

01 Um pequeno boneco está diante de um espelho plano, conforme a figura abaixo.



<http://www.geocities.ws/saladefisica8/optical/planos.html>

Em relação à imagem conjugada pelo espelho, podemos classificá-la como tendo as seguintes características:

- A** real, direita e do mesmo tamanho do objeto.
- B** virtual, invertida lateralmente e maior que o objeto.
- C** virtual, direita e do mesmo tamanho do objeto.
- D** real, invertida lateralmente e do mesmo tamanho do objeto.

02 Associe corretamente os princípios da óptica geométrica, com suas respectivas definições, constantes abaixo.

I. Princípio da propagação retilínea da luz.

II. Princípio da independência dos raios de luz.

III. Princípio da reversibilidade dos raios de luz.

() Num meio homogêneo a luz se propaga em linha reta.

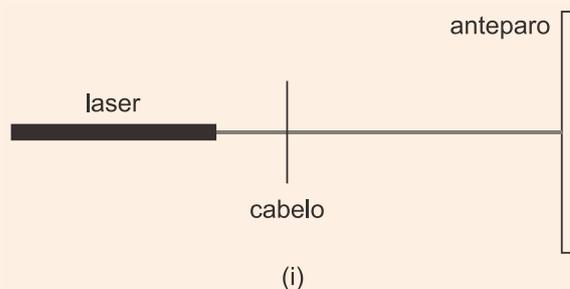
() A trajetória ou caminho de um raio não depende do sentido da propagação.

() Os raios de luz se propagam independentemente dos demais.

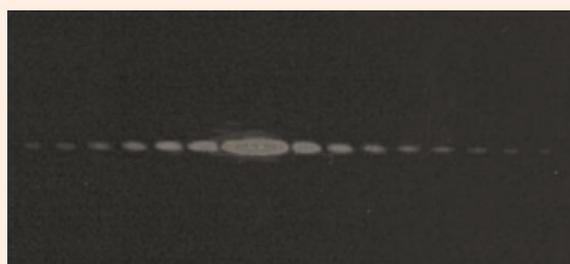
Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta para o preenchimento das lacunas acima.

- A** I, II e III. **B** II, I e III. **C** III, II e I. **D** I, III e II.

03 Um fio de cabelo intercepta um feixe de laser e atinge um anteparo, conforme representa a figura (i) abaixo.



Nessa situação, forma-se sobre o anteparo uma imagem que contém regiões iluminadas intercaladas, cujas intensidades diminuem a partir da região central, conforme mostra a figura (ii) abaixo.



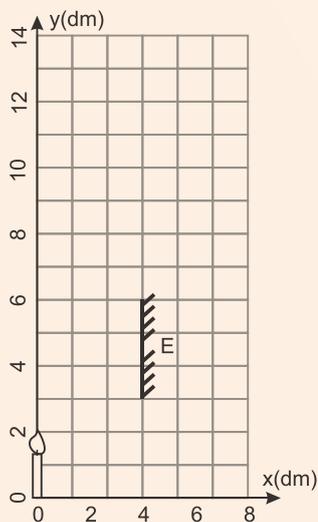
O fenômeno óptico que explica o padrão da imagem formada pela luz é a

- A** difração.
- B** dispersão.
- C** polarização.
- D** reflexão.
- E** refração.

04 Alguns instrumentos óticos são formados por lentes. O instrumento ótico formado por lentes objetiva e ocular é:

- A** a lupa.
- B** o microscópio.
- C** o retroprojektor.
- D** o periscópio.

05 Uma vela de 20 cm está posicionada próximo a um espelho E plano de 30 cm, conforme indicado na figura. Um observador deverá ser posicionado na mesma linha vertical da vela, ou seja, no eixo y, de forma que ele veja uma imagem da vela no espelho.



Qual o intervalo de y em que o observador pode ser posicionado para que ele possa ver a imagem em toda sua extensão?

- A** $0 \text{ dm} \leq y \leq 6 \text{ dm}$.
- B** $3 \text{ dm} \leq y \leq 6 \text{ dm}$.
- C** $4 \text{ dm} \leq y \leq 7 \text{ dm}$.
- D** $5 \text{ dm} \leq y \leq 10 \text{ dm}$.
- E** $6 \text{ dm} \leq y \leq 10 \text{ dm}$.

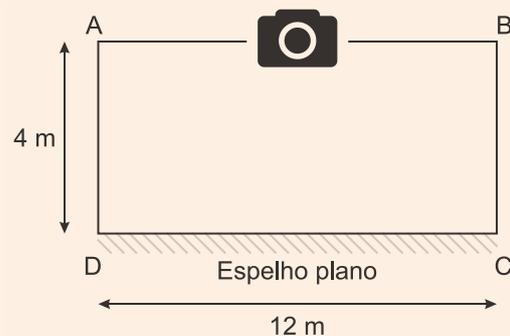
06 Como funciona o foco automático das câmeras fotográficas?

Existem basicamente dois sistemas: o primeiro é o usado por câmeras do tipo reflex. Apertando levemente o botão disparador, alguns fechos de luz entram na máquina e, depois de rebatidos, atingem um sensor. Este envia as informações para um microprocessador dentro da máquina, que calcula a distância e ajusta o foco por meio de um pequeno motor, que

regula a lente na posição adequada. O segundo sistema é aquele, que envia raios de luz infravermelha, usado em geral por máquinas compactas, totalmente automáticas. Na frente do corpo da câmera, há um dispositivo que emite os raios. Eles batem no objeto focalizado e voltam para um sensor localizado logo abaixo do emissor infravermelho. Com base nos reflexos, a máquina calcula a distância do objeto e ajusta o foco.

Fonte: <http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-funciona-o-foco-automatico-das-cameras-fotograficas>, acessado em 13 de julho de 2016.

Um sistema de segurança foi criado para a vigilância e o monitoramento de todos os pontos de uma sala. Para isso, utilizou-se uma câmera de foco automático, do tipo reflex, instalada no centro da parede AB, e um espelho em toda a parede CD, conforme ilustra a figura a seguir (vista superior da sala).

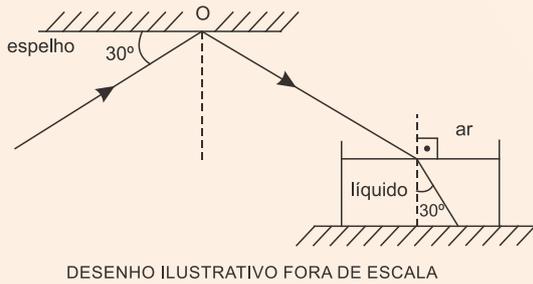


A sala, de formato retangular, possui dimensões 12 m x 4 m x 3 m. Então, para focar CORRETAMENTE um objeto no ponto A da sala, na mesma altura da câmera, o foco deverá ser ajustado em

- A** 4 m.
- B** 6 m.
- C** 8 m.
- D** 10 m.
- E** 16 m.

07 Um raio de luz monocromática propagando-se no ar incide no ponto O, na superfície de um espelho, plano e horizontal, formando um ângulo de 30° com sua superfície.

Após ser refletido no ponto O desse espelho, o raio incide na superfície plana e horizontal de um líquido e sofre refração. O raio refratado forma um ângulo de 30° com a reta normal à superfície do líquido, conforme o desenho abaixo.

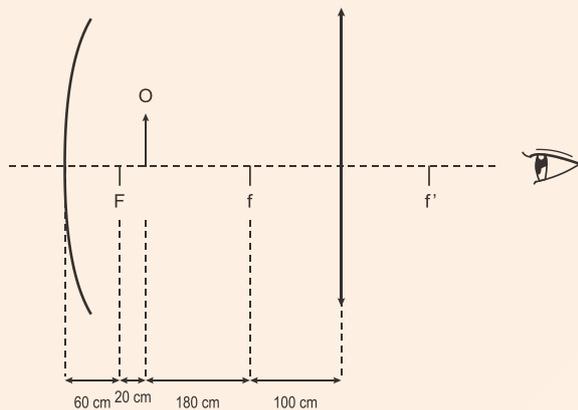


Sabendo que o índice de refração do ar é 1, o índice de refração do líquido é:

Dados: $\sin 30^\circ = 1/2$ e $\cos 60^\circ = 1/2$; $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 e $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

- A $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- B $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- C $\sqrt{3}$
- D $\frac{2\sqrt{3}}{3}$
- E $2\sqrt{3}$

08| Um estudante dispunha de um espelho côncavo e de uma lente biconvexa de vidro para montar um dispositivo que amplia a imagem de um objeto. Ele então montou o dispositivo, conforme mostrado no diagrama. O foco do espelho é F e os das lentes são f e f'. O objeto O é representado pela seta.



Após a montagem, o estudante observou que era possível visualizar duas imagens. As características dessas imagens são:

- A Imagem 1: real, invertida e maior.
Imagem 2: real, invertida e menor.
- B Imagem 1: real, direta e maior.
Imagem 2: real, invertida e menor.

C Imagem 1: virtual, direta e maior.
Imagem 2: real, invertida e menor.

D Imagem 1: virtual, direta e menor.
Imagem 2: real, invertida e maior.

09| Em uma animação do Tom e Jerry, o camundongo Jerry se assusta ao ver sua imagem em uma bola de Natal cuja superfície é refletora, como mostra a reprodução abaixo.



(Adaptado de https://www.youtube.com/watch?v=RtZYTr7D_o. Acessado em 25/10/2016.)

É correto afirmar que o efeito mostrado na ilustração não ocorre na realidade, pois a bola de Natal formaria uma imagem

- A virtual ampliada.
- B virtual reduzida.
- C real ampliada.
- D real reduzida.

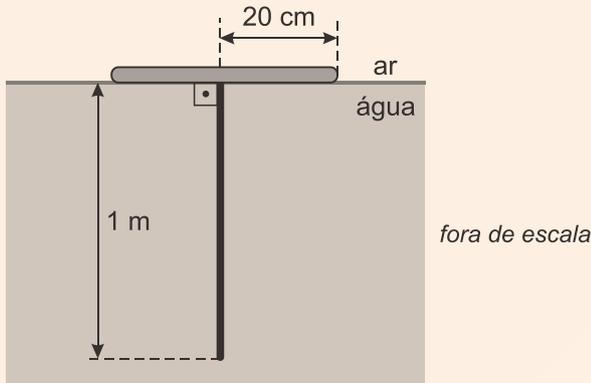
10| Um objeto foi colocado em duas posições à frente de um espelho côncavo de 10 cm de foco. A imagem do objeto, conjugada pelo espelho, quando colocado na primeira posição foi invertida, com ampliação de 0,2 e, quando colocado na segunda posição, foi direita com ampliação de 5.

Considerando o exposto, e utilizando o referencial e equações de Gauss, assinale a alternativa correta que completa as lacunas da frase a seguir.

A imagem conjugada do objeto na primeira posição é _____ e _____ que o objeto. A imagem conjugada do objeto na segunda posição é _____ e _____ que o objeto.

- A real – menor – virtual – maior
- B real – menor – real – maior
- C virtual – maior – real – menor
- D virtual – maior – virtual – menor

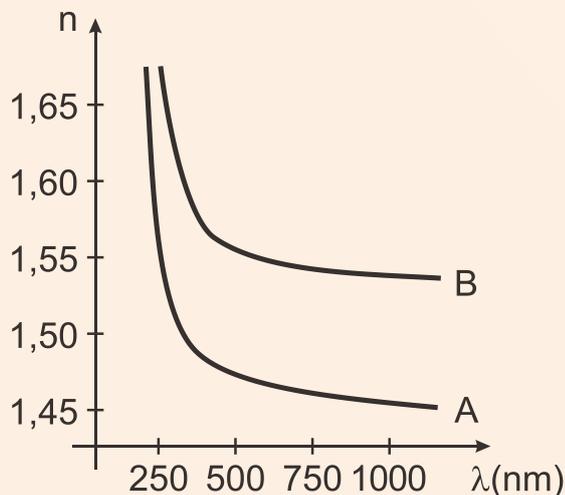
11 | Dentro de uma piscina, um tubo retilíneo luminoso, com 1 m de comprimento, pende, verticalmente, a partir do centro de uma boia circular opaca, de 20 cm de raio. A boia flutua, em equilíbrio, na superfície da água da piscina, como representa a figura.



Sabendo que o índice de refração absoluto do ar é 1,00 e que o índice de refração absoluto da água da piscina é 1,25, a parte visível desse tubo, para as pessoas que estiverem fora da piscina, terá comprimento máximo igual a

- A** 45 cm.
- B** 85 cm.
- C** 15 cm.
- D** 35 cm.
- E** 65 cm.

12 | A dependência do índice de refração, n , com o comprimento de onda da luz, λ , para vidros de sílica fundida (A) e silicato de alumínio (B), é mostrada na figura



Considere a correlação entre cores e comprimento de onda da luz, mostrada na tabela a seguir:

Cor	Comprimento de Onda (nm)
Azul	450 – 495
Verde	495 – 570
Vermelho	620 – 750

É CORRETO afirmar que

- A** a velocidade da luz verde é maior no vidro A em comparação ao vidro B.
- B** para os dois vidros, o índice de refração na região do azul é menor que na região do vermelho.
- C** o índice de refração na região do vermelho é menor para o vidro B em comparação ao índice do vidro A.
- D** para um feixe de luz vermelha, passando do ar para o vidro, formando um ângulo de incidência de 30° com a normal, o ângulo de refração dentro de um vidro será menor, se ele for do tipo B.
- E** para um feixe de luz verde, passando do ar para o vidro, o comprimento de onda da luz incidente aumenta quando passa pelo vidro A e diminui ao passar pelo vidro B.

13 | Um feixe luminoso proveniente de um laser se propaga no ar e incide sobre a superfície horizontal da água fazendo um ângulo de 45° com a vertical.

O ângulo que o feixe refratado forma com a vertical é:

Dados:

Índice de refração do ar: 1,0

Índice de refração da água: 1,5

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

- A** menor que 30° .
- B** maior que 30° e menor que 45° .
- C** igual a 45° .
- D** maior que 45° e menor que 60° .
- E** maior que 60° .



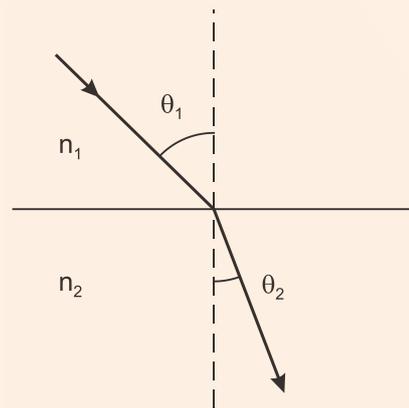
14 | A Lei 13.290 modifica o Art.40 do Código de Trânsito Brasileiro e diz: “O condutor manterá acesos os faróis do veículo, utilizando luz baixa durante a noite e durante o dia, nos túneis providos de iluminação pública e nas rodovias;”. (...) Aumenta mesmo a visibilidade? Sim. Mesmo de dia, a luz faz diferença; afirma-se que, ao acender os faróis, a visibilidade do veículo aumenta em 60%. (...) Em situações de Sol a pino, que criam “miragens” na pista (efeito de pista molhada), é muito difícil distinguir se um veículo está vindo em sua direção ou indo na direção contrária. (...) E isso aumenta a segurança? Sim. No Brasil, a maior causa de morte no trânsito são as colisões frontais. Embora sejam apenas 4,1% das ocorrências, causam 33,7% dos óbitos. Essas colisões acontecem, principalmente, em tentativas malsucedidas de ultrapassagem. Já com a luz acesa, o veículo pode ser visto antes, prevenindo quem vem na direção oposta, evitando acidentes.

Fonte: <http://www.penaestrada.com.br/lei-do-farol-aceso-duvidas/>.
Acessado em 14 de julho de 2016. (Adaptado)

Acerca das informações do texto e dos conhecimentos básicos da óptica geométrica, é **CORRETO** afirmar que

- A** a cor de um veículo não influencia na sua visibilidade por parte de outros motoristas.
- B** o fenômeno da “miragem” citado no texto pode ser explicado por efeitos decorrentes da refração e reflexão da luz.
- C** o tempo de reação de um motorista – intervalo de tempo entre visualizar um objeto e promover uma intervenção no veículo – diminui com o uso dos faróis nas estradas.
- D** um total de 4,1% das ocorrências de colisões aconteceram porque os faróis dos veículos estavam apagados.
- E** o fenômeno da ressonância luminosa explica, de forma mais completa, a “miragem” observada por motoristas em uma estrada.

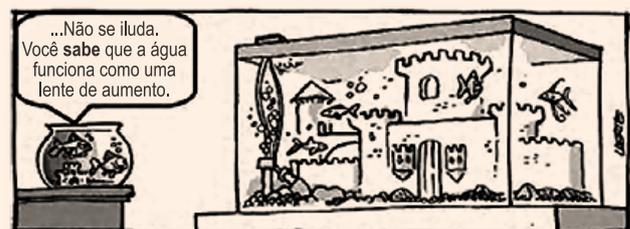
15 | Um feixe de luz monocromática atravessa a interface entre dois meios transparentes com índices de refração n_1 e n_2 , respectivamente, conforme representa a figura abaixo.



Com base na figura, é correto afirmar que, ao passar do meio com n_1 para o meio com n_2 , a velocidade, a frequência e o comprimento de onda da onda, respectivamente,

- A** permanece, aumenta e diminui.
- B** permanece, diminui e aumenta.
- C** aumenta, permanece e aumenta.
- D** diminui, permanece e diminui.
- E** diminui, diminui e permanece.

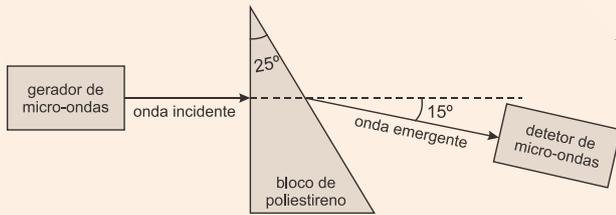
16 | A tirinha abaixo utiliza um fenômeno físico para a construção da piada. Que fenômeno é esse?



- A** Reflexão
- B** Refração
- C** Difração
- D** Propagação retilínea da luz

17 | Em uma aula de laboratório de física, utilizando-se o arranjo experimental esquematizado na figura, foi medido o índice de refração de um material sintético chamado poliestireno. Nessa experiência, radiação eletromagnética, proveniente de um gerador de micro-ondas, propaga-se no ar e incide perpendicularmente em um dos lados de um bloco de poliestireno, cuja seção reta é um triângulo retângulo, que tem um dos ângulos medindo 25° , conforme a figura. Um detector de micro-ondas indica que a radiação eletromagnética sai do bloco propagando-se no ar em uma

direção que forma um ângulo de 15° com a de incidência.



A partir desse resultado, conclui-se que o índice de refração do poliestireno em relação ao ar para essa micro-onda é, aproximadamente,

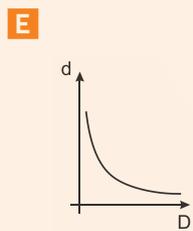
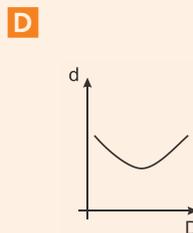
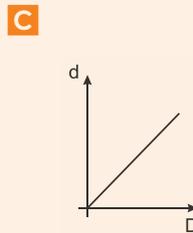
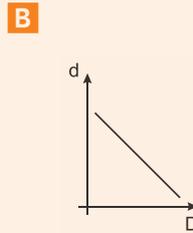
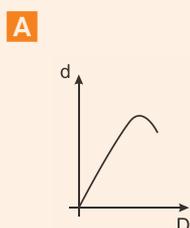
Note e adote:

- índice de refração do ar: 1,0
- $\text{sen } 15^\circ \approx 0,3$
- $\text{sen } 25^\circ \approx 0,4$
- $\text{sen } 140^\circ \approx 0,6$

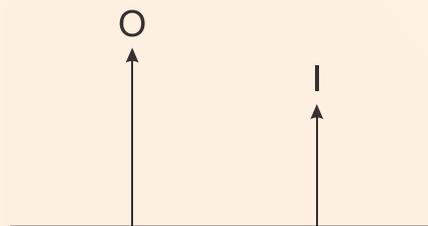
- A** 1,3
- B** 1,5
- C** 1,7
- D** 2,0
- E** 2,2

18 | Fotógrafos amadores e profissionais estão utilizando cada vez mais seus smartphones para tirar suas fotografias. A melhora na qualidade das lentes e dos sensores ópticos desses aparelhos está popularizando rapidamente a prática da fotografia, e o número de acessórios e lentes, que se acoplam aos aparelhos, só cresce. Um experimento foi conduzido a fim de produzir um acessório que consiste de uma lente convexa. A distância d da imagem real formada por um objeto posicionado sobre o eixo da lente, a uma distância D até ela, foi anotada em um gráfico.

A figura que representa, de forma CORRETA, o resultado do gráfico desse experimento é



19 | Na figura abaixo, O representa um objeto real e I sua imagem virtual formada por uma lente esférica.



Assinale a alternativa que preenche as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Com base nessa figura, é correto afirmar que a lente é _____ e está posicionada _____.

- A** convergente – à direita de I
- B** convergente – entre O e I
- C** divergente – à direita de I
- D** divergente – entre O e I
- E** divergente – à esquerda de O



20 | Considere uma lente esférica delgada, S , de bordas finas, feita de material de índice de refração n maior do que o índice de refração do ar. Com esta lente podem-se realizar dois experimentos. No primeiro, a lente é imersa em um meio ideal, de índice de refração n_1 , e o seu comportamento óptico, quando um feixe de luz paralela passa por ela, é o mesmo de uma lente côncavo-convexa de índice de refração n imersa no ar. No segundo, a lente S é imersa em outro meio ideal, de índice de refração n_2 , e o seu comportamento óptico é o mesmo de uma lente convexo-côncava de índice de refração n imersa no ar.

Nessas condições, são feitas as seguintes afirmativas:

I. $n_2 > n > n_1$.

II. a lente S , quando imersa no ar, pode ser uma lente plano-côncava.

III. a razão entre as vergências da lente S nos dois experimentos não pode ser 1.

IV. as distâncias focais da lente S , nos dois experimentos, são sempre as mesmas.

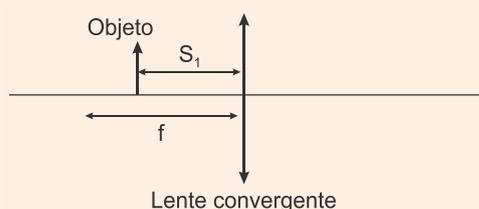
São corretas, apenas

- A** I e II **B** II e III **C** I e III **D** II e IV

21 | Considere quatro lentes esféricas delgadas de distância focal $f_1 = +5,0$ cm, $f_2 = -10,0$ cm, $f_3 = +20,0$ cm e $f_4 = -40,0$ cm. A justaposição de duas lentes terá a maior convergência quando associarmos as lentes

- A** 1 e 2
B 2 e 3
C 1 e 3
D 2 e 4
E 1 e 4

22 | Uma lente convergente está representada esquematicamente na Figura. O objeto está localizado em $S_1 = 2/3 f$, onde f é a distância focal.



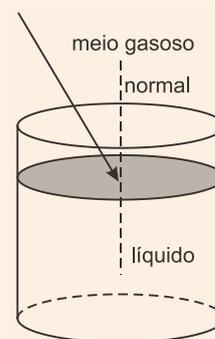
A distância da imagem à lente e o fator de ampliação são dados, respectivamente, por:

- A** $-2 f$; 2.
B $2 f$; 1,5.
C $-f$; 3.
D f ; 2.
E $-2 f$; 3.

23 | Uma lente de vidro convergente imersa no ar tem distância focal igual a 3 mm. Um objeto colocado a 3 m de distância conjuga uma imagem através da lente. Neste caso, o módulo do aumento produzido pela lente vale aproximadamente:

- A** 1
B 1.10^{-1}
C 1.10^{-2}
D 1.10^{-3}

24 | O índice de refração absoluto de um meio gasoso homogêneo é 1,02. Um raio luminoso, proveniente do meio gasoso, incide na superfície de separação entre o meio gasoso e o meio líquido, também homogêneo, cujo índice de refração absoluto é 1,67, conforme mostrado na figura abaixo. Posteriormente a isso, uma lente com distância focal positiva, construída com material cujo índice de refração absoluto é 1,54, é colocada, completamente imersa, no meio líquido.



Com base nessas informações, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Se a lente for colocada no meio gasoso, ela será denominada "convergente".
 () Quando a lente foi colocada no meio líquido, a sua distância focal passou a ser negativa.
 () Em qualquer um dos meios, a distância focal da lente não se altera.
 () O raio luminoso, ao penetrar no meio líquido, afasta-se da normal.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- A** V – F – V – F.
- B** F – V – F – V.
- C** V – F – V – V.
- D** F – F – V – V.
- E** V – V – F – F.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Adote os seguintes valores quando necessário:

Módulo da aceleração da gravidade (g) = $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1 quilograma-força (kgf) = 10 N

1 cal = 4 J

1 cv = 740 W

1 tonelada = 10^3 kg

1 atm = $1 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$

25 | Observe atentamente a imagem abaixo. Temos uma placa metálica de fundo preto sobre a qual foram escritas palavras com cores diferentes. Supondo que as cores utilizadas sejam constituídas por pigmentos puros, ao levarmos essa placa para um ambiente absolutamente escuro e a iluminarmos com luz monocromática azul, as únicas palavras e cores resultantes, respectivamente, que serão percebidas por um observador de visão normal, são:

AMARELO AZUL BRANCO
PRETO VIOLETA VERDE
ALARANJADO VERMELHO

- A** (PRETO, AZUL e VERMELHO) e (azul)
- B** (PRETO, VERDE e VERMELHO) e (preto e azul)
- C** (PRETO e VERMELHO) e (preto, azul e verde)
- D** (VERDE) e (preto e azul)

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES:

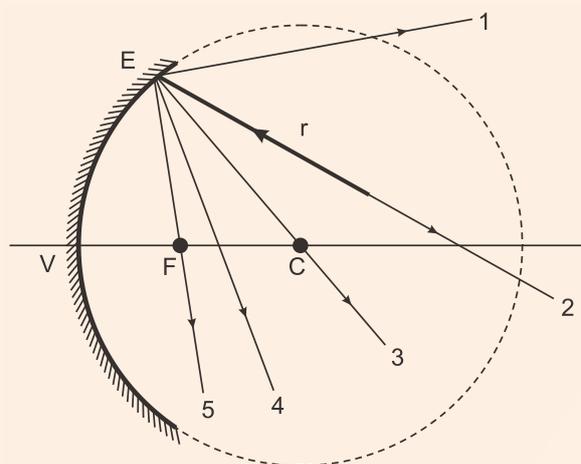
Considere o campo gravitacional uniforme.

26 | Em Física, os modelos utilizados na descrição dos fenômenos da refração e da reflexão servem para explicar o funcionamento de alguns instrumentos ópticos, tais como telescópios e microscópios.

Quando um feixe monocromático de luz refrata ao passar do ar ($n_{\text{AR}} = 1,00$) para o interior de uma lâmina de vidro ($n_{\text{vidro}} = 1,52$), observa-se que a rapidez de propagação do feixe _____ e que a sua frequência _____. Parte dessa luz é refletida nesse processo. A rapidez da luz refletida será _____ que a da luz incidente na lâmina de vidro.

- A** não muda – diminui – a mesma
- B** diminui – aumenta – menor do
- C** diminui – não muda – a mesma
- D** aumenta – não muda – maior do
- E** aumenta – diminui – menor do

27 | Na figura abaixo, ilustra-se um espelho esférico côncavo E e seus respectivos centro de curvatura (C), foco (F) e vértice (V). Um dos infinitos raios luminosos que incidem no espelho tem sua trajetória representada por r. As trajetórias de 1 a 5 = se referem a possíveis caminhos seguidos pelo raio luminoso refletido no espelho.



O número que melhor representa a trajetória percorrida pelo raio r, após refletir no espelho E, é

- A** 1
- B** 2
- C** 3
- D** 4
- E** 5



TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Nas questões com respostas numéricas, considere o módulo da aceleração da gravidade como $g = 10,0 \text{ m/s}^2$, o módulo da carga do elétron como $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, o módulo da velocidade da luz como $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ e utilize $\pi = 3$.

28 | *As fibras ópticas são feitas de vidro óptico extremamente puro. Costumamos achar que uma janela de vidro é transparente. Entretanto, quanto mais espesso for o vidro, menos transparente ele será em razão das impurezas nele contidas. O vidro de uma fibra óptica possui, porém, menos impurezas que o vidro usado em janelas. Segue a descrição da qualidade do vidro produzido por uma companhia: se você estivesse sobre um oceano feito de quilômetros de núcleo sólido de fibra de vidro, poderia ver claramente o fundo. Fazer fibras ópticas requer as seguintes etapas: elaborar um cilindro de vidro pré-formado; estirar as fibras a partir da pré-forma; e testar as fibras.*

Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/fibras-opticas5.htm>, acessado em: 14 de julho de 2016.

Durante a fase de estiramento das fibras, é necessário haver um controle da espessura dos fios de fibra óptica fabricados. Para isso, suponha que uma montagem experimental é configurada, utilizando-se um laser com comprimento de onda de 650 nm que incide sobre o fio de fibra óptica, com um revestimento opaco, conforme ilustra a Figura 1. Após passar pelo fio, o feixe de laser forma um padrão de difração em um anteparo instalado a 2,0 m de distância do fio. A representação esquemática desse padrão está mostrada na Figura 2.

Figura 1

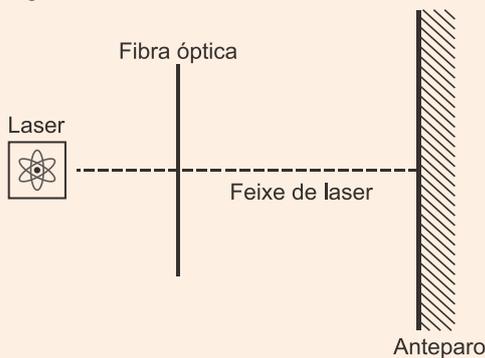
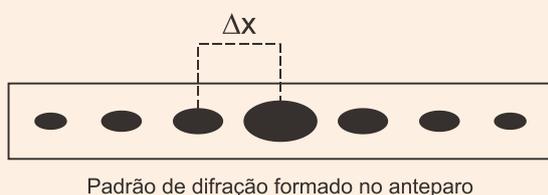


Figura 2



Sabendo-se que a separação entre os máximos de intensidade luminosa, Δx , é 1,0 cm, qual é o valor do diâmetro do fio?

- A** 65 μm
- B** 130 μm
- C** 260 μm
- D** 390 μm
- E** 520 μm

GABARITO

01 | C

A imagem acima é de um espelho plano, que possui as seguintes características: virtual, direita e do mesmo tamanho do objeto.

02 | D

Num meio homogêneo a luz se propaga em linha reta → [I] Princípio da propagação retilínea da luz.

A trajetória ou caminho de um raio não depende do sentido da propagação → [III] Princípio da reversibilidade dos raios de luz.

Os raios de luz se propagam independentemente dos demais → [II] Princípio da independência dos raios de luz.

03 | A

Questão com texto confuso motivando polêmicas com relação à elaboração e revisão da banca elaboradora da prova. O texto deveria dizer que um feixe de laser atinge um cabelo (e não o contrário) formando uma projeção no anteparo de regiões claras e escuras intercaladas. Este padrão de interferência de uma onda é chamado de **difração**.

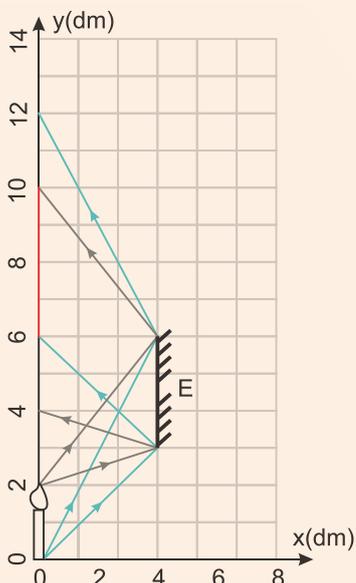
04 | B

O instrumento descrito é o microscópio, cuja parte óptica é constituída de duas lentes convergentes, a objetiva (próxima ao objeto) e a ocular (com a qual observamos a imagem fornecida pela objetiva).

A lupa e o retroprojektor são formados por apenas uma lente convergente, enquanto que o periscópio é constituído por dois espelhos planos.

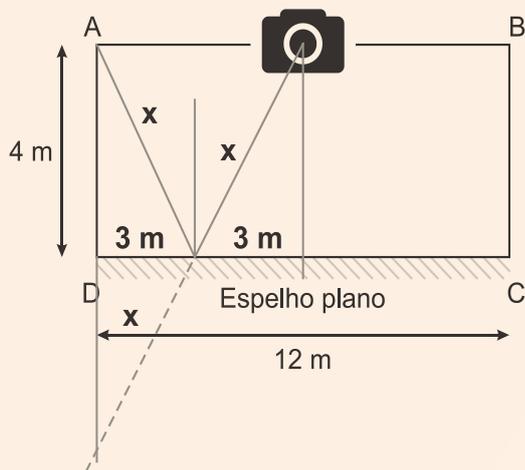
05 | E

De acordo com a figura abaixo, é possível enxergar a vela inteira entre as posições verticais de 6 a 10 dm, conforme as construções de reflexões da base da vela (em azul) e da chama (em cinza).



06 | D

Para focar um objeto visto através da reflexão de um espelho plano, devemos obter a distância da câmera até a imagem, conforme desenho.



O objeto colocado em A deve ser focalizado numa distância $2x$.

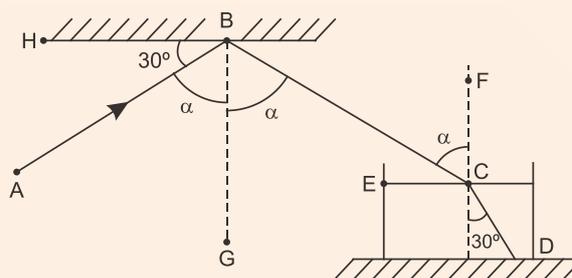
Então, usando o Teorema de Pitágoras para o triângulo retângulo formado.

$$x^2 = 3^2 + 4^2 \therefore x = 5 \text{ m}$$

Logo, a distância procurada é:

$$d = 2x \Rightarrow d = 2 \cdot 5 \text{ m} \therefore d = 10 \text{ m}$$

07 | C



Pela geometria, pode-se afirmar que:

$$\widehat{HBA} + \widehat{ABG} = 90^\circ$$

Logo,

$$\alpha = \widehat{ABG} = 90^\circ - \widehat{HBA} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

Quando uma luz incide sobre uma superfície plana reflexiva, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Disso se conclui que:

$$\alpha = \widehat{ABG} = \widehat{GBC}$$

Como os segmentos \overline{GB} e \overline{FC} são paralelos e o segmento \overline{BC} é transversal aos dois segmentos anteriores, pode-se afirmar que os ângulos \widehat{GBC} e \widehat{BCF} são alternos internos, do que se conclui que:

$$\widehat{BCF} = \widehat{GBC} = \alpha$$

Aplicando-se a lei de Snell para refração, tem-se que:

$$n_1 \sen \alpha = n_2 \sen 30^\circ$$

Sendo, α o ângulo de incidência sobre a superfície do líquido, o ângulo de refração igual a 30° , n_1 corresponde ao índice de refração do ar e n_2 o índice de refração do líquido.

Substituindo-se os valores dos parâmetros conhecidos na equação da lei de Snell, tem-se que:

$$1 \times \sen 60^\circ = n_2 \sen 30^\circ$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = n_2 \frac{1}{2}$$

$$n_2 = \sqrt{3}$$

08 | B

Para a imagem do objeto no espelho côncavo, através do desenho, nota-se que o mesmo se encontra entre o foco e o centro de curvatura do espelho, logo, a imagem é real, invertida e maior, mas a mesma só é



vista a partir da lente fazendo novamente a construção para a lente, formando, finalmente a imagem 1, real, direta e maior, mostrada na figura mais abaixo.

Para a imagem 2 da lente biconvexa, observa-se que o objeto está além do ponto antiprincipal e, sendo assim, sua imagem é real, invertida e menor.

As construções das imagens estão indicadas nas figuras abaixo:

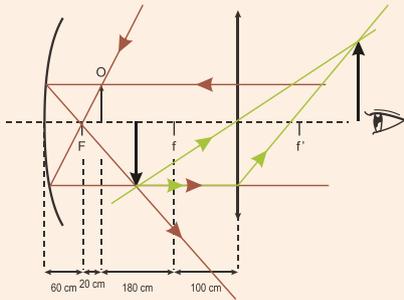


Imagem 1:
real, direta e maior

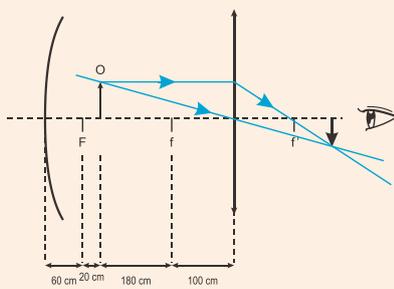


Imagem 2:
real, invertida e menor

09 | B

A superfície da bola de Natal comporta-se como um espelho esférico convexo. Como Jerry é um objeto real, sua imagem conjugada pela bola seria: **virtual**, direita e **reduzida**, entre a superfície da bola e o seu centro.

10 | A

Trata-se de objeto real.

– 1ª posição:

A imagem é invertida, então ela é **real**.

A ampliação é menor que 1: $A < 1$: imagem **menor** que o objeto.

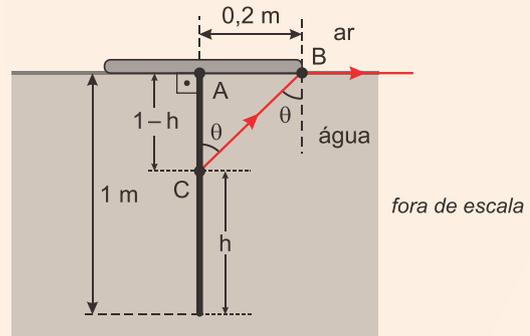
– 2ª posição:

A imagem é direita, então ela é **virtual**.

A ampliação é maior que 1: $A > 1$: imagem **maior** que o objeto.

11 | B

Na figura, o ângulo θ é o ângulo limite e h é o comprimento máximo da parte visível da haste.



Aplicando a lei de Snell:

$$n_{\text{água}} \text{sen } \theta = n_{\text{ar}} \text{sen } 90^\circ \Rightarrow 1,25 \text{sen } \theta = 1 \Rightarrow$$

$$\text{sen } \theta = \frac{1}{1,25} \Rightarrow \text{sen } \theta = 0,8.$$

Pela relação fundamental da trigonometria: $\cos \theta = 0,6$.

No triângulo retângulo ABC, tem-se:

$$\text{tg } \theta = \frac{0,2}{1-h} \Rightarrow \frac{\text{sen } \theta}{\cos \theta} = \frac{0,2}{1-h} \Rightarrow \frac{0,8}{0,6} = \frac{0,2}{1-h} \Rightarrow$$

$$\frac{4}{3} = \frac{0,2}{1-h} \Rightarrow 0,6 = 4 - 4h \Rightarrow h = \frac{3,4}{4} \Rightarrow$$

$$h = 0,85 \text{ m} \Rightarrow \boxed{h = 85 \text{ cm.}}$$

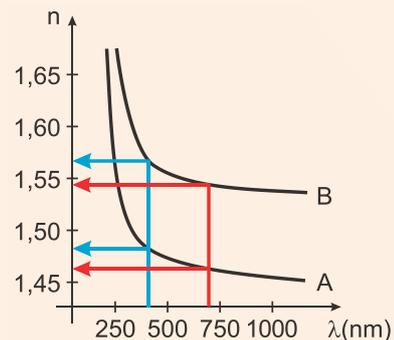
12 | ANULADA

Questão anulada no gabarito oficial.

Análise de todas as alternativas:

[A] **Verdadeira**. A velocidade da luz no meio é inversamente proporcional ao índice de refração, portanto observando-se o gráfico, para 500 nm (luz verde), $n_B > n_A$, logo: $v_B < v_A$.

[B] Falsa. Basta analisar o gráfico:



Conclui-se que para os dois vidros, o índice de refração na região do azul é maior que na região do vermelho

[C] **Falsa.** Como pode-se constatar pelo gráfico acima, o índice de refração na região do vermelho é **maior** para o vidro B em relação ao vidro A.

[D] **Verdadeira.** Usando a Lei de Snell:

$$n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta_i = n_{\text{vidro}} \cdot \text{sen } \theta_r$$

Considerando-se $n_{\text{ar}} = 1$, temos:

$$\text{sen } 30^\circ = n_{\text{vidro}} \cdot \text{sen } \theta_r$$

Logo, quanto maior for o índice de refração (vidro B) menor será o seno do ângulo de refração e menor é o ângulo de refração.

Portanto, $\text{sen } 30^\circ > \text{sen } \theta_r \Rightarrow \theta_r < 30^\circ$

[E] **Falsa.** A velocidade da luz no meio é inversamente proporcional ao índice de refração, como visto no item [A], para 500 nm (luz verde), $n_B > n_A$, logo: $V_B < V_A$ e ambos os vidros tendo índice de refração maior que 1, ambas as velocidades de propagação diminuem ao passar do ar para cada vidro e também seus respectivos comprimentos de onda.

Mas, a velocidade e o comprimento de onda são diretamente proporcionais de acordo com a equação $f = \frac{v}{\lambda}$, então $\lambda_B < \lambda_A$ para a situação proposta.

Com isso, conclui-se que a questão possui mais de uma resposta correta sendo este o motivo da anulação.

13 | A

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen} \theta_2 \Rightarrow \text{sen} \theta_2 = \frac{n_1 \cdot \text{sen} \theta_1}{n_2} \Rightarrow$$

$$\text{sen} \theta_2 = \frac{1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{3}{2}} \Rightarrow \text{sen} \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{3}$$

Comparando com os valores fornecidos pela questão temos que $\frac{\sqrt{2}}{3} < \frac{1}{2}$, logo o $\text{sen} \theta_2$ deve ser menor que 30° .

14 | B

A miragem ocorre devido às camadas de ar próximas ao asfalto da estrada serem bem mais quentes que as camadas superiores, com isso, diminuindo a densidade deste ar, provocando refração e reflexão da luz que chega aos nossos olhos formando o fenômeno.

15 | D

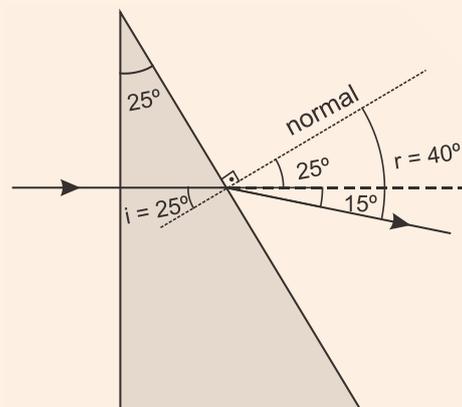
Como o raio refratado se aproxima da normal, o índice de refração do meio 2 é maior que o índice de refração do meio 1, com isso, a velocidade do raio refratado e também o comprimento da onda diminui, mas a frequência da onda permanece inalterada.

16 | B

O fenômeno responsável por dar sentido à piada é a **refração da luz**, pois para um peixe, nas condições citadas acima, a água irá funcionar como uma lente de aumento.

17 | B

A figura mostra os ângulos de incidência (i) e de emergência (r).



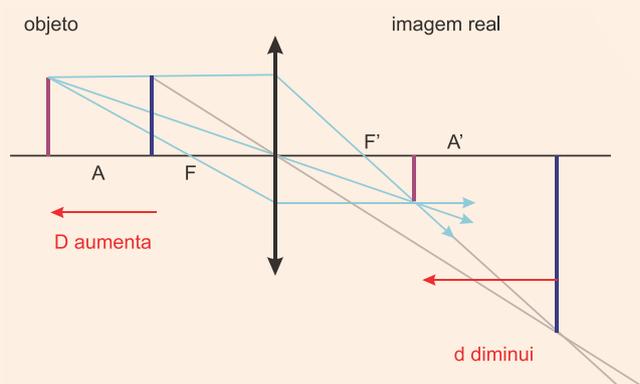
Aplicando a lei de Snell:

$$n_p \text{sen} i = n_{\text{ar}} \text{sen} r \Rightarrow n_p \text{sen} 25^\circ = 1 \cdot \text{sen} 40^\circ \Rightarrow$$

$$n_p \cdot 0,4 = 0,6 \Rightarrow \boxed{n_p = 1,5}$$

18 | E

De acordo com a imagem real para dois pontos na lente convexa, temos a seguinte construção de imagens:



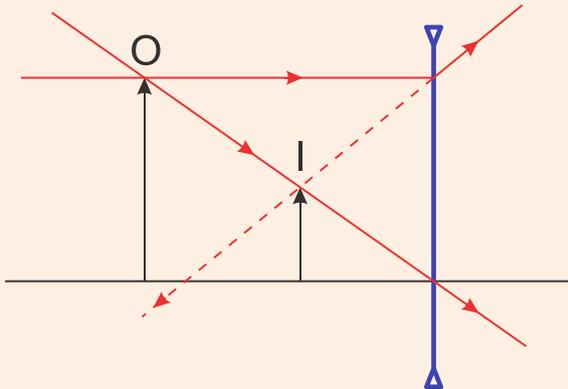


Nota-se que à medida que se aumenta a distância do objeto D , a distância da imagem d fica menor, sendo as duas inversamente proporcionais.

Com isso, o gráfico correto entre essas duas distâncias apresenta uma curva chamada hipérbole corretamente representado na alternativa [E].

19| C

A lente é **divergente** e está posicionada à **direita da imagem**, com mostra a figura.



20| C

[I] Correta. Lente de bordas finas, de material de índice de refração n , quando imersa num meio de índice de refração n_m é:

- Convergente, se $n > n_m$;
- Divergente, se $n < n_m$.

1º Experimento: a lente S é imersa num meio de índice n_1 e seu comportamento óptico é o mesmo de uma lente côncavo-convexa imersa no ar, ou seja, **convergente**. Então: $n > n_1$.

2º Experimento: a lente S é imersa num meio de índice n_2 e seu comportamento óptico é o mesmo de uma lente convexo-côncava imersa no ar, ou seja, **divergente**. Então: $n < n_1 \Rightarrow n_2 > n$.

Confrontando os dois resultados obtidos, conclui-se que: $n_2 > n > n_1$.

[II] Incorreta. Lente plano-côncava não é de bordas finas.

[III] Correta. As vergências (V) têm sinais opostos. No 1º experimento, e no segundo, $V_2 < 0$. Logo: $\frac{V_1}{V_2} < 0$.

[IV] Incorreta. As distâncias focais dependem dos índices de refração dos meios. Além disso, elas têm sinais opostos, não podendo ser iguais.

21| C

$$C = \frac{1}{f}$$

$$C_1 = \frac{1}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow C_1 = 20 \text{ di}$$

$$C_2 = \frac{1}{-10 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow C_2 = -10 \text{ di}$$

$$C_3 = \frac{1}{20 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow C_3 = 5 \text{ di}$$

$$C_4 = \frac{1}{-40 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow C_4 = -2,5 \text{ di}$$

Somando a convergência de cada alternativa, encontraremos que $C_1 + C_3 = 25 \text{ di}$ será a maior convergência.

22| E

$$p = \frac{2}{3} \cdot f$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{2}{3} \cdot f} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} - \frac{3}{2 \cdot f} = \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} - \frac{3}{2 \cdot f} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{f} - \frac{3}{2 \cdot f} = \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{2-3}{2f} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -2f$$

$$A = -\frac{p'}{p} \Rightarrow A = -\frac{-2f}{\frac{2}{3} \cdot f} \Rightarrow A = \frac{2}{\frac{2}{3}} \Rightarrow A = \frac{6}{2} \Rightarrow A = 3$$

23| D

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{3 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{3 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{3} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{3 - 3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 3} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{3 - 3 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{p'}$$

$$p' = \frac{9 \cdot 10^{-3}}{3 - 3 \cdot 10^{-3}}$$

$$p' \cong \frac{9 \cdot 10^{-3}}{3} \Rightarrow p' \cong 3 \cdot 10^{-3}$$

$$A \cong \left| \frac{p'}{p} \right| \Rightarrow A \cong \left| \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3} \right| \Rightarrow A \cong 1 \cdot 10^{-3}$$

24| E

A maioria das alternativas pode ser resolvida analisando-se a equação dos fabricantes de lente ou equação de Halley, que relaciona a vergência de uma lente, com a razão entre os índices de refração da lente e do meio e os raios de curvatura das duas faces da lente:

$$C = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{lente}}}{n_{\text{meio}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Análise das alternativas:

[V] A distância focal f da lente colocada no ar é positiva e, portanto, a lente é convergente. Para testar basta usar a parte da equação que dá a razão entre os índices de refração e verificar o sinal.

$$\left(\frac{n_{\text{lente}}}{n_{\text{meio}}} - 1 \right) = \left(\frac{1,54}{1,02} - 1 \right) > 0 \therefore f > 0$$

[V] Fazendo o teste dos índices de refração novamente, agora para o caso da lente colocada no líquido:

$$\left(\frac{n_{\text{lente}}}{n_{\text{meio}}} - 1 \right) = \left(\frac{1,54}{1,67} - 1 \right) < 0 \therefore f < 0$$

[F] Nos dois casos, a distância focal passa de positiva para negativa, significando uma mudança em seus valores, portanto falsa.

[F] Como o raio luminoso incidente parte de um meio menos refringente para um meio mais refringente, o raio refratado se aproxima da normal.

25| B

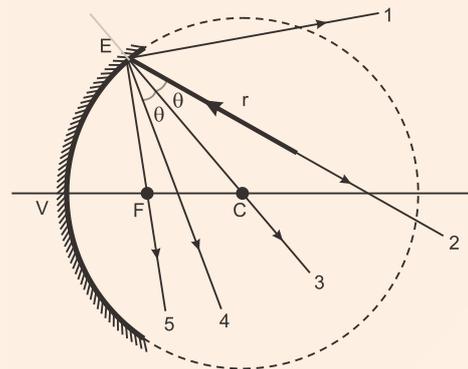
Ao iluminarmos a placa com luz monocromática azul, a cor azul será refletida nas palavras pintadas de branco, pois o branco reflete todas as cores e na palavra pintada de azul, com isso enxergaremos as palavras "PRETO, VERDE e VERMELHO" e as cores preto e azul somente.

26| C

Ao passar de um meio menos refringente para um meio mais refringente, a luz **diminui** sua velocidade de propagação, porém a frequência da onda eletromagnética **não muda** com a alteração do meio de propagação da luz. Já a luz refletida, não sofre o efeito da alteração da velocidade, sendo a mesma em relação à radiação incidente no vidro.

27| D

Esta questão envolve conhecimentos de fundamentos de óptica, com relação à reflexão em espelhos quaisquer, que nos diz que o raio refletido sempre terá o mesmo ângulo de incidência em relação à reta normal. O raio incidente r está deslocado em relação à reta normal no ponto de incidência no espelho, representada pela reta que passa pelo centro (C) e o ângulo entre elas nos revela o trajeto da luz refletida e tem o mesmo ângulo entre a reta normal, sendo, portanto a reta 4, conforme representação na figura abaixo.



28| B

A partir do padrão de interferência (figura 2), a distância de separação entre dois máximos de intensidade luminosa Δx pode ser relacionada com o diâmetro da fibra d , a distância entre o anteparo e a fibra óptica D e o comprimento de onda do laser λ usado na medida através da equação ajustada para interferência construtiva:

$$d = \frac{\lambda \cdot D}{\Delta x}$$

Substituindo os valores fornecidos no problema, temos:

$$d = \frac{650 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 2 \text{ m}}{1 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \therefore d = 130 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 130 \mu\text{m}$$