



Laser, acrônimo para Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), é uma fonte de radiação que se destaca entre as demais não só pelo fascínio que exerce, razão que a faz figurar em filmes de ficção científica, como também por suas características: ser coerente, monocromática e apresentar alto grau de paralelismo são particularidades que lhe atribuíram várias funções. Quer seja na indústria, em aplicações médicas ou na opto-eletrônica, o laser – “a solução em busca de problemas” – encontrou na era moderna o seu lugar.

Como resultado de um processo de produção sofisticado e com a difusão de suas aplicações, o laser tem obrigado estudantes, quer sejam de nível superior ou médio, a defrontar-se com aspectos da física quântica para compreender sua produção e os processos dos quais participa.

As informações disponíveis em livros didáticos apresentam o fenômeno da emissão estimulada e da inversão de população, mas mostram discrepâncias quanto ao laser ser ou não uma fonte de luz intrinsecamente polarizada. Diferentemente de outros fenômenos ondulatórios, o fato da polarização ser exclusiva às ondas transversais a torna especial e a luz, enquanto onda transversal torna-se principal objeto de constatação desse fenômeno. Existiria uma fonte de luz naturalmente polarizada? Haveria uma fonte capaz de produzir naturalmente ondas eletromagnéticas com um plano de vibração privilegiado? O laser, dotado de características tão especiais, seria o mais forte candidato.

Entretanto, as contradições constatadas nos livros didáticos a respeito de sua polarização são muitas e ao invés de conduzir ao esclarecimento, semeiam mais dúvidas. Um outro exemplo que suscita dúvidas consiste nos manuais técnicos que acompanham os lasers de He-Ne. Estes recomendam que para operarem no modo polarizado, é necessário que fiquem ligados por cerca de uma hora antes de sua utilização.

A simples submissão da radiação laser a uma lâmina polarizadora não leva a nenhum resultado conclusivo e faz-se necessária uma investigação mais profunda.

Por exemplo, a luz proveniente do polarizador pode incidir em um fototransistor e a partir da medida da tensão no resistor R_2 da Fig. 1 é possível avaliar a variação da intensidade de luz em função do giro do polarizador. Mas essa medida fica dependente da construção de um bom amplificador linear, já que os valores de tensão são muito baixos.

Surge, então, a necessidade de um recurso que realize a aquisição de dados de maneira simples e precisa, de forma que tais medidas possam ser armazenadas e posteriormente avalia-

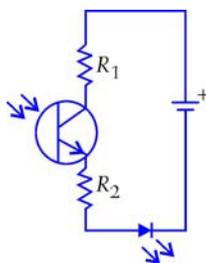


Figura 1. Esquema elétrico do sistema de detecção do laser.

.....
Marisa Almeida Cavalcante
e-mail: marisac@pucsp.br

Cristiane R.C. Tavolaro
e-mail: cris@pucsp.br

Daniele Guimarães
e-mail: daniele@voicetechnology.com.br

Departamento de Física, Pontifícia
Universidade Católica, São Paulo

Graças às suas propriedades bem características, o laser tem ampla aplicação na indústria e no desenvolvimento de novas tecnologias. Este artigo busca mostrar como pode-se analisar em sala de aula, de maneira simples, uma das propriedades da luz laser: sua polarização.

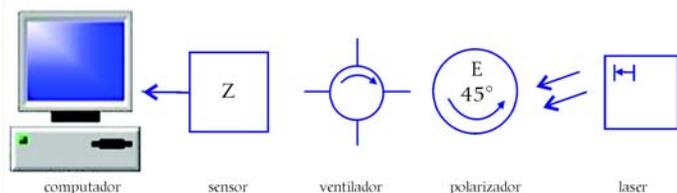


Figura 2. Diagrama de blocos do sistema utilizado.

das. Com base em trabalhos apresentados no Simpósio Nacional de Ensino de Física de 2003, passamos a utilizar a placa de som do computador para realizar a aquisição de dados.

Na entrada da placa de som existe um capacitor e para que o sinal elétrico produzido pela luz no sensor (fototransistor) possa ser captado, é necessário que seja um sinal alternado. Utilizou-se um ventilador (cooler) para pulsar a luz do laser, como mostra a Fig. 2.

Buscando tornar a montagem

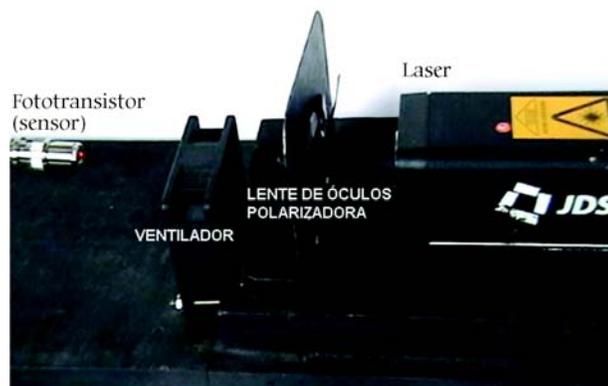


Figura 3a. Alinhamento do laser, polarizador, ventilador para pulsar a luz e o sensor óptico.

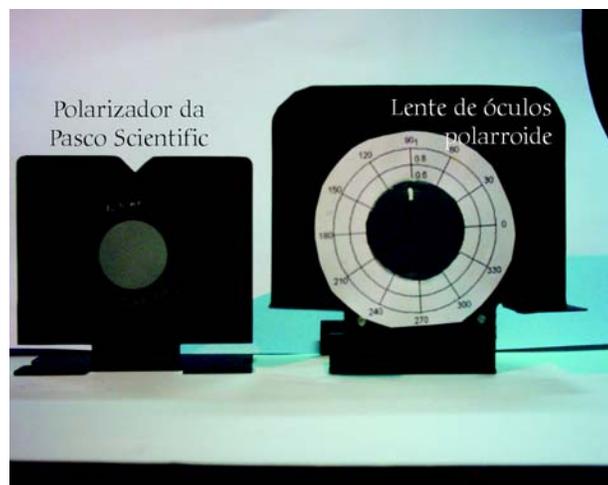


Figura 3b. O polarizador do banco óptico didático foi substituído pela lente polarizadora.

economicamente viável, utilizamos lentes de óculos polarizadoras como alternativa em relação aos polarizadores de kits didáticos. Chegamos assim à montagem

atual otimizada (Figs. 3a e 3b), a qual permite iniciar as medidas em alguns minutos, com qualidade e custo reduzido.

O software utilizado para aquisição de dados, Audacity, disponível na internet em versão shareware, possui interface amigável e oferece a opção de gravação do sinal e de análise em formatos diversificados tais como wave ou mp3, através de seleção de trechos do sinal adquirido para determinação de períodos de variação da intensidade da luz, atendendo às nossas necessidades.

Fizemos medidas com dois tipos de lasers comumente utilizados em laboratórios didáticos: o laser de gás He-Ne e o laser semiconductor (ponteira laser). Fixamos um polarizador diante do laser He-Ne e iniciamos a medida. O resultado que obtivemos mostra que a intensidade do laser varia em função do tempo e os períodos

da variação não se mantêm constantes, como podemos observar em detalhes na Fig. 4, correspondente à tela do software de análise Audacity.

A variação da intensidade do laser que emerge do polarizador pode ser interpretada como uma rotação de seu eixo de polarização em função do tempo. Uma onda pode apresentar polarização linear, circular ou elíptica. Esta descrição é dada em função do traçado que o vetor campo elétrico descreve. Se a amplitude da onda e a direção de vibração do vetor campo elétrico se mantêm constantes, ela é linearmente polarizada. Se a amplitude da onda se mantém constante, mas a direção do vetor campo elétrico varia, ela é circularmente polarizada e finalmente se a amplitude e direção da onda variam, a onda apresenta polarização elíptica, como mostra a Fig. 5.

Matematicamente, como podemos representar uma luz circularmente polarizada? Imagine duas ondas plano-polarizadas, uma x-polarizada e outra y-polarizada, defasadas por 90° . O campo elétrico resultante gira no espaço e ao atravessar um polarizador fixo terá sua intensidade variando desde um mínimo até um máximo. Nossos resultados ainda mostram que o período de rotação do vetor campo elétrico varia com o tempo (Fig. 6).

O gráfico da Fig. 6 exhibe o comportamento exponencial do período de rotação do eixo de polarização. De

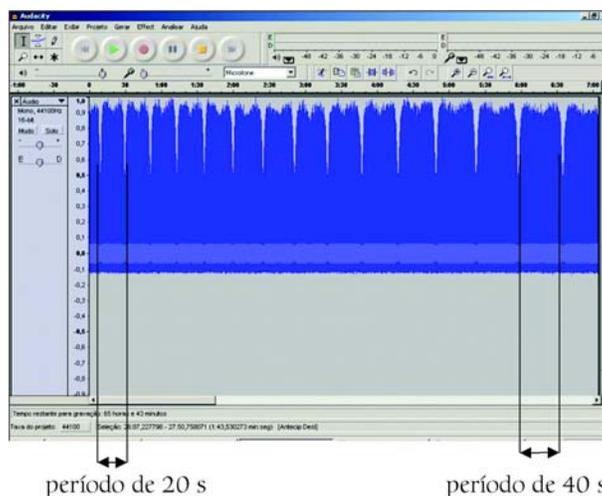


Figura 4. Variação da intensidade do laser que atinge o sensor, captada pelo software Audacity.

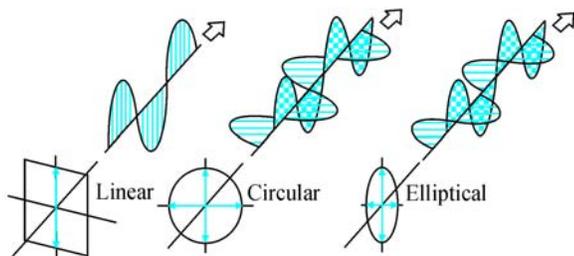


Figura 5. Tipos de polarização.

acordo com esse comportamento, após um longo tempo de operação do laser verifica-se que a velocidade de rotação da polarização diminui consideravelmente, isto é, o feixe apresenta uma polarização estável após um longo período de tempo. Esse resultado está de acordo com observações que encontramos em referências técnicas sobre a utilização do laser. Nessas observações há a recomendação de que o laser permaneça ligado por uma hora para que possa ser considerado estável, isto é, polarizado.

Para o laser semiconductor, seguimos um procedimento diferente, pois mantendo o polarizador fixo, não foram registradas variações de intensidade. Girando o polarizador em um único sentido diante do laser semiconductor foram registrados os ângulos que propiciavam máxima e mínima tensão medida no resistor (Fig. 2), correspondentes à intensidade de luz que atinge o fotosensor. A Fig. 7 exibe a variação na intensidade captada pelo sensor e mostra que foram obtidas intensidades máximas para dois ângulos de posicionamento do polarizador, defasados de 180°. A largura dos picos observados é decorrente da maior ou menor velocidade na rotação do polarizador. Este resultado indica que o laser semiconductor é polarizado linearmente, pois ao girar o polarizador encontramos a direção fixa de vibração do vetor campo elétrico correspondente à intensidade máxima.

Os primeiros estudos sobre a polarização visavam investigar a natureza da luz, mos-

trando que a mesma apresenta natureza ondulatória transversal. Atualmente o laser possui um papel fundamental e está presente em leitores ópticos, microscópios, sensores, aplicações na medicina e odontologia, em telecomunicações, em transmissões através de fibras ópticas, em espectroscopia no estudo da composição dos materiais, etc. Em algumas dessas aplicações, um plano privilegiado de vibração é necessário, especialmente para cortes. Um outro exemplo: é possível obter informações sobre a estrutura de um corpo a partir do estado de polarização da luz emitida ou refletida por ele. Isso torna a polarização uma técnica de pesquisa útil ao estudo dos mais variados tipos de estruturas, tratando-se então de um aspecto altamente relevante como característica de um laser. Por outro lado, em face da confusão existente na literatura, principalmente didática, os cursos de Física necessitam de

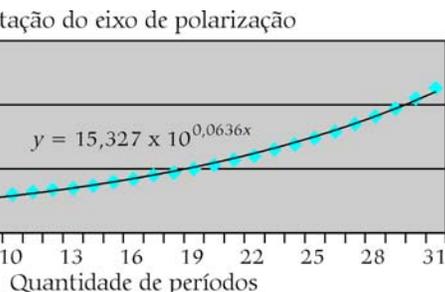


Figura 6. Variação do período de rotação do eixo de polarização do laser He-Ne da Uniphase.

material específico que estabeleça critérios de estudo e análise do fenômeno da polarização do laser.

Dessa forma, a experiência proposta não tem como pretensão substituir um experimento tradicional de polarização no qual se pode verificar a Lei de Malus ou o ângulo de Brewster, bem como polarização por birrefringência. Mas em caráter complementar, o trabalho descrito reflete a importância deste novo método de medição na tentativa de estabelecer o grau de polarização dos feixes de laser He-Ne e também o de feixes de lasers semicondutores de baixo custo (ponteira laser comumente utilizada em experimentos no Ensino Médio). Dessa forma estaremos aprimorando um sistema de medidas e análise simples, barato, mas muito eficiente, permitindo aprofundar os conhecimentos sobre as características do feixe de laser bem como do fenômeno da polarização.

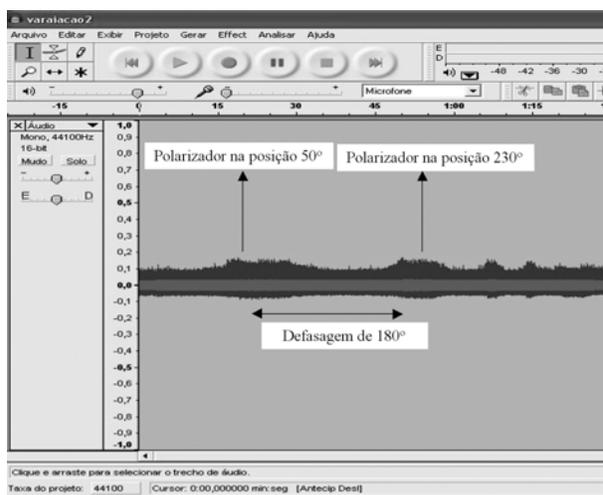


Figura 7. Efeito obtido ao girar o polarizador diante do laser semiconductor.

Referências

- [1] T. Catunda, A. Pataia, A. Romero, J. Sartori e L. Nunes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **20**, 230 (1998).
- [2] Paulo E.M.F. Mendonça, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **20**, 88 (1998).
- [3] E. Montarroyos e W.C. Magno, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 57 (2001).
- [4] D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física* v. 4 (Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1995) 4ª edição, p. 215.
- [5] Vanderlei S. Bagnato, *A Física na Escola* **2**(2), 9 (2001).
- [6] R. Haag, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23**, 176 (2001).
- [7] M.A. Cavalcante, E. Silva, R. Haag e R. Prado, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 150 (2002).
- [8] M.A. Cavalcante e C.R.C. Tavorolo. *Física na Escola* **4**(1), 29 (2003).
- [9] <http://audacity.sourceforge.net/>, acessado em 22/3/2006.