

PROFESSOR DANILO

FOLHA 09

EXERCÍCIOS

1. (Fmp 2019) A luz do sol, após atravessar a água em um aquário, projeta um arco-íris na parede de uma residência.

A decomposição da luz branca do sol, ao atravessar os meios ar – água – ar, ocorre porque cada componente da luz possui, na água, diferentes índices de

- polarização
- refração
- difração
- interferência
- coloração

2. (Ufpr 2019) Um dado meio tem um índice de refração n_1 . Um outro meio tem um índice de refração n_2 . Assinale a alternativa que expressa corretamente a relação entre os módulos das velocidades da luz nos dois meios, quando $n_2 = 2n_1$.

- $v_2 = 4v_1$.
- $v_2 = 2v_1$.
- $v_2 = v_1$.
- $v_2 = \frac{v_1}{2}$.
- $v_2 = \frac{v_1}{4}$.

3. (Eear 2019) Considerando as velocidades de propagação da luz em dois meios homogêneos e distintos, respectivamente iguais a 200.000 km/s e 120.000 km/s , determine o índice de refração relativo do primeiro meio em relação ao segundo. Considere a velocidade da luz no vácuo, igual a 300.000 km/s .

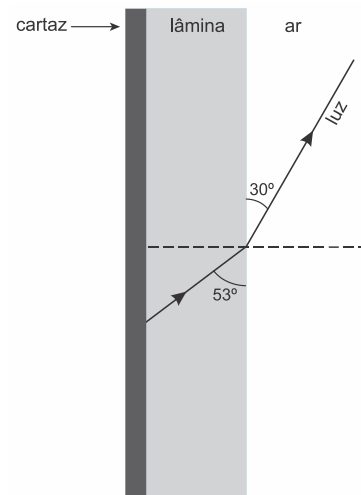
- 0,6
- 1,0
- 1,6
- 1,7

REFRAÇÃO – PARTE 2 – PRIMEIRO ANO – 04/05/2020

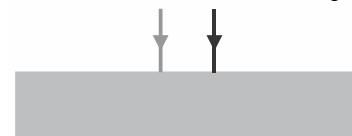
4. (Uerj 2019) Em uma estação, um cartaz informativo está protegido por uma lâmina de material transparente.

Um feixe de luz monocromático, refletido pelo cartaz, incide sobre a interface de separação entre a lâmina e o ar, formando com a vertical um ângulo de 53° . Ao se refratar, esse feixe forma um ângulo de 30° com a mesma vertical. Observe o esquema ampliado a seguir, que representa a passagem do raio de luz entre a lâmina e o ar.

Determine o índice de refração da lâmina.



5. (Famerp 2019) Dois raios de luz monocromáticos incidem perpendicularmente em uma das faces de uma lâmina de vidro de faces paralelas, imersa no ar, como mostra a figura.



Assinale a alternativa que representa esses mesmos raios de luz, ao emergirem na face oposta à de incidência.

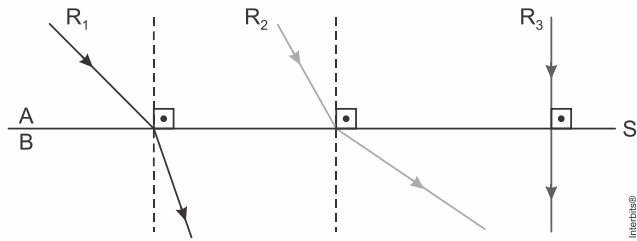
- Diagrama com dois raios incidindo perpendicularmente na face superior e dois raios emergindo perpendicularmente na face inferior.
- Diagrama com dois raios incidindo perpendicularmente na face superior e dois raios emergindo perpendicularmente na face inferior, mas deslocados lateralmente.
- Diagrama com dois raios incidindo perpendicularmente na face superior e dois raios emergindo perpendicularmente na face inferior, com uma 'X' no ponto de incidência inferior.
- Diagrama com dois raios incidindo perpendicularmente na face superior e dois raios emergindo na face inferior, mas inclinados em relação à normal.
- Diagrama com dois raios incidindo perpendicularmente na face superior e dois raios emergindo perpendicularmente na face inferior, com uma 'X' no ponto de incidência inferior.

PROFESSOR DANILO

REFRAÇÃO – PARTE 2 – PRIMEIRO ANO – 04/05/2020

DIOPTRIO PLANO

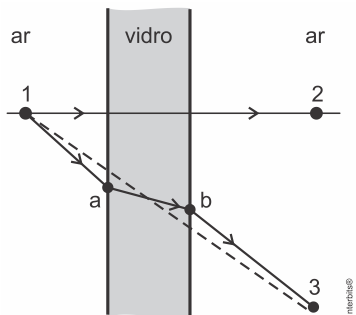
6. (Uefs 2018) Dois meios transparentes, A e B , de índices de refração absolutos n_A e $n_B \neq n_A$, são separados por uma superfície plana S , e três raios monocromáticos, R_1, R_2 e R_3 , se propagam do meio A para o meio B , conforme a figura.



É correto afirmar que

- a) o raio R_3 não sofreu refração.
- b) o raio R_1 é mais rápido no meio B do que no meio A .
- c) para o raio R_3 , o meio B é mais refringente do que o meio A .
- d) para o raio R_2 , $\frac{n_B}{n_A} < 1$.
- e) para o raio R_1 , $n_B \cdot n_A < 0$.

7. (Ufu 2018) Considere um raio de luz que parte do ponto 1 e vai até o ponto 2, seguindo por um caminho retilíneo, justamente porque é aquele em que tal raio o percorre em menor tempo possível. Na mesma situação, um raio sai do ponto 1 e chega a 3, mas, em vez de fazer o caminho seguindo a linha tracejada, ele atravessa a lâmina de vidro, passando por a e b .



- a) Explique por que o raio de luz não segue a linha tracejada, e sim desvia-se, passando por a e b .
- b) Sabendo-se que o índice de refração do vidro é 1,5, qual a velocidade com que o raio de luz o atravessa?

A interface entre dois meios com propriedades ópticas diferentes, como água e ar, é chamado de dioptra. Vamos estudar agora o caso em que essa interface é plana.

Quando o observador em um meio A com índice de refração n_A olha um objeto dentro de um outro meio com índice de refração n_B de tal forma que o ângulo de incidência \hat{i} e de refração \hat{r} sejam pequenos, podemos encontrar uma equação que relaciona as posições do objeto p e imagem p' com os índices de refração. Vejamos como.

Observe primeiramente a figura a seguir onde representamos além das variáveis já mencionadas, uma distância horizontal entre a normal do ponto onde o raio incide na interface e a vertical do objeto.

Aqui é importante mencionar que isso só é certo se o objeto e observador estiverem na mesma vertical, ou seja, $\hat{i} = \hat{r} = 0$. Se no entanto considerarmos os ângulos \hat{i} e \hat{r} muito pequenos podemos assumir que a imagem do objeto e o objeto estão na mesma vertical.

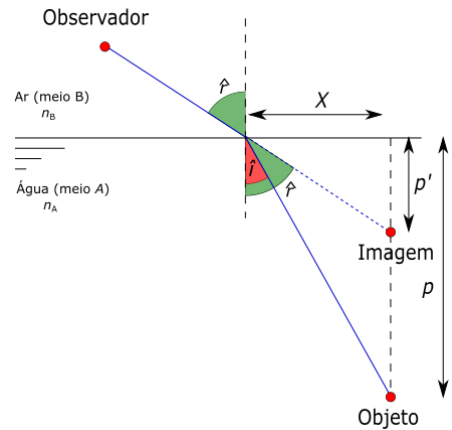


Figura 1: Um raio de luz que sai de um objeto submerso na água e atinge o olho do observador

Para aproximação para pequenos ângulos temos que

$$\begin{cases} \text{sen } \hat{i} \approx \tan \hat{i} \approx \hat{i} \\ \text{sen } \hat{r} \approx \tan \hat{r} \approx \hat{r} \end{cases}$$

desde que estejamos trabalhando com unidades de medidas de ângulos em radianos.

Com estas informações podemos substituir os senos que aparecem na lei de Snell por tangentes, isto é:

$$n_A \cdot \text{sen } \hat{i} = n_B \cdot \text{sen } \hat{r} \Rightarrow$$

$$n_A \cdot \tan \hat{i} \approx n_B \cdot \tan \hat{r}$$

Mas pela figura anterior podemos encontrar as tangentes:

$$\begin{cases} \tan \hat{i} = \frac{X}{p'} \\ \tan \hat{r} = \frac{X}{p} \end{cases}$$

Substituindo as equações do sistema acima na equação da lei de Snell anterior ao sistema temos a relação do dioptra plano:

$$n_A \cdot \frac{X}{p'} \approx n_B \cdot \frac{X}{p} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{n_A}{n_B} \approx \frac{p'}{p}}$$

Esta é a equação do dioptra plano e você deve ter cuidado ao usá-la, pois ela é válida apenas quando objeto e observador estiverem numa mesma vertical.

PROFESSOR DANILO

REFRAÇÃO – PARTE 2 – PRIMEIRO ANO – 04/05/2020

Q. 01 – DEMONSTRAÇÃO DA EQUAÇÃO DO DIOPTRO PLANO

REFLEXÃO TOTAL

Imagine um raio de luz indo do meio mais para o meio menos refringente. Aumentando-se o ângulo de incidência aumenta-se o ângulo de refração.

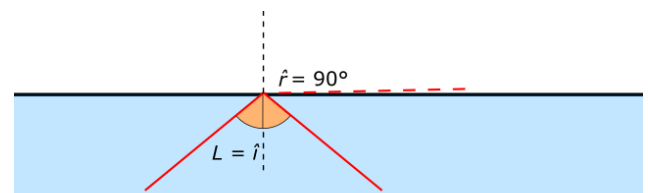
Existe um ângulo chamado de ângulo limite \hat{L} tal que se o raio incidente refratar e sai formando um ângulo $\hat{r} = 90^\circ$. Assim, se $\hat{i} = \hat{L}$ temos:

$$n_A \cdot \text{sen} \hat{i} = n_B \cdot \text{sen} \hat{r} \Rightarrow$$

$$n_A \cdot \text{sen} \hat{L} = n_B \cdot \text{sen} 90^\circ \Rightarrow$$

$$\boxed{\text{sen} \hat{L} = \frac{n_B}{n_A}}$$

Observe a figura a seguir, isso deve lhe ajudar:



Quando o raio incide com um determinado ângulo, o raio refratado deveria sair formando um ângulo de 90° .

Essa é uma condição tal que o raio incidente sofre reflexão total.

Chama-se reflexão total porque TODO o raio incidente é refletido.

Lembre-se que geralmente os fenômenos de reflexão e refração ocorrem simultaneamente.

Figura 2: Um raio de luz atinge uma interface plana e sofre reflexão total

Q. 02 – ÂNGULO LIMITE

EXERCÍCIOS

8. (Ufjf-pism 2 2019) As fibras ópticas podem ser usadas em telecomunicações, quando uma única fibra, da espessura de um fio de cabelo, transmite informação de vídeo equivalente a muitas imagens simultaneamente. Também são largamente aplicadas em medicina, permitindo transmitir luz para visualizar vários órgãos internos, sem cirurgias. Um feixe de luz pode incidir na extremidade de uma fibra óptica de modo que nenhuma ou muito pouca energia luminosa será perdida através das paredes da fibra. O princípio ou fenômeno que explica o funcionamento das fibras ópticas é denominado:

- a) reflexão interna total da luz.
- b) refração total da luz.
- c) independência da velocidade da luz.
- d) reflexão especular da luz.
- e) dispersão da luz.

9. (Mackenzie 2019)



A flor Vitória Régia em um lago amazônico calmo

A vitória régia é uma flor da Amazônia que tem forma de círculo. Tentando guardar uma pepita de ouro, um índio a pendurou em um barbante prendendo a outra extremidade bem no centro de uma vitória régia de raio $R = 0,50\text{ m}$, dentro da água de um lago amazônico muito calmo. Considerando-se o índice de refração do ar igual a 1,0, o da água n_A e o comprimento do barbante, depois de amarrado no centro da flor e solto, 50 cm, pode-se afirmar que o valor de n_A , de modo que, do lado de fora do lago, ninguém consiga ver a pepita de ouro é:

- a) 2,0
- b) $\sqrt{3}$
- c) $\sqrt{2}$
- d) 1,0
- e) 0,50

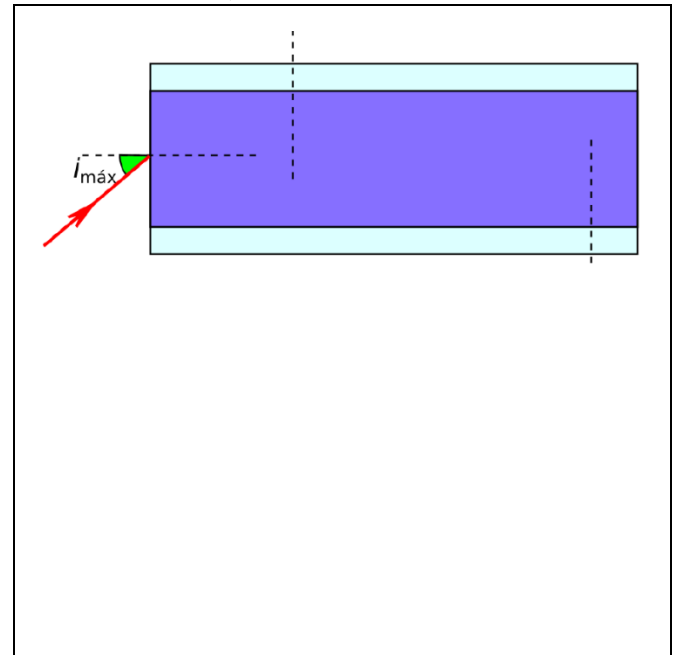
FIBRA ÓPTICA

Atualmente estamos utilizando ondas eletromagnéticas com frequências tão altas que chegaram na frequência do visível. Fibras ópticas são como “fios” que são capazes de direcionar a luz.

Para isso a luz deve ser “aprisionada” dentro de um meio óptico. Seja uma fibra óptica imersa em um meio (geralmente o ar) cujo índice de refração é n_{ar} , com centro tendo índice de refração n_{in} e revestido por material de índice de refração n_{rev} .

Vamos determinar qual o maior ângulo de incidência que o raio pode ter.

Q. 03 – ÂNGULO LIMITE



LÂMINAS DE FACES PARALELAS

Uma lâmina de material transparente, tais como vidros planos de carros, janelas, etc. constituem lâminas de faces paralelas. Representamos da seguinte maneira um raio de luz atravessando uma lâmina de faces paralelas

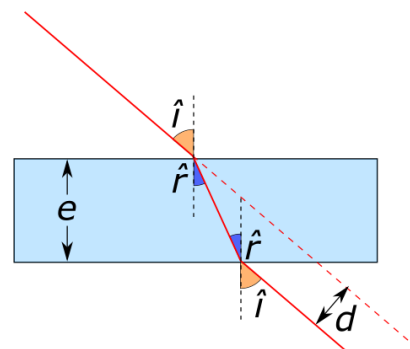


Figura 3: Desvio lateral de um raio ao passar por uma lâmina de faces paralelas de espessura e

Observe que um raio incidente na lâmina sofre um desvio lateral d , ou seja, a direção e o sentido de propagação da luz não muda quando ela atravessa uma lâmina de faces paralelas. Se soubermos a espessura e da lâmina e o ângulo de incidência, podemos determinar o desvio lateral.

Primeiramente vamos determinar X e y conforme a figura a seguir.

PROFESSOR DANILO

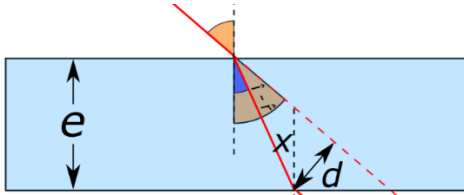
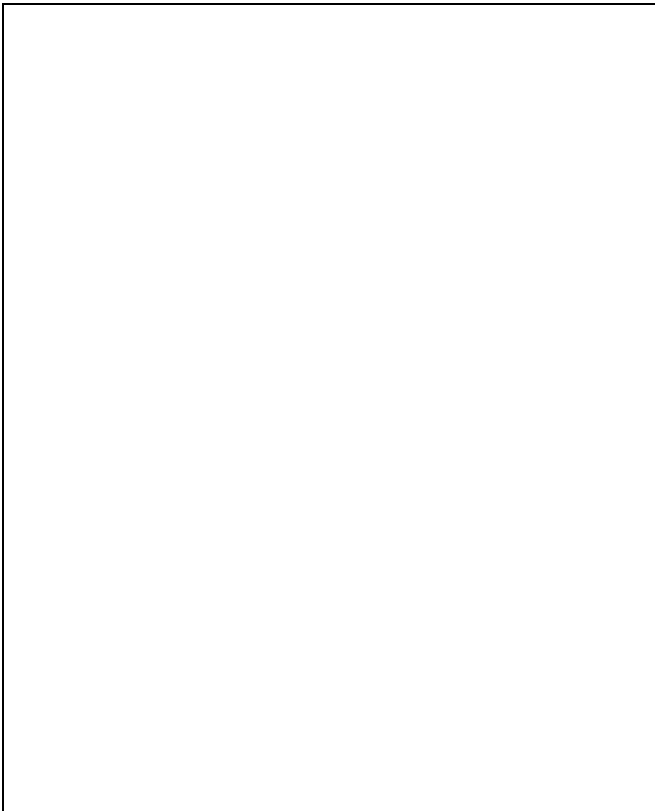


Figura 4: Detalhe do desvio lateral, do ângulo $i - r$ e da hipotenusa de um triângulo que será útil na hora de determinarmos o desvio lateral de um raio que atinge uma lâmina de faces paralelas

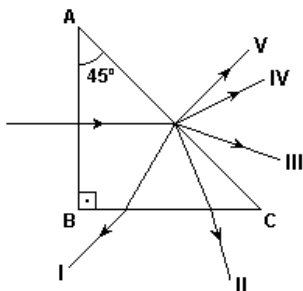
Vamos ter que utilizar um pouco de matemática. Mãos à obra...

Q. 04 – CÁLCULO DO DESVIO LATERAL



EXERCÍCIO

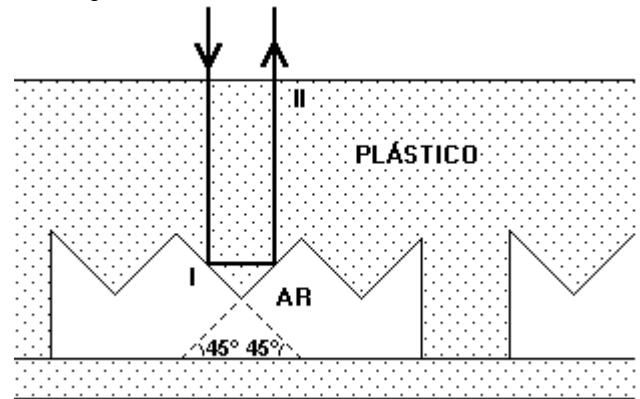
10. (Unesp 2006) Um prisma de vidro imerso em água, com a face AB perpendicular à face BC, e a face AC com uma inclinação de 45° em relação a AB, é utilizado para desviar um feixe de luz monocromático. O feixe penetra perpendicularmente à face AB, incidindo na face AC com ângulo de incidência de 45° . O ângulo limite para a ocorrência de reflexão total na face AC é 60° .



Considerando que o índice de refração do vidro é maior que o da água, a trajetória que melhor representa o raio emergente é
a) I. b) IV. c) II. d) V. e) III.

REFRAÇÃO – PARTE 2 – PRIMEIRO ANO – 04/05/2020

11. (Unesp 1993) A figura adiante mostra, esquematicamente, o comportamento de um raio de luz que atinge um dispositivo de sinalização instalado numa estrada, semelhante ao conhecido "olho-de-gato".

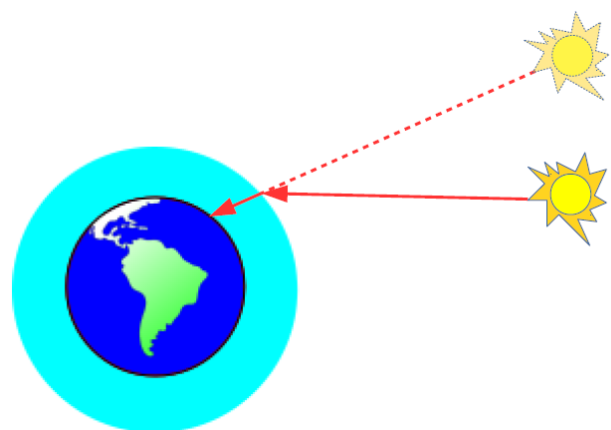


De acordo com a figura responda:

- Que fenômenos ópticos ocorrem nos pontos I e II?
- Que relação de desigualdade deve satisfazer o índice de refração do plástico para que o dispositivo opere adequadamente, conforme indicado na figura?

MIRAGEM E ELEVÇÃO APARENTE DOS ASTROS

Posição aparente dos astros



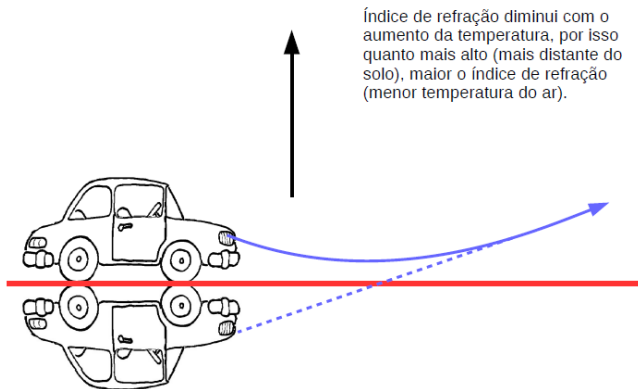
Como o índice de refração do ar não é EXATAMENTE igual a 1, a luz proveniente dos astros sofre refração ao entrar na atmosfera, aproximando-se da normal.

PROFESSOR DANILO

REFRAÇÃO – PARTE 2 – PRIMEIRO ANO – 04/05/2020

Miragem

Em dias quentes, temos a impressão que o asfalto à nossa frente é quase que como um lago



Como o índice de refração do ar mais quente é menor, a luz é desviada

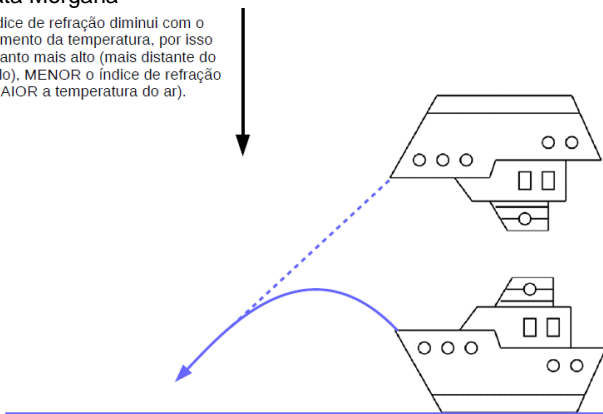
É importante notar que não ocorre em momento algum a reflexão total tal como vemos anteriormente, já que a direção dos raios mudam lentamente

Podemos utilizar então o princípio da reversibilidade da luz para justificar que a luz deve “entortar” para cima, e não sair paralelamente ao solo

Mas cuidado, pois já caiu em vestibular mais de uma vez em que a resposta certa associa o fenômeno à reflexão total

Mas, e se o dia for frio, podemos ver miragens? Sim... Vejamos a Fata Morgana

Índice de refração diminui com o aumento da temperatura, por isso quanto mais alto (mais distante do solo), MENOR o índice de refração (MAIOR a temperatura do ar).



Vejamos algumas fotos.

MIRAGEM NO DESERTO (NÃO HÁ AGUA A FRENTE):



Disponível em: <https://thumbs.dreamstime.com/b/miragem-no-deserto-13581435.jpg>



Disponível em: <https://www.fatosdesconhecidos.com.br/wp-content/uploads/2015/02/2113-600x450.jpg>

FATA MORGANA:



Disponível em <https://mgtvwhm.files.wordpress.com/2015/05/mirage1.jpg?w=650>

RESPOSTAS

1. B 2. D 3. A 4. $n_{\text{lâm}} = 1,45$ 5. E

6. D

7. a) Devido à diferença entre os índices de refração entre o vidro e o ar, pela Lei de Snell-Descartes, o raio de luz que incide com ângulo não nulo sofre desvio que pode ser observado pela mudança entre os seus ângulos de incidência e refração.

b) $v = 2 \cdot 10^8$ m/s.

8. A 9. C 10. E

11. a) I - reflexão, II - refração.

b) $N > \sqrt{2}$.