

MATERIAIS E MÉTODOS

LASER VISTO POR UM FÍSICO DO SÉCULO XVIII

Maurício F. Ceolin e José Ellis Ripper
Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP

O presente trabalho ilustra uma tentativa de utilização da disciplina "Evolução dos Conceitos de Física" para uma introdução dos alunos ao processo de formulação de modelos e teorias em física, levando-os a ver a física como um processo dinâmico, com modelos e teorias "erradas" muitas vezes ocupando um papel importante na evolução do conhecimento. Consequências desta proposta foram as necessidades, por um lado de não tentar cobrir os diversos ramos da física, e por outro, de abordar parcialmente os aspectos históricos. Como tema geral do curso foi escolhido a radiação eletromagnética, incluindo os conceitos de eletricidade e magnetismo.

O curso basicamente foi dividido em dois tipos de atividades. Em primeiro lugar, foram cobertos os aspectos históricos. A ênfase na análise dos diversos modelos propostos dentro do contexto do conhecimento da época, possibilitou a localização das inconsistências das teorias então aceitas com as evidências experimentais, mostrando-se assim, como estas inconsistências motivaram o aparecimento destes modelos. Abordou-se principalmente a situação do conhecimento no século XVIII, usando como referência a Enciclopédia Britannica publicada em 1771, como representativa do conhecimento estabelecido e aceito na época, mesmo sabendo que várias teorias e modelos mais modernos já estavam sendo propostos. A motivação desta principalidade tornar-se-á evidente abaixo.

Aproveitando-se o fato do número de alunos ser pequeno, a segunda atividade do curso foi dar a cada um deles, um tema relativo a uma manifestação da radiação eletromagnética, que deveria constituir um campo de pesquisa importante nos tempos atuais. O tema foi escolhido de maneira bastante ampla para permitir ao aluno a opção por um ou mais aspectos. Temas típicos foram: lasers, radiação residual do universo, percepção visual da cor. Ao aluno foram pedidas duas coisas: primeiramente familiarizar-se em linhas gerais com o tema proposto, como ele é visto hoje, com os principais resultados experimentais e com a "explicação" presentemente aceita. Esta familiarização foi feita através de artigos tipo "Scientific American", discussões

com pesquisadores do Instituto que trabalham no assunto e debates em classe. Num segundo momento, o aluno deveria imaginar-se um físico do século XVIII ao qual foram "revelados" resultados experimentais atuais do seu tema; ele deveria preparar um trabalho com uma teoria que modificasse os conceitos aceitos na época, mas baseada neles, que explicasse pelo menos em parte os resultados revelados. Obviamente a teoria não deveria ser correta no sentido moderno, quando temos o benefício de mais de duzentos anos de conhecimento, mas deveria ter uma estrutura lógica coerente. De fato, foi pedido evitar explicações semelhantes às correntemente aceitas. O que se segue é o trabalho de um dos alunos (o primeiro autor desta comunicação), que escolheu o tema "lasers". O trabalho foi considerado o mais imaginativo dos apresentados.

"Todos os corpos tem uma cor característica quando banhados pela luz solar. Se a luz for composta de partículas com várias velocidades, e se associarmos a cada velocidade uma cor, podemos explicar a cor dos corpos como sendo a parte da luz (isto é, as "partículas luminosas" com uma certa classe de velocidades) cuja entrada no corpo não é permitida.

Como nem todos os corpos são brancos ou transparentes, parece razoável supor que uma parte da luz fica retida dentro deles. (Na verdade esta não é uma conclusão obrigatória; alguém poderia pensar que as cores absorvidas pelo corpo, são de alguma maneira transformadas dentro deste e retransmitidas, já sob a forma de cor visível do corpo. Mas, para o desenvolvimento do modelo, é necessário supor que os dois fenômenos não sejam excludentes). Isto significa que a entrada destas partículas no corpo é muito mais fácil que a sua saída, então o espaço onde estas cores são armazenadas no corpo pode ser visto como uma espécie de labirinto, notoriamente conhecido pela dificuldade de saída e facilidade de entrada.

Se a cor de uma partícula de luz tiver ligação apenas com a sua velocidade e todas essas partículas tiverem a mesma massa, seremos obrigados a dizer que existe um "labirinto" para cada velocidade (módulo), se quisermos que as cores mantenham a sua identidade dentro dos corpos. Se não fosse esse caso, colisões elásticas sucessivas entre partículas com mesma massa e velocidades diferentes, acabariam por destruir o armazenamento de partículas pelo corpo, o que não é desejável.

Pelo raciocínio exposto, parece razoável postular que: existe dentro dos corpos uma série de labirintos, cada um deles independente dos outros, com várias saídas para o exterior do corpo e possuidor de uma população de partículas que se movem por seu interior

com velocidades rigorosamente iguais (em módulo).

Uma hipótese que se mostrará necessária e sobre a qual não paira nenhum impedimento lógico, é a de que existem interligações entre os vários labirintos, umas passagens onde o "pedágio" cobrado às partículas que por elas se aventuram é a diferença de velocidade entre a do labirinto de onde vem e a do labirinto para onde vão. Pode haver uma restrição sobre o sentido do tráfego nestas passagens, mas isto não importa ao modelo.

Esporadicamente, algumas partículas podem achar uma saída para o exterior, mas serão poucas, e o fenômeno dificilmente será observado. Quando não houver luz incidindo sobre o corpo, a população de um determinado labirinto, através das intercomunicações, tenderá a um equilíbrio, no qual a densidade de população será tão baixa que a probabilidade de uma fuga para o exterior será praticamente nula. Também, como cada partícula ocupa um lugar no espaço, haverá uma população limite para cada labirinto.

Vejamos agora o que acontece quando um corpo com os seus "labirintos" em equilíbrio é submetido a uma luz monocromática muito intensa.

Haverá um superpovoamento repentino do labirinto da cor correspondente, o espaço que cada partícula tem para se mover diminuirá rapidamente com o aumento da população, conseqüentemente, o número de partículas em cada trecho de labirinto aumenta e, portanto, a probabilidade de que uma partícula ache uma saída ou uma passagem "inter-labirintos", cresce. Podem ocorrer dois casos:

1) as saídas do labirinto para o exterior são em número maior do que as passagens inter-labirintos; então o excesso de população do labirinto é eliminado diretamente e principalmente para o exterior do corpo, isto é, o corpo reemite a luz com mesma cor que a incidente;

2) as passagens inter-labirintos são em maior quantidade que as saídas para o exterior, e o excesso de população é repassado a outro labirinto, o que leva a uma recorrência aos dois casos.

Revisemos o fenômeno mais detidamente:

Suponhamos que a luz monocromática seja pouco intensa. O labirinto da cor correspondente sofrerá gradativo e lento aumento de população. As partículas estarão em média mais próximas umas das outras e a distribuição de densidade populacional será mais uniforme. O espaço livre para cada partícula vai se tornando menor, e haverá um número crescente delas movendo-se próximas às saídas ou às passagens inter-labirintos e, portanto, com grande probabilidade de escapar.

Se no estado de equilíbrio populacional, a densidade for muito baixa, somente depois de algum tempo de exposição à luz o labirinto se verá na necessidade de reagir, então há um "tempo de relaxação", no qual não haverá resposta do corpo à luz incidente. Atingida uma certa população, a probabilidade de fuga começa a ficar significativa e muitas partículas conseguem fugir do labirinto. Neste estágio a densidade ainda é baixa o suficiente para que o espaço deixado por uma partícula que sai não cause grande influência sobre todas as outras partículas; então uma fuga é um fenômeno independente, e todas as portas são caminhos igualmente bons. Dessa maneira o labirinto descarregará o seu excesso de população tanto para o exterior do corpo, como para os outros labirintos, e no final das contas o que se observará como resposta do corpo à luz incidente será uma luz distribuída em um certo número, cada uma destas com pequena intensidade.

Agora, se a luz incidente tiver grande intensidade, o superpovoamento do labirinto será repentino, o que levará as partículas a uma situação de "desespero". A densidade será tão alta que a fuga de uma partícula acarretará influência sobre todas as outras. O que se passa é algo como: a densidade é tão grande que uma flutuação, por pequena que seja, é uma situação intolerável, e, para o espaço deixado por uma partícula que se evade, todas as outras tentarão correr; é fácil ver que isto faz o caminho de fuga encontrado por esta partícula pioneira ter preferência sobre todos os outros possíveis; então o número de saídas para o exterior e o número de passagens inter-labirintos, ou, o que é a mesma coisa, a relação entre as probabilidades de fuga para o exterior e para o outro labirinto, será preponderante. O resultado final deste processo será uma descarga de luz de grande intensidade e de cor bem determinada.

Se adotarmos a hipótese, bastante forte, de que os trechos finais dos labirintos rumo às suas saídas em uma determinada face do corpo são paralelos, obteremos um feixe de partículas todas com a mesma velocidade vetorial, de maneira que um choque entre duas destas partículas é praticamente impossível, e portanto não há possibilidade de divergência do feixe, e teremos obtido assim um feixe de luz monocromática, coerente e de alta intensidade.

Este modelo, embora formado sobre hipóteses bastante "fortes" consegue explicar com relativo sucesso as bases do funcionamento de um laser cristalino. Valores mensuráveis para as potências relativas e para a largura das linhas de emissão, não são obtidos teoricamente pelo modelo, e só poderão ser obtidos por experimentação nos vários materiais, submetidos a vários comprimentos de onda de luz.

Poderiam ser feitas algumas hipóteses adicionais, da mesma linha de força, para se tentar explicar os LASERS de gás, mas por certo, o modelo acabaria se perdendo em conjecturas de pouca validade, até mesmo como exercício".