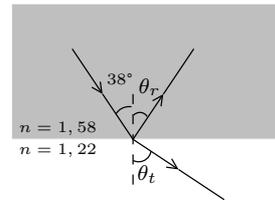


Óptica Geométrica
Séries de Exercícios
2020/2021

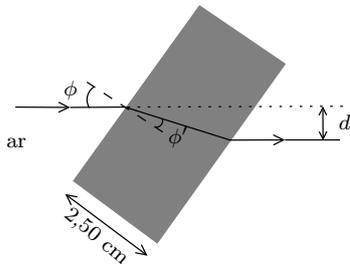
1 de Março de 2021

Série de exercícios n.1 — Propagação da luz

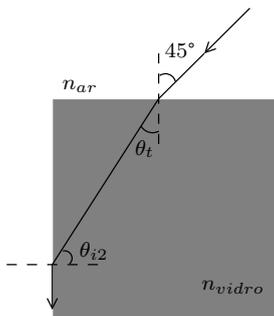
1. A velocidade da luz amarela de sódio num determinado líquido é $1,92 \times 10^8$ m/s. Qual o índice de refração do líquido para essa luz. Considere que a velocidade da luz no ar é de 3×10^8 m/s.
2. Luz com comprimento de onda 600 nm penetra num bloco de vidro com índice de refração 1,5. Qual será o seu comprimento de onda no interior do vidro? Que cor apresentará essa luz fora e dentro do vidro?
3. Um feixe de microondas com comprimento de onda $\lambda = 12$ cm incide numa superfície dielétrica com um ângulo de incidência $\theta_i = 45^\circ$. A relação entre os índices de refração nos meios da transmissão e da incidência é $n_{ti} = 4/3$. Determine o comprimento de onda do feixe no meio da transmissão e o ângulo de refração.
4. Um feixe de luz a propagar-se no ar, incide na superfície de um bloco de quartzo fazendo um ângulo de 30° com a normal à superfície. O feixe é composto por radiação de dois comprimentos de onda, 4 Å e 5 Å, e os índices de refração do quartzo para esses comprimentos de onda são 1,4702 e 1,4624, respectivamente. Determine o ângulo formado pelos dois feixes refractados.
5. Determine o ângulo de refração, θ_t , para um raio que incide com $\theta_i = 30^\circ$ na superfície de separação entre o ar e um bloco de vidro com índice de refração 1,52.
6. Um feixe de luz amarela incide com $\theta_i = 45^\circ$ na superfície de um diamante. O índice de refração do diamante para a luz amarela é 2,42. Determine o desvio angular sofrido na transmissão.
7. Na figura seguinte, determine os ângulos θ_r e θ_t . Determine também o ângulo θ entre os raios reflectido e refractado. $\theta = 89,1^\circ$.



8. Considere a lâmina de faces paralelas da figura. Sabendo que o feixe de luz que incide numa das faces com um ângulo $\phi = 30,0^\circ$ é refractado com um ângulo $\phi' = 20,7^\circ$,
 - (a) determine o índice de refração da lâmina;
 - (b) calcule a distância d que o raio foi desviado.



9. Dois materiais, A e B, têm índices de refração de 1,667 e 1,586, respectivamente.
 - (a) Determine o ângulo crítico para que ocorra reflexão interna total no plano de separação entre os dois materiais.
 - (b) Em que material deve propagar-se o raio incidente para ser reflectido totalmente?
10. Um feixe luminoso incide sobre uma placa de vidro de secção quadrada com $\theta_i = 45^\circ$. Qual deve ser o índice de refração do vidro para que exista reflexão interna total na face vertical da placa?

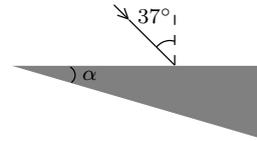


Soluções:

1. $n = 1,56$
2. $\lambda_t = 400 \text{ nm}$
3. $\lambda_t = 9 \text{ cm}, \theta_t = 32^\circ$
4. $0,11^\circ$
5. $\theta_t = 19,2^\circ$
6. 28°
7. $\theta_1 = 38^\circ, \theta_2 = 52,88^\circ, 89,12^\circ$
8. (a) $n = 1,41$
(b) $d = 0,43 \text{ cm}$
9. (a) $\theta_i = 72^\circ$
(b) A
10. $n = 1,22$

Série de exercícios n.2 — Prismas

1. Um raio de luz que se propaga no ar, incide sobre um prisma de índice de refração 1,60 (ver figura). Calcule o mínimo ângulo α que o prisma deverá ter para que ocorra reflexão interna total na sua segunda superfície.



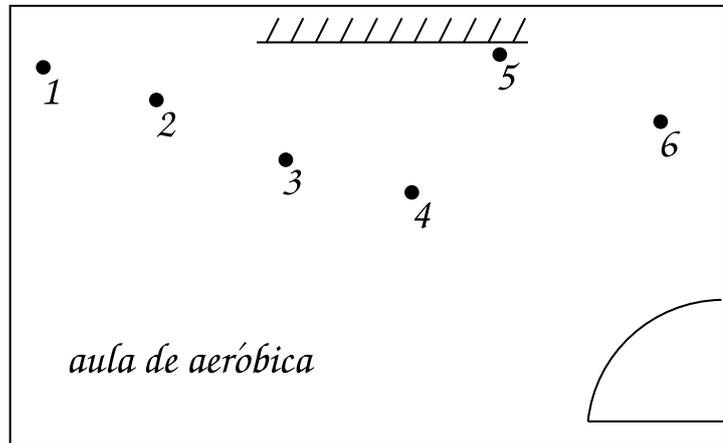
2. Um feixe de luz branca incide num prisma segundo um ângulo normal à sua primeira superfície. Determine os desvios sofridos pela luz vermelha e pela luz azul ao atravessarem a segunda superfície, sabendo que o ângulo do prisma é 30° e o seu índice de refração é 1,4702 e 1,4624 para as luzes azul e vermelha, respectivamente.
3. Um prisma tem ângulo apical 10° . Sabendo que o seu índice de refração é 1,517, determine a sua potência em dioptria prismática.
4. Um prisma com índice de refração de 1,523 e ângulo apical de 6° , produz um deslocamento aparente na posição de um objecto observado através dele de 7,5 cm. Determine a distância do objecto ao prisma.
5. A imagem de um objecto, formada por um prisma, encontra-se deslocada 4 cm em relação à posição real do objecto. Sabendo que o prisma tem potência $0,5^\Delta$, determine a que distância do prisma se encontra o objecto.
6. Compare o deslocamento da imagem formada por um prisma de 1^Δ com o deslocamento da imagem formada por um prisma de 1^∇ .
7. Um prisma de vidro com índice de refração de 1,523 tem um ângulo apical de 5° .
 - (a) Determine a sua potência, expressa em dioptrias prismáticas usando a aproximação paraxial e depois repita o exercício sem usar aproximação paraxial.
 - (b) Repetir o exercício, com e sem a utilização de aproximação paraxial, para um prisma de 10° .
8. Uma escala tangente está calibrada para ser utilizada a 5 m. Um observador, incorrectamente colocado a 4 m, obtém uma leitura de 6^Δ para um prisma. Assumindo um índice de refração de 1,523, determine o ângulo apical do prisma.
9. Um olho observa um objecto pontual situado 30 cm à frente do seu centro de rotação. Se um prisma de 6^Δ for depois colocado à frente do olho, a 2,5 cm centro de rotação do olho, determine o ângulo de que o olho deve rodar para voltar a ver o objecto pontual.
10. Um prisma com ângulo apical 120° e índice de refração 1,732 tem a sua base espelhada. Indique com que direcção sai da segunda superfície do prisma, um raio luminoso que incida na primeira superfície numa direcção paralela à sua base. Calcule o ângulo de refração na segunda superfície.

Soluções:

1. $16,6^\circ$
2. $\delta_v = 16,99^\circ, \delta_a = 17,32^\circ$
3. 9^Δ
4. $136,9 \text{ cm}$
5. 8 m
6. —
7. (a) $4,56^\Delta, 4,59^\Delta$
(b) $9,15^\Delta, 9,34^\Delta$
8. $\alpha = 8^\circ 11'$
9. $5,5^\Delta$
10. 60°

Série de exercícios n.3 — Superfícies reflectoras

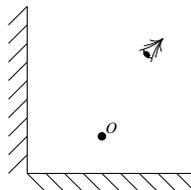
1. Numa aula de aeróbica, seis praticantes da modalidade situam-se em frente de uma parede espelhada de acordo com a distribuição da figura seguinte. Indique para cada praticante, quais dos outros consegue ver através do espelho.



2. Conseguirá a Betty Boop ver a sua imagem completa no espelho? Qual a altura mínima do espelho, necessária para que ela veja a sua imagem completa?



3. Mostre que para um espelho plano, a distância do objecto ao espelho é igual à distância do espelho à imagem.
4. Explique a razão devido à qual, as imagens que observamos num espelho plano podem aparentar ser mais pequenas do que os objectos que lhe dão origem. Utilize como exemplo um indivíduo situado a 6 m de um espelho plano. A meia distância entre o indivíduo e o espelho encontra-se uma cadeira. O indivíduo manifesta ver a cadeira maior do que a imagem da cadeira dada pelo espelho.
5. Uma sala possui duas paredes espelhadas com os espelhos formando um ângulo de 90° entre si. Um observador e um objecto, O , encontram-se nas posições indicadas na figura. Indique quantas imagens do objecto consegue perceber o observador. Dessas imagens, indique quais as que apresentam reversão lateral.



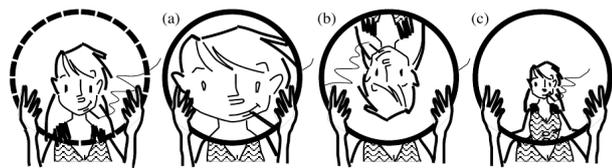
-
6. Dois espelhos planos formam um ângulo de 60° . Sobre a bissetriz de ambos, existe um ponto luminoso, O . Quantas imagens do ponto O se formam e onde estão situadas?
 7. Mostre que o número, n , de imagens formadas por dois espelhos planos posicionados de forma a fazerem um ângulo θ entre si, é dado por $n = \frac{360}{\theta} - 1$. Repare no que acontece quando os dois espelhos são paralelos, $\theta = 0^\circ$.
 8. Um objecto está situado em frente de um espelho côncavo com raio de curvatura $r = 15$ cm. Determine a posição, natureza e ampliação da imagem quando:
 - (a) o objecto se situa 10 cm à frente do espelho;
 - (b) o objecto se situa 5 cm à frente do espelho.
 9. Um espelho convexo com raio de curvatura $r = 3,0$ m é utilizado como espelho retrovisor de um carro. Se um peão estiver situado a 5 m do espelho, determine a posição, natureza e tamanho da imagem formada pelo espelho.
 10. Determine o raio de curvatura uma superfície reflectora capaz de formar em O' uma imagem perfeita de um ponto objecto real O , situado 8 cm à esquerda de O' , sabendo que o vértice da superfície se situa 1 cm à direita de O' . De que tipo de superfície se trata, côncava ou convexa?
 11. Um espelho esférico côncavo tem raio r e centro em C . Um objecto real, direito e com altura $r/6$, situa-se a $1,5r$ do vértice do espelho. Trace o diagrama de raios que mostra a formação da imagem. Calcule a localização da imagem e a sua ampliação.
 12. Repita o exercício anterior para um espelho convexo.

Soluções:

1. 1 vê 5,
2 vê 5 e 6
3 vê 3, 4, 5 e 6
4 vê 3, 4 e 5
5 vê todos
6 vê 2, 3 e 5
2. 0,9 m
3. —
4. —
5. —
6. 5 imagens
7. —
8. (a) $s' = -30$ cm, $m = -3$, imagem real, ampliada e invertida
(b) $s' = 15$ cm, $m = +3$, imagem virtual, ampliada e direita
9. $s' = 1,15$ m, $m = +0,23$, imagem virtual, reduzida e direita
10. $r = 1,8$ mm, superfície côncava
11. $s' = -0,75r$ cm, $m = -0,5$, imagem reduzida e invertida
12. $s' = 0,375r$ cm, $m = +0,25$, imagem reduzida e direita

Série de exercícios n.4 — Superfícies esféricas refractoras, lentes e sistemas ópticos

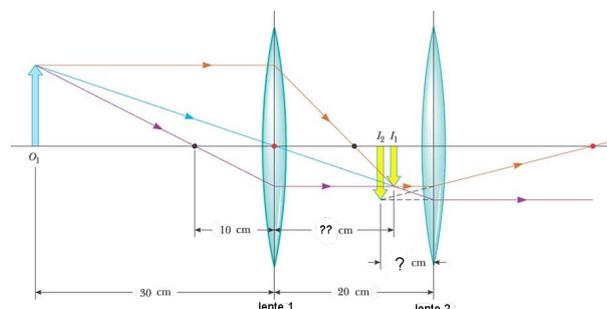
1. Uma superfície côncava com raio de curvatura $r = 2,0$ cm separa um meio com índice de refração 1,0 de outro meio com índice de refração 1,5. Um objecto é colocado no primeiro meio, a 10,0 cm do vértice da superfície. Determine as distâncias focais objecto (f) e imagem (f') e a potência dióptrica F da superfície. Determine o aumento e descreva as características da imagem.
2. Uma superfície convexa com raio de curvatura $r = 2,5$ cm separa um meio com índice de refração 1,0 de outro meio com índice de refração 1,635. Um objecto é colocado no primeiro meio, a 9,0 cm do vértice da superfície. Determine as distâncias focais objecto (f) e imagem (f') e a potência dióptrica F da superfície. Determine o aumento e descreva as características da imagem.
3. Um objecto está colocado 20 cm à esquerda de uma lente fina divergente cuja distância focal tem módulo igual a 30 cm. Onde se forma a imagem? Obtenha a posição da imagem tanto analiticamente como através do diagrama de raios.
4. Uma lente com índice de refração de 1,523 tem raios de curvatura $r_1 = -160,92$ mm e $r_2 = +160,92$ mm nas suas superfícies anterior e posterior. Determine a potência da lente e descreva a sua forma.
5. Considere as seguintes 4 imagens do rosto de uma moça.



A primeira imagem é a da moça inalterada, nas outras três, identificadas por (a), (b) e (c), a moça é vista através de de um pedaço de vidro com curvatura esférica. Que tipo de lente, positiva ou negativa, é o vidro em cada caso. Em cada caso, qual a natureza da imagem, real ou virtual?

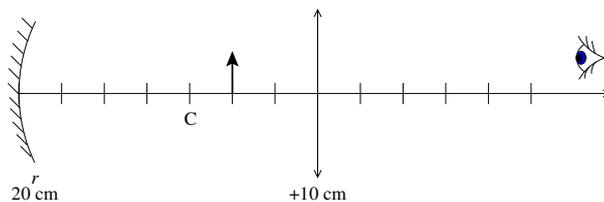
- (a) positiva negativa real virtual
 (b) positiva negativa real virtual
 (c) positiva negativa real virtual

6. Considere a vergência com que um feixe luminoso emerge de uma lente.
 - (a) Se o feixe emerge da lente com vergência $+6$ D, determine a sua vergência depois de ter percorrido 10 mm no ar.
 - (b) Se o feixe emerge da lente com vergência -6 D, determine a sua vergência depois de ter percorrido 10 mm no ar.
7. Considere o esquema óptico representado na figura.



Sabendo que a potência da 2ª lente é metade da potência da primeira, quanto vale o ?? e o ? que aparecem na figura? Qual o valor da ampliação?

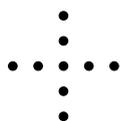
8. Obtenha, pelo traçado dos raios e analiticamente, a posição da imagem do objecto representado na figura.



9. Transponha as seguintes prescrições para as suas duas formas alternativas (desenhe os cortes seccionais das formas transpostas):

- (a) $+3.00 + 4.00 \times 180$;
- (b) $-4.00 \times 180 / -2.00 \times 90$;
- (c) $+1.00 \times 180 / +2.00 \times 90$;
- (d) $+2.00 \times 45 / +3.00 \times 135$;
- (e) $+3.50 - 4.00 \times 5$.

10. Um sistema óptico afectado de aberração esférica, forma uma imagem do objecto seguinte. Faça um esquema da imagem esperada.



11. A seguinte imagem foi obtida a partir de um sistema óptico afectado de um dos tipos de aberração monocromática que estudámos. Indique qual a aberração observada.



Soluções:

1. -6 cm , 4 cm , -25 D , $-0,43$, virtual, invertida, reduzida
2. $+6,44 \text{ cm}$, $-3,49 \text{ cm}$, $+25,4 \text{ D}$, $1,27$, real, direita, ampliada
3. -12 cm
4. Bicôncava, $-6,5 \text{ F}$
5. (a) Positiva, virtual
(b) Positiva, real
(c) Negativa, virtual
6. (a) $+6,38 \text{ D}$
(b) $-5,56 \text{ D}$
7. $?? = 15 \text{ cm}$, $? = -6,67 \text{ cm}$, $m = -0,67$
8. $22,05 \text{ cm}$
9. (a) $+7.00 - 4.00 \times 90$, $+7.00 \times 180 / +3.00 \times 90$
(b) $-4.00 + 2.00 \times 90$, $-2.00 - 2.00 \times 180$
(c) $+1.00 + 1.00 \times 90$, $+2.00 - 1.00 \times 180$
(d) $+2.00 + 1.00 \times 135$, $+3.00 - 1.00 \times 45$
(e) $-0.50 + 4.00 \times 95$, $-0.50 \times 5 / +3.50 \times 95$

Série de exercícios n.5 — Instrumentos ópticos e optométricos

1. Um colecionador de selos utiliza uma lupa para observar os detalhes de cada selo. Sabendo que a lupa é formada por uma lente convergente com distância focal $f = 30$ mm e que a ampliação obtida é de $3x$, determine a distância entre a lupa e os selos.
2. Um telescópio de Kepler é formado por duas lentes convergentes biconvexas simétricas. A lente que serve de objectiva tem índice de refração de $n = 1,15$ e raio de curvatura $r = 150$ mm, a lente que serve de ocular tem índice de refração de $n = 1,65$ e raio de curvatura $r = 70$ mm. Determine o comprimento do telescópio.
3. Num telescópio de Galileu, a objectiva e a ocular distam entre si 320 mm e a distância focal da objectiva é 360 mm.
 - (a) Determine a distância focal da ocular.
 - (b) Determine a que distância do telescópio se forma a imagem de um objecto localizado no infinito e indique as características desta imagem.
4. Um frontofocómetro possui uma lente padrão de $+22,00$ D. Determine a distância de que deve mover o retículo a partir da posição de referência se pretender medir uma lente de $-3,00$ D.
5. Determine o raio de curvatura de uma córnea medida com um queratómetro de Helmholtz, se a mira se situar a 200 mm do olho e o seu diâmetro for de 150 mm. Considere que o tamanho da imagem dada pela córnea é 3 mm e que esta imagem se situa a 4 mm do vértice da córnea.

Soluções:

1. 20 mm
2. $553,8$ mm
3. (a) 40 mm
(b) infinito óptico, reduzida, direita.
4. $-6,2$ mm
5. $8,16$ mm