



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



Roteiro do Professor:
Efeito da diabetes na visão como
motivadora para ensino da Lei de Refração.

Cristiane Rennó Ribeiro Gomes
Lúcia Helena Coutinho

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado de Cristiane Rennó Ribeiro Gomes, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

Roteiro do professor

1 Materiais utilizados

- Uma placa de isopor de 1 cm de espessura.
- Uma placa de isopor de 3 cm de espessura.
- Um tubo de cola de isopor.
- Um estilete 18 mm.
- Um prisma de acrílico triangular, oco com abertura, com as seguintes especificações: (figura 1).
 - Espessura: 2,3 mm
 - Lado 1: 13,0 cm
 - Lado 2: 11,5 cm
 - Lado 3: 6,5 cm
 - Altura: 4,5 cm
- Bastão de vidro de 6,65 mm - figura 2.
- Colimador - figura 3.
- Apontador Laser - figura 4 .
- Alfinete.
- Impressão de transferidor no tamanho A3 - figura 5.

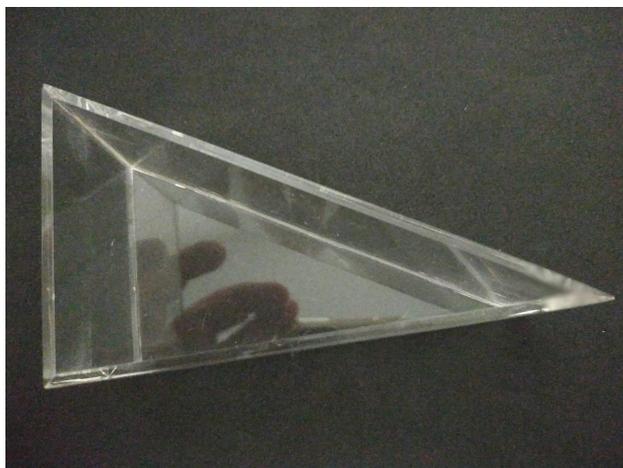


Figura 1: Prisma de Acrílico.



Figura 2: Bastão de vidro.



Figura 3: Colimador.



Figura 4: Apontador Laser.

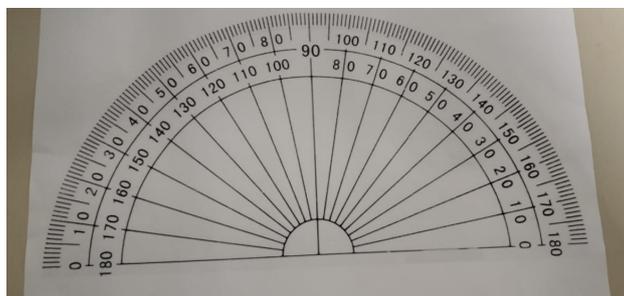


Figura 5: Transferidor impresso.

2 Montagem do Experimento

1. Corte na placa de isopor de espessura menor as dimensões exatas do prisma com estilete. A hipotenusa do prisma deve ficar voltada para a direção que vai ser colado o transferidor, conforme figura 6.
2. Cole as duas placas de isopor com cola e espere secar.
3. Pegue um par de esquadros e faça uma marcação com caneta no lado oposto ao ângulo 60° de forma que quando o laser for colocado a incidência dele seja paralela à reta normal ¹.
4. Coloque o transferidor impresso preso com alguns alfinetes, e monte o experimento com o prisma no buraco, o bastão de vidro, e o laser no local marcado. Vá acertando a posição do transferidor para que o feixe de laser, ao sair do prisma, esteja alinhado no ponto central do transferidor, e na posição de leitura do ângulo de 30° (em relação à normal). Conforme figura 6.

DICA : Para que o bastão de vidro fique parado em frente à incidência do laser, e também o feixe incida no seu meio, faça um suporte com papelão medindo a altura e cole. Faça também um suporte para o laser, para que ele não se mova no decorrer das medidas, e acarrete possíveis erros de leitura no transferidor, conforme figura 7.

¹Marque um ângulo de 90° onde ficará o laser.



Figura 6: Montagem sem o prisma, o bastão e o apontador laser.

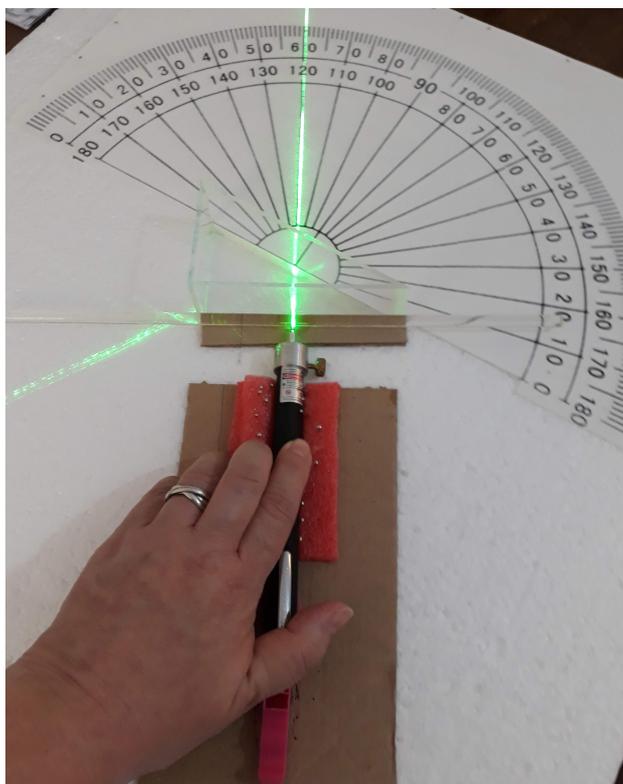


Figura 7: Esquema montado com todos os elementos.

3 Roteiro de Experimentação

Este capítulo apresenta uma sugestão de roteiro de experimentação para uso nas aulas de ensino médio, que servirá de auxílio simples e acessível tanto ao professor quanto aos alunos, no ensino e aprendizagem da Lei de Refração.

O roteiro do professor mostra a Teoria da Refração, o procedimento experimental para ele realizar o passo a passo da experimentação e sugere perguntas que podem ser feitas para melhorar o ensino e aprendizagem do aluno sobre o tema.

O roteiro do aluno mostra como anotar as medidas aferidas dos ângulos de refração, os procedimentos para obter os índices de refração das soluções de açúcar, e como representar da forma gráfica a relação entre concentração de açúcar na solução e o índice de refração.

4 Material

- Bastão de vidro
- Prisma oco de 100 ml
- Apontador laser
- Bécher 125 ml
- Proveta 100ml
- Balança analítica

5 Objetivo

Estudar a Lei de Snell através da medida de índices de refração.

6 Introdução Teórica

O que acontece quando a luz atravessava de um meio homogêneo para outro? Falando sob a visão microscópica, existem camadas de moléculas sobrepostas, onde a luz ao passar por cada uma delas, sofre uma resistência devido às moléculas existentes no material, e perde velocidade gradativamente.

Quando observamos uma colher dentro de um copo com água, e temos a percepção de que ela está torta, esse fenômeno deve-se à refração da luz, devido à passagem da luz de um meio para o outro, com diferentes índices de refração, temos a impressão que a colher está em uma posição onde ela não está.

A Lei da Reflexão é conhecida desde a Grécia antiga. Sempre que um raio de luz incide numa superfície refletora, é possível prever em que direção será refletido, se conhecermos as Leis da Reflexão.

A Lei da Reflexão diz que o raio refletido pertence ao plano de incidência, e que o ângulo refletido é igual ao ângulo de incidência (equação 1) [1].

$$\theta_i = \theta_r \quad (1)$$

A Lei de Refração foi descrita primeiramente por Ibn Sahl² em 984, sendo mais tarde formulada por Willebrord Snell em 1621 e revista por René Descartes em 1637 [1, 2].

A Lei de Refração diz que o raio incidente, o raio refratado e a normal no plano de incidência estão contidos no mesmo plano, e que o seno do ângulo de incidência sobre o seno do ângulo refratado é igual ao índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1, conforme a equação 2 [1].

$$n_1 \sen \theta_1 = n_2 \sen \theta_2 \quad (2)$$

Ao passar de um meio para o outro, o raio refratado irá se aproximar da normal se o índice de refração do meio 2 for maior que o índice de refração do meio 1, devido a uma diminuição de sua velocidade. Porém, se o índice de refração do meio 2 for menor, o raio refratado aumenta sua velo-

²Cientista Islâmico da segunda metade do século 10 que estudou a refração em lentes

cidade e se afasta da normal. Esses comportamentos podem ser observados experimentalmente, e de fato foi observado e descrito pela Lei de Refração.

Existe na Lei de Snell ³ uma relação de proporcionalidade com o índice de refração relativo dos meios, por isso é de extrema importância compreender seu significado. O índice de refração de um material depende de características com que é feito esse material; e quanto mais denso o meio, mais resistência à passagem da luz esse meio irá ter. Logo, a luz vai perder velocidade nesse meio, e o índice de refração será maior. Isso pode ser explicado, os materiais são feitos de diferentes átomos, e têm diferentes propriedades da matéria, devido a quantidades e diferenças atômicas.

O índice de refração (n) de um meio em relação ao vácuo define o seu índice de refração absoluto. Sendo (c) a velocidade da luz no vácuo, a velocidade da luz (v) num meio de índice de refração n (absoluto), é descrito pela equação 3 [1]:

$$n = \frac{c}{v} \quad (3)$$

Quando estudamos a Lei de Snell, muitas vezes não conseguimos visualizar as situações propostas. Com este experimento, podemos medir indiretamente o índice de refração de soluções, usando de forma mais simples a Lei de Snell, devido à montagem do prisma oco no experimento. A figura 8 apresenta um desenho esquemático da montagem experimental com o prisma.

Para a primeira face do prisma temos a equação 4

$$1 \operatorname{sen}(0) = n_2 \operatorname{sen}(0) \quad (4)$$

Para a segunda face do prisma temos a equação 5

$$\begin{aligned} n_2 \operatorname{sen}(30) &= 1 \operatorname{sen}(\theta) \\ n_2 &= 2 \operatorname{sen}(\theta) \end{aligned} \quad (5)$$

Devido à simplicidade da montagem, podemos ler o ângulo de refração

³A Lei de Snell foi obtida experimentalmente

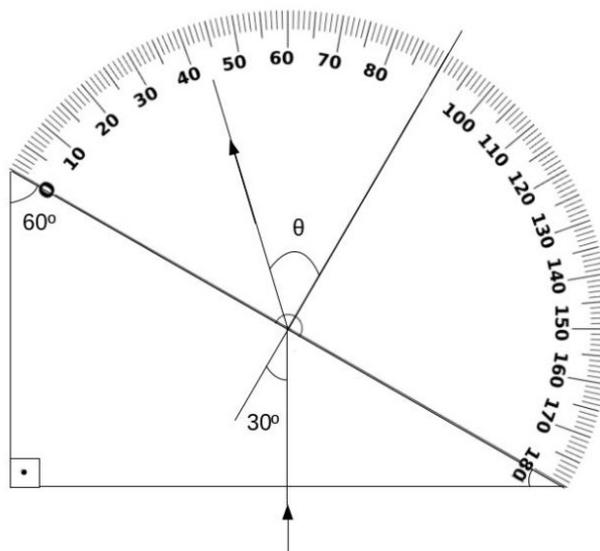


Figura 8: Desenho esquemático do prisma e do caminho percorrido pelo feixe de luz.

diretamente no experimento, utilizando a equação 5 para calcular o índice de refração da solução. Usaremos soluções de açúcar com diferentes concentrações, e faremos medidas de seus índices de refração. Além de mostrar uma forma simples de utilização da Lei de Snell, vamos utilizar soluções de açúcar para simular o que acontece no olho do paciente de diabetes mellitus quando sua taxa glicêmica está alterada.

Devido a dietas hiperglicêmicas, há um pico de concentração de glicose no olho de pacientes com diabetes mellitus, mais precisamente na parte interna do cristalino, ocasionando uma alteração dos índices de refração deste, que acarretam uma desfocagem temporária da visão nos dois olhos. Essa desfocagem é restabelecida após alguns dias após o início do tratamento, tornando assim a visão do paciente normal. A finalidade dessa motivação é para os alunos relacionarem a Física com a Medicina e a Química.

Os dados obtidos no experimento deverão ser comparados a valores de referência que estão mostrados na tabela 1 [3].

Porcentagem de açúcar	índice de refração
0,00%	1,3330
2,00%	1,3359
4,00%	1,3388
6,00%	1,3418
8,00%	1,3448
10,00%	1,3478
12,00%	1,3509
14,00%	1,3541
16,00%	1,3573
18,00%	1,3606
20,00%	1,3639
22,00%	1,3672
24,00%	1,3706
26,00%	1,3741
28,00%	1,3776
30,00%	1,3812
32,00%	1,3848
34,00%	1,3885
36,00%	1,3922
38,00%	1,3960
40,00%	1,3999
42,00%	1,4038
44,00%	1,4078
46,00%	1,4159
48,00%	1,4159
50,00%	1,4201

Tabela 1: Índices de refração da solução de açúcar a $20^{\circ}C$, 589,29nm concentração % m/m

[3].

7 Procedimento experimental

7.1 Variando as concentrações de açúcar

1. Utilizando uma proveta, bécher e balança, faça as diluições do açúcar:
 - (a) Para fazer as diluições para cada 100 ml de solução, você irá pesar o valor da percentagem de açúcar, e adicionar o volume de água para completar 100 g de solução, ou no caso da água, 100 ml⁴.

Observações

- Use um pacote de açúcar fechado para evitar que esteja impregnado de umidade, e altere assim a sua concentração, isso devido ao açúcar ser higroscópico.
- Use soluções de açúcar pouco concentradas, devido a soluções ficarem amareladas quando muito concentradas, para evitar que atrapalhe no cálculo do índice de refração devido ao fenômeno de absorção⁵.

Exemplo: 20% de solução de açúcar

- i. pesar 20 gramas de açúcar
 - ii. completar com 80 ml de água
2. Faça a montagem do experimento encaixando o prisma oco (1) no lugar de encaixe, o bastão de vidro (2) no suporte de papelão na frente do apontador laser, e o apontador (3) no seu suporte vermelho. Tomando cuidado para que o laser fique bem encaixado, marcando 30° com o prisma vazio. Figura (9).
 3. Transfira as diferentes soluções de açúcar, sempre começando pela mais diluída, e meça seus respectivos ângulos refratados.
 4. Para cada solução de açúcar, meça o ângulo de refração.

⁴A densidade da água é aproximadamente $\frac{1g}{cm^3}$ à temperatura de 20°.

⁵A coloração amarela presente nas soluções de açúcar deve-se a presença de substâncias pigmentantes no processo de refino do açúcar.

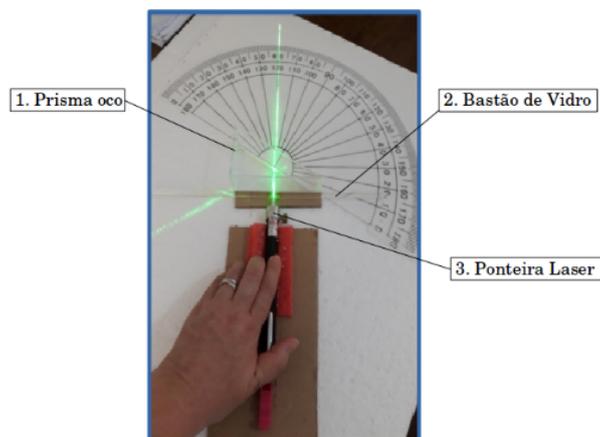


Figura 9: Montagem experimental.

7.2 Utilizando uma solução desconhecida de açúcar

1. Proceda pesando 45 gramas de açúcar e completando com 55 ml de água, esta será a solução a 45%.
2. Usando a mesma montagem do item anterior, repita os procedimentos 2, 3 e 4 para a solução com concentração de 45%.

8 Perguntas

1. Qual o valor do ângulo que está marcando no transferidor, com o prisma vazio?
2. O que está acontecendo quando colocamos a solução de açúcar?
3. Quando mudamos a solução, muda o valor do ângulo? Que ângulo é esse?
4. Qual a relação dessa mudança e da concentração do açúcar?

As perguntas sugeridas no roteiro são para que os alunos consigam acompanhar o que vai acontecer no experimento, e possam entender o fenômeno da refração da luz. Para aplicação do roteiro do aluno, deve ser aplicado após

uma aula expositiva que dê os conceitos fundamentais para o entendimento dos alunos sobre a óptica geométrica, e também sobre as consequências sobre o açúcar na visão dos pacientes com diabetes mellitus para que a aula fique no contexto da proposta pedagógica.

Referências Bibliográficas

- [1] H. Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica*, vol. 4. Blucher, 2014.
- [2] H. Selin, *Encyclopaedia of the History of Science, Technology and Medicine in Non-Western Cultures*. Springer Science + Business Media Dordrecht, 1997.
- [3] ChemBuddy, “Refractive index of sucrose solutions.” <http://www.refractometer.pl/refraction-datasheet-sucrose>, 2011. Online; acessado em 22 de julho de 2019.