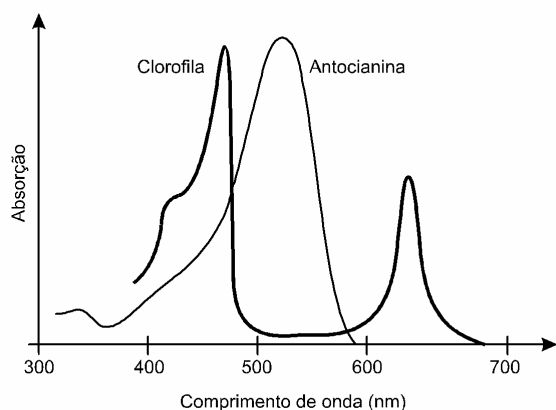
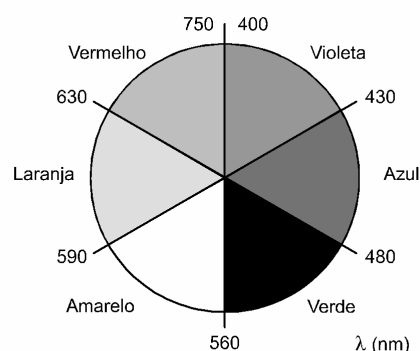


1. (Enem 2021) No outono, as folhas das árvores mudam de cor, de verde para tons de amarelo, castanho, laranja e vermelho. A cor verde das folhas deve-se ao pigmento clorofila. Nas plantas de folhas caducas, a produção de clorofila diminui e o tom verde desvanece, permitindo assim que outros pigmentos, como o caroteno, de coloração amarelo-laranja, e a antocianina, de tons avermelhados, passem a dominar a tonalidade das folhas. A coloração observada se dá em função da interação desses pigmentos com a radiação solar. Conforme apresentado no espectro de absorção, as moléculas de clorofila absorvem a radiação solar nas regiões do azul e do vermelho, assim a luz refletida pelas folhas tem falta desses dois tons e as vemos na cor verde. Já as antocianinas absorvem a luz desde o azul até o verde. Nesse caso, a luz refletida pelas folhas que contêm antocianinas aparece conforme as cores complementares, ou seja, vermelho-laranja.

Espectro de absorção na região do visível



Cores complementares

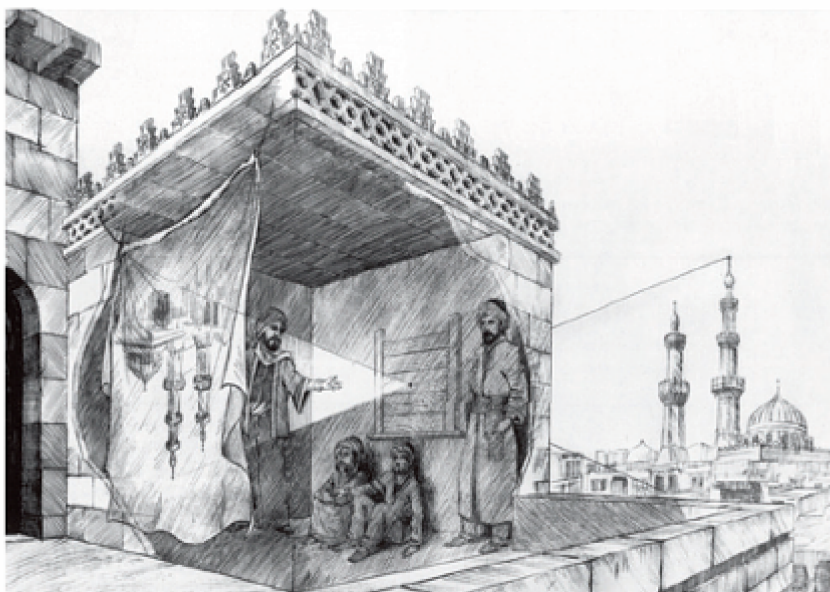


Disponível em: <https://vidauniversoydemas.wordpress.com>. Acesso em: 6 dez, 2017 (adaptado).

Em qual faixa do espectro visível os carotenos absorvem majoritariamente?

- Entre o violeta e o azul.
- Entre o azul e o verde.
- Entre o verde e o amarelo.
- Entre o amarelo e o laranja.
- Entre o laranja e o vermelho.

2. (Enem 2015) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham: 965-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o *Livro da Óptica*, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em tecido utilizado como anteparo.



Zewail, A. H. Micrographia of twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010 (adaptado)

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

- a) íris
- b) retina
- c) pupila
- d) córnea
- e) cristalino

3. (Enem 2022) Em 2002, um mecânico da cidade mineira de Uberaba (MG) teve uma ideia para economizar o consumo de energia elétrica e iluminar a própria casa num dia de sol. Para isso, ele utilizou garrafas plásticas PET com água e cloro, conforme ilustram as figuras. Cada garrafa foi fixada ao telhado de sua casa em um buraco com diâmetro igual ao da garrafa, muito maior que o comprimento de onda da luz. Nos últimos dois anos, sua ideia já alcançou diversas partes do mundo e deve atingir a marca de 1 milhão de casas utilizando a “luz engarrafada”.



ZOBEL, G. Brasileiro inventor de “luz engarrafada” tem ideia espalhada pelo mundo. Disponível em: www.bbc.com. Acesso em: 23 jun. 2022 (adaptado).

Que fenômeno óptico explica o funcionamento da “luz engarrafada”?

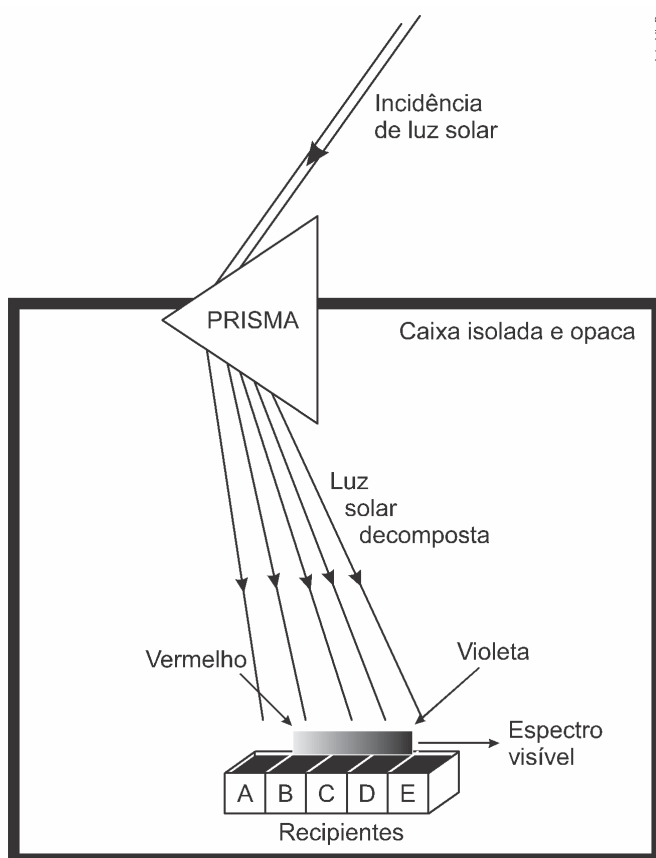
- a) Difração.
- b) Absorção.
- c) Polarização.

- d) Reflexão.
e) Refração.

4. (Enem 2020) Herschel, em 1880, começou a escrever sobre a condensação da luz solar no foco de uma lente e queria verificar de que maneira os raios coloridos contribuem para o aquecimento. Para isso, ele projetou sobre um anteparo o espectro solar obtido com um prisma, colocou termômetros nas diversas faixas de cores e verificou nos dados obtidos que um dos termômetros iluminados indicou um aumento de temperatura maior para uma determinada faixa de frequências.

SAYURI, M.; GASPARI, M. B. *Infravermelho na sala de aula*. Disponível em: www.ciencia.iao.usp.br. Acesso em: 15 ago. 2016 (adaptado).

Para verificar a hipótese de Herschel, um estudante montou o dispositivo apresentado na figura. Nesse aparato, cinco recipientes contendo água, à mesma temperatura inicial, e separados por um material isolante térmico e refletor são posicionados lado a lado (A, B, C, D e E) no interior de uma caixa de material isolante térmico e opaco. A luz solar, ao entrar na caixa, atravessa o prisma e incide sobre os recipientes. O estudante aguarda até que ocorra o aumento da temperatura e a afere em cada recipiente.

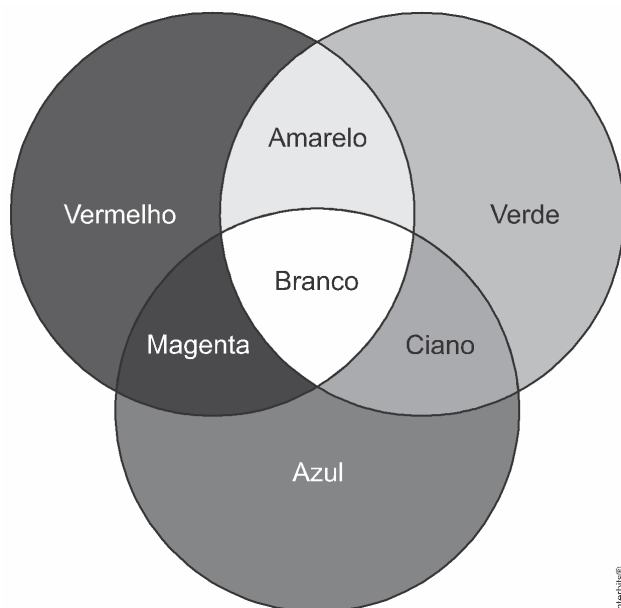


Em qual dos recipientes a água terá maior temperatura ao final do experimento?

- a) A
b) B
c) C
d) D
e) E

5. (Enem 2019) Os olhos humanos normalmente têm três tipos de cones responsáveis pela percepção das cores: um tipo para tons vermelhos, um para tons azuis e outro para tons

verdes. As diversas cores que enxergamos são o resultado da percepção das cores básicas, como indica a figura.



A protanopia é um tipo de daltonismo em que há diminuição ou ausência de receptores da cor vermelha. Considere um teste com dois voluntários: uma pessoa com visão normal e outra com caso severo de protanopia. Nesse teste, eles devem escrever a cor dos cartões que lhes são mostrados. São utilizadas as cores indicadas na figura.

Para qual cartão os dois voluntários identificarão a mesma cor?

- a) Vermelho.
- b) Magenta.
- c) Amarelo.
- d) Branco.
- e) Azul.

6. (Enem 2019) Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, os raios luminosos se atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. in: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- a) O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- b) O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- c) O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- d) A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- e) A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.

7. (Enem 2019) A maioria das pessoas fica com a visão embaçada ao abrir os olhos debaixo d'água. Mas há uma exceção: o povo moken, que habita a costa da Tailândia. Essa característica se deve principalmente à adaptabilidade do olho e à plasticidade do cérebro, o

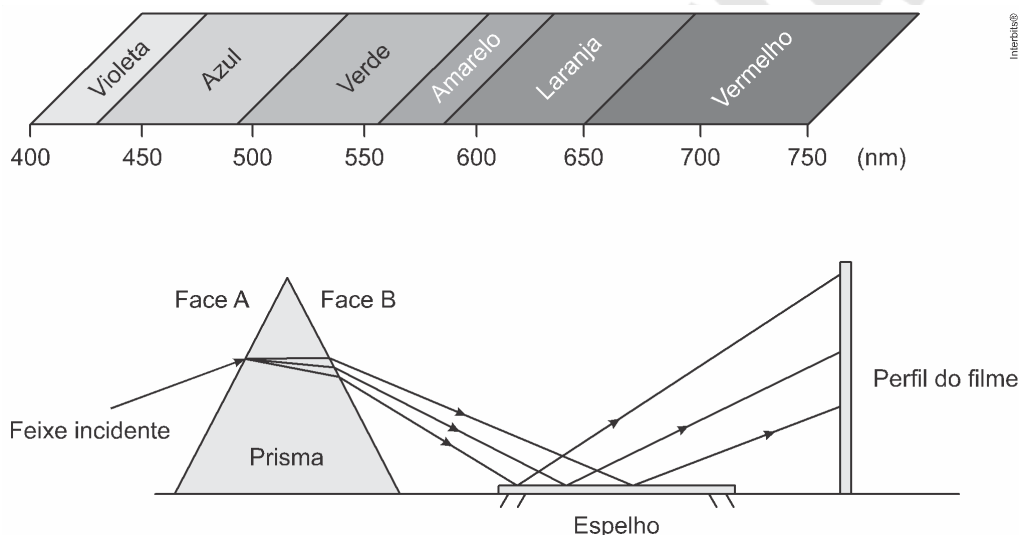
que significa que você também, com algum treinamento, poderia enxergar relativamente bem debaixo d'água. Estudos mostraram que as pupilas de olhos de indivíduos moken sofrem redução significativa debaixo d'água, o que faz com que os raios luminosos incidam quase paralelamente ao eixo óptico da pupila.

GISLÉN, A. et al. Visual Training Improves Underwater Vision in Children. *Vision Research*, n. 46, 2006 (adaptado).

A acuidade visual associada à redução das pupilas é fisicamente explicada pela diminuição

- da intensidade luminosa incidente na retina.
- da difração dos feixes luminosos que atravessam a pupila.
- da intensidade dos feixes luminosos em uma direção por polarização.
- do desvio dos feixes luminosos refratados no interior do olho.
- das reflexões dos feixes luminosos no interior do olho.

8. (Enem 2018) A figura representa um prisma óptico, constituído de um material transparente, cujo índice de refração é crescente com a frequência da luz que sobre ele incide. Um feixe luminoso, composto por luzes vermelha, azul e verde, incide na face A, emerge na face B e, após ser refletido por um espelho, incide num filme para fotografia colorida, revelando três pontos.



Observando os pontos luminosos revelados no filme, de baixo para cima, constatam-se as seguintes cores:

- Vermelha, verde, azul.
- Verde, vermelha, azul.
- Azul, verde, vermelha.
- Verde, azul, vermelha.
- Azul, vermelha, verde.

9. (Enem 2015) Será que uma miragem ajudou a afundar o Titanic? O fenômeno ótico conhecido como Fata Morgana pode fazer com que uma falsa parede de água apareça sobre o horizonte molhado. Quando as condições são favoráveis, a luz refletida pela água fria pode ser desviada por uma camada incomum de ar quente acima, chegando até o observador, vinda de muitos ângulos diferentes. De acordo com estudos de pesquisadores da Universidade de San Diego, uma Fata Morgana pode ter obscurecido os icebergs da visão da tripulação que estava a bordo do

Titanic. Dessa forma, a certa distância, o horizonte verdadeiro fica encoberto por uma névoa escurecida, que se parece muito com águas calmas no escuro.

Disponível em: <http://apod.nasa.gov>. Acesso em: 6 set. 2012 (adaptado).

O fenômeno ótico que, segundo os pesquisadores, provoca a Fata Morgana é a

- a) ressonância.
- b) refração.
- c) difração.
- d) reflexão.
- e) difusão.

10. (Enem 2014) É comum aos fotógrafos tirar fotos coloridas em ambientes iluminados por lâmpadas fluorescentes, que contêm uma forte composição de luz verde. A consequência desse fato na fotografia é que todos os objetos claros, principalmente os brancos, aparecerão esverdeados. Para equilibrar as cores, deve-se usar um filtro adequado para diminuir a intensidade da luz verde que chega aos sensores da câmera fotográfica. Na escolha desse filtro, utiliza-se o conhecimento da composição das cores-luz primárias: vermelho, verde e azul; e das cores-luz secundárias: amarelo = vermelho + verde, ciano = verde + azul e magenta = vermelho + azul.

Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt>. Acesso em 20 maio 2014 (adaptado).

Na situação descrita, qual deve ser o filtro utilizado para que a fotografia apresente as cores naturais dos objetos?

- a) Ciano.
- b) Verde.
- c) Amarelo.
- d) Magenta.
- e) Vermelho.

11. (Enem 2014) As lentes fotocromáticas escurecem quando expostas à luz solar por causa de reações químicas reversíveis entre uma espécie incolor e outra colorida. Diversas reações podem ser utilizadas, e a escolha do melhor reagente para esse fim se baseia em três principais aspectos: (i) o quanto escurece a lente; (ii) o tempo de escurecimento quando exposta à luz solar; e (iii) o tempo de esmaecimento em ambiente sem forte luz solar. A transmitância indica a razão entre a quantidade de luz que atravessa o meio e a quantidade de luz que incide sobre ele.

Durante um teste de controle para o desenvolvimento de novas lentes fotocromáticas, foram analisadas cinco amostras, que utilizam reagentes químicos diferentes. No quadro, são apresentados os resultados.

Amostra	Tempo de escurecimento (segundo)	Tempo de esmaecimento (segundo)	Transmitância média da lente quando exposta à luz solar (%)
1	20	50	80
2	40	30	90
3	20	30	50
4	50	50	50
5	40	20	95

Considerando os três aspectos, qual é a melhor amostra de lente fotocromática para se utilizar em óculos?

- a) 1
- b) 2

- c) 3
- d) 4
- e) 5

12. (Enem 2014) Uma proposta de dispositivo capaz de indicar a qualidade da gasolina vendida em postos e, conseqüentemente, evitar fraudes, poderia utilizar o conceito de refração luminosa. Nesse sentido, a gasolina não adulterada, na temperatura ambiente, apresenta razão entre os senos dos raios incidente e refratado igual a 1,4. Desse modo, fazendo incidir o feixe de luz proveniente do ar com um ângulo fixo e maior que zero, qualquer modificação no ângulo do feixe refratado indicará adulteração no combustível.

Em uma fiscalização rotineira, o teste apresentou o valor de 1,9. Qual foi o comportamento do raio refratado?

- a) Mudou de sentido.
- b) Sofreu reflexão total.
- c) Atingiu o valor do ângulo limite.
- d) Direcionou-se para a superfície de separação.
- e) Aproximou-se da normal à superfície de separação.

INICIATIVA EXATAS

Gabarito

Resposta da questão 1:

[A]

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Biologia]

De acordo com o enunciado, os carotenos e as antocianinas refletem, respectivamente, as cores amarelo/alaranjado e vermelho/alaranjado. Logo, esses pigmentos fotossintetizantes absorvem os comprimentos de onda equivalente às cores complementares, ou seja, azul e violeta.

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

O gráfico de cores complementares demonstra que os comprimentos de onda absorvidos pelas antocianinas (do azul ao verde) e os refletidos (do vermelho ao laranja) encontram-se em posições diametralmente opostas. De acordo com o texto, os carotenos refletem os comprimentos do amarelo ao laranja, deste modo, devem absorver as cores opostas no gráfico: entre o violeta e azul.

Resposta da questão 2:

[B]

A estrutura do olho análoga à imagem invertida utilizada na figura é a retina. Quando a imagem é formada na retina, esta é reduzida e invertida. Ao chegar ao córtex cerebral, ela é processada.

Resposta da questão 3:

[E]

A garrafa PET e a água são transparentes, permitindo a refração da luz do ar para a água no telhado e, da água para o ar, no recinto iluminado.

Resposta da questão 4:

[A]

Ao passar pelo prisma a luz sofre dispersão, decompondo-se nas suas diversas frequências. As ondas de calor (infravermelho) desviam menos que o vermelho, incidindo no recipiente A, provocando maior aquecimento.

Resposta da questão 5:

[E]

Dentre as opções, o único cartão que não apresenta componente de tom vermelho, é o cartão azul.

Resposta da questão 6:

[C]

Quando o texto afirma que “isto não poderia ocorrer pelo transporte de matéria”, ele está contestando o modelo corpuscular de Newton, já que este descreve a luz como um feixe de partículas (matéria).

Resposta da questão 7:

[D]

A redução da pupila permite que os feixes de luz refratados para o interior dos olhos sejam mais estreitos, e com isso incidam quase paralelamente ao eixo óptico da pupila, possibilitando menores desvios e melhor resolução da imagem.

Resposta da questão 8:

[A]

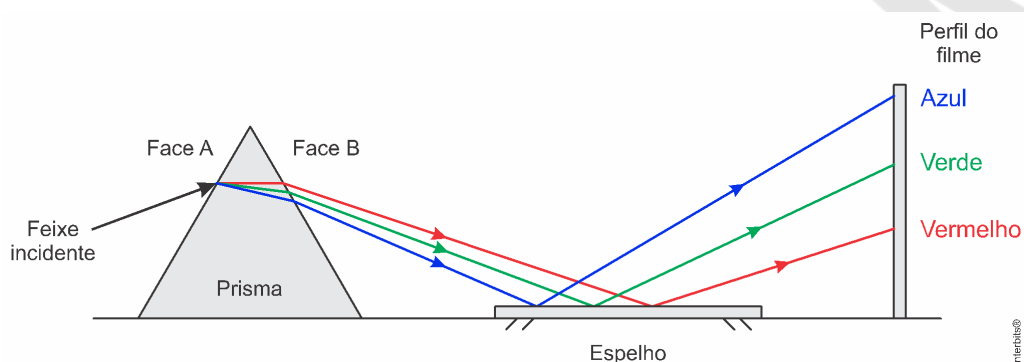
Pela equação $v = \lambda f$, percebemos que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Logo:

$$\lambda_{\text{azul}} < \lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelha}} \Rightarrow f_{\text{azul}} > f_{\text{verde}} > f_{\text{vermelha}}$$

$$\therefore n_{\text{azul}} > n_{\text{verde}} > n_{\text{vermelha}}$$

Sendo assim, o raio de frequência azul é o que sofre maior desvio, e o de frequência vermelha, o menor.

De acordo com a figura abaixo, podemos concluir que de baixo para cima, constata-se as cores na seguinte ordem: vermelha, verde e azul.

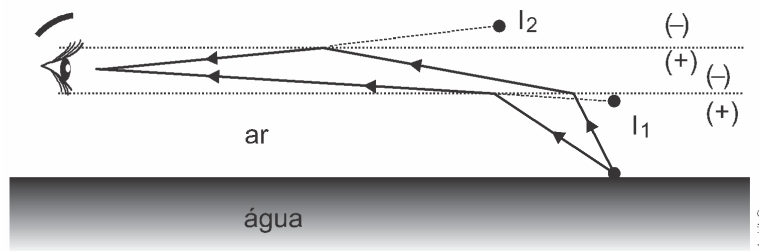


Resposta da questão 9:

[B] ou [D]

Gabarito Oficial: [B]

Gabarito SuperPro®: [B] ou [D]



A figura ilustra dois raios que atingem o olho do observador vindos de diferentes direções, provocando duas imagens em diferentes posições, mostrando que o fenômeno óptico da Fata Morgana pode ocorrer por **refração** e por **reflexão** (total), dando margem a duas respostas.

Resposta da questão 10:

[D]

Para diminuir a intensidade da luz verde, deve-se usar um filtro que não apresente a componente verde da luz, ou seja, o filtro **magenta**, composto apenas das cores vermelha e azul.

Resposta da questão 11:

[C]

A melhor amostra é aquela que melhor concilia o **menor** tempo de escurecimento, **menor** tempo de esmaecimento e **menor** transmitância.

Resposta da questão 12:

[E]

Como os ângulos de incidência e refração são definidos no intervalo de 0° a 90° , o menor ângulo tem menor seno. Sendo fixo e não nulo o ângulo de incidência, apliquemos a lei de Snell às duas situações, gasolina não adulterada e gasolina adulterada.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r_1} = 1,4 \\ \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r_2} = 1,9 \end{array} \right\} \div \Rightarrow \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r_1} \times \frac{\text{sen } r_2}{\text{sen } i} = \frac{1,4}{1,9} = 0,74 \Rightarrow \text{sen } r_2 = 0,74 \text{ sen } r_1 \Rightarrow$$
$$\text{sen } r_2 < \text{sen } r_1 \Rightarrow \boxed{r_2 < r_1}$$

Portanto o raio refratado no caso da gasolina adulterada é menor do que para a gasolina não adulterada. Isso significa que o raio refratado aproximou-se da normal à superfície de separação.

Resumo das questões selecionadas nesta atividade

Legenda:

NQ = número da questão

Q/DB = número da questão no banco de dados

Q/prova	Q/DB	Grau/Dif.	Matéria	Fonte	Tipo
1	204397	Média	Biologia	Enem/2021	Múltipla escolha
2	149332	Média	Física	Enem/2015	Múltipla escolha
3	217998	Baixa	Física	Enem/2022	Múltipla escolha
4	197242	Média	Física	Enem/2020	Múltipla escolha
5	189703	Baixa	Física	Enem/2019	Múltipla escolha
6	189712	Baixa	Física	Enem/2019	Múltipla escolha
7	189711	Elevada	Física	Enem/2019	Múltipla escolha
8	182107	Baixa	Física	Enem/2018	Múltipla escolha
9	149329	Elevada	Física	Enem/2015	Múltipla escolha
10	135499	Baixa	Física	Enem/2014	Múltipla escolha
11	135500	Baixa	Física	Enem/2014	Múltipla escolha
12	135502	Baixa	Física	Enem/2014	Múltipla escolha

Estadísticas - Questões do Enem

NQ	Q/DB	Cor/prova	Ano	Acerto
1	204397	azul	2021	21%
2	149332	azul	2015	33%
3	217998	azul	2022	32%
4	197242	azul	2020	21%
5	189703	azul	2019	43%
6	189712	azul	2019	28%
7	189711	azul	2019	19%
8	182107	azul	2018	28%
9	149329	azul	2015	29%
10	135499	azul	2014	27%
11	135500	azul	2014	32%
12	135502	azul	2014	16%