
PENSE E RESPONDA! A LUZ PASSA PELO POLARIZADOR?⁺

Débora Drehmer
Scheila Vicenzi
Colégio Estadual Apolinário Alves dos Santos
Francisco Catelli
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul – RS

Imagine uma lâmina polarizadora em forma de tira. Agora, dobre-a ao longo de seu eixo menor (veja a Fig. 1). A luz passa ou não passa através das lâminas assim dobradas?



Fig. 1 - Uma lâmina polarizadora dobrada ao longo de seu eixo menor. A luz passa através das duas metades superpostas?

I. O contexto da pergunta

Um grande número de aparelhos que as modernas tecnologias nos oferecem faz uso de mostradores (“displays”) de cristal líquido, os quais, entre outras coisas, são constituídos de um polarizador. Relógios digitais, calculadoras, com-

⁺ Does the light go through the polarizer?

* *Recebido: maio de 2007.*
Aceito: agosto de 2007.

putadores portáteis, telefones celulares, vídeo games portáteis, pequenos leitores de MP3, telas de câmaras fotográficas digitais são alguns exemplos. É este polarizador que confere a muitos destes mostradores aquela cor cinza característica. Muitos deles, ao serem desmontados, permitem que a lâmina seja retirada (em outros, ela é parte integrante do dispositivo, e torna-se muito difícil separá-la mantendo-a intacta). Estes aparelhos são uma “fonte” barata de polarizadores, para uso em aulas de Física (e mesmo de Química, na construção de polarímetros didáticos). Foi ao utilizar um destes dispositivos numa aula de física que surgiu a pergunta. Como veremos, há mais de uma resposta (correta!), e não é difícil verificar experimentalmente a plausibilidade do modelo físico empregado para justificar cada uma das respostas.

II. A primeira resposta (correta!)

A luz passa! Imaginemos que o eixo de transmissão¹ esteja colocado ao longo do lado maior da tira, como está representado na Fig. 2. O ato de dobrar a tira não cruza os eixos de polarização, de modo que a luz (não polarizada), ao passar pelo primeiro polarizador é parcialmente “absorvida” (se o polarizador fosse ideal, a absorção seria de 50%; na prática, é maior, devido a outras formas de atenuação), e a luz remanescente, que passou, torna-se plano – polarizada. Ao passar pela segunda metade do polarizador, não há absorção, visto que os eixos de transmissão possuem a mesma orientação, como sugere a Fig. 2. Note que a resposta seria a mesma no caso de supor que o eixo de transmissão estivesse alinhado com o lado menor da tira (retangular) do polarizador.

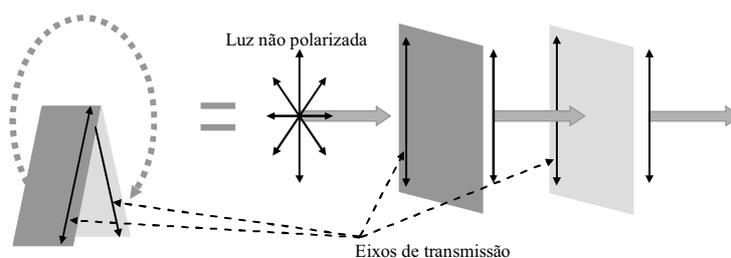


Fig. 2 - Para melhor visualização, imaginamos que a tira de material polarizador foi dobrada (figura à esquerda) e depois cortada na linha da dobra. Com isso, temos dois polarizadores (à direita) que, quando sobrepostos de modo que seus lados maiores estejam paralelos, permitem a passagem da luz.

III. A segunda resposta (também correta!)

A luz não passa. Foi exatamente o que aconteceu, ao realizar o experimento em sala de aula, com um polarizador retirado de uma calculadora fora de uso! Mas, será que a explicação do item 2 é incorreta? Será que existe algum outro efeito óptico, além da polarização? O que é que está acontecendo? Depois de algum tempo (alguns dias depois...), alguém avançou uma nova hipótese: e se o eixo de transmissão não estivesse alinhado com nenhuma das bordas do polarizador; se ele estivesse – digamos – a 45° ? A Fig. 3 ilustra o que aconteceria neste caso.

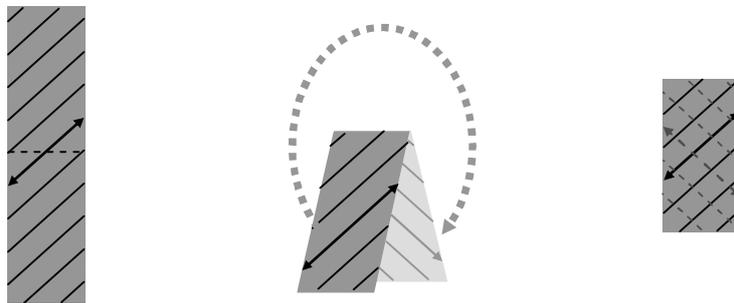


Fig. 3 - Na figura à esquerda, representamos o eixo de transmissão a 45° em relação à borda da lâmina, bem como algumas linhas paralelas a ele, para melhor visualização. A operação de dobrar a lâmina (figura central) faz com que as direções dos eixos de transmissão das duas metades fiquem cruzadas (figura à direita). Portanto, como se pode constatar na prática, a luz não passa!

IV. Três testes experimentais

A explicação é convincente. Mas... será isso mesmo? (poderão argumentar alguns alunos). Para esclarecer esta dúvida, vamos tentar uma argumentação mais conclusiva. Na verdade, três. Na primeira delas, usemos a propriedade da polarização por reflexão: é conhecidoⁱⁱ que, ao refletir-se numa superfície dielétrica (não metálica), parte da luz atravessa-a, e parte se reflete. É a conhecida refração e reflexão, respectivamente, que ocorrem, por exemplo, com a lâmina de vidro transparente de uma janela. Se o ângulo de incidência da luz não polarizada (medido em relação à normal da superfície plana considerada) for o chamado “ângulo de Brewster” (θ_B), a luz refletida estará completamente plano polarizada, com a direção do eixo de transmissão paralela à superfície refletora, como na Fig. 4.

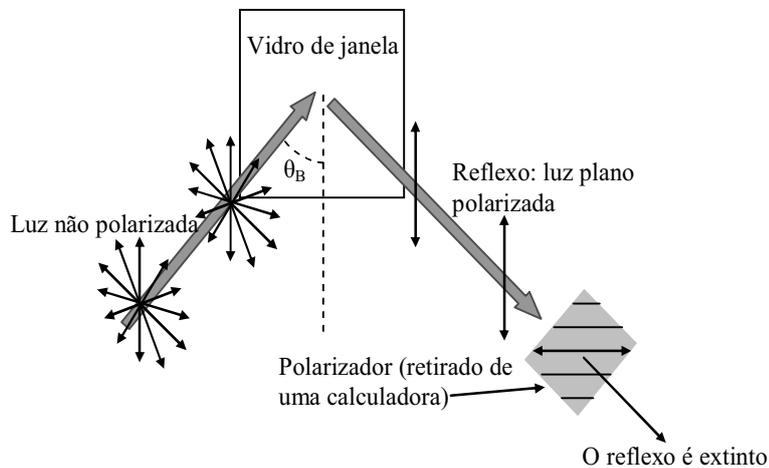


Fig. 4 - A luz não polarizada, refletida sob um ângulo θ_B relativamente à normal ao vidro da janela, torna-se completamente plano-polarizada. O polarizador retirado do mostrador de uma calculadora deve ser girado a aproximadamente 45° para que o reflexo seja extinto.

Tomando para o vidro um índice de refração n_2 de 1,5 (um valor típico), e $n_1 \approx 1$ para o ar, pode-se calcular o ângulo de Brewster através da expressão:

$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,5}{1}$$

$$\theta_B = \text{atn}(1,5) = 56,3^\circ$$

Para verificar a plausibilidade da hipótese feita, basta olhar através do polarizador (retirado de uma calculadora) para o reflexo de uma janela, a um ângulo de 56° . (Não há nenhuma necessidade de um posicionamento “exato”: a extinção é facilmente verificada, mesmo em ângulos que não coincidam exatamente com o valor calculado.) O resultado confirma a hipótese feita!

A segunda argumentação está baseada num recorte peculiar da lâmina polarizadora. Como está representado na Fig. 5, as duas lâminas “A” e “B” recortadas da lâmina original, ao serem sobrepostas, permitirão a passagem da luz, desde os lados maiores de ambas estejam paralelos. Novamente, a hipótese do eixo de transmissão a 45° fica confirmada!

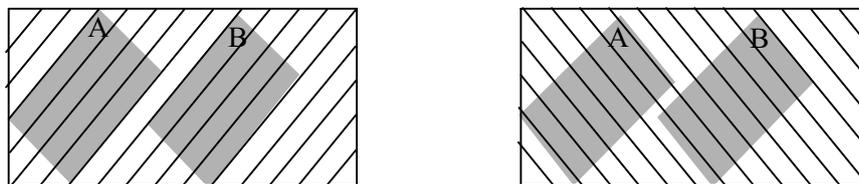


Fig. 5 - Note que as lâminas A e B recortadas da lâmina original (tanto na figura à esquerda quanto na da direita) comportar-se-ão como previsto na primeira resposta. Ou seja, os eixos de transmissão ficam alinhados quando elas são sobrepostas com os lados maiores paralelos entre si. Os polarizadores “de laboratórioⁱⁱⁱ” comportam-se assim.

A terceira argumentação: a pergunta refere-se a uma tira polarizadora que é dobrada: já vimos que, nestas condições, a luz não passa. Porém, se cortarmos a lâmina ao longo da linha da dobra (ver Fig. 2) e giramos um dos polarizadores de 180° em torno do lado maior (ver a Fig. 6), a luz passará, o que é – também – confirmado na prática!

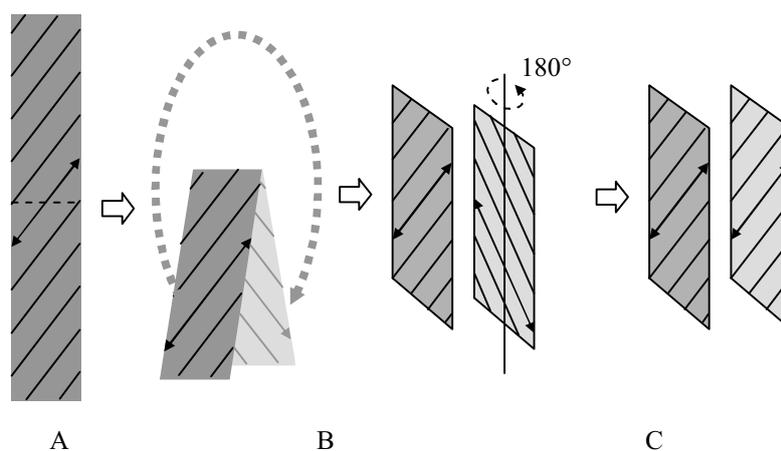


Fig. 6 - A lâmina (A) é dobrada na região central, ao longo de sua dimensão menor; um corte é feito ao longo da dobra (B). As duas lâminas assim obtidas (C), quando sobrepostas, não permitem a passagem da luz. Entretanto, se uma delas for girada de 180° em torno de seu eixo maior, o par assim formado (D) permitirá a passagem da luz.

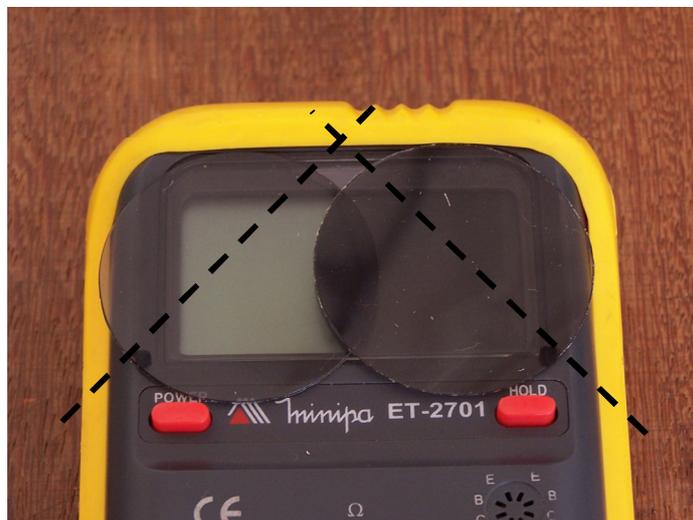


Fig. 7 - Dois polarizadores de laboratório sobre o mostrador de cristal líquido de um instrumento. Note a direção dos eixos de transmissão dos dois polarizadores, representados pelas linhas pontilhadas.

V. Conclusão

Os “problemas” mais divertidos são aqueles que admitem várias respostas. Com eles, os alunos se habitua a associar a “verdade” de uma resposta a um contexto. Num outro contexto, a verdade poderá ser outra. Para “demonstrar” esta afirmação, citaremos uma pequena investigação levada a cabo pelos estudantes. Com o auxílio de polarizadores “de laboratório” (como os que aparecem na Fig. 7) os mostradores de um grande número de aparelhos foram observados. Na maior parte deles, as conjecturas acima descritas foram confirmadas. Entretanto, no mostrador de alguns telefones celulares, a polarização parece ser aleatória. Quer dizer, para uma dada posição do analisador a luz passava em algumas regiões, mas não em outras. Ao girar o analisador de – digamos – 90° , a situação se invertia: as regiões que antes deixavam passar a luz agora a bloqueavam, e vice-versa. Esta situação não se enquadra em nenhuma das hipóteses acima: o eixo de transmissão tem direções diferentes para as diversas regiões deste tipo de polarizador.

O que foi relatado parece levar a uma outra “conjectura didática”: se os problemas mais divertidos são os que admitem mais de uma resposta, dependendo do contexto, talvez seja devido ao fato que eles são justamente os mais propícios à

investigação em sala de aula. Apesar de o professor ter um papel preponderante na organização destas investigações, elas são levadas a cabo e relatadas pelos próprios alunos. A organização dos resultados obtidos e as conclusões podem ser tiradas em aula, com a contribuição de todos. É claro que cabe aqui pelo menos uma ressalva: nem todos os resultados de uma investigação como esta aparecem de uma hora para a outra. Alguns resultados podem surgir bem depois, quando “a matéria já passou”. Isto não parece ser um grande problema em termos de organização das aulas, visto que o assunto pode ser retomado a qualquer tempo. É bem verdade que esta não é uma prática comum no ambiente da sala de aula.

Por fim, cabe destacar mais um aspecto. Os princípios fundamentais da Física parecem não perder seu interesse na medida em que o tempo passa, ao contrário. A polarização vem sendo estudada já há muito tempo: lembremos, por exemplo, de Huygens e seu maravilhoso “*Treatise of Light*^{iv}”. É surpreendente ver estes mesmos princípios físicos em ação em pleno século XXI, permitindo-nos investigar objetos tecnológicos bastante atuais. Ao saber disso, os alunos percebem a Física, mesmo que “antiga”, nos objetos de seu cotidiano, o que sem dúvida pode aumentar, e muito, a motivação para aprender mais.

ⁱ Para um tratamento didático da polarização por reflexão veja, por exemplo, HALLIDAY, D., R.; RESNICK, J.; WALKER Fundamentos de Física, v. 4, cap. 38, sec. 38-7. S. Paulo: LTC, 1999. Um artigo que descreve o funcionamento de visores de cristal líquido é o de LABURÚ, C. E., A. M. SIMÕES e A. A. URBANO, “Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (o ensino da Física contemporânea, tendo como pano de fundo a Física do cotidiano)”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 192-205, agosto de 1998.

ⁱⁱ Idem, cap. 39, séc. 39-4.

ⁱⁱⁱ Um fornecedor nacional de lâminas polarizadoras é a empresa CIDEPE (<www.cidepe.com.br>), sob número de catálogo EQ045.61A.

^{iv} Uma versão em inglês desta obra de Christian Huygens pode ser encontrada na Encyclopaedia Britannica, na seção “Great Books”.