

INFLUÊNCIA MAGNÉTICA SOBRE A LUZ: O EFEITO FARADAY

Vinícius de Araújo Coelho
Professor, Instituto Federal Fluminense - Itaperuna
vdearaujoc@gmail.com

Luiz Maurício de Oliveira Monteiro
Professor, Instituto Federal Fluminense - Itaperuna

Resumo

O efeito Faraday em óptica consiste na rotação da direção de polarização de uma onda de luz pela ação de um campo magnético constante aplicado na direção de propagação da onda. É um efeito de fundamental importância do ponto de vista conceitual, porque mostra uma relação entre magnetismo e óptica; é de importância também do ponto de vista histórico, por ser o primeiro exemplo dessa relação, encontrada pelo físico inglês Michael Faraday em 1845. O efeito deixou fascinado seu descobridor e acreditamos que também possa fascinar o estudante de hoje. Essas características motivaram a sua escolha como tema deste trabalho, que é dirigido diretamente ao professor do ensino médio que pretende discutir com seus alunos alguns conceitos físicos nos campos do magnetismo e da óptica. O objetivo central deste trabalho é apresentar uma proposta de intervenção didática sobre o tema na qual o aluno é tratado como um elemento ativo no processo de ensino-aprendizagem. A metodologia consiste em pôr em prática um roteiro com três planos de aula onde os estudantes realizam atividades experimentais simples com aparatos construídos com materiais de baixo custo. O resultado da aplicação dessa proposta didática é o maior engajamento por parte dos alunos no processo de construção do conhecimento. Portanto, o que se pretende com esse trabalho é promover uma discussão sobre a prática docente e, sobretudo, uma reflexão sobre a importância da participação ativa do aluno nos processos educacionais.

Palavras-Chave: Ensino de Física. Magnetismo. Atividade Óptica. Efeito Magneto óptico.

Introdução

No sábado de 13 de setembro de 1845, Faraday fez 30 anotações em seu diário de laboratório [2, 11], indicando uma intensa atividade experimental. Na primeira anotação, diz que dedicou o dia fazendo passar campos magnéticos através de diferentes corpos transparentes, ao mesmo tempo passando por eles raios de luz polarizada. Ele estava à procura da interação da luz com o campo magnético. Após várias tentativas infrutíferas, observou a mudança da polarização da luz, causada pelo campo magnético ao alinhar este campo com a direção do raio de luz que atravessava uma peça de vidro, e registrou na sétima anotação do dia (parágrafo 7504 [11]):

“MAS, quando polos magnéticos contrários estavam do mesmo lado, houve um efeito produzido no raio polarizado e, portanto, ficou provado que força magnética e luz têm relação uma com a outra. Muito provavelmente, este fato provar-se-á extremamente fértil e de grande valor na investigação de ambas condições da força natural.”

Note-se que as maiúsculas no início da citação estão no manuscrito original de Faraday, e parecem cheias de significado. Também digna de nota é a antevisão que Faraday revela ao final da citação, prevendo a importância da descoberta da interação do campo magnético com a luz. No parágrafo 7718 do diário, ele descreve com entusiasmo no vocabulário peculiar da época que “...finalmente consegui...magnetizar um raio de luz”. [11]

Na verdade, essa ação do campo magnético sobre a luz é intermediada pelo corpo transparente no qual ambos se fazem presentes de modo apropriado. De qualquer forma, os experimentos de Faraday foram de grande importância no desenvolvimento da teoria eletromagnética da luz por serem os primeiros nos quais fenômenos ópticos e magnéticos foram estudados conjuntamente.

Além de rico em implicações teóricas e experimentais, o efeito Faraday é também interessante de ser levado ao ensino médio ou mesmo de graduação. Isso por suas características fenomenológicas e como motivação para o estudo de seus pressupostos teóricos por parte do professor e para as explicações simplificadas mescladas com pressupostos fenomenológicos destinadas aos estudantes.

Embora o efeito Faraday tenha sido o primeiro efeito magneto-óptico a ser estudado e observado em detalhe por M. Faraday em 1845, trata-se de um efeito que possui aplicações modernas importantes, o que justifica ainda mais o seu estudo. Quanto às suas características fenomenológicas, o efeito se processa, por um lado, com fenômenos familiares como a luz comum e as forças magnéticas causadas por ímãs, embora sua observação seja feita normalmente também com laser e campos magnéticos gerados por bobinas, que não são estranhos aos estudantes; além disso, eletroímã gerando campos eletromagnéticos como os ímãs de geladeira é uma excelente oportunidade para explicar a ideia fundamental das correntes amperianas.

Por outro lado, o mesmo efeito mostra que tais fenômenos familiares têm uma relação inesperada que pode ser usada didaticamente para aguçar a curiosidade científica do estudante.

O estudo dos pressupostos teóricos que conduzem à explicação do efeito Faraday é avançado e abrangente, iniciando-se nas leis fundamentais do eletromagnetismo (as equações de Maxwell). Delas podemos derivar e compreender, em detalhes, tanto a teoria dos campos magnéticos, que tornam o meio transparente capaz de realizar atividade óptica, como a própria óptica da luz polarizada que atravessa o meio. Com esse arcabouço teórico em mãos explica-se então o formalismo do efeito Faraday. Esse formalismo pode envolver vários conceitos usados em física moderna ou ter uma versão resumida com menos ferramentas teóricas. É de grande interesse um formalismo elementar do efeito, que seja minimamente acessível a estudantes do ensino médio.

Para a execução da proposta desse trabalho, a discussão dos pressupostos teóricos é iniciada por uma apresentação do formalismo das ondas eletromagnéticas (que naturalmente se aplica à luz usada no efeito Faraday) como

soluções das equações de Maxwell, conforme as referências [1, 10, 3]. Apresentamos, ainda, a polarização da luz e o seu comportamento em meios materiais transparentes, conforme as referência [7, 6]. Com isso, mostramos as ferramentas conceituais que dão base ao assunto tratado. Em seguida, fazemos o tratamento teórico simplificado do efeito Faraday, onde discutimos o fenômeno no nível mais elementar, cuja abordagem é concebida para o uso no ensino médio, conforme a referência [8]. Ao leitor mais interessado pelo tema e que queira se aprofundar mais no assunto, recomendamos as referências [9, 5, 4].

Além do tratamento teórico do efeito, apresentamos também um manual de construção de um aparato experimental de baixo custo com função estritamente pedagógica. Passando à discussão pedagógica, é cada vez mais evidente a necessidade de mudança no modelo de formação oferecido na educação básica, sobretudo no ensino médio. O avanço das tecnologias de informação aliado à democratização de acesso vem, ao longo dos anos, suprimindo barreiras geográficas e sociais, aproximando as pessoas de todas as partes do mundo e produzindo uma rede global de comunicação cada vez mais complexa e poderosa. Diante desse cenário, não há dúvidas de que a educação precisa estar adaptada a essa nova realidade. Mas, para além da mera inclusão da tecnologia como recurso didático, é fundamental que a escola repense as suas práticas de formação nesse contexto global. No modelo tradicional, ainda hoje predominante, o professor é o elemento ativo no processo de ensino-aprendizagem, enquanto o aluno é o elemento passivo. Isto é, o professor transmite informações sobre os temas de cultura geral definidos pelos currículos e o aluno as recebe sem ter a possibilidade de refletir sobre tais informações durante o andamento da aula. Com o advento das recentes tecnologias, esse modelo tradicional tem se mostrado cada vez mais ineficaz. Primeiro porque o acesso à informação por parte dos alunos deixou de estar concentrado na figura do professor e segundo, porque, dessa forma, a escola não cumpre o papel de preparar o aluno para o exercício da cidadania, uma vez que não desenvolve nele um domínio crítico sobre questões sociais, de linguagem, do mundo natural e das tecnologias. Portanto, é cada vez mais desejável que as práticas educacionais estejam fundamentadas no conceito de que o aluno precisa

ser um elemento ativo no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, essas práticas estarão exercendo boas influências na vida de cada indivíduo em formação e cumprindo suas metas no âmbito social. Dito isso, este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma proposta de intervenção didática que consiste em pôr em prática um roteiro de três aulas onde são propostas atividades práticas simples para os alunos realizarem. Os temas das aulas são discutidos sob orientação do professor a partir das observações feitas pelos alunos nessas atividades. Portanto, as aulas são elaboradas de modo a evitar ao máximo o modelo expositivo tradicional, tornando o aluno um elemento ativo na construção do conhecimento. Essa estratégia tem como finalidade despertar o interesse e desenvolver um caráter crítico nos alunos sobre os assuntos discutidos. Naturalmente, o objetivo do roteiro das três aulas é levar aos estudantes o conhecimento sobre o efeito Faraday. Dessa forma, na primeira aula é discutido o conceito geral de onda e de polarização de ondas mecânicas transversais, na segunda aula discute-se o conceito de ondas eletromagnéticas e métodos de polarização e na terceira aula são discutidos os fenômenos de atividade óptica natural e de atividade óptica induzido magneticamente, isto é, o efeito Faraday.

Metodologia ou Materiais e Métodos

A metodologia para a realização da proposta do trabalho é composta pelos seguintes passos:

- 1) Apresentar aos professores que tiverem interesse em pôr em prática a proposta pedagógica do trabalho, os aspectos conceituais do tema, o efeito Faraday, com prévia abordagem de seus pressupostos teóricos.
- 2) Apresentar aos mesmos professores o roteiro com três planos de aula que compõe a proposta.
- 3) Apresentar o manual de construção do aparato experimental para a realização das aulas.

As informações necessárias para cumprir o passo 1 e o manual do passo 3 estão na dissertação de título “O efeito Faraday: exposição teórica e experimento de baixo custo”, apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de

Física (MNPEF) – polo 22 – UFRJ, no segundo semestre de 2017. Já o roteiro de aulas do passo 2 encontra-se no material instrucional (produto) associado à mesma dissertação. Tanto a dissertação como o seu material instrucional podem ser encontrados na página http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html

Resultados e discussão

O roteiro de aulas proposto no trabalho foi aplicado em turmas de segunda série do ensino médio do Instituto Federal Fluminense - Itaperuna. A sequência das aulas foi realizada no início do quarto bimestre do ano letivo de 2017. As atividades práticas despertaram muito interesse nos alunos, sobretudo aquelas em que se utilizava luz. A aplicação do material nos confirmou algo que já suspeitávamos: a realização de atividades práticas por parte dos alunos e a estratégia didática de, na medida do possível, deixá-los investigar fenômenos desconhecidos de forma autônoma, estimulam a curiosidade tão necessária para despertar a vontade de aprender. Esse resultado está inteiramente de acordo com o que se verifica em diversos trabalhos no campo da educação onde são investigadas as práticas construtivistas de formação de conhecimento e outras práticas, em que o aluno desempenha papel de protagonismo no processo de ensino-aprendizagem. Ações pedagógicas baseadas nesse conceito são, portanto, muito eficazes no sentido de possibilitarem uma sólida formação do educando no que diz respeito ao exercício da cidadania e à percepção crítica do mundo globalizado. Porém, a prática dessa proposta pedagógica demanda muito tempo de execução se comparada à tradicional prática expositiva, o que caracteriza uma possível limitação dessa proposta.

Conclusão

Com a realização deste trabalho, buscamos oferecer aos professores, em especial os do ensino médio, uma alternativa de intervenção didática fundamentada na necessidade de revisão nos métodos de ensino que ainda hoje são aplicados quase que de forma unânime ao modo expositivo tradicional. Nesse sentido,

elaboramos uma metodologia atenta às demandas da atualidade que, em resumo, exige cada vez mais da educação formal a construção de um caráter crítico e criativo nos indivíduos em formação. Atentos ainda à diversidade socioeconômica no extenso território nacional, buscamos desenvolver uma estratégia de intervenção acessível a todos os quadros sociais, sendo factível tanto no ensino privado como no público e em todas as regiões do país.

A escolha do efeito Faraday como tema se deu por diversas razões. O próprio valor histórico do fenômeno, de ter sido o primeiro onde se observou a relação entre óptica e magnetismo, já justifica o esforço. Mas, além disso, a riqueza de assuntos que podem ser introduzidos a partir da observação do efeito foi também um forte fator motivacional para a escolha. Apenas a possibilidade de levar ao conhecimento dos alunos a natureza ondulatória da luz e sua polarização transversa de forma simples e surpreendente já foi um dos motivos que nos conduziram ao tema.

Como perspectiva, pretendemos redimensionar o aparato experimental do efeito Faraday para que possamos realizar um estudo quantitativo do fenômeno. Desse modo, esperamos, a partir da análise do experimento, encontrar a conhecida relação entre o ângulo de desvio da polarização da luz, o comprimento do meio onde ela se propaga e a intensidade do campo magnético aplicado sobre ele. Em outras palavras, pretendemos ser capazes de determinar experimentalmente a chamada constante de Verdet dos meios utilizados no experimento. Uma outra continuação natural deste trabalho consiste na produção de programas computacionais, com interfaces gráficas, para estudar o conceito de polarização de ondas transversas e o efeito Faraday. Um exemplo é dado por setas rotatórias, que descrevem polarizações circulares, compondo-se em polarizações lineares e, mais geralmente, em polarizações elípticas. Tal programa seria uma versão gráfica, acessível a alunos do ensino médio, onde se verifica o fato de que qualquer onda de polarização elíptica (ou mesmo linear) pode ser escrita como superposição de duas ondas de polarização circular. Por fim, do ponto de vista pedagógico, esperamos ter despertado no público a que se destina esse trabalho os sentimentos muito bem expressos pelos seguintes pensamentos de Paulo Freire:

“Ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção.”

“Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino.”

Agradecimentos

Agradeço à CAPES, ao MNPEF e à Sociedade Brasileira de Física pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço aos membros e funcionários da coordenação do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRJ que, com muita dedicação, realizam um trabalho elogiável, o que se reflete no sucesso do programa.

Agradeço aos Professores do programa que, dotados de vastos conhecimentos, sempre os tive como fontes de inspiração.

Agradeço à direção do *Campus* Itaperuna do IFFluminense, que me ofereceu a possibilidade de estruturar a carga horária de trabalho de modo a tornar viável a realização do curso de mestrado na cidade do Rio de Janeiro.

Agradeço especialmente ao amigo Hercílio Pereira Cordova, que com a sua admirável habilidade artesã, contribuiu enormemente no projeto e na confecção do aparato experimental para a realização do efeito Faraday.

Referências

- [1] Cougo-Pinto, M V 2016 **Notas de aulas do curso Tópicos de Física Clássica II**
- [2] Faraday M 1933 **Faraday's Diary volume IV** (Thomas Martin ed.) (London: George Bell and Sons)
- [3] Griffiths D J 2011 **Eletrodinâmica** 3 ed (São Paulo: Person Addison Wesley) (Tradução de Heloisa Coimbra de Souza)
- [4] Guenther R D 1990 **Modern Optics** (New York: John Wiley)

- [5] Hecht E 2002 **Optics** 4th ed (San Francisco: Addison Wesley)
- [6] Lorrain P; Corson D; Lorrain F 2000 **Campos e Ondas Eletromagnéticas** (Lisboa: Fundação Calouste Gubenkian)
- [7] Nussenzveing H M 1998 **Curso de Física Básica** vol.4 - 1 ed (São Paulo: Blucher)
- [8] Rossi B 1957 **Optics** (Reading, Massachusetts: Addison-Wesley)[9] Sommerfeld A 1954 **Optics** (New York: Academic)
- [10] Zangwill A 2013 **Modern electrodynamics** (Cambridge: University Press)
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_effect (consultado em 27/07/2018)