

**O ENEM AO
LONGO DOS
ANOS**

CONTEÚDO: ÓPTICA

1) (1998) A sombra de uma pessoa que tem 1,80 m de altura mede 60 cm. No mesmo momento, a seu lado, a sombra projetada de um poste mede 2,00 m. Se, mais tarde, a sombra do poste diminuiu 50 cm, a sombra da pessoa passou a medir:

- (A) 30 cm
- (B) 45 cm
- (C) 50 cm
- (D) 80 cm
- (E) 90 cm

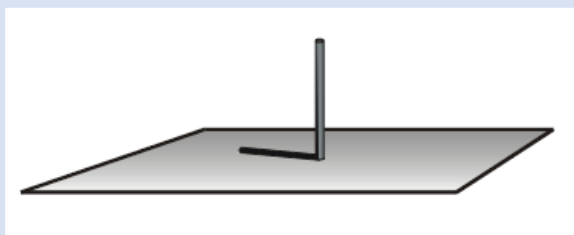
COMENTÁRIOS E DICAS

Questão de nível fácil exige apenas conhecimento matemático de semelhança de triângulos.

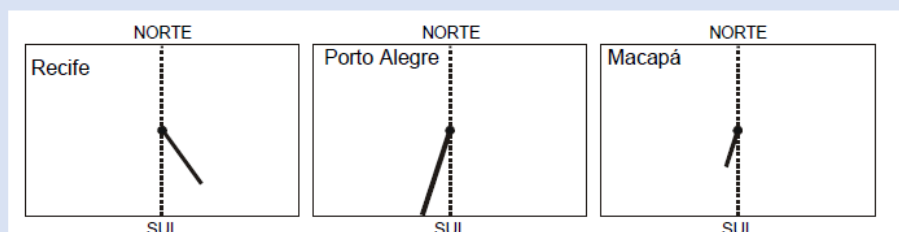
Informações para as questões 2 e 3.

No primeiro dia do inverno no Hemisfério Sul, uma atividade de observação de sombras é realizada por alunos de Macapá, Porto Alegre e Recife. Para isso, utiliza-se uma vareta de 30 cm fincada no chão na posição vertical. Para marcar o tamanho e a posição da sombra, o chão é forrado com uma folha de cartolina, como mostra a figura:





Nas figuras abaixo, estão representadas as sombras projetadas pelas varetas nas três cidades, no mesmo instante, ao meio dia. A linha pontilhada indica a direção Norte-Sul.



2) (1999) Levando-se em conta a localização destas três cidades no mapa, podemos afirmar que os comprimentos das sombras serão tanto maiores quanto maior for o afastamento da cidade em relação ao

- (A) litoral.
- (B) Equador.
- (C) nível do mar.
- (D) Trópico de Capricórnio.
- (E) Meridiano de Greenwich.

COMENTÁRIOS E DICAS

A inclinação e a extensão da sombra da vareta estão relacionadas com a inclinação de 23 graus que o eixo da Terra apresenta em relação ao plano que ela perfaz com o plano do Sol. O primeiro dia do inverno (no hemisfério Sul) é aquele no qual a Terra se encontra na sua inclinação máxima e a sombra é perpendicular na linha do Trópico de Câncer. À medida que nos dirigimos para o Sul, as sombras tornam-se cada vez mais longas, inclusive ao passarmos pela linha do Equador. Questão complexa, que foi colocada no conteúdo Óptica apenas por falar na formação de sombras.

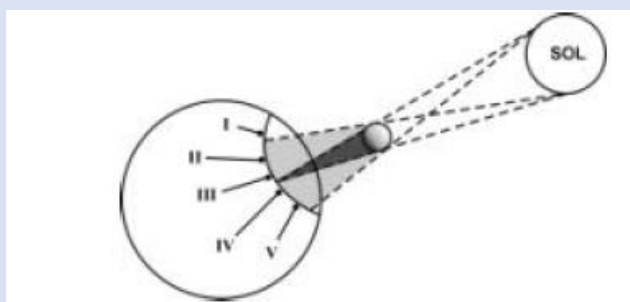
3) (1999) Pelos resultados da experiência, num mesmo instante, em Recife a sombra se projeta à direita e nas outras duas cidades à esquerda da linha pontilhada na cartolina. É razoável, então, afirmar que existe uma localidade em que a sombra deverá estar bem mais próxima da linha pontilhada, em vias de passar de um lado para o outro. Em que localidade, dentre as listadas abaixo, seria mais provável que isso ocorresse?

- (A) Natal.
- (B) Manaus.
- (C) Cuiabá.
- (D) Brasília.
- (E) Boa Vista.

COMENTÁRIOS E DICAS

Se traçarmos um meridiano entre Macapá e Porto Alegre, que são cidades que apresentam sombras à esquerda, e então deslocarmos esse meridiano em direção a leste, onde se encontra a cidade de Recife, que apresenta sombra à direita, notaremos que a primeira cidade a surgir será Brasília, onde a sombra estaria sobre a linha que descreve um eixo entre o norte e o sul. Questão de nível médio também associada à formação de sombras.

4) (2000) A figura abaixo mostra um eclipse solar no instante em que é fotografado em cinco diferentes pontos do planeta.



Três dessas fotografias estão reproduzidas abaixo.



As fotos poderiam corresponder, respectivamente, aos pontos:

- (A) III, V e II.
- (B) II, III e V.
- (C) II, IV e III.
- (D) I, II e III.
- (E) I, II e V.

COMENTÁRIOS E DICAS

Questão fácil que trata dos Eclipses. Ter cuidado em localizar a posição onde a sombra é maior e onde é menor. Sem necessidade de conhecimento prévio, apenas com atenção na interpretação da figura se consegue resolver esta questão.

5) (2001)

SEU OLHAR (Gilberto Gil, 1984)

Na eternidade

Eu quisera ter

Tantos anos-luz

Quantos fosse precisar

Pra cruzar o túnel

Do tempo do seu olhar

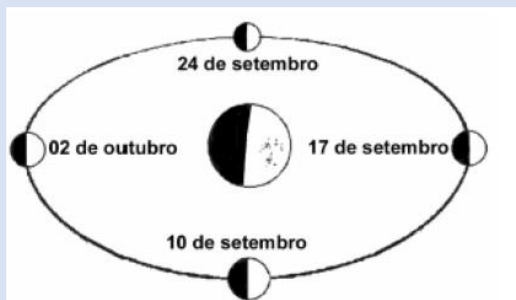
Gilberto Gil usa na letra da música a palavra composta anos-luz. O sentido prático, em geral, não é obrigatoriamente o mesmo que na ciência. Na Física, um ano luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano e que, portanto, se refere a

- (A) tempo.
- (B) aceleração.
- (C) distância.
- (D) velocidade.
- (E) luminosidade.

COMENTÁRIOS E DICAS

Questão fácil, que mesmo se o aluno não souber o significado da unidade ano-luz, o próprio enunciado da questão dá a dica, quando pede para se relacionar velocidade e tempo. Se o aluno lembrar que $velocidade \times tempo = distância$, a questão estará facilmente resolvida.

6) (2002) Um grupo de pescadores pretende passar um final de semana do mês de setembro, embarcado, pescando em um rio. Uma das exigências do grupo é que, no final de semana a ser escolhido, as noites estejam iluminadas pela lua o maior tempo possível. A figura representa as fases da lua no período proposto.



Considerando-se as características de cada uma das fases da lua e o comportamento desta no período delimitado, pode-se afirmar que, dentre os fins de semana, o que melhor atenderia às exigências dos pescadores corresponde aos dias

- (A) 08 e 09 de setembro.
- (B) 15 e 16 de setembro.
- (C) 22 e 23 de setembro.
- (D) 29 e 30 de setembro.
- (E) 06 e 07 de outubro.

COMENTÁRIOS E DICAS

Nível fácil. Lembrar que as noites mais iluminadas serão de lua cheia e eles querem um final de semana do mês de setembro e não de outubro.

7) (2006) No Brasil, verifica-se que a Lua, quando está na fase cheia, nasce por volta das 18 horas e se põe por volta das 6 horas. Na fase nova, ocorre o inverso: a Lua nasce às 6 horas e se põe às 18 horas, aproximadamente. Nas fases crescente e minguante, ela nasce e se põe em horários intermediários. Sendo assim, a Lua na fase ilustrada na figura acima poderá ser observada no ponto mais alto de sua trajetória no céu por volta de



- (A) meia-noite.
- (B) três horas da madrugada.
- (C) nove horas da manhã.
- (D) meio-dia.
- (E) seis horas da tarde.

COMENTÁRIOS E DICAS

A lua da figura está em quarto crescente, pois mostra a porção iluminada voltada para a leste. O ponto mais alto de sua trajetória ocorrerá às 18 h (seis horas da tarde).

8) (2009) Sab-se que o olho humano não consegue diferenciar componentes de cores e vê apenas a cor resultante, diferentemente do ouvido, que consegue distinguir, por exemplo, dois instrumentos diferentes tocados simultaneamente. Os raios luminosos do espectro visível, que têm comprimento de onda entre 380 nm e 780 nm, incidem na córnea, passam pelo cristalino e são projetados na retina. Na retina, encontram-se dois tipos de fotor receptores, os cones e os bastonetes, que convertem a cor e a intensidade da luz recebida em impulsos nervosos. Os cones distinguem as cores primárias; vermelho, verde e azul, e os bastonetes diferenciam apenas níveis de intensidade, sem separar comprimentos de onda. Os impulsos nervosos produzidos são enviados ao cérebro por meio do nervo óptico, para que se dê a percepção da imagem. Um indivíduo que, por alguma deficiência, não consegue captar as informações transmitidas pelos cones, perceberá um objeto branco, iluminado apenas por luz vermelha, como

- (A) um objeto indefinido, pois as células que captam a luz estão inativas.
- (B) um objeto rosa, pois haverá mistura da luz vermelha com o branco do objeto.
- (C) um objeto verde, pois o olho não consegue diferenciar componentes de cores.
- (D) um objeto cinza, pois os bastonetes captam luminosidade, porém não diferenciam cor.
- (E) um objeto vermelho, pois a retina capta a luz refletida pelo objeto, transformando-a em vermelho.

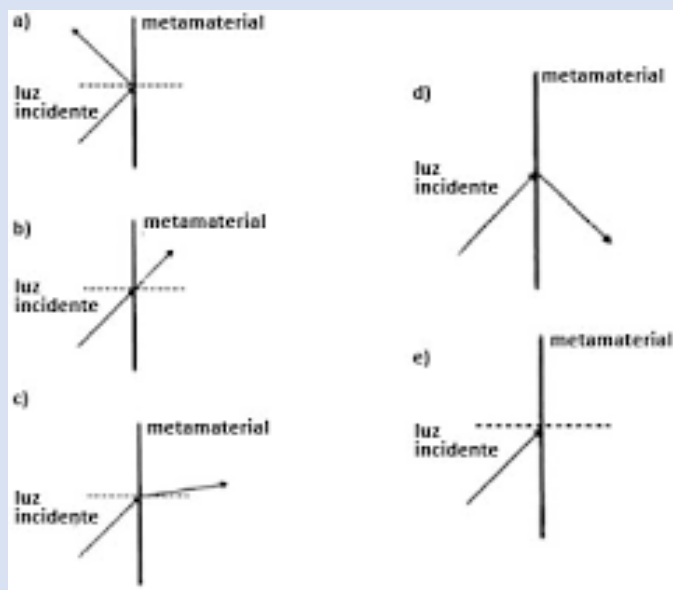
COMENTÁRIOS E DICAS

Se o indivíduo possui deficiência no correto desempenho das células sensoriais do tipo cones, ele não distinguirá cores. Seus bastonetes, porém, possibilitarão a percepção das diversas gradações de cinza. Questão de nível médio, abordando conteúdo não tradicional.

9) (2010) Um grupo de cientistas liderado por pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), nos Estados Unidos, construiu o primeiro metamaterial que apresenta valor negativo do índice de refração relativo para a luz visível. Denomina-se metamaterial um material óptico artificial, tridimensional, formado por pequenas estruturas menores do que o comprimento de onda da luz, o que lhe dá propriedades e comportamentos que não são encontrados em materiais naturais. Esse material tem sido chamado de “canhoto”.

Disponível em: <http://inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

Considerando o comportamento atípico desse metamaterial, qual é a figura que representa a refração da luz ao passar do ar para esse meio?



COMENTÁRIOS E DICAS

Apesar de refração da luz ser um conteúdo muito abordado, a ideia proposta foi novidade, visto que **ÍNDICE DE REFRAÇÃO NEGATIVO** não é abordado por livros de ensino médio. Por isso vou me alongar um pouco mais nos comentários. Mas será que existe índice de refração negativo? Desde que não sejam número compreendidos entre 0 e -1 (isso implicaria uma rapidez da luz maior que no vácuo), nenhuma lei física proíbe a existência de índices de refração negativos. Os metamateriais são meios de índices de refração negativos. Ele é uma substância sintetizada pelo homem graças ao advento da nanotecnologia. Tal substância apresenta-se capaz de refratar a luz em direções diferentes das convencionais. Por isso o prefixo “meta”. Ao observar uma caneta através de um metamaterial, poderíamos vê-la conforme a figura abaixo da direita.



10) (2012) Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe. Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz

- (A) refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água.
- (B) emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- (C) espalhados pelo peixe são refletidos pela superfície da água.
- (D) emitidos pelos olhos são espalhados pela superfície da água.
- (E) refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

COMENTÁRIOS E DICAS

O aluno deve estar atento que o fenômeno da refração está associado à mudança na velocidade da luz quando esta muda o meio. Esta mudança de velocidade pode, em alguns casos, produzir uma mudança na direção de propagação do raio luminoso.

11) (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

COMENTÁRIOS E DICAS

Questão que necessita, por parte do aluno, uma interpretação prática da situação. Esta análise pode fazê-lo perceber que a lente fotocromática ideal deve ter os tempos de escurecimento e esmaecimento mínimos. Além disso, a transmitância média, prioritária na escolha, deve contemplar valores máximos em ambientes escuros e mínimos em ambientes claros.

12) (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.

COMENTÁRIOS E DICAS

O aluno aplicará seus conhecimentos sobre refração, lembrando que a luz ao passar para um meio mais refringente (maior índice de refração) sofrerá uma diminuição na sua velocidade de propagação ($N = c/v$) e se aproximará da normal.

13) (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).

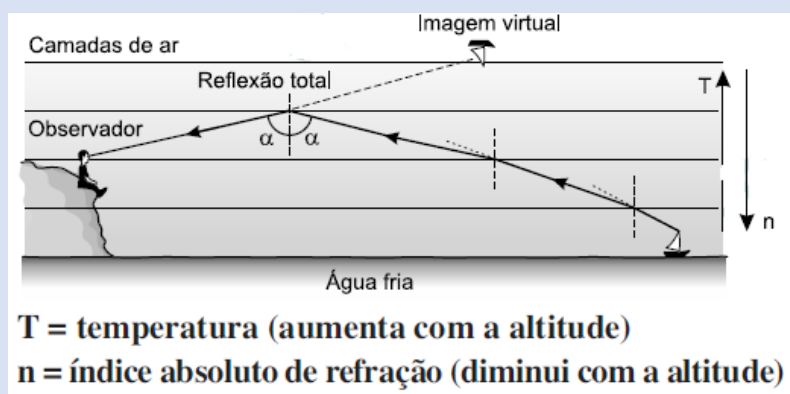
O fenômeno óptico que, segundo os pesquisadores, provoca a Fata Morgana é a

- (A) ressonância
- (B) refração
- (C) difração
- (D) reflexão
- (E) difusão

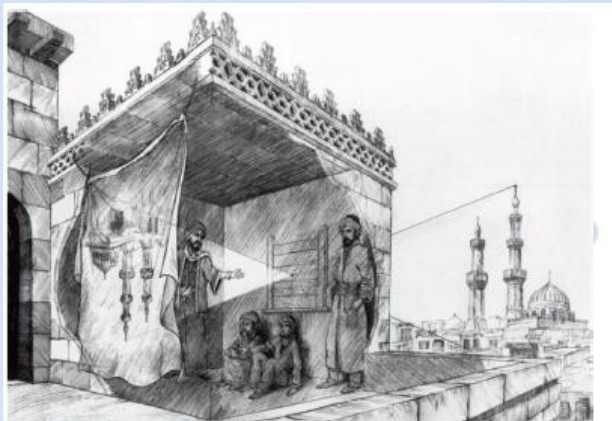
COMENTÁRIOS E DICAS

Na ocorrência da Fata Morgana os fenômenos óticos envolvidos são a refração da luz na atmosfera e a reflexão. Não há como priorizar a importância de um deles, de modo que as opções d e b são possíveis.

O esquema abaixo representa a situação proposta:



14) (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 obscure 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

COMENTÁRIOS E DICAS

O olho humano é uma espécie de camera escura, produzindo imagens reais e invertidas. Questão fácil.

GABARITO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
b	b	d	a	c	d	e	d	d	e	c	e	b	b

PREVISÃO PARA 2016

Este conteúdo é certo na próxima prova. Pelo histórico, poderemos esperar de 3 a 4 questões no mínimo envolvendo os conceitos da Óptica Geométrica. Neste contexto, problemas de visão, reflexão total, espelhos esféricos e refração da luz são assuntos que valem a pena ser revisados com frequência.