, não foi observado. Não obturaremos a porção de luz que vai direto da lâmpada para a lente.



Para isso, poderemos fazer um "funil" parabólico com papel alumínio, e colocaremos em torno da lâmpada.

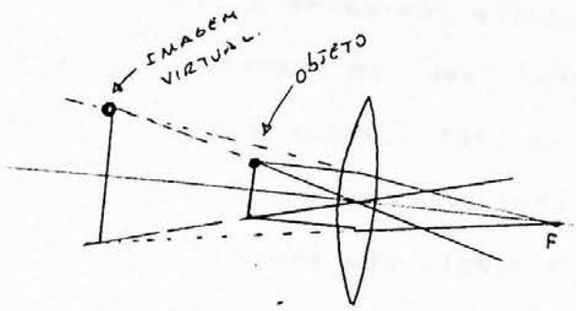


Para obter algum resultado na projeção, faça-a em uma sala escurecia. Ligue a lâmpada do sistema e afaste o foco do mesmo. O resultado desta projeção nunca é muito bom, pois precisa-se de um sistema de iluminação bem mais potente, porém é satisfatório para se divertir um pouco.

CAMINHANDO POR ENTRE OS POROS

Vamos agora partir para uma incursão que não a projeção. Aproximaremos um pouco mais da lente os objetos a serem observados, na tentativa de descobrir o que há por

entre seus poros. Ora, quando dizemos que vamos aproximar mais o objeto da lente, estamos, de uma forma sutil, dizendo que o objeto agora deverá ficar entre o foco e a lente. Nesta situação, você já sabe que não teremos projeção.



O que obteremos com este arranjo é uma imagem virtual, porém direita, e bem maior que o objeto. -Pois é, é isto que pretende uma lupa. Ou seja, quando olhamos para um objeto através de uma lupa, obtemos uma imgem bem ampliada deste objeto, e que nos permite observar seus mínimos detalhes.

...Ora, existem lupas e lupas... Mas dentre essas, a do segundo tipo pode ser obtida da seguinte forma: adquira um monóculo e retire a sua tampinha. Coloque em uma lâmina de vidro o tecido ou objeto a ser observado e encosta a lâmina no lugar que antes era ocupado pela tampinha. Observe.

Se usar um pouco de imaginação, você poderá construir as melhores estórias do mundo extra-terrestre, colocando na lâmina raspas de gelo, pedacinhos de cristais, algodão, etc..

Uma Lupa Mais Antiga

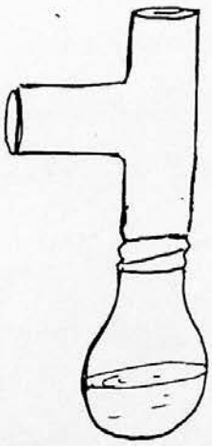
Na verdade, o primeiro microscópio de que se tem notícia, constava apenas de uma lente convergente, de distância focal muito pequena. Isto é, era na verdade uma lupa. Aqui vai então outra sugestão para a construção de uma lupa: _ Para que tenhamos uma lente com curta distância focal, ela deverá ter um raio de curvatura muito pequeno, ou ser de um material bastante refringente, ou os dois. Vamos então tentar aliar estas coisas.

Com auxílio de um alicate, retire o protetor plástico do fundo de uma lâmpada incandescente. Com uma chave de fenda, quebre o contorno interno de vidro, que ainda mantém o bulbo fechado. Acerte bem as bordas de vidro, de maneira a ficar com a abertura totalmente livre e retire os cacos de dentro do bulbo.

Despeje óleo de parafina, glicerina ou água no interior do bulbo, até a superfície do líquido atingir uma diâmetro máximo.

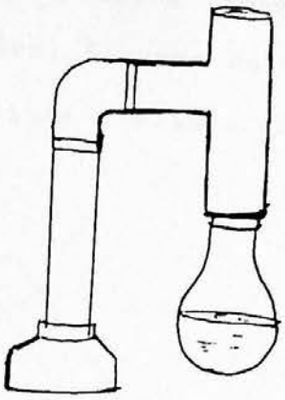
Está pronta uma lupa, agora é só observar o desejado. Porém, se você quiser construir um sistema de apoio e ajuste regulador de foco, aqui vai uma sugestão:

Encaixe o bocal da lâmpada em um pedaço de cano de PVC, de 0.5 polegada de diâmetro e 10 cm de comprimento. A outra extremidade do cano deve estar rosqueada, e deve ser ligada por uma conexão tipo T, também rosqueada, de acordo com o desenho abaixo.



Na extremidade horizontal do T, deve ser encaixado um outro pedaço de cano de cerca de 6 cm de comprimento. A outra extremidade deste tubo deve ser encaixada com uma

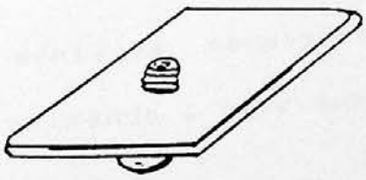
conexão em L, que, por sua vez, será adaptada a um outro tubo de 15 cm de comprimento.



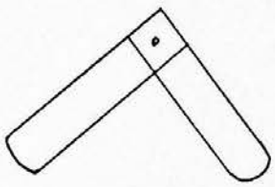
Como base para a coluna vertical, podemos usar uma lata de leite em pó com areia. Olhando pela extremidade superior do T, focalizaremos o objeto a ser observado, atarrachando ou desenroscando o tubo que contém a lâmpada.

Uma Outra Sugestão

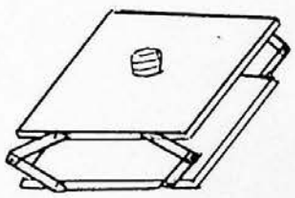
Faça um orifício, no centro de uma tábua de madeira de 10 cm x 10 cm, de diâmetro igual ao bocal da lâmpada. Encaixe aí a lâmpada. Ela deve ficar presa nesta posição:



Precisamos agora de oito pedaços de palito de picolé, de 5 cm de comprimento cada, e 12 alfinetes. Com isto, faremos quatro articulações, fixando os palitos dois a dois, com os alfinetes, como mostra a figura abaixo.



Será necessário uma outra tábua de 10 cm x 10 cm, que servirá de base para o sistema. Uma das extremidades da articulação deve ser afixada, também, com alfinetes, à tábua com a lente e a outra, à tábua-base. Veja figura.



Esta montagem permite o ajuste do foco da lupa, suspendendo ou baixando a base superior.

Todo ser humano, certamente, tem muita curiosidade e vontade de ver as estrelas, os astros em geral, mais de perto. E isto é um desejo antigo. Poderíamos dizer, que a Ciência teve berço na Astronomia, isto é, a vontade do homem de estudar e entender o céu, e o movimento organizado de seus astros. Porém, só por volta de 1610 é que se tem notícia da construção da primeira luneta, na história da Ciência, construída por Galileu. Pois é, mas nem por isso deixaremos de construir uma luneta, bem parecida com a do Galileu!

Pelo tanto que já sabemos da lente, podemos muito bem projetar este instrumento. Ora, se pretendemos aproximar o objeto observado, que normalmente encontra-se a uma distância muito grande, devemos usar uma lente convergente. Esta trará uma imagem do objeto para bem perto de nós.

Porém sabemos, que quanto maior a distância do objeto à lente, tanto menor será a imagem formada pela lente. Assim, como estamos olhando coisas distantes, teremos uma imagem demasiadamente diminuta, e além do mais

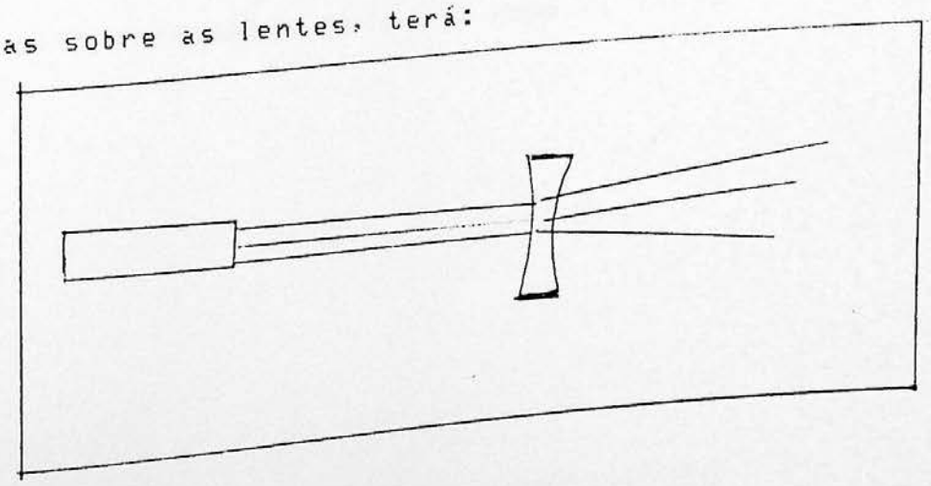
invertida. Precisamos então bloquear os raios de luz que formariam esta imagem, e mudar suas direções, tentando criar assim uma imagem maior e direita.

Poderíamos pensar em usar uma outra lente convergente, numa posição de forma que a pequena imagem fornecida pela objetiva (lente por onde penetra a luz no instrumento), caia entre o foco e esta lente. Porém, sabemos que esta ocular.(lente por onde a luz sai do instrumento), funcionaria como uma lupa. Teríamos assim uma imagem, maior, porém continuaria invertida. Então, a ocular não deve ser uma lente convergente, e sim uma divergente. Mas nós pouco sabemos sobre lentes divergentes.

Reconhecendo as Divergentes

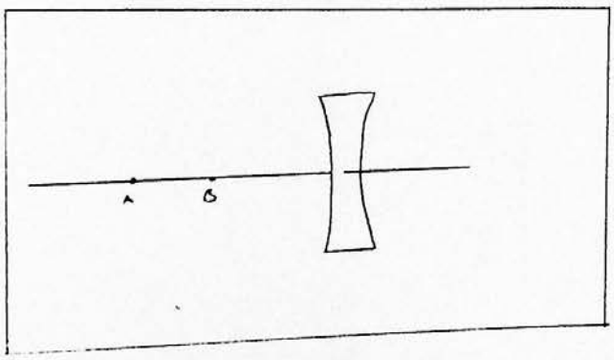
Retome a lente cilíndrica plástica, divergente que você construiu ou uma lente de óculos para correção de miopia.

Se você montar o mesmo esquema usado para a lente convergente, e fizer incidir um feixe de luz com o projetor de três fendas sobre as lentes, terá:

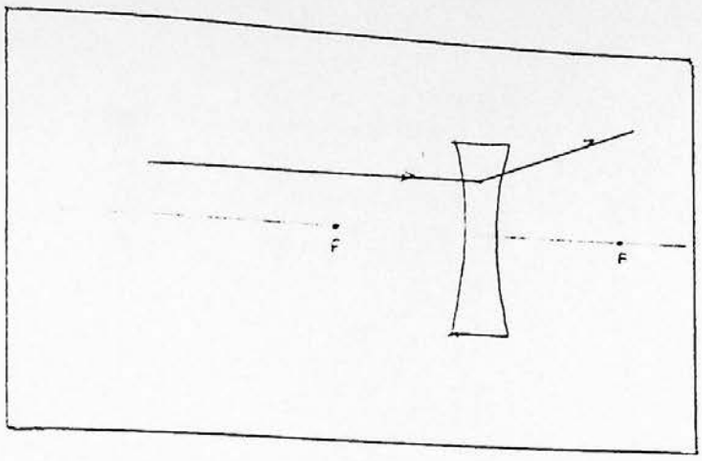


Se prolongarmos os raios desviados, estes prolongamentos se cruzarão em um ponto, antes da lente, que é o foco da lente divergente. Este foco é chamado de virtual pois é determinado pelo cruzamento dos prolongamentos e não pelos raios refratados.

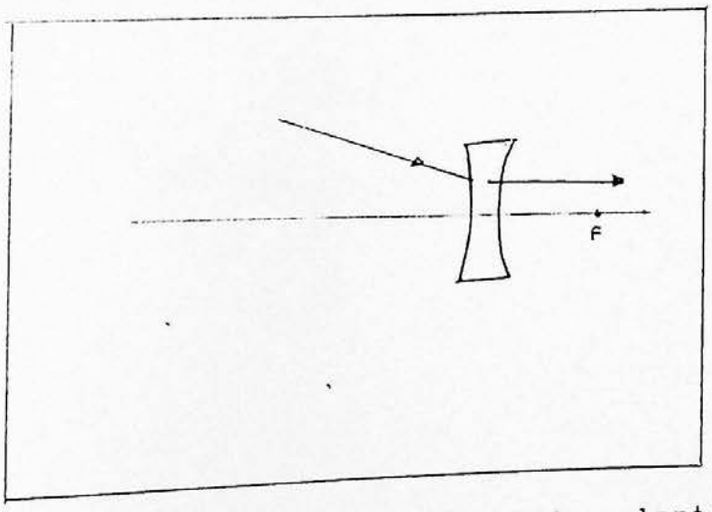
Poderemos repetir o procedimento que tivemos com a lente convergente. Feche duas fendas, deixando apenas uma aberta. Faça um raio de luz incidir no centro da lente, em uma direção que não sofra desvio. Esta é a direção do eixo principal da lente. Marque dois pontos sobre o raio, e depois ligue-os com uma reta, prolongando-a até à lente.



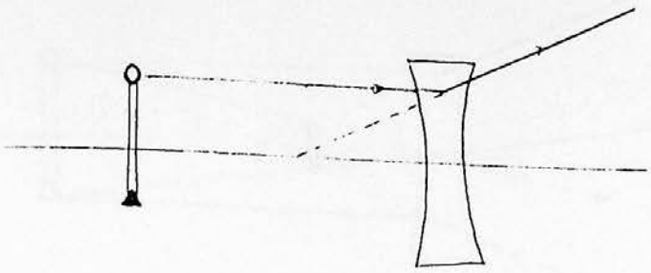
Agora faça incidir um outro raio de luz, paralelo à direção do eixo principal. Marque dois pontos sobre o raio desviado, ligue-os entre si e prolongue esta reta, até encontrar o eixo principal. Este é o foco da lente.



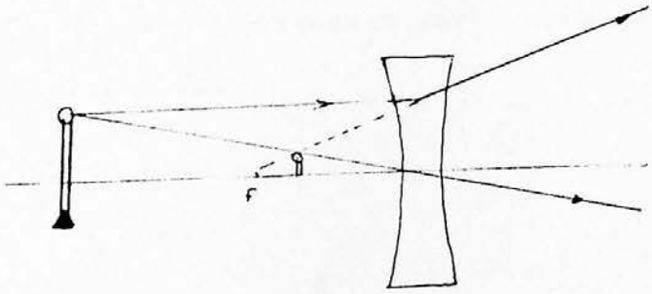
Daí, lembrando que a luz não tem escolha de caminho, isto é, ela sempre faz o memso caminho indo ou vindo; poderemos então aferir que se um raio de luz incidir em direção ao foco, do outro lado da lente, ele sairá da lente paralelamente ao eixo principal.



As regras são bem parecidas para as duas lentes. Vamos então tentar construir geometricamente as imagens, com uma lente divergente.

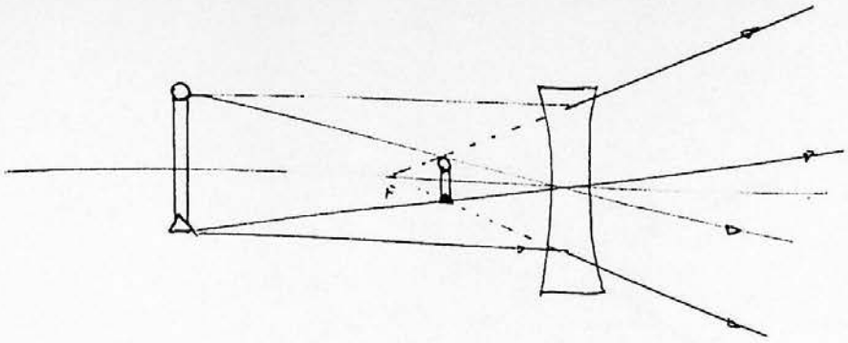


Um raio de luz que parte do ponto A, paralelo ao eixo principal, é desviado numa direção como se viesse do foco. Se fizermos um raio incidir passando pelo centro geométrico da lente, este não sofrerá desvio.

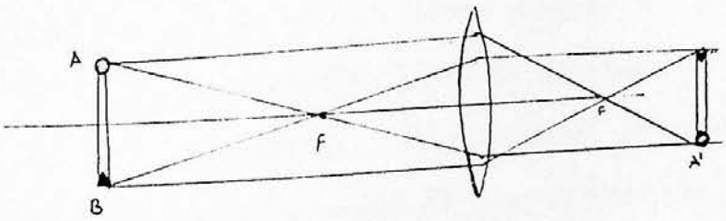


Os dois raios desviados jamais se cruzarão, mas seus prolongamentos, certamente. Ao ponto de encontro chamamos A'. A'é imagem virtual de A.

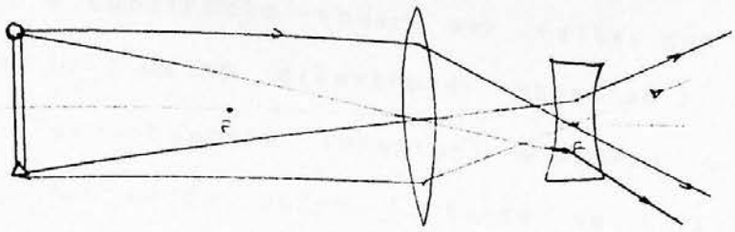
Empregando o mesmo procedimento para o ponto B, temos:



....Ora, isto não resolve o nosso problema, pois além da imagem não ser invertida pela lente, esta ainda funciona como lente de diminuição. Só nos resta pensar em mudar a posição desta lente, em relação à imagem formada pela objetiva. Vamos esquematizar novamente a imagem fornecida pela objetiva.



Podemos certamente concluir que, não adianta colocar a lente divergente, isto é, a ocular no caso, após o ponto x, pois com isto obteremos uma imagem menor que continuará invertida. E se interceptarmos os raios, antes do foco? Tentemos:



...É, parece que acertamos em cheio (incrível nossa intuição não?!). Esta deve ser a disposição da objetiva e ocular na luneta de Galileu. Ou seja, a ocular deve ficar entre a objetiva e seu foco. Para construir sua luneta, consiga uma lente convergente e uma divergente. Quanto maior a distância focal da objetiva, e menor a distância focal da ocular, melhor o resultado que obtemos.

A relação de aproximação que uma luneta deste tipo apresenta é dada pela razão entre a distância focal da objetiva e a distância focal da ocular. A distância focal de uma lente divergente, vem sempre precedida de um sinal negativo, isto para identificar o tipo de lente.

$A = F_{obj} / F_{oc}$, por exemplo se $F_{obj} = 40$ cm

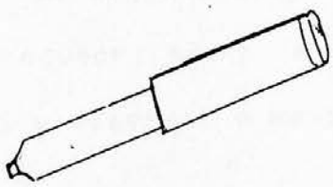
e

$F_{oc} = -10$ cm

teremos:

$A = 40/10 = 4$ vezes.

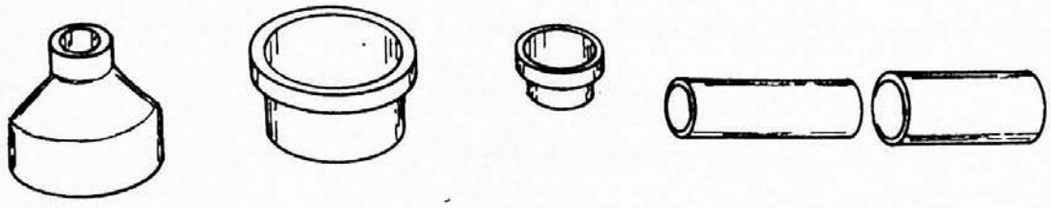
A construção poderá ser feita, com dois tubos de papel cartão, um no diâmetro da objetiva e o outro, num diâmetro imediatamente inferior, de forma que corra bem justo um dentro do outro. Corta-se um círculo de papel cartão no diâmetro do tubo de menor diâmetro e faz-se um orifício no círculo, com diâmetro um pouco inferior ao da lente ocular, que deve ser colada aí. O tubo mais grosso deve ter o comprimento igual a dois terços da distância focal da objetiva e o tubo mais fino, comprimento igual a um terço dessa mesma distância focal. Com auxíliode fita crepe, cole o círculo com a lente na extremidade externa do tubo mais fino. A objetiva deve ser encaixada na abertura externa do tubo mais grosso. Veja figura abaixo.



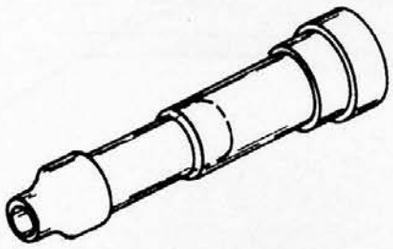
Uma Luneta de PVC

Aqui vai a sugestão para a construção de uma luneta de PVC. Será necessário o seguinte material: uma lente convergente de distância focal de 30 cm e diâmetro 5 cm; esta será a lente objetiva da luneta. Uma lente divergente de foco -10 cm e 1,2 cm de diâmetro; um redutor

de PVC de duas polegadas de diâmetro, uma luva de 2,5 polegadas de diâmetro e dois pedaços de tubo de PVC, sendo um de duas polegadas de diâmetro e o outro com diâmetro igual a 2,5 polegadas, ambos com 10 cm de comprimento. Veja ilustração abaixo.



A lente menor, ocular, deve ser encaixada na abertura menor do redutor e presa pela luva menor que deverá ser enserida nessa extremidade. A lente maior deverá ser encaixada no interior da luva maior e presa aí pelo tubo de maior diâmetro. O tubo de menor diâmetro deve ser enserido na abertura maior do redutor. Agora é só fazer um sistema deslizar dentro do outro e observar o mundo mais de perto.



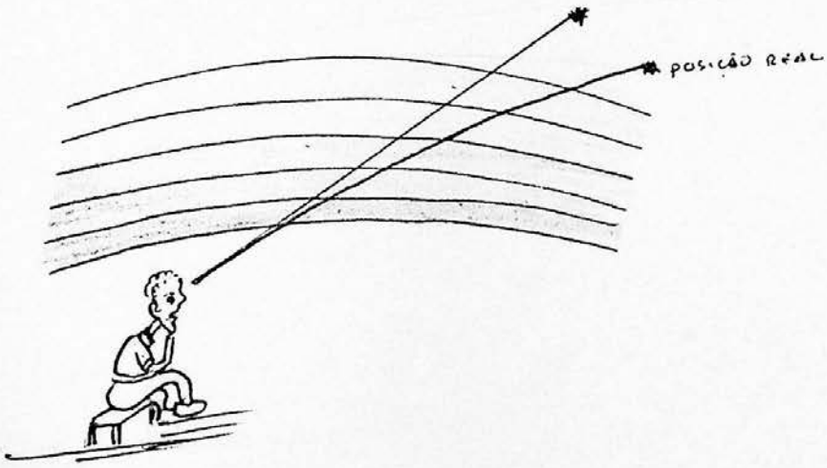
Uma Luz Dando a Volta por Cima

Já sabemos bastante acerca da refração da luz ao passar de um meio para outro de densidade diferente. Vamos

agora identificar no dia a dia onde este fenômeno se apresenta.

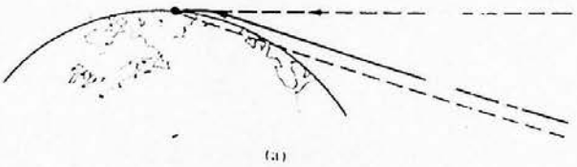
_ Você sabia que uma pequena estrela que você observa no céu, não se encontra alí onde você a vê? Pois é... A partir de hoje olhe um pouquinho mais abaixo dela, pois é lá que ela se encontra. Vejamos porque.

A atmosfera, quanto mais distante da Terra, encontra-se mais rarefeita. Isto quer dizer que, a atmosfera como um todo pode ser pensada como uma suscessão de camadas, onde uma é mais densa que a outra. Dessa forma, a luz emitida por uma estrela do "firmamento", até chegar na Terra, vai sofrendo refrações ao passar por estas camadas Quando atinge nossos olhos, chega sob uma direção que não é a mesma da reta que nos liga à estrela. Assim temos a impressão que a estrela está deslocada de sua posição.



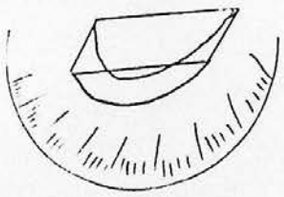
A mesma advertência serve para os admiradores do por do sol.... Pois é, o Sol também alí onde você o vê. Ele já se pôs há algum tempo. Porém devido ao longo caminho

percorrido pela luz desde esse belo ato até nós, e as suscessivas refrações que essa luz sofreu ao atravessar a atmosfera, continuamos vendo o Sol por mais algum tempo.



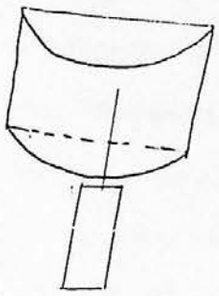
(a)

E as imagens, como se explicam? As imagens são frutos de mais um caprichoso comportamento da luz, ao passar de um meio para outro. Para entender este processo, façamos uma simples experiência. Apanhe uma cuba semi-circular plástica e um xerox de um transferidor e coloque-o sob a cuba.

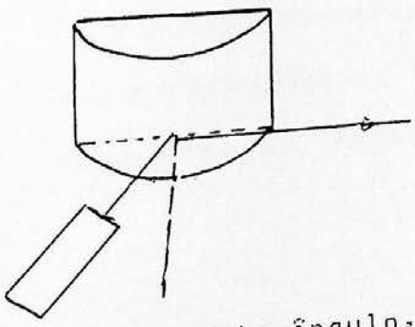


Coloque água na cuba e apanhe o projetor com uma única fenda, faça um raio de luz incidir na direção de 90

graus na face da cuba. Para isto, encoste o projetor na lâmina semi-circular.



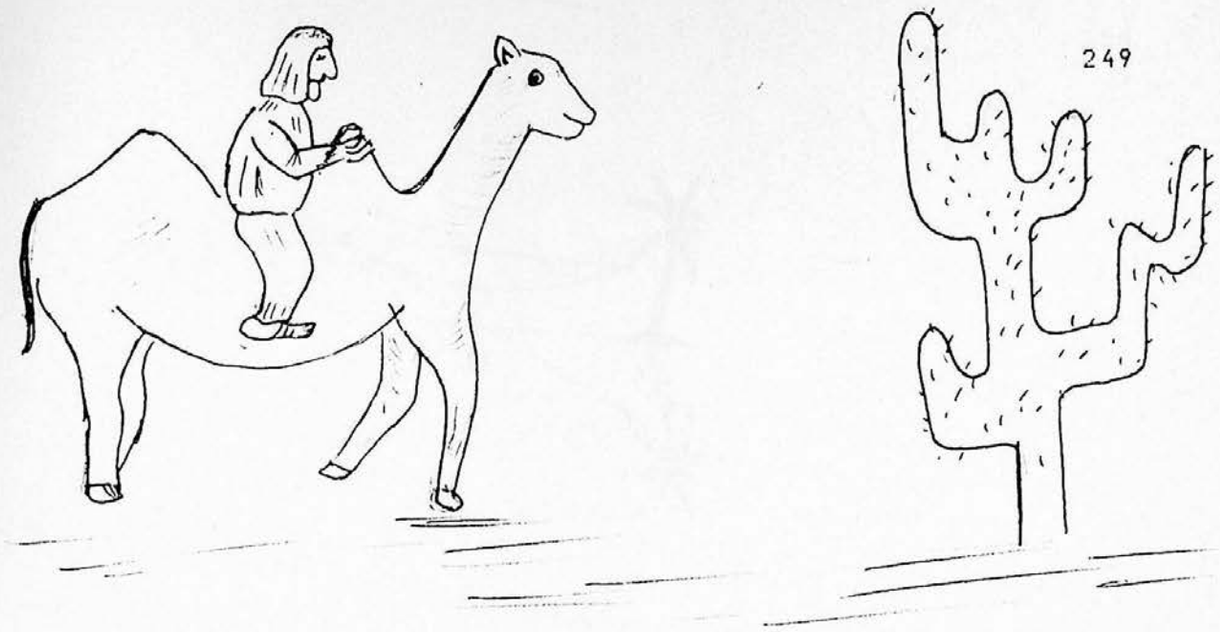
O raio deve ter saído do outro lado sem sofrer desvios. Agora vá deslocando o projetor na direção perpendicular à superfície de incidência, aumentando assim o ângulo entre o raio incidente e a perpendicular à superfície. Ao passar da água para o ar o raio é refratado. Continua aumentando o ângulo entre o raio e a perpendicular. até que chega um momento que o raio desviado sairá rasante à superfície plana da cuba.



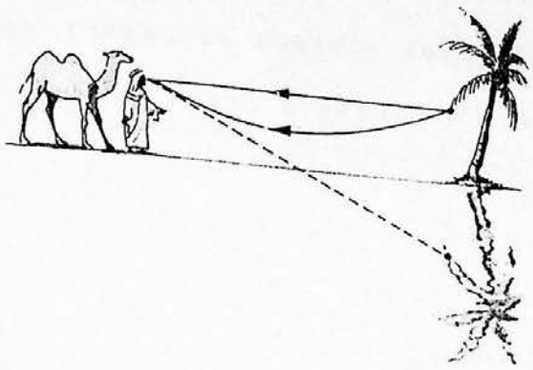
Para a água, este ângulo, isto é, o ângulo entre a direção normal e o raio incidente, é de 60^0. Esse ângulo é denominado ângulo limite, ou seja, o máximo ângulo de

incidência, a partir do qual, não mais ocorre refração do raio de luz. E o que acontece? Pois é, se você continuar aumentando o ângulo, verá que o raio incidente será totalmente refletido pela superfície plana, não sendo nem uma porção desviado. Chamamos a esse fenômeno de reflexão total. Observe que este fenômeno só pode ocorrer quando o raio de luz é desviado de forma a se afastar da direção normal à superfície de incidência. Em outras palavras, isso quer dizer que esse fenômeno só ocorre quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos. É bom lembrar que cada meio transparente possui um ângulo limite diferente, pois possui um índice de refração. E o que isto tem a ver com a imagem?

É simples, este fenômeno, bastante explorado em filmes de "bang-bang" e revistas em quadrinhos, normalmente acontece em regiões muito quentes, isto é, onde o solo está superaquecido; como é o caso dos desertos. Aí, as camadas de ar que se encontram mais próximas do solo encontram-se bem mais aquecidas, portanto, mais rarefeitas. Quanto mais distante do solo, até uma determinada altura, as camadas são mais densas, mais refringentes. Assim que a luz atravessa essas camadas, sofre desvios. Pensemos na situação abaixo:



O desenho acima representa um beduíno do deserto do Saara em seu camelo de estimação e um perseverante pé de cactos. Os traços representam as diversas camadas de ar, as de baixo, menos densas que as de cima. Da ponta do cactos parte luz em todas as direções. Tem uma direção que vem diretamente na vista do passeante, o que lhe permite ver esta parte da planta, e tem também uma direção inclinada se aproximando do solo. À proporção que este raio vai se aproximando do solo, vai sendo desviado, como que indo atingir o solo em algum ponto mais distante do que deveria. Porém, chega o momento que o ângulo de incidência é superior ao ângulo limite para o ar. Quando isto ocorre o raio é refletido e começa a subir; e haverá aquele que alcançará o olho do beduíno:



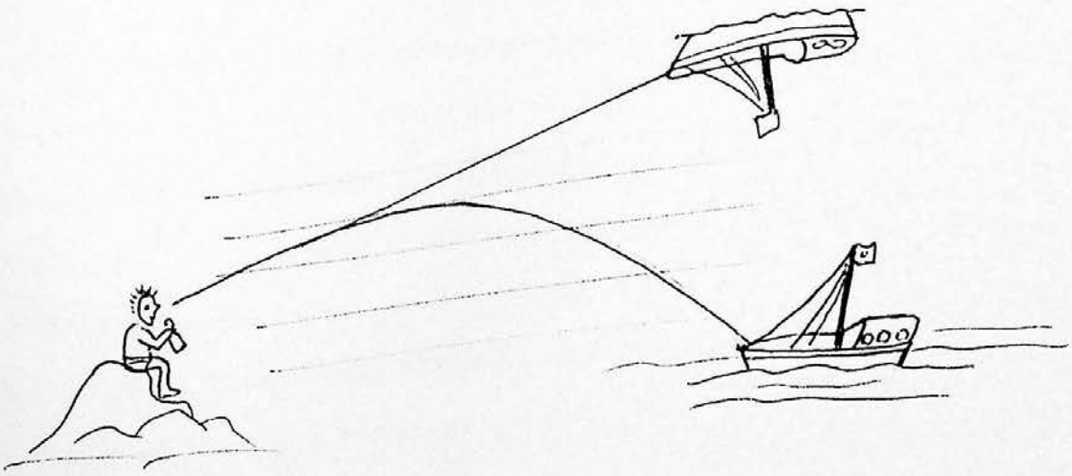
Este raio chega em uma direção que é como se tivesse vindo de baixo da terra. Isto é, como se o solo estivesse se comportando como um espelho. Assim, ele vê o ponto A diretamente refletido. Como este moço esperto sabe que não existe espelho cobrindo raiz de árvore, acredita que alí existe uma poça de água, ou seja, um espelho natural. E quando encontra-se sedento, pensa que finalmente matará sua sede! É lógico que se fosse água e ele se encontrasse desgraçadamente com sede, isto teria valor similar a um tesouro.

Em virtude dessa valorização crítica, propaga-se por aí, que é impossível, você ver, por exemplo, uma bela fada madrinha, como fenômeno de miragem, ou um pote de ouro... Ora, você só verá imagem refletida por miragem, do que existe alí de fato. O resto, é pura alucinação!

O outro fenômento de miragem interessante, é o que se passa em regiões próximas do mar em virtude da constante evaporação da água do mar, o ar próximo à superfície da água

contém muito mais vapor de água, portanto, encontra-se mais denso,. Dessa forma, as camadas imediatamente superiores são menos densas. Imaginemos a seguinte situação:

Do ponto A do barco parte luz em todas as direções, inclusive em uma direção inclinada, ascendente. Esta porção de luz, ao encontrar camadas de ar menos densas vai sendo refratada, até que atinge o ângulo limite. Aí então, é refletida totalmente, mais uma vez criando a impressão de uma superfície espelhada no ar.



...Assim você pode ver um barco navegando nas nuvens! Há quem garanta que já viu este fenômeno!

É também um fenômeno de miragem, que você vê asfalto molhado em pleno dia de sol _ quando não está chovendo! Preste atenção para as margens das estradas, em dias ensolarados que você verá o reflexo das árvores no chão.

Outros Feitos da Reflexão Total

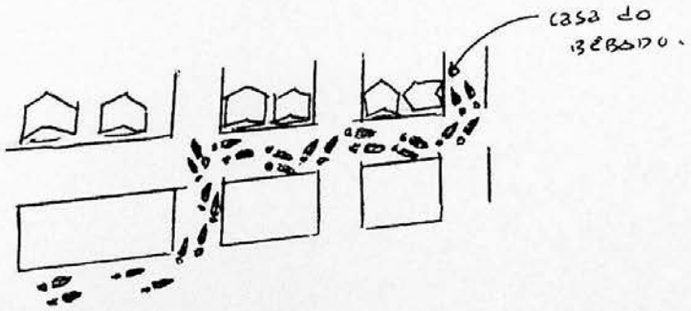
Você sabe porque uma pedra de brilhante é cara? Sim, é lógico que é porque é rara, mas também, por causa do seu fantástico brilho. Brilha mais do que qualquer outra pedra conhecida. Isto em ambiente iluminado. Em uma sala escura é como um pedaço de carvão. acontece o seguinte: o ângulo limite da luz para o brilhante é muito pequeno, cerca de 28 (graus ????). Com isto, a maior parte da luz que penetra nesta pedra, não consegue atravessar a pedra; sofre reflexão total nas superfícies opostas à que penetra - ou sucessivas reflexões - e finda por sair por onde entrou. Porém, é bom ressaltar que alguns fatores observados desde a penetração da pedra até a encrustação da mesma, são importantíssimos para o seu sucesso brilhante. A forma como é lapidada, visa aproveitar a maior porção de luz incidente e o fato de estar presa em apenas alguns pontinhos, permite a presença do ar ao redor da pedra. Isto é imprescindível

para que haja reflexão total, pois esta só ocorre quando a luz tentar passar de um meio mais refringente para um outro menos refringente. Se estivesse totalmente protegida, grande parte da luz penetrante, seria absorvida pelo invólucro.

A Luz "Evolui e Aprende" a Fazer Curva

...Pois é,... como diz a lenda, a luz prefere caminhar em linha reta!... Mas ... e como se explica o comportamento da luz ao percorrer uma fibra óptica? Você já deve ter visto em revistas, ouvido falar ou, tido nas mãos uma dessas coisas chamadas fibras ópticas. Você pode até dar um nó, neste "fio", que a luz que entra em uma extremidade dele, sai na outra. Isto é, não resta a menor dúvida que, a luz percorreu uma trajetória curva.

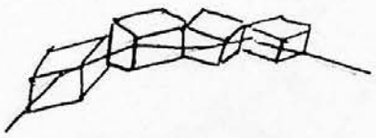
Ora, mas não se precipite; antes de ser adepto da opinião de que a luz "nem sempre" caminha em linha reta. Observe como um bêbado - isto é, devidamente embriagado - caminha do bar até sua casa.



Sem tropeçar em obstáculo algum, um bêbado que se preza, faz um caminho similar ao traçado acima. Note que,

por incrível que pareça, este ser chegou até a sua casa, sem fazer uma só curva, isto é, mesmo que pareça que ele fez duas curvas, todo o seu trajeto foi somatória de percursos retos - ...É,... é lógico que você deve estar pensando que grande absurdo querer comparar um bêbado desprezível, com a luz dentro de uma fibra óptica! Mas logo veremos que não é tão absurdo assim.

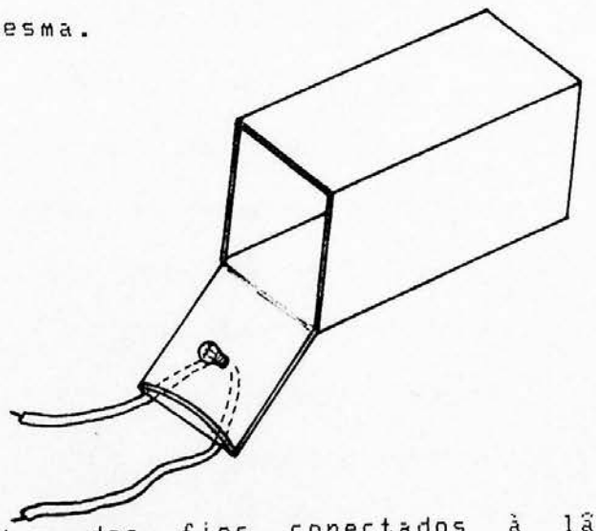
Se você pegar alguns bloquinhos de lucite (????) ou mesmo alguns cubos retangulares com água e colocar um em seguida do outro, em posições "convenientes", você forçará a luz a mudar constantemente de direção. Isto é, através de várias e sucessivas reflexões totais da luz, ao tentar sair do bloco a luz é obrigada a percorrer o caminho que você desejar.



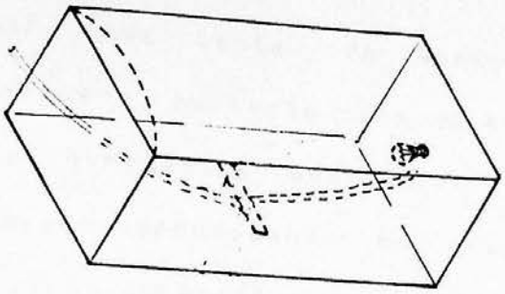
Agora imagine se você tivesse uma infinidade de bloquinhos, bem menores que estes e agrupasse-os sobre uma curva. Da mesma forma, a luz mudaria de direção refletindo dentro(???) dos cubinhos, só que agora ficaria bem mais disfarçado que seu trajeto era retilíneo e não curvilíneo. E é isto que acontece na fibra óptica. A maioria das fibras

ópticas usadas no dia a dia, nada mais são do que uma "linha" de vidro. Isso mesmo, um tubinho cilíndrico de vidro, de 5 a 50 um (??) (50x10-6 metros), protegido por um invólucro, também transparente, de aproximadamente 125 um(??). A luz penetra por uma extremidade da fibra e, após sucessivas reflexões, sai do outro lado. Façamos uma simulação de uma fibra óptica.

Apanhe uma caixinha, pode ser de remédio, de mais ou menos 5x3x3 cm. Em uma de suas tampas, fixe uma lâmpada de 2,2 V(??), de modo que ao fechar a caixa, a lâmpada fique do lado de dentro da mesma.



As extremidades dos fios conectados à lâmpada devem ser ligadas a duas pilhas (use o seu porta pilhas). Consiga um pedaço de fio de nylon número x(???) de 7 cm de comprimento, e fixe-o, em um ponto apenas, a uma das laterias internas da caixa, de forma que uma de suas extremidades fique praticamente sobre a lâmpada e a outra saia pela tampa oposta à lâmpada.



visão como se a caixa fosse transparente

Com fita isolante vede todos as possíveis frestas da caixa. Agora ligue a lâmpada. Verifique se sai luz pela extremidade do fio de nylon (certamente, sim!).

Uma outra maneira de simular uma fibra óptica é a seguinte: apanhe um bastão de vidro (maciço), de 20 cm de comprimento e 3 a 5 mm de diâmetro. Segurando nas extremidades, faça a chama de um bico de bunsen incidir na região central do bastão, enquanto isto, gire o bastão de forma que esta região aqueça por igual. Depois de 30 segundos, tente vergar o bastão ao meio, sem forçar muito. Se ele já estiver flexível o suficiente, entorte lentamente o bastão, de maneira que suas extremidades apontem para direções formando um ângulo entre 60^0 e 90^0.

Faça a luz de uma lanterna incidir sobre uma das secções retas do bastão e verifique se sai luz na outra. Se quiser, tente projetar a imagem da lâmpada da lanterna. .

Basta aproximar uma lente de monóculo ou uma lente convergente qualquer, na secão reta da extremidade por onde sairá a luz, e dirija-a a uma superfície branca. Tente focalizar a imagem, aproximando ou afastando o conjunto (bastão + lente) da superfície de projeção.

Com um pouco de sorte você conseguirá a projeção. Que tal forrar este bastão, para ver se melhora o seu rendimento? Você pode fazer isto usando fita isolante. Cubra-o completamente com esta fita. Faça incidir novamente a luz da lanterna e observe. - Sem dúvida deve ter piorado bastante!...Pois é,...viu como a luz se parece com o bêbado? Sem tropeçar em nada, ela consegue chegar na outra extremidade, mas se quiserem forçar a barra,... não há acordo!. - E por que será que ocorre isto? Tente explicar.

...Ora já sabemos que a transmissão da luz de uma extremidade à outra do bastão, se dá por sucessivas reflexões internas da luz no interior do mesmo. E o fenômeno da reflexão total só pode acontecer quando a luz tenta passar de um meio para outro menos refringente. Por exemplo, do vidro para o ar - Não esqueça que este é um fenômeno de superfície! Quando colocamos fita isolante em torno do bastão, a luz é absorvida pela fita ao tentar sair e por isso não consegue chegar à outra extremidade. Assim a melhor substância que podemos manter ao redor do bastão é mesmo o ar. É claro que se colocarmos água ou óleo em torno do bastão também funciona, pois ambos possuem índice de

refração inferior ao do vidro, mas não se tem o mesmo rendimento.

UM POUCO DE HISTORIA DE FIBRA OPTICA

A técnica de funcionamento das fibrasópticas, é conhecida há mais de 30 anos, porém a tecnologia em sua utilização teve avanço bastant lento até nossos dias... Tudo começa assim... Uma fibra óptica é constituída de um miolo, que serve como guia de luz, isto é, por onde irá caminhar a luz. Na maioria dos casos este fio condutor é feito de vidro. Como já mencionara este fio tem diâmetro de cerca de 100um (10 a menos 4 m). Agora imagine uma "linha" de vidro deste diâmetro, solta por aí... Pois é, sem dúvida é preciso protegê-la. Porém, surge aí um pequeno e importantíssimo problema. Se protegermos este fio com qualquer material, estará eliminada a condição primeira para a transmissão de luz, ou seja, a reflexão total. Desta forma, é preciso revestir este fiozinho de vidro com um outro vidro e de índice de refrção bem inferior ao do vidro que constitui o fio condutor. Quanto maior a diferença melhor o rendimento da fibra.

Aí empacou o processo da fibra óptica. Conseguir produzir este revestimento a nível comercial e a preço acessível era quase um paradoxo. Aliado a isto, junta-se também o problema de se conseguir um vidro para constituir o miolo da fibra, que apresentasse menor perda de luz; era preciso melhorar o grau de pureza deste material. Hoje as fibras podem ser fabricadas por diversos processos, porém

todos à base de deposição de vapor de sílica, isto é, monocristais de quartzo.

Para se ter uma idéia, do progresso que se obteve em diminuir a atenuação de luz por fibras ópticas, em 1968, perdia-se por causa de impurezas,cerca de 1000 dB/km. Hoje (1984) esta perda é da ordem de 0,1 dB/km. - Que magnífico não ?! Em apenas 20 anos...!

...Pois é, mas voltando às fibras ópticas, é importante entender o que significa se possuir esta componente. A fibra óptica não é um condutor que poderá ser utilizados para novas "invenções" que ocorram de hoje em diante. Além desta possibilidade, ela pode, deve e é atualmente utilizada para substituir elementos outros de transmissão, iluminação e de controle, em diferentes aplicações.

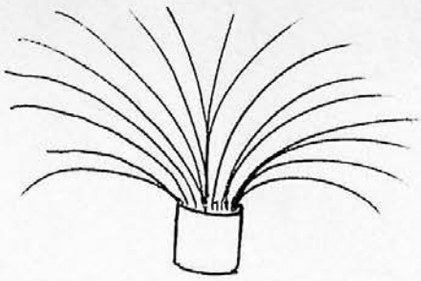
Como guia de luz de um ponto a outro, em alguns casos não se faz necessário flexibilidade do condutor; são usadas barras ou hastes isoladas de binra óptica, de espessura de até 1mm de diâmetro. Usa-se também como condutores de luz, os chamados feixes incoerentes de fibra óptica. Este elemento consiste de fibras ópticas agrupadas, sendo bastante flexível, e com o mínimo de curvatura permitido, limitado pela bainha de proteção do feixe. Certamente é o elemento mais útil e versátil, em termos de fibra óptica, para a condução de luz.

A utilização prática dos condutores de luz se faz na, iluminação de pequenos medidores, associados a endoscópios, borreoscópios e outros instrumentos médicos.

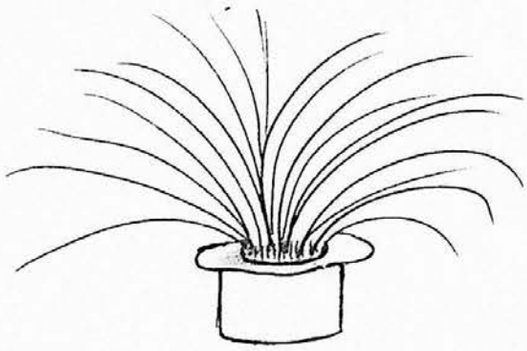
Estes condutores são também associados a células fotoelétricas, para acionar sirenes de alarmes.

Outro elemento de fibra óptica também bastante usado é o "feixe coerente". É composto por um aglomerado de fibras, porém, diferentemente do feixe incoerente, as posições relativas das fibras são as mesmas nas duas extremidades do tubo. Pelo fato de cada fibra, das milhares que compõem o feixe, ter que guardar uma posição exata, a construção destes elementos se fez difícil e, logicamente, seu preço elevadíssimo. Existem também barras de feixes coerentes, que podem ser, inclusive, dobrada em pequenos ângulos. Estas barras são chamados condutores de imagem. Uma imagem projetada ou formada em uma das extremidades destas barras, é transmitida pelos feixes coerentes, inalteradamente para a outra extremidade. Cada pontinha de fibra transmite a informção que sobre ela foi formada.

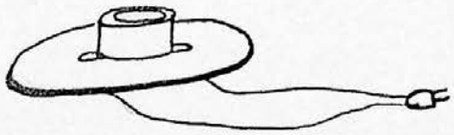
Um adorno interessante, isto é, bonito que se pode fazer com fibras ópticas, é uma espécie de "abajour". - Compre um carretel de fio de nylon número x. Corte uma centena de pedaços de fios, de 30cm de comprimento. Faça uma "bainha" em uma das extremidades do feixe prendendo-os com magiplástico, de forma a ficarem assim:



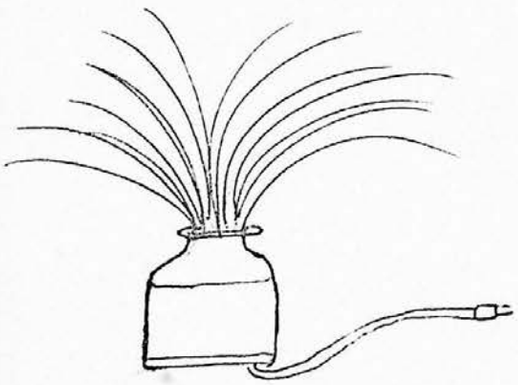
Adapte esta região embainhada a um pedaço de seringa de 20ml, de 5cm de comprimento. (Use a região da seringa que contém as abas que servem de apoio aos dedos).



Precisamos fazer agora o suporte para a lâmpada. Consiga um anel de PVC de x polegadas e 10 cm de comprimento. Recorte um círculo de madeira, de forma que encaixe justo no anel de PVC. Adapte ái um soquete para lâmpada de geladeira.



Enrosque ao soquete uma lâmpada de geladeira de 40W, colorida se quiser e encaixe o conjunto ao anel de PVC. Na extremidade aberta do anel, adapte um redutor de PVC, de x/25, ou faça uma tampa de papelão com um circulo de 2cm de diâmetro ao meio. Aí deve ser depositado o pedaço da seringa com as fibras ópticas. É só ligar o "abajour" à tomada e observar a beleza da tecnologia de ponta; isto é, uma fonte de pontinhos brilhantemente iluminados. Mas antes, enfeite bastante o seu adorno, para ficar mais bonito.



um abajur "brega de pontas"

Não vá concluir a partir destas sugestões, que um pescador bem informado, deveria usar duas linhas de nylon numa vara. Uma para sustentar o peixe, outra como fibra óptica, condutora de imagem, para descobrir onde se encontra o peixe... A pescaria perderia a graça, não?!