
O ENSINO DA ÓPTICA NA PERSPECTIVA DE COMPREENDER A LUZ E A VISÃO

José Paulo Gircoreano
E. E. Prof^a Aparecida Rahal
Jesuína Lopes de Almeida Pacca
Instituto de Física – USP
São Paulo – SP

Resumo

Apresentamos neste trabalho a estrutura de um curso que procura se basear nas concepções espontâneas dos alunos sobre luz e visão, para tentar promover o ensino dos temas da óptica geométrica de forma mais coerente e significativa. O próprio desenvolvimento do curso contém aspectos de pesquisa, coletando nas expressões dos alunos suas idéias de senso comum. Destacamos algumas atividades que têm por objetivo proporcionar aos estudantes oportunidades para confrontarem suas idéias e expectativas com uma situação prática, criando contextos para a construção dos conceitos científicos.

I. Introdução

O desenvolvimento de um grande número de pesquisas sobre as formas alternativas de conceber os conceitos da Física trouxe uma questão subsequente ao se tentar levar para o ensino em sala de aula as informações encontradas. Aproveitar os testes e questionários utilizados pelos pesquisadores para aplicar com os alunos e evidenciar os mesmos modos de pensar já encontrados foi um trabalho pedagógico interessante e que sem dúvida serviu para que os professores tomassem consciência da existência desses modelos alternativos, mas o professor na sala de aula precisa mais do que isso: o que fazer com sua conduta pedagógica para obter a aprendizagem significativa e cientificamente correta dos seus alunos?

Dizendo de outro modo, o que pode mudar efetivamente no ensino, sabendo que os erros não representam apenas uma dificuldade puntual em relação ao modelo físico, mas que eles têm uma origem que pode ser atribuída a um modelo alternativo (espontâneo ou de senso comum) da teoria física? Neste sentido o erro não é

simplesmente uma digressão (Astofi, 1999), mas um conflito de duas teorias, mais profundo e fundamental.

O conhecimento de quadros das concepções de senso comum, abundantemente espalhadas na literatura (La Rosa et al, 1984; Goldberg & Mcdermott, 1986; Kaminsk, 1989) por parte do professor, não é suficiente se ele continuar a tratar como erros (e indesejáveis) as respostas espontâneas que não se ajustam aos modelos científicos estabelecidos.

Parece que o sucesso de uma mudança conceitual com o trabalho em sala de aula dependerá do apoio de uma concepção de aprendizagem adequadamente utilizada e concretizada nas atividades específicas e na conduta do professor na sua interação com os estudantes.

Adotando uma concepção construtivista da aprendizagem, os indivíduos aplicam seus modelos disponíveis para resolver os problemas com que se deparam; tais modelos são mais amplos e completos do que mostram numa simples aplicação à resolução de um problema. A resposta certa ou errada tem como suporte uma estrutura, uma rede de relações que dificilmente é explicitada e que não pode ser imediatamente reconhecida na sua aplicação local e particular. Aceito isto, a eliminação de um erro evidenciado numa situação dada não garante uma modificação no modelo mais geral e nem mesmo o descarte de uma de suas partes. Na aprendizagem significativa, a estrutura teórica como um todo tem que se modificar, e é pouco provável que isto ocorra com um único exemplo mal sucedido no meio de muitos outros que até o momento mais contribuíram para confirmar e construir a teoria espontânea/alternativa.

Quando se estuda Óptica no curso de ensino médio, o enfoque tradicionalmente se restringe ao estudo de aspectos geométricos, baseados no conceito de raio de luz e na análise das características de alguns elementos específicos, como por exemplo, espelhos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes. Todos esses elementos sempre são indicados por retas e pontos num plano, sem ficar evidente que a luz se propaga num espaço tridimensional, que há uma fonte de luz e que existem obstáculos para a propagação. Os aspectos concernentes à natureza da luz, sua interação com a matéria e sua ligação com o processo de visão, também são, em geral, desconsiderados.

Como podemos notar através da literatura específica (Osborne & Black, 1993), as concepções espontâneas ou alternativas são abundantes nesse campo da Física. Em função desse conjunto de concepções, o ensino desvinculado dos aspectos físicos ligados à natureza da luz e ao processo de visão acaba não só tornando o aprendizado mais difícil como também pode reforçar muitas das concepções espontâneas e proporcionar aos estudantes uma apreensão incorreta dos conceitos cientificamente aceitos.

E o ensino da Óptica Geométrica considera as Concepções Espontâneas?

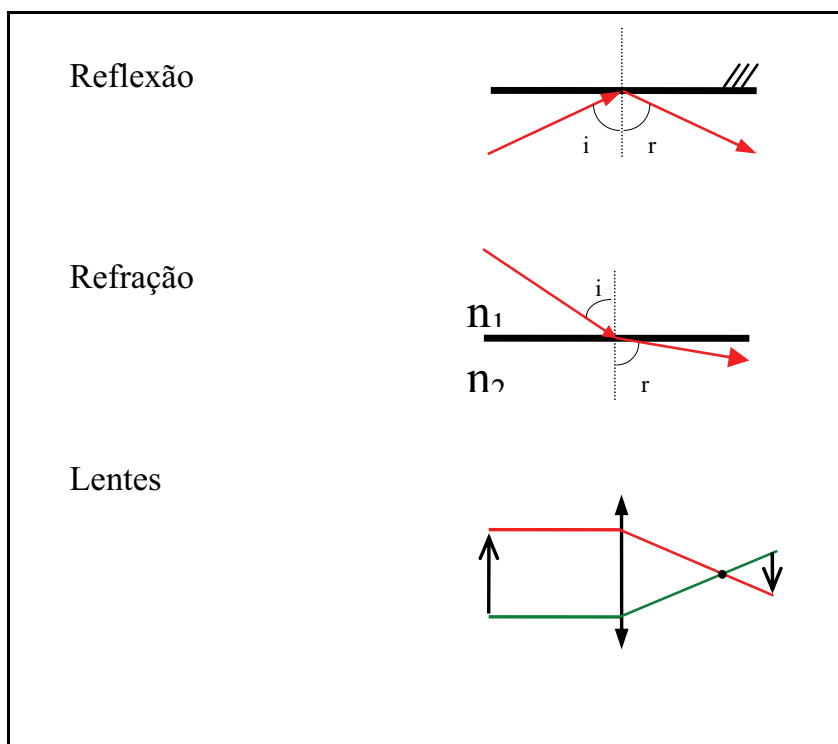
II. As concepções espontâneas e a óptica geométrica na sala de aula

Os resultados que a literatura apresenta mostram aspectos interessantes do conflito entre as formas de pensar do senso comum e da ciência.

Na concepção espontânea, "raio visual" constitui um conceito fundamental para explicar a visão (La Rosa et al, 1984): a luz vai do olho até o objeto para captá-lo visualmente; a visão não depende da existência de luz; objetos com cores claras podem ser vistos independentemente de haver luz no ambiente; cores claras prevalecem sobre as escuras. Diante de um problema de reflexão num espelho, o senso comum considera que a imagem do objeto está na superfície do próprio espelho. A luz enfraquece com a distância, de forma semelhante ao ímpeto carregado por um corpo, na mecânica.

Estas formas de conceber diferem essencialmente do que está implícito no conteúdo apresentado comumente na sala de aula. Existe uma predominância na apresentação da Óptica com seu aspecto geométrico, os conceitos e procedimentos são baseados no conceito do raio de luz (uma representação geométrica da luz), em entes abstratos e estáticos (Kaminsk, 1989).

Os problemas são, em geral, apresentados numa ordem seqüencial estanque, onde reflexão, refração, lentes e espelhos não aparecem ligados a um mesmo fenômeno físico e representam, cada um por sua vez, um fenômeno ou evento distinto, com características próprias e específicas.



Na verdade, o que se apresenta é um conjunto de regras; estuda-se as definições de raio e de feixe de luz, fontes, princípios de propagação, etc, passa-se, então, para os espelhos (planos, curvos) e assim por diante, até chegar às lentes e,

quando muito, tratam de aparelhos em que estas são usadas e dos problemas da visão, mas tudo de forma segmentada, sem apelo efetivo para a natureza da luz e sobre o processo da visão.

O objetivo da aprendizagem acaba sendo a medida de ângulos, a memorização de regras e a aplicação de fórmulas e princípios da trigonometria. A luz, nesse contexto, passa quase despercebida, com respeito as suas características e propriedades intrínsecas. Também se fala em construção, formação de imagens, mas o observador não aparece ou não é destacado, e se tem a impressão de que a imagem forma-se no espaço e pode ser atingida por "raios visuais". Como esperar que o aluno consiga conceber com facilidade a idéia de uma imagem formada atrás de um espelho? Afinal, é essa a afirmação que os livros fazem.

Analisando os problemas normalmente propostos no desenvolvimento dos temas da óptica geométrica, deveríamos levantar as seguintes questões ou aspectos significativos, a serem problematizados e analisados com vistas à construção de um conhecimento significativo.

1. Onde está o olho do observador?
2. Qual o significado das linhas que representam os raios de luz?
3. Qual o significado de imagem real e imagem virtual?
4. Qual o papel dos anteparos?
5. A luz ("raio") é um ente estático?
6. A luz pode ser vista de "perfil"?

Com a preocupação de organizar um curso para ensinar óptica, em que as concepções do senso comum seriam ponto de partida, procurou-se em primeiro lugar conhecer estas concepções e as formas pelas quais elas se manifestavam.

III. A Física dos alunos

Aplicamos um questionário versando sobre as características da luz e do processo de visão a alunos do 2º ano do Segundo Grau (um grupo de 120 alunos), enfocando aspectos como a intensidade da luz e a distância que esta pode alcançar ao propagar-se; o que acontece à luz quando atinge diferentes superfícies (a reflexão e a refração); a formação de imagens e a visão. Esse questionário foi baseado num teste elaborado por Fetherstonhaugh et al (1992), usando algumas questões por ele apresentadas e outras, encontradas nos diversos trabalhos sobre concepções nessa área da Física.

Conforme pudemos perceber em nossos estudos, um aspecto quase sempre ignorado pelos livros é fundamental na análise do aluno: a visão. Para ele, os fatos são explicados em função do que ele vê ou não, e como vê.

A análise das respostas dadas no questionário e a sua discussão em classe nos deram indícios claros das dificuldades que o estudo da Óptica pode trazer se trabalhada tradicionalmente, desconsiderando as idéias prévias dos alunos e dando importância apenas ao aspecto geométrico. Os conceitos, bem como as premissas

usadas na óptica física, não são simples, muito menos óbvios para os estudantes. Apresentamos, a seguir, alguns exemplos de idéias que apareceram nas discussões que desenvolvemos em classe.

A: Eu tenho uma gata. Então o olho dela fica pequeno quando tem bastante claridade e ele aumenta quando não tem claridade. Então eu acho que ele vai enxergar.

P: Isso acontece com o seu olho também, não acontece?

A: Não sei...

P: Você nunca percebeu?

A: Não. Acontece? Então você enxerga no escuro?

P: Não sei.

A: No meu quarto eu enxergo!...

P: Em que situação?

A: Quando tá tudo apagado eu enxergo. eu consigo enxergar assim...o formato das coisas... a janela, é..., a janela.. .dá pra ver.

P: Tem certeza que é escuro total?

A: Absoluta.

A luz do sol ajuda Sueli a ver a árvore, mas sem a ajuda do sol, ela conseguiria ver a árvore, pois a árvore está próxima dela e está claro.”

“... Às vezes a cor pode ser... você vê de um jeito, se não tiver luz você vê de outro jeito, mas a luz não interfere nesse caso depois ele se acostumar com o ambiente. Eu acho que é isso.”

“Ah! O preto eu acho que o preto eu enxergo porque deve refletir alguma... algo... a luz reflete aqui e reflete luz nos meus olhos e eu vejo. E por que que as pessoas sempre falam que a noite que as pessoas tem que usar roupa branca? Que é pra poder enxergar. Ai... é mesmo! Todo mundo, quando tá na rua que é à noite, tem que usar roupa branca pra pessoa enxergar. Então é porque o branco deve ter algum reflexo... agora preto, preto de manhã, com o sol, queima. Dá a impressão que queima, então acho que o preto é mais fácil de ser refletido na luz do que o branco...”

P: Quer dizer, o sol tá bloqueando, o sol é mais intenso...

A: Eu acho que é, deve ser isso. Sei lá, luz que o sol transmite é bem mais forte que essa e não vai deixar essa luz chegar muito longe. Deve ser isso.

“Ah, eu acho que deve vir a claridade! (?)... por exemplo, assim, é que nem, por exemplo, um espelho, eu olho num espelho, tá o reflexo de uma luz lá e eu me vejo? deve ser mais ou menos desse estilo.”

“Só se tiver a ver com a luz. Se a sala tivesse apagada não dava pra ver. Só dava pra ver a mesa branca.”

‘A claridade é... é a forma como a gente vê a luz, luz clara, luz escura, eu acho que é isso.’

“Eu acho que é, deve ser isso. Sei lá, luz que o sol transmite é bem mais forte que essa e não vai deixar essa luz chegar muito longe. Deve ser isso.”

“Ah, por causa da luminosidade, por causa que no escuro a luz parece que ela se propaga, entende, a distância. Ela tem eh... digamos assim, ela reflete como uma luz que dá pra você enxergar.”

A: O escuro é uma sensação de que você não pode ver nada, tampa sua visão.

P: Ele bloqueia a visão, o escuro... bloqueia...

A: Ah, eu acho que a claridade tampa.

As concepções confirmam o que existe publicado, basicamente sintetizado nas idéias do “banho de luz” e dos “raios visuais”, como podemos verificar em La Rosa et al (1984), Osborn et al (1993), Kaminsk (1989), entre outros.

O “banho de luz” é a idéia associada à luz ocupando todo o espaço, “iluminando” os objetos e permitindo que sejam vistos pelo olho. Não há uma ligação entre olho do observador e luz, que chega nele; a luz é entendida como um ente estático, sem movimento, ao contrário do “raio visual”.

“A luz do Sol ajuda Sueli a ver a árvore, mas sem a ajuda do sol, ela conseguiria ver a árvore, pois a árvore está próxima dela e está claro.”

O “raio visual” é a concepção em que o olho tem um papel ativo na visão; existem variações dessa idéia, mas, basicamente, ela se traduz por algo que, saindo dos olhos, proporcionaria a visualização dos objetos. Essas idéias podem dar conta das formas de explicação frente aos fatos do dia-a-dia, como as apresentadas.

Uma idéia também muito comum é a de que as imagens se formam sobre as superfícies dos espelhos. *“... por exemplo, um espelho, eu olho num espelho, tá o reflexo de uma luz lá e eu me vejo?...”*. Para o aluno, a imagem está lá, no espelho, e nada precisa chegar ao olho para que possa ser vista. Podemos entender essa explicação se considerarmos que, para o estudante, a luz não tem relação com a visão. O “olhar” encontra a imagem no espelho.

As cores são entendidas como propriedades dos objetos (La Rosa, 1984). *“Só se tiver a ver com a luz. Se a sala tivesse apagada não dava pra ver. Só dava pra ver a mesa branca.”*; *“Às vezes a cor pode ser... você vê de um jeito, se não tiver luz você vê de outro jeito, mas a luz não interfere nesse caso depois dele se acostumar com o ambiente”*. O aluno acredita que objetos de cor clara podem ser vistos independentemente de haver luz.

Essas são apenas algumas idéias apresentadas que compõem os modelos de pensamento espontâneo, fortemente estabelecidos, resistentes e coerentes com o conhecimento do senso comum, e muitas vezes reforçado pelo processo de instrução.

Para tentar questionar os modelos espontâneos, desenvolvemos uma seqüência de atividades que compõe a base de um planejamento escolar para ensinar as leis de reflexão e refração, a formação de imagem com espelhos e lentes, bem como chegar às construções da óptica geométrica, sem perder o significado dos

procedimentos e a compreensão da natureza da luz e do processo de visão. No desenvolvimento do curso, são contemplados os seguintes aspectos: modelo de propagação da luz e do processo de visão (incluindo-se aí o funcionamento, a função do olho do observador); objetos que interferem na propagação da luz, com a mudança de enfoque: atenção ao fenômeno, aos desvios da trajetória da luz, e não o estudo de alguns objetos ópticos específicos.

IV. Estrutura básica do curso

A seqüência das atividades é organizada da seguinte forma:

Preparação: discussão de questões - do teste diagnóstico (questionário inicial), por exemplo – que versam sobre o conceito a ser estudado, ou ainda, uma atividade rápida. Realizadas em grupo, têm a finalidade de permitir que os alunos expressem suas idéias e de incentivá-los a raciocinar em função do seu próprio modo de pensar e pelo de seus colegas, favorecendo o questionamento mútuo, criando, ao mesmo tempo, contextos e expectativas para os passos seguintes. Normalmente, esta etapa é realizada na própria classe.

Desenvolvimento: vivência de uma situação que destaca o conceito físico a ser estudado e coloca em xeque as idéias e expectativas dos alunos, exigindo novas explicações. Faz-se a discussão da experiência, confrontando as idéias que os alunos apresentaram antes da realização com os pontos de vista apresentados no desenvolvimento da mesma.

Formalização: análise das atividades realizadas com encaminhamento para a construção do conceito científico e do formalismo correspondente. Utilizam-se algumas atividades secundárias, mais ou menos formais, para aprofundar a parte conceitual, com a aplicação das leis e das construções geométricas.

V. As Atividades

O curso já começa com o questionário inicial e a discussão das respostas dos alunos, bem como do encaminhamento e elaboração de explicações coerentes. A seguir são introduzidas atividades que procuram questionar as concepções prévias dos alunos e proporcionar oportunidades para reestruturação dessas concepções, através de uma condução adequada do professor. As atividades são sempre experimentais e envolvem participação efetiva dos estudantes; foram, por nós, identificadas por: "sala do nada", "tuboscópio" e "pescaria".

A “Sala do Nada”

Essa atividade pode ser realizada em uma sala qualquer, onde toda as entradas de luz externa são bloqueadas com papel e fita adesiva adequados; procuramos, assim, proporcionar aos alunos a oportunidade de vivenciar uma situação

de ausência de luz. São poucas as chances de se vivenciar tal situação no nosso dia-a-dia, principalmente nas grandes cidades, devido à grande quantidade de fontes de luz artificial. Os alunos deverão perceber que a luz é necessária para haver visão, criando conflito com a idéia da existência do “raio visual” e demais idéias que justificariam a visão na ausência de luz (como forma e cor do objeto, adaptação visual ao escuro, etc).

Seqüência:

Preparação: discussão em grupo de questões sobre a visão e a necessidade ou não de luz para que ela ocorra. Nessa discussão os alunos expressam-se livremente sem muita intervenção do professor.

Desenvolvimento: apagam-se as lâmpadas e vivencia-se uma situação de ausência de luz. Os alunos expressam suas sensações, revelando para o professor incoerências com as concepções anteriores a esta situação.

Formalização: discussão da experiência e das idéias que os alunos apresentaram antes da realização, comparando sempre com a situação vivenciada e com situações do dia-a-dia. É importante a retomada, pelo professor, das expressões dos alunos nas duas situações fazendo-os confrontá-las.

Exemplos de concepções e do que acontece na prática:

A concepção dominante apresentada pelos estudantes é a de que a luz não é necessária para vermos. Houve o caso de um aluno, que trabalhava num laboratório fotográfico, que afirmou conseguir pegar objetos e fazer o que necessitava sem luz. Aliás, poucos alunos disseram que era impossível ver sem luz alguma. Foi quase unânime a idéia de que os gatos vêm no escuro porque têm uma capacidade visual diferenciada, “natural” (eles afirmam que os olhos do gato brilham no escuro). Para alguns alunos, a luz era necessária pois intensificaria “aquilo” que sai do olho; sem luz, esse “algo” que sai do olho não teria “força” para vermos. Para outros, os objetos precisam apenas estar iluminados (banho de luz) (La Rosa et al, 1984). Objetos claros teriam uma “claridade” própria.

Durante a realização, logo ao apagar as luzes, ocorreram gritos, falas altas, etc, mas após a inquietação inicial, começaram a surgir os comentários de que não se enxergava nada, de que aquela situação dava uma sensação estranha, até de desespero. Muitos reconheceram nunca ter estado num lugar totalmente sem luz.

Ao acender as luzes, um aluno havia se colocado no centro da sala sem que ninguém tivesse percebido isso. Uma aluna relatou que dançou no meio da sala sem que ninguém percebesse. Dois alunos se manifestaram afirmando, ainda, que seria possível ver sem luz: um acreditava que a adaptação visual demoraria pelo menos 2 horas, e o outro, que não havia objetos brancos grandes o suficiente na sala. A resistência à mudança, muitas vezes, prevalece sobre as evidências de uma experiência e é esperado que ela se manifeste. A própria exposição de idéias resistentes fornece oportunidade para que outros alunos discutam sua validade.

Dentro do universo estudado, ficou evidente a eficiência do procedimento em afirmar a necessidade da luz para haver a visão, apesar de ainda comportar a concepção do raio visual, pois os estudantes podem adaptar explicações ao fato vivenciado. Precisa haver luz, mas isso não implica, para o aluno, que haja uma interação com o olho; no caso do “banho de luz”, o objeto, estando iluminado, pode ser visto. Já para aqueles que concebem a visão ativa, cabe tanto a idéia de que o “raio visual” é “intensificado” pela luz no ambiente, bem como aquela em que a visão “vai” até o objeto que está iluminado.

Essa constatação não é negativa, muito pelo contrário. Como estamos construindo um modelo com o aluno, é natural que ele ainda não entenda a propagação da luz e a relação com o olho. No entanto, já questionamos vários fatores que corroboravam a concepção prévia do aluno. Nesse ponto, é adequado utilizar uma atividade complementar, com uma lanterna, por exemplo, que induza o aluno a perceber o processo de difusão da luz. Esta propriedade da luz é essencial para compreender os processos que ocorrem no dia-a-dia muito mais do que a propriedade de reflexão que é quase exclusivamente estudada na escola.

Se o objeto é grande ou branco não importa se não houver luz. Seja como for, a luz é necessária à visão. Isto é o que se almeja ter no final das discussões.

O “Tuboscópio”

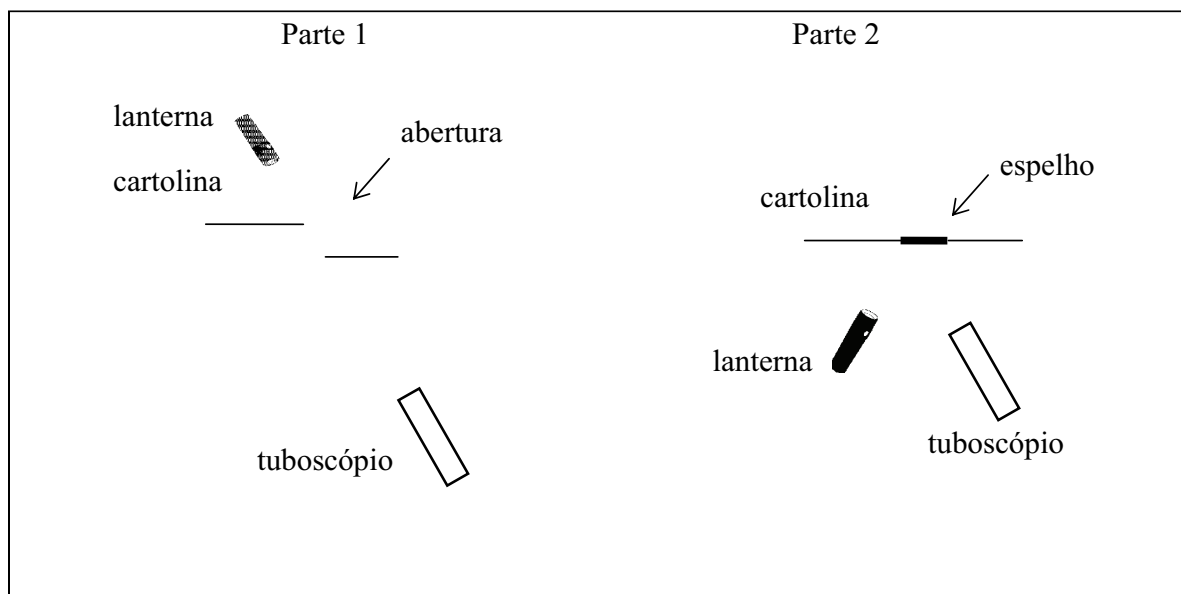
O “tuboscópio” é, na verdade, um simples tubo fino de papelão. Utilizamos também um anteparo formado por uma folha de cartolina (ou algo mais rígido), no meio da qual faz-se uma pequena janela, um pequeno espelho e uma lanterna preparada para emitir um feixe estreito de luz. Procuramos, com essa atividade, questionar a existência do raio visual e a visão direta, abrindo caminho também para o entendimento da formação de imagens por espelhos planos.

Seqüência:

Preparação: pede-se aos alunos que encontrem modos de tornar possível ver um objeto que não pode ser visto imediatamente através da janelinha.

Os alunos são colocados na sala escura e um deles é convidado a tomar posição para observar a janelinha do anteparo e notar que no espaço atrás dele há um feixe de luz produzido pela lanterna. As posições em que isso ocorre são fixadas com conhecimento de todos os alunos, após acenderem-se as luzes.

Desenvolvimento: a experiência é dividida em duas partes:



Disposição dos elementos (vistos de cima) para realização da experiência do “tuboscópio”

Parte 1)

Um aluno segura a lanterna além da cartolina, direcionando para o tuboscópio através da abertura da janelinha, enquanto outro olha pelo tuboscópio e deve avisar quando vê a luz da lanterna.

Parte 2)

Quem olhou pelo tuboscópio sai da sala; altera-se a montagem como indicado na figura acima – (parte 2) e coloca-se um pequeno espelho na abertura da cartolina. A lanterna agora é posicionada na frente do anteparo sobre uma mesa, coberta de forma a não despertar a atenção e de modo que sua luz reflita no espelho e passe pelo tuboscópio, mantido exatamente na mesma posição anterior.

Os alunos retornam e olham pelo tuboscópio e devem dizer se estão vendo a luz e onde estaria a lanterna.

Formalização: análise da experiência chamando a atenção para a luz (propagação, independência, reflexão), a formação da imagem (e a ilusão sofrida pela pessoa) e apresentação formal das leis e conceitos associados à reflexão.

Exemplos de concepções e do que acontece na prática:

Na primeira parte, os alunos acreditavam que não seria possível ver a luz da lanterna pelo tuboscópio, por ser “pequena e fraca”, mas com o diálogo entre quem olha e quem segura a lanterna, acabam conseguindo ver e percebendo a importância do alinhamento lanterna – tuboscópio – olho. Depois de alterada a disposição como mencionado anteriormente, quando os alunos olhavam novamente pelo tuboscópio, imaginavam que a lanterna estaria próxima ou na posição em que estava antes. Quando

o professor solicitava que o aluno pegasse a lanterna, ele ia até a cartolina, olhava atrás e se surpreendia quando se dava conta de que não estava lá. Alguns nem perceberam que havia um espelho na cartolina, outros perceberam, mas isso nada lhes significou. A maioria chegou a andar pela sala, passar ao lado da lanterna e não percebê-la, ficando mais surpresos ainda quando se indicava a nova posição da lanterna.

Durante a parte inicial da experiência, os alunos não demonstraram muito interesse pela situação por achá-la óbvia: quem olhasse pelo tuboscópio saberia onde estava a lanterna. Já durante o desenvolvimento, a surpresa é total com os que olham através do tuboscópio. É tal a surpresa que eles querem entender por que as pessoas pensavam que a lanterna estava num lugar onde, na verdade, não havia nada.

Na tentativa de explicar o porquê dos fatos ocorridos, a concepção que predominou foi a de que a luz do objeto vai até o espelho, e a “visão” vai até lá. Muitos alunos discordavam quando alguém se referia a uma luz em movimento (a lanterna tem a luz e o espelho fica iluminado). Esse é um momento em que as concepções espontâneas dos alunos sofrem um confronto intenso com a prática, pois estamos trabalhando a questão da propagação da luz e os efeitos do desvio da luz, antes de atingir o olho: direta (sem desvio) e indireta (reflexão), sendo que no segundo caso, o aluno vê a imagem onde nada existe, uma idéia muito difícil de conceber. E ainda mais surpreendente, o fato que a luz da lanterna só pode ser vista quando olhamos pelo tuboscópio na mesma posição; então, como explicar que aqueles que não olham pelo tubo nada vêem? Afinal, existe a luz “iluminando” o espelho.

Abre-se um contexto propício para o estudo da reflexão, suas regras e a questão da formação de imagens, destacando e associando de forma coerente a questão geométrica e o efeito fisiológico/psicológico da luz entrando no olho. Aqui é interessante estudar a anatomia e fisiologia do olho que funciona como detetor de luz.

A Pescaria

Utilizamos nessa experiência um recipiente, uma forma de assar bolo, um pequeno objeto, um bonequinho, por exemplo, e uma haste ou pinça. Procuramos aqui mais uma vez o conflito com a idéia de “raio visual” e a visão ativa do olho; analisamos os desvios que a luz sofre em certas condições, relacionando também com a reflexão. Este é um momento em que se deve analisar refração e reflexão com enfoque no caminho e desvio da luz.

Seqüência:

Preparação: discussão de algumas questões como, por exemplo, da possibilidade de uma pessoa ver ou não um objeto que está dentro de um balde, tanto no caso do balde estar com água como no caso de estar sem água.

Desenvolvimento: os alunos distribuem-se pela sala aleatoriamente. Pergunta-se se há algo dentro da forma (alguns vêem o objeto nela colocado e outros não, dependendo da sua posição). Coloca-se água lentamente no recipiente (de modo

que o objeto não se mova); gradativamente, o objeto vai sendo visto pelos alunos conforme a posição e a distância a que se encontram. Usando a pinça, pede-se aos alunos que ajudem o professor a “pescar” o objeto, orientando a posição da mão do professor. Quando a pinça estivesse sobre o objeto, de forma que o professor pudesse pegá-lo, deveriam avisar para mergulhar a pinça.

Formalização: análise da experiência e desenvolvimento do tema refração, chamando atenção para o tipo de desvio sofrido pela luz e a formação da imagem.

Exemplos de concepções e do que acontece na prática:

Sem água, os alunos próximos viam o que havia dentro da forma e os outros, não. As explicações comuns: não se vê o objeto, pois a forma bloquearia a visão; a distância da pessoa é grande; não se vê por faltar água; o plástico não tem reflexo, é transparente ou da cor da forma. Questionados se haveria alteração caso colocássemos água, encontramos explicações como: a luz bate na água, que ajuda a refletir o objeto colocado no fundo; a água daria um reflexo e a peça aumentaria de tamanho; a água mostraria o objeto; a água é transparente e o plástico vai ter um brilho diferente, o reflexo aumenta; a água reflete o objeto mais para cima, permitindo que a pessoa veja; o plástico subiria. Diante dessas variações de idéias muito superficiais e subjetivas, outra concepção é a de que a peça continua a não ser vista, pois ela não saiu do lugar e a água não ajuda na sua “visibilidade”.

Na medida em que se colocava a água, os alunos começavam a ver o boneco conforme a posição em que se encontravam.

No momento de “pescar” o objeto, foi-lhes solicitado que tentassem orientar o posicionamento da mão do professor para que este pegasse o objeto, mas as indicações eram discordantes. Sugeriu-se que alguns alunos dessem as indicações, mas um de cada vez. Quando pediam para o professor baixar a pinça, ficavam surpresos ao não atingir o boneco (disseram até que o professor desviou a mão quando a abaixou e pediram para tomar seu lugar na pescaria, mas acabaram confirmando o que havia acontecido). Fez-se a “contraprova” realizando o mesmo procedimento, agora sem água; nesse caso, as indicações foram coincidentes e o boneco foi pego.

Algumas idéias logo são descartadas pela simples observação do experimento, como confundir o objeto com o fundo ou o objeto flutuar. No entanto algumas estão ligadas à refração (a imagem é ampliada ou distorcida); outras, indicam fontes de dificuldade a que o professor deve estar muito atento, como a associação que o aluno faz com a reflexão. Afinal, podemos ver imagens refletidas pela superfície da água; a própria situação lembra a reflexão e não é fácil para o aluno perceber que neste caso há uma diferença, com dois meios de propagação separados (água e ar) entre o objeto e o olho.

VI. Considerações

O desenvolvimento das atividades aqui sugeridas tem implicações importantes e significativas sobre o processo de ensino. A aula em si adquire uma dinâmica muito diferente da tradicional aula expositiva, abrindo a possibilidade para uma participação realmente ativa dos alunos no processo. O aluno tem chance de se manifestar, de comparar as suas idéias (e de seus colegas) com os conceitos que o professor apresenta e verificar sua ocorrência (ou não) numa situação prática.

Como as atividades incentivam a participação e a exposição de suas idéias, poder-se-ia “temer” que algum aluno se sentisse constrangido ao verificar, na prática, que a sua explicação não seria correta e, então, não “se expusesse” mais, ou ainda, em função de comentários de seus colegas. Porém procura-se mostrar que as atividades não têm a finalidade de mostrar que existem alunos com idéias corretas e outros com idéias erradas ou que devam aceitar aquilo que o professor está oferecendo como correto. É preciso deixar claro que buscamos também uma mudança de postura: incentivamos a participação ativa do aluno, oferecemos a oportunidade para ele se expressar, mas também procuramos desenvolver a capacidade de os alunos ouvirem as idéias dos colegas e argumentarem sobre a validade ou não dessas idéias. O espírito dos procedimentos é justamente deixar o aluno à vontade e não ter receio de colocar suas opiniões em público; as atividades são criadoras de um contexto em que o aluno precisa tentar entender e explicar o que está acontecendo, construindo seu conhecimento. A atuação do professor nesse sentido é fundamental: atenção constante às expressões dos alunos e um bom conhecimento das concepções espontâneas esperadas, assim como também da física acreditada.

Os alunos apresentam grande dificuldade em conceber uma imagem que não está na posição do objeto e conceber seres e objetos como fontes secundárias de luz. A própria linguagem diária acaba ajudando a reforçar as concepções espontâneas.

A descrição geométrica dos conceitos normalmente faz-se num plano (da lousa ou do papel). Em nenhum momento a questão espacial é mencionada, como se fosse óbvia e todos a entendessem facilmente. O mesmo pode ser dito em relação aos entes geométricos, envolvidos no formalismo das leis da reflexão e da refração, por exemplo, a "reta normal" não é conceituada claramente; a tridimensionalidade é um fator de dificuldade e que deve ser levado em conta no desenvolvimento dos temas sob pena de novamente deixar margem para a manutenção de concepções errôneas a respeito da luz e da visão. A geometria espacial onde entram planos e retas com suas propriedades é fundamental para trabalhar com a óptica de modo significativo.

O processo da visão é relevante e deve ser levado em conta, pois é a partir do que vê que o aluno vai interpretar os fenômenos. Não devemos esquecer que o olho é um sistema refringente e sensor; a imagem é resultado da sensibilização desse sensor. Devemos analisar concomitantemente a luz e o processo de visão. Um estudo da fisiologia do olho humano pode contextualizar os temas trabalhados e ajudar a compreender o que vemos e como vemos. Abre-se campo com essas atividades até para uma continuação, com o estudo das cores e das ondas eletromagnéticas.

Os procedimentos adotados abrem sempre a possibilidade para que os alunos coloquem a prova várias de suas concepções simultaneamente e a atenção a isso é fundamental, pois, numa determinada situação, podemos trabalhar um conceito que não era o inicialmente visado. É necessária muito maior ação e atenção do professor: no desenvolvimento de uma experiência, muitas vezes o aluno pode não estar vendo aquilo que o professor quer e sim aquilo que ele, aluno, quer e acredita. Assim, a constante interação dos alunos entre si e com o professor é peça chave para alcançar êxito.

VII. Referências Bibliográficas

- ASTOLFI, J. P., El “error”, un medio para enseñar. Diada Editora S. l. Sevilla, 1999.
- ANDERSSON, B., KÄRRQVIST, C., How swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, vol. 5, nº 4, p. 387-402, 1983.
- FEHER, E., Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light. *International Journal Science Education*, vol. 12, nº 1, p. 35-49, 1990.
- FETHERSTONHAUGH, T., TREAGUST, D. F., Student’s understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science Education*, 76(6), p. 653-672, 1992.
- GOLDBERG, F. M., MCDERMOTT, L. C., An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), p. 108-119, 1987.
- GOLDBERG, F. M., MCDERMOTT, L. C., Student difficulties in understanding image formation by a plane mirror. *The Physics Teacher*, p. 472-480, 1986.
- KAMINSKI, W., Conceptions des Enfants (et des autres) sur la Lumière. *Bulletin de L’Union des Physiciens*, nº 716, p. 973-995, 1989.
- LA ROSA, C., MAYER, M., PATRIZI, P., VICENTINI-MISSONI, M., Commonsense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light. *European Journal of Science Education*, vol. 6, nº 4, p. 387-397, 1984.
- OSBORNE, J. F., BLACK, P., Young children’s (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, vol. 15, nº 1, p. 83-93, 1993.
- RICE, K., FEHER, E., Pinholes and Images. Children’s conception of light and vision I, *Science Education*, 71(4), p. 629-639, 1987.

RICE, K., FEHER, E., Shadows and Anti-Images: Children's conception of light and vision II. *Science Education*, 72(5), p. 637-649, 1988.

RICE, K., FEHER, E., Children's Conceptions of Color. *Research in Science Teaching*, vol. 30, n^o 3, p. 505-519, 1992.

SAXENA, A. B., The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, vol.13, n^o 3, p. 283-289, 1991.

SHAPIRO, B. L., What children bring to light: Giving high status to learners' views and actions in science. *Science Education*, 73(6), p. 711-733, 1989.