Caderno de exercícios – Óptica Geométrica I

Conceitos Básicos

Segundo Ano do Ensino Médio

Autor: Thales Azevedo

Revisor: Lucas Lima

Portal da Física OBMEP

1) **(UFF)** Vários fenômenos físicos podem ser explicados pela propagação retilínea da luz em meios homogêneos. Essa hipótese é conhecida como o modelo do raio luminoso da óptica geométrica. Nos casos em que esse modelo é aplicável, a resolução de problemas físicos reduz-se a aplicações elementares de geometria. Essa primeira questão trata de duas situações nas quais a óptica geométrica ajuda-nos a determinar distâncias e tamanhos de objetos.

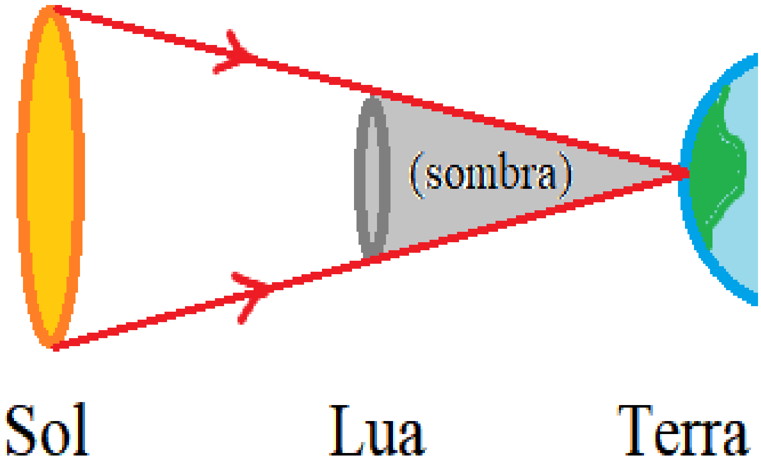
a) Por causa da variabilidade das distâncias entre a Terra e a Lua e entre a Terra e o Sol, o tamanho da região onde um eclipse total do Sol é visível não é sempre o mesmo, podendo, inclusive, reduzir-se a um único ponto da superfície terrestre. Use essa informação para fazer uma estimativa do raio do Sol.

Dados: A distância da Terra à Lua é, aproximadamente, $3{,}8\times10^5$ km, e a distância da Terra ao Sol é, aproximadamente, $1{,}5\times10^8$ km. O raio da Lua é $1{,}7\times10^3$ km.

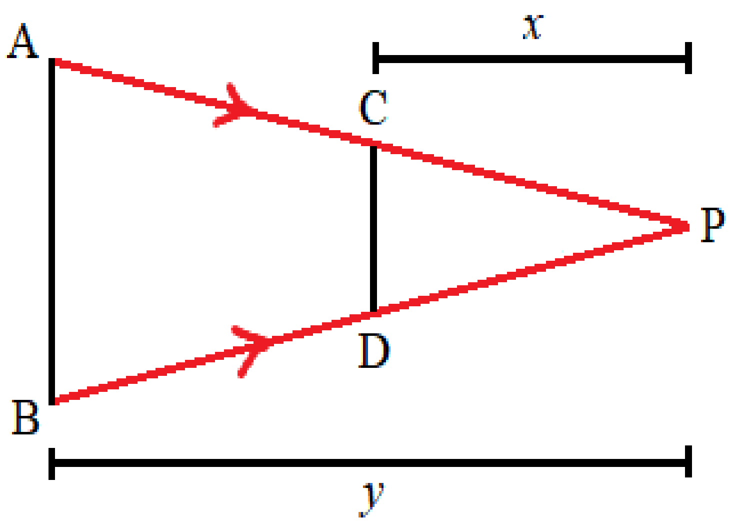
b) Um cidadão tem 1,8 m de altura e encontra-se de pé, à beira d'água, em uma praia oceânica, admirando o horizonte. Estime a distância entre o cidadão e seu horizonte visual, sabendo que o raio da Terra é $6{,}4\times10^6$ m.

Solução: Essa é uma questão discursiva que aborda o princípio da propagação retilínea da luz em meios homogêneos, que foi discutido na primeira parte deste módulo, bem como algumas de suas aplicações. Para resolvê-la, precisaremos usar, além daquele princípio, alguns conceitos básicos de geometria, como veremos a seguir.

Item a) O enunciado pede-nos para estimar o tamanho do raio do Sol, analisando uma situação de eclipse em que o Sol deixa de ser visível apenas em um único ponto da superfície terrestre. Nessa situação, podemos modelar o Sol como uma fonte luminosa extensa, e a Lua como um anteparo opaco, localizado entre a Terra e o Sol, de tal forma que a região de sombra formada estende-se da Lua até o tal ponto na superfície da Terra, como ilustra a figura abaixo (fora de escala).



Sendo assim, podemos identificar dois triângulos semelhantes, como mostrado na próxima figura, em que os astros foram removidos para facilitar a visualização.



Chamando o ponto na superfície terrestre de P, temos que o triângulo ABP, de altura y e base AB (diâmetro do Sol), é semelhante ao triângulo CDP, de altura x e base CD (diâmetro da Lua). Portanto, a razão entre suas bases tem que ser igual à razão entre suas alturas, ou seja,

$$\frac{CD}{AB} = \frac{x}{y}.$$

Substituindo os dados fornecidos no enunciado (e lembrando que o diâmetro mede o dobro do raio), ficamos com

$$\frac{2(1{,}7 \times 10^3)km}{AB} = \frac{3{,}8 \times 10^5}{1{,}5 \times 10^8}$$

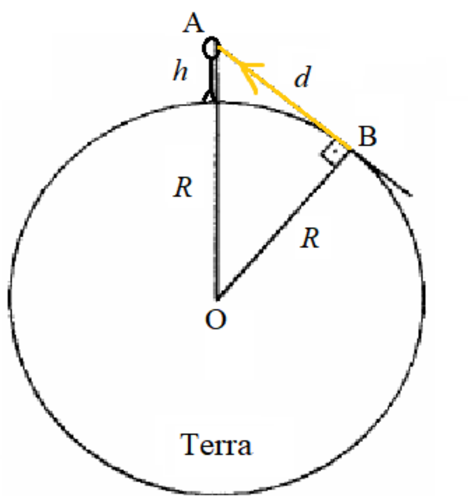
$$AB = \frac{1{,}5 \times 10^8}{3{,}8 \times 10^5}(3{,}4 \times 10^3)km$$

$$AB \approx 13{,}4 \times 10^5 km,$$

ou seja, o diâmetro do Sol mede aproximadamente $13{,}4 \times 10^5$ km. Logo, o raio do Sol, que é o que é pedido no item a), mede aproximadamente $6{,}7 \times 10^5$ km.

Comentário: Nessa situação, pontos da superfície terrestre na vizinhança do ponto P encontrar-se-iam na região de penumbra, de onde seria possível ver um eclipse parcial do Sol, ou seja, a Lua não encobriria a totalidade do Sol no céu.

Item b) Quando alguém, à beira d'água em uma praia oceânica, olha para o horizonte, os pontos mais distantes que a pessoa consegue enxergar (ou seja, os pontos que formam o que a pessoa identifica como o horizonte, a partir do qual os raios de luz emitidos não são mais visíveis) correspondem aos raios de luz que chegam aos olhos da pessoa em uma direção que tangencia a superfície terrestre, como ilustra a figura abaixo (fora de escala). Note que, a partir do ponto B na figura, as retas que ligam pontos na superfície terrestre aos olhos da pessoa cruzam o planeta Terra e, portanto, os raios luminosos emitidos a partir deles são bloqueados pela Terra.



Podemos obter uma ótima aproximação para a distância entre o cidadão e seu horizonte visual, que é pedida no enunciado, considerando a Terra como uma esfera perfeita. Nesse caso, o triângulo ABO na figura é retângulo, uma vez que toda reta tangente a um círculo é perpendicular ao raio que liga o centro do círculo ao ponto de tangência. Sabendo que ABO é um triângulo retângulo, basta então aplicar o teorema de Pitágoras para obter

$$(R + h)^2 = R^2 + d^2$$

$$R^2 + 2Rh + h^2 = R^2 + d^2$$

$$2Rh + h^2 = d^2,$$

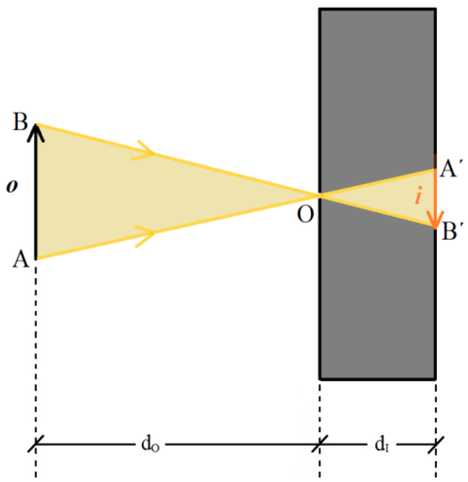
onde *R* é o raio da Terra, *h* é a altura da pessoa (mais precisamente, a distância dos olhos da pessoa ao chão, que é praticamente igual à altura da pessoa) e *d* é a distância procurada. Substituindo os dados fornecidos no enunciado, ficamos com

$$d^2 \approx 23km^2$$
$$\Rightarrow d \approx 4{,}8km.$$

2) **(FEI - adaptada)** Uma câmara escura de orifício fornece a imagem de um prédio, o qual se apresenta com altura de 5 cm. Aumentando-se para 100 m a distância do prédio à câmara, a imagem reduz-se para 4 cm de altura. Qual é a distância entre o prédio e a câmara na primeira posição?

a) 40 m
b) 50 m
c) 60 m
d) 75 m
e) 80 m

Solução: Essa é uma questão de múltipla escolha que aborda a formação da imagem de um objeto extenso em uma câmara escura, como visto na primeira parte deste módulo. Para resolvê-la, basta lembrar a relação entre os tamanhos do objeto e sua imagem, e as distâncias desses ao orifício da câmara escura, obtida por semelhança de triângulos a partir da figura abaixo.



De fato, como vimos na aula, a figura permite concluir que

$$\frac{o}{d_O} = \frac{i}{d_I}.$$

O enunciado descreve duas situações distintas, em que se modifica a distância entre o prédio (objeto) e a câmara escura, consequentemente alterando também o tamanho da imagem formada. Portanto, as variáveis presentes na equação acima que vão mudar de um caso para o outro são d_O (distância entre o objeto e a câmara escura) e i (tamanho da imagem). Naturalmente, o tamanho do prédio (o) e a profundidade da câmara (d_I) permanecem iguais nas duas situações. Sendo assim, a equação acima pode ser reescrita como

$$id_O = od_I = constante,$$

ou seja, o produto de i por d_O tem o mesmo valor nos dois casos. Substituindo os dados fornecidos no enunciado, ficamos com

$$(id_O)_1 = (id_O)_2$$

$$(5cm)(d_O)_1 = (4cm)(100m)$$

$$(d_O)_1 = \frac{4}{5}(100m)$$

$$(d_O)_1 = 80m.$$

Logo, a resposta correta se encontra na alternativa **e)**.

3) (ITA) Um edifício iluminado pelos raios solares projeta uma sombra de comprimento 72 m. Simultaneamente, uma vara vertical de 2,50 m de altura, colocada ao lado do edifício, projeta uma sombra de comprimento 3,00 m. Qual a altura do edifício?

a) 90 m

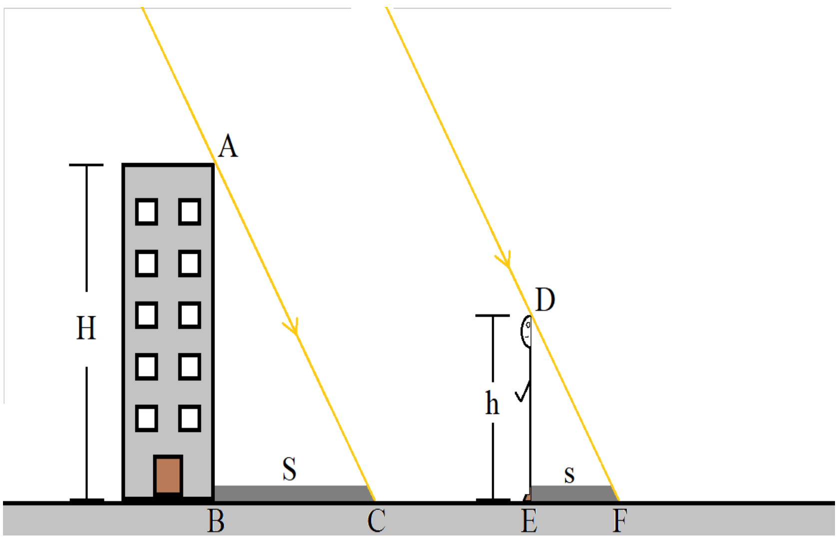
b) 86 m

c) 45 m

d) 60 m

e) nenhuma das anteriores

Solução: Essa é uma questão de múltipla escolha que aborda o princípio da propagação retilínea da luz em meios homogêneos, que foi discutido na primeira parte deste módulo, em particular sua aplicação à relação entre tamanhos de sombras. Para resolvê-la, basta lembrar a relação entre os tamanhos dos objetos e suas sombras, obtida por semelhança de triângulos a partir da figura abaixo (na figura, temos um edifício e uma pessoa de altura *h*, mas a pessoa pode ser substituída por uma vara vertical sem que nada se altere no raciocínio).



De fato, como vimos na aula, a figura permite concluir que

$$\frac{s}{h} = \frac{S}{H},$$

uma vez que os triângulos ABC e DEF são semelhantes. Substituindo os dados fornecidos no enunciado, ficamos com

$$\frac{3{,}00m}{2{,}50m} = \frac{72m}{H}$$
$$3{,}00H = (2{,}50)72m$$
$$H = \left(\frac{2{,}50}{3{,}00}\right)72m$$
$$H = 60m.$$

Logo, a resposta correta encontra-se na alternativa **d)**.

4) (Unitau) Dois raios de luz, que se propagam em um meio homogêneo e transparente, interceptam-se em certo ponto. A partir desse ponto, pode-se afirmar que:

a) os raios luminosos cancelam-se.

b) mudam a direção de propagação.

c) continuam propagando-se na mesma direção e sentindo que antes.

d) propagam-se em trajetórias curvas.

e) retornam em sentidos opostos.

Solução: Essa é uma questão de múltipla escolha que aborda o princípio da independência dos raios luminosos, que foi um dos princípios da óptica geométrica discutidos na primeira parte deste módulo. De fato, o enunciado pede essencialmente que identifiquemos a alternativa que afirma o mesmo que aquele princípio. Da forma que enunciamos, o princípio da independência dos raios luminosos afirma que

"Um determinado raio luminoso não sofre influência de outros raios luminosos que porventura possam haver na sua vizinhança. Mesmo na ocorrência de cruzamento de dois ou mais raios luminosos, cada um segue seu trajeto como se os outros não existissem."

Portanto, a alternativa que está de acordo com esse princípio é a **c)**.

Comentário: Cabe ressaltar que, para além de continuarem propagando-se na mesma direção e sentindo que antes, como afirma corretamente a alternativa c), os raios luminosos de fato seguem com todas as suas propriedades inalteradas. Por exemplo, se fossem raios luminosos de cores distintas, manteriam essas mesmas cores após a interceptação. Essa propriedade está, no fundo, ligada ao fato de a luz ser uma onda eletromagnética.