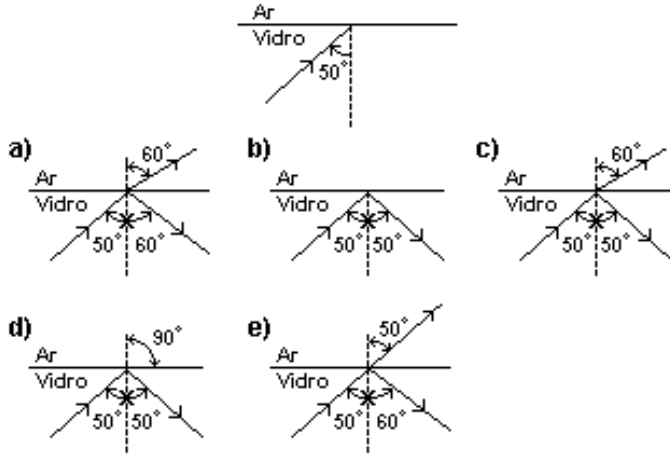


Ângulo limite

1) A figura abaixo ilustra um raio de luz incidindo na interface de dois meios, vidro e ar, de índices de refração 1,5 e 1,0, respectivamente. Sabendo-se que o ângulo crítico, ou ângulo limite, entre o vidro e o ar é aproximadamente 42° , a única situação que retrata corretamente as trajetórias dos raios refletido e refratado é:



2) Antes do seu emprego nas comunicações, as fibras óticas já vinham sendo usadas para a iluminação e inspeção das cavidades do corpo humano, o que possibilitou o desenvolvimento de técnicas diagnósticas como a endoscopia. O fenômeno físico que permite guiar a luz, através de um feixe de fibras flexíveis, por um caminho curvo é a reflexão interna total. Para que esse fenômeno ocorra,

I. a luz deve incidir a partir de um meio de índice de refração mais alto sobre a interface com um meio de índice de refração mais baixo.

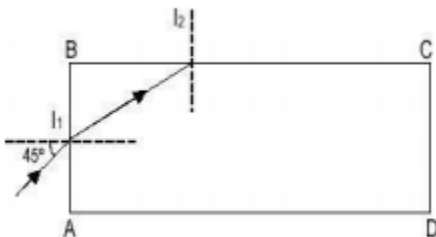
II. o ângulo de incidência da luz sobre a interface de separação entre dois meios deve ser tal que o ângulo de refração seja de, no mínimo, 90° .

III. a interface de separação entre os meios interno e externo deve ser revestida com um filme refletor.

Está(ão) correta(s)

- apenas I.
- apenas II.
- apenas I e II.
- apenas II e III.
- I, II e III.

3) Tem-se um bloco de vidro transparente em forma de paralelepípedo reto, imerso no ar. Sua seção transversal ABCD está representada na figura abaixo. Um raio de luz monocromático, pertencente ao plano definido por ABCD, incide em I_1 , refratando-se para o interior do bloco e incidindo em I_2 .



Sabendo-se que o índice de refração do vidro no ar vale $\sqrt{2}$ pode-se afirmar que:

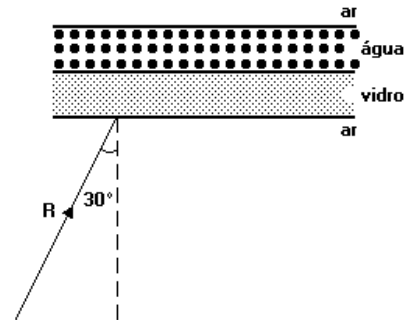
- o ângulo limite para o dióptro plano vidro-ar é de 60° .
- logo após a incidência em I_2 , ocorre reflexão total.
- o ângulo limite para o dióptro plano vidro-ar é de 30° .

d) logo após a incidência em I_2 , ocorre refração.

e) o ângulo de refração vale 45° em I_1 .

4) Na(s) questão(ões) a seguir escreva nos parênteses a soma dos itens corretos.

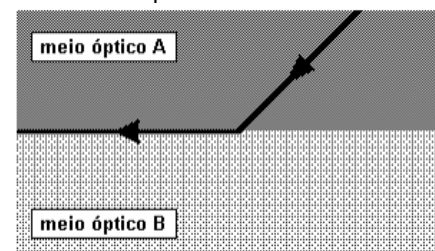
A figura a seguir representa um raio de luz monocromática R, que incide na base de um recipiente de vidro que contém uma camada de água. Considerem-se: $\sin 19^\circ = 0,33$; $\sin 30^\circ = 0,50$; $\sin 60^\circ = 0,86$; e os índices de refração do vidro, da água e do ar respectivamente iguais a 1,5, 1,3 e 1,0.



Nessas condições, é correto afirmar:

- Quando a luz passa do ar para o vidro, a sua velocidade de propagação é alterada.
 - Uma parcela da luz incidente será refletida sob um ângulo de 30° em relação ao plano da lâmina de vidro.
 - Uma parcela da luz incidente será absorvida pelo vidro.
 - O raio de luz sofrerá reflexão total, ao passar do vidro para a água.
 - Haverá um raio de luz refratado da água para o ar.
- Soma ()

5) Um feixe de luz monocromática, proveniente de um meio óptico A, incide sobre a superfície de separação desse meio com um meio óptico B. Após a incidência, o raio segue por entre os dois meios, não refletindo nem penetrando o novo meio.



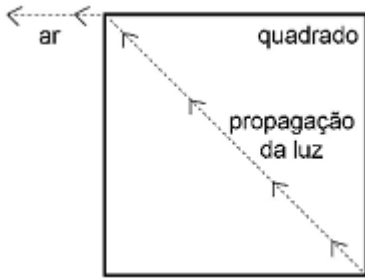
Com relação a esse acontecimento, analise:

- O meio óptico A tem um índice de refração maior que o meio óptico B.
 - Em A, a velocidade de propagação do feixe é maior que em B.
 - Se o ângulo de incidência (medido relativamente à normal à superfície de separação) for aumentado, o raio de luz reflete, permanecendo no meio A.
 - Se o raio de luz penetrasse o meio B, a frequência da luz monocromática diminuiria.
- Está correto o contido apenas em
- I e III.
 - II e III.
 - II e IV.
 - I, II e IV.
 - I, III e IV.

6) A figura mostra um material, em formato de quadrado, com índice de refração desconhecido. No canto direito, inferior, do quadrado, emerge um feixe de luz. A luz atravessa a diagonal do quadrado e sai pelo seu canto esquerdo, superior, de modo que a

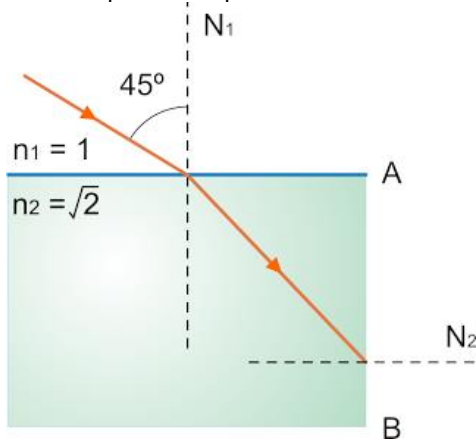
Ângulo limite

direção de propagação da luz no ar (cujo índice de refração é aproximadamente igual a 1) seja paralela ao lado superior do quadrado. Nestas condições:

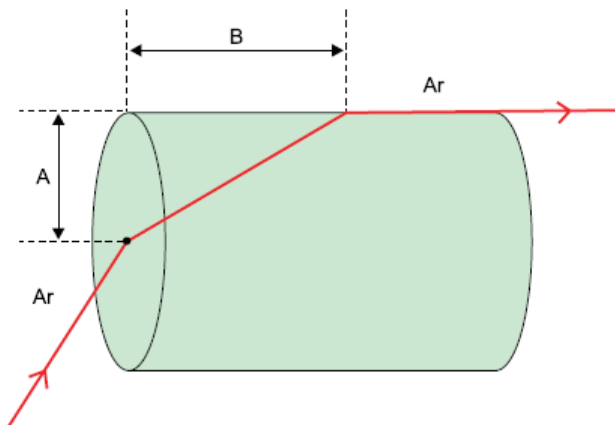


- a) O índice de refração do material é 0,707.
 b) O índice de refração do material é $\sqrt{2}/2$
 c) O índice de refração do material é $\sqrt{2}$
 d) O índice de refração do material é 0,5
 e) O índice de refração do material é 2

7) Um raio de luz propagando-se no ar incide num bloco de vidro de índice de refração $\sqrt{2}$, conforme indica a figura. Após refratar-se o raio incide na face AB. Nesta face o raio sofre refração ou reflexão total? Justifique sua resposta através de cálculos.



8) Um raio de luz monocromático que se propaga pelo ar incide no centro da base de um sólido com a forma de cilindro circular reto, de raio A, feito de material homogêneo e transparente. Esse raio passa a se propagar pelo interior do cilindro e refrata novamente para o ar de forma rasante à superfície lateral do cilindro.

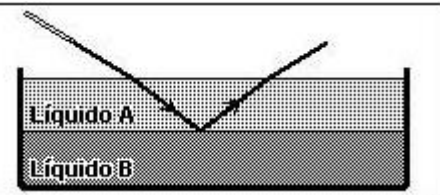


Considerando o índice de refração absoluto do ar $n_{ar} = 1$ e as informações da figura, o índice de refração absoluto do material com que o cilindro é feito é igual a

- a) $n = \frac{\sqrt{A^2+B^2}}{A}$
 b) $n = \frac{A}{\sqrt{A^2+B^2}}$
 c) $n = \sqrt{\frac{A+B}{B}}$
 d) $n = \frac{B}{\sqrt{A^2+B^2}}$
 e) $n = \frac{\sqrt{A^2+B^2}}{B}$

9) Deseja-se realizar uma experiência de reflexão total na interface entre dois líquidos imiscíveis, usando um feixe de luz monocromática que incide de cima para baixo, como ilustrado na figura 1.

Figura 1



Dispõe-se dos seguintes líquidos, conforme figura 2:

Figura 2

Líquido	Índice de refração (n)	Densidade ρ (g/cm ³)
1	1,33	1,00
2	1,50	0,87
3	1,40	1,25
4	1,45	0,80

Com base nesses dados, pode-se concluir que os líquidos A e B são, respectivamente,

- a) 1 e 2
 b) 1 e 3
 c) 2 e 3
 d) 2 e 4
 e) 3 e 4

10) Um raio de luz monocromática provém de um meio mais refringente e incide na superfície de separação com outro meio menos refringente. Sendo ambos os meios transparentes, pode-se afirmar que esse raio,

- a) dependendo do ângulo de incidência, sempre sofre refração, mas pode não sofrer reflexão.
 b) dependendo do ângulo de incidência, sempre sofre reflexão, mas pode não sofrer refração.
 c) qualquer que seja o ângulo de incidência, só pode sofrer refração, nunca reflexão.
 d) qualquer que seja o ângulo de incidência, só pode sofrer reflexão, nunca refração.
 e) qualquer que seja o ângulo de incidência, sempre sofre refração e reflexão.

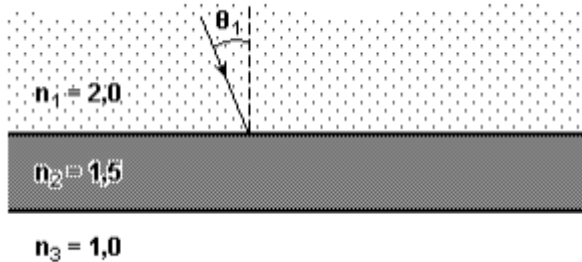
11) As fibras ópticas são largamente utilizadas nas telecomunicações para a transmissão de dados. Nesses materiais, os sinais são transmitidos de um ponto ao outro por meio de feixes de luz que se propagam no interior da fibra, acompanhando sua curvatura. A razão pela qual a luz pode seguir uma trajetória não retilínea na fibra óptica é consequência do fenômeno que ocorre quando da passagem de um raio de luz de um meio, de índice de refração maior, para outro meio, de índice de refração menor. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa que apresenta os conceitos ópticos necessários para o

Ângulo limite

entendimento da propagação "não retilínea" da luz em fibras ópticas.

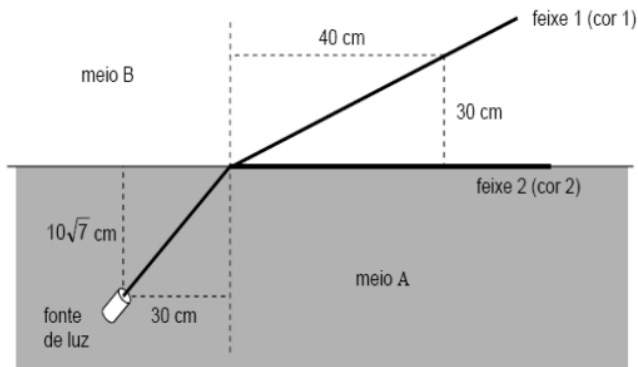
- Difração e foco.
- Reflexão total e ângulo limite.
- Interferência e difração.
- Polarização e plano focal.
- Imagem virtual e foco.

12) Uma lâmina homogênea de faces paralelas é constituída de um material com índice de refração $n_2 = 1,5$. De um lado da lâmina, há um meio homogêneo de índice de refração $n_1 = 2,0$; do outro lado, há ar, cujo índice de refração n_3 consideramos igual a 1,0. Um raio luminoso proveniente do primeiro meio incide sobre a lâmina com ângulo de incidência θ_1 , como indica a figura.



Calcule o valor de θ_1 a partir do qual o raio que atravessa a lâmina sofre reflexão total na interface com o ar.

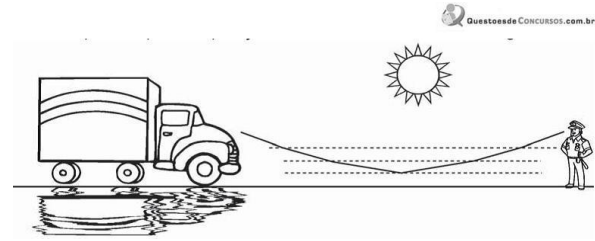
13) Componentes da luz com cores diferentes propagam-se em um meio material refringente com velocidades diferentes, sendo isso um indicativo de que o material apresenta um índice de refração diferente para cada cor. A esse fenômeno dá-se o nome de dispersão cromática da luz. Devido a ele, em geral, feixes de luz com cores diferentes sofrem desvios diferentes ao passarem de um meio refringente para outro. Uma fonte emite luz formada pela composição de duas cores distintas. Para separar as duas cores foi montado o esquema experimental abaixo.



O feixe 1, associado à cor 1, passa do meio A para o meio B, que é ar ($n_{ar} = 1,0$) e segue a trajetória mostrada na figura. O feixe 2, associado à cor 2, sofre reflexão interna total, e sai tangente à superfície que delimita os dois meios. Com isso, consegue-se separar os dois feixes. Quais são os valores dos índices de refração que o meio A deve apresentar para as cores 1 e 2 para que os feixes de cores 1 e 2 se comportem como na figura acima?

14) O fenômeno da miragem, comum em desertos, ocorre em locais onde a temperatura do solo é alta. Raios luminosos chegam aos olhos de um observador por dois caminhos distintos, um dos quais parece proveniente de uma imagem especular do objeto observado, como se esse estivesse ao lado de um espelho d'água (semelhante ao da superfície de um lago).

Um modelo simplificado para a explicação desse fenômeno é mostrado na figura abaixo.



O raio que parece provir da imagem especular sofre refrações sucessivas em diferentes camadas de ar próximas ao solo. Esse modelo reflete um raciocínio que envolve a temperatura, densidade e índice de refração de cada uma das camadas.

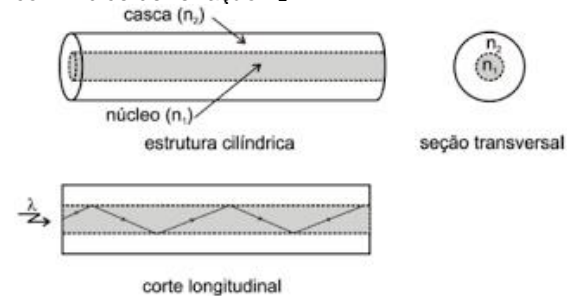
O texto abaixo, preenchidas suas lacunas, expõe esse raciocínio.

“A temperatura do ar _____ com a altura da camada, provocando _____ da densidade e _____ do índice de refração; por isso, as refrações sucessivas do raio descendente fazem o ângulo de refração _____ até que o raio sofra reflexão total, acontecendo o inverso em sua trajetória ascendente até o olho do observador”.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- aumenta – diminuição – aumento – diminuir
- aumenta – diminuição – diminuição – diminuir
- diminui – aumento – aumento – aumentar
- diminui – aumento – diminuição – aumentar
- não varia – diminuição – diminuição – aumentar

15) A fibra óptica é muito utilizada nas telecomunicações para guiar feixes de luz por um determinado trajeto. A estrutura básica dessas fibras é constituída por cilindros concêntricos, com índices de refração diferentes, para que ocorra o fenômeno da reflexão interna total. O centro da fibra é denominado de núcleo, e tem índice de refração n_1 e a região externa é denominada de casca, com índice de refração n_2 .

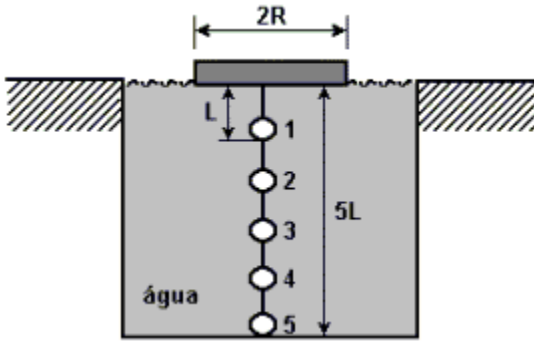


Assinale a alternativa correta que completa as lacunas a seguir. Para ocorrer o fenômeno da reflexão interna total numa fibra óptica, o ângulo crítico de incidência da luz em relação à direção normal é _____ 90° , e n_1 deve ser _____ n_2 .

- menor do que - menor que
- menor do que - maior que
- igual a - menor que
- igual a - maior que

16) Um enfeite de Natal é constituído por cinco pequenas lâmpadas iguais e monocromáticas, ligadas em série através de um fio esticado de comprimento 5L. Uma das pontas do fio está presa no centro de um disco de madeira, de raio R, que flutua na água de uma piscina. A outra ponta do fio está presa no fundo da piscina, juntamente com uma das lâmpadas, conforme representado na figura a seguir:

Ângulo limite



Durante a noite, quando as lâmpadas são acesas, um observador fora da piscina vê o brilho de apenas três das cinco lâmpadas. Sabendo que o índice de refração da água e o do ar são, respectivamente, $n_{\text{água}}$ e n_{ar} , pergunta-se:

- Qual é o fenômeno que impede a visualização das lâmpadas?
- Qual par de lâmpadas não é visível?
- Considerando $R = 1\text{ m}$ e $L = 1\text{ m}$, determine o índice de refração da água $n_{\text{água}}$, para que duas das lâmpadas não sejam visíveis.

17) Os raios de luz provenientes de uma estrela (E), ao atravessar a atmosfera, sofrem desvios, dando-nos a impressão de que a estrela está mais alta (E') do que realmente está (Figura 1). Também, por isso, pode-se observar a imagem do Sol (S') mesmo depois que ele (S) se pôs no horizonte ou antes de nascer (Figura 2).

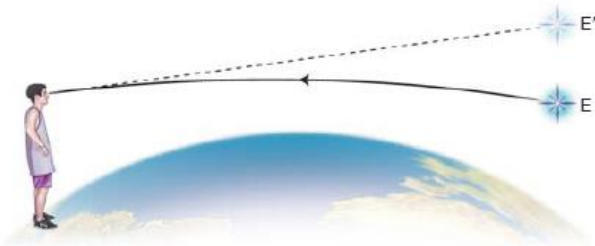


Figura 1

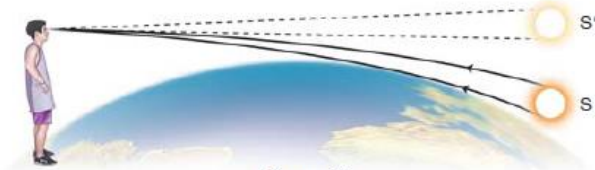
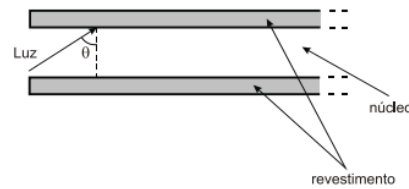


Figura 2

Esses fatos ocorrem, principalmente, devido à:

- variação de índice de refração do ar com a altitude
- variação de índice de refração do ar com a longitude
- variação de índice de refração do ar com a latitude
- dispersão da luz ao atravessar a atmosfera
- forma esférica

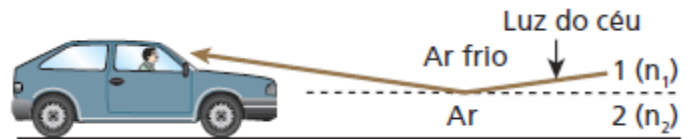
18) Uma fibra ótica é um guia de luz, flexível e transparente, cilíndrico, feito de sílica ou polímero, de diâmetro não muito maior que o de um fio de cabelo, usado para transmitir sinais luminosos a grandes distâncias, com baixas perdas de intensidade. A fibra ótica é constituída de um núcleo, por onde a luz se propaga e de um revestimento, como esquematizado na figura (corte longitudinal).



Note e adote		
θ (graus)	$\text{sen } \theta$	$\text{cos } \theta$
25	0,42	0,91
30	0,50	0,87
45	0,71	0,71
50	0,77	0,64
55	0,82	0,57
60	0,87	0,50
65	0,91	0,42
$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$		

Sendo o índice de refração do núcleo 1,60 e o do revestimento, 1,45, o menor valor do ângulo de incidência θ do feixe luminoso, para que toda a luz incidente permaneça no núcleo, é, aproximadamente,
 a) 45°. b) 50°. c) 55°. d) 60°. e) 65°.

19) Um tipo de miragem muito comum nos leva a pensar que há água no chão de uma estrada. O que vemos é, na verdade, a reflexão da luz do céu por uma camada de ar quente próxima ao solo. Isso pode ser explicado por um modelo simplificado como o da figura abaixo, em que n representa o índice de refração. Numa camada próxima ao solo, o ar é aquecido e assim seu índice de refração n_2 se reduz.

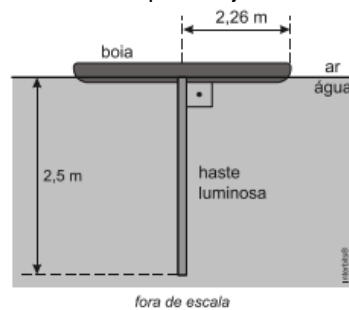


Considere a situação na qual o ângulo de incidência é de 84°. Adote $n_1 = 1,010$ e use a aproximação $\text{sen } 84^\circ = 0,995$.

- Qual deve ser o máximo valor de n_2 para que a miragem seja vista? Dê a resposta com três casas decimais.
- Em qual das camadas (1 ou 2) a velocidade da luz é maior?

panosso

20) Uma haste luminosa de 2,5 m de comprimento está presa verticalmente a uma boia opaca circular de 2,26 m de raio, que flutua nas águas paradas e transparentes de uma piscina, como mostra a figura. Devido à presença da boia e ao fenômeno da reflexão total da luz, apenas uma parte da haste pode ser vista por observadores que estejam fora da água.



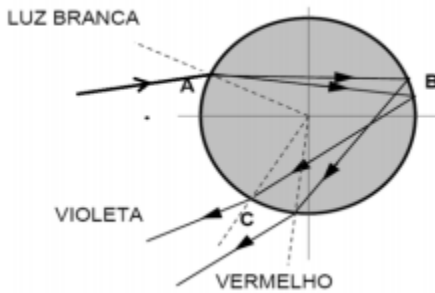
Considere que o índice de refração do ar seja 1,0, o da água da piscina $4/3$ $\text{sen } 48,6^\circ = 0,75$ e $\text{tg } 48,6^\circ = 1,13$.

Um observador que esteja fora da água poderá ver, no máximo, uma porcentagem do comprimento da haste igual a
 a) 70%. b) 60%. c) 50%. d) 20%. e) 40%.

21) Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura ao lado. O raio incidente sofre refração ao entrar na gota (ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C). Posteriormente, com

Ângulo limite

a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca.



A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível. Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

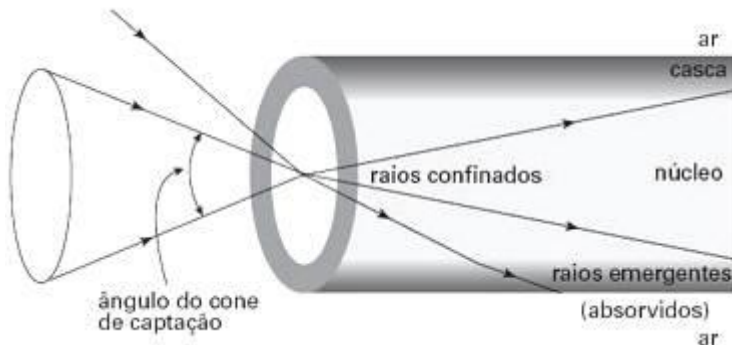
1. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de dispersão. 2. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.

3. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

Assinale a alternativa correta.

- Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

22) A fibra óptica possibilita transporte da luz ou de outra radiação eletromagnética por meio do seu confinamento, decorrente da reflexão total dessas radiações entre o núcleo e a casca da fibra. Há vários tipos de fibras ópticas, a figura representa um deles.



Três fatores são relevantes para o estudo desse tipo de fibra óptica: o ângulo de recepção, α_r , igual à metade do ângulo do cone de captação, o índice de refração do núcleo, n_n , e o índice de refração da casca, n_c .

Neste caso são dados: $\alpha_r = 48,6^\circ$, $n_n = 1,50$ e $n_c = 1,30$.

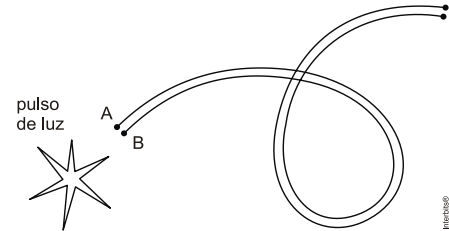
a) Faça no caderno de respostas a figura de um raio de luz que incida na fibra dentro do cone de captação e que se reflita pelo menos duas vezes na superfície interior da casca.

b) Determine o ângulo máximo de refração na face de entrada da fibra, para o qual não haja emergência da luz para a casca (a fibra está imersa no ar; $n_{ar} = 1,00$).

Dado: $\sin 48,6^\circ = 0,750$; a resposta pode ser dada pelo arco-seno do ângulo perdido.

23) A figura mostra um par de fibras ópticas, A e B, dispostas paralelamente e de mesmo comprimento. Um pulso de luz é disparado em uma das extremidades das fibras. A luz se propaga, parte pela fibra A, levando o tempo Δt_A para percorrer a fibra A, e parte pela fibra B, levando o tempo Δt_B para percorrer a fibra B. Os índices de refração dos materiais da fibra A e B são, respectivamente, $n_A=1,8$ e $n_B=1,5$. Calcule o atraso percentual da luz que vem pela fibra A, em relação à que vem pela fibra B. Ou seja, determine a quantidade

$$\left(\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} - 1 \right) \times 100\%.$$



GABARITO:

- 1) b; 2) c; 3) b; 4) 1 + 4 + 16 = 21; 5) a; 6) c; 7) reflexão total, pois incide com um ângulo maior que o limite; 8) e; 9) c; 10) b; 11) b; 12) 30° ; 13) 1,07 e 1,33; 14) c; 15) b; 16) a) reflexão total, b) 1 e 2, c) $\sqrt{5}m$; 17) a; 18) e; 19) a) 1,005, b) quanto menos refringente é o meio, menor é seu índice de refração (n) e maior será sua velocidade V (meio 2); 20) d; 21) c; 22) b) $r = \arcsin 0,498$; 23) 20%.

panosso