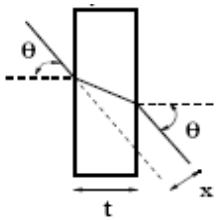
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Departamento de Física
FIS01044
UNIDADE II

ÓPTICA GEOMÉTRICA

Lista de Problemas

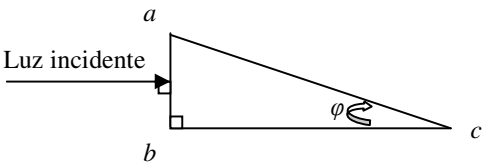
Problemas extraídos de "HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. **Fundamentos de física 4: ótica e física moderna.** 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996, cap. 39". O número do problema no original é indicado entre parêntesis.

1. (5P) Uma estaca vertical de 2,00 m de comprimento vai do fundo de uma piscina até um ponto 50,0 cm acima do nível da água. A luz do Sol incide com um ângulo de 55,0^o acima do horizonte. Qual o tamanho da sombra da estaca no fundo da piscina?
2. (6P) Prove que um raio de luz incidente sobre a superfície de uma placa de vidro de espessura t emerge na face oposta paralelamente à direção inicial, mas deslocado lateralmente, como na figura abaixo. Mostre que o desvio vale $x = tsen\theta\left(1 - \frac{\cos\theta}{\sqrt{n^2 - sen^2\theta}}\right)$ e que, para pequenos ângulos de incidência θ, esse deslocamento reduz-se a $x = t\theta\frac{n-1}{n}$, onde n é o índice de refração do vidro e θ é medido em radianos.

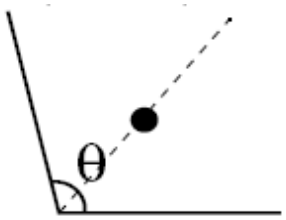


3. (8P) Uma moeda está no fundo de uma piscina cuja profundidade é d e índice de refração, n. (a) Qual o raio de curvatura de uma superfície plana? (b) Mostre que os raios luminosos próximos à normal parecem vir de um ponto $d_a = d/n$ abaixo da superfície. Essa distância é a profundidade aparente da piscina. (c) Se usarmos apenas um olho para observar a moeda, o que ocorre?

4. (18P) A figura abaixo mostra um raio de luz perpendicular à face *ab* de um prisma de vidro (n = 1,52). Ache o maior valor do ângulo φ, de modo que o raio seja totalmente refletido na face *ac* do prisma, quando imerso (a) no ar e (b) na água.



5. (21P) Um cubo sólido de vidro de 10 mm de aresta e índice de refração 1,5 tem uma pequena mancha em seu centro. (a) Que parte de cada face do cubo deve ser coberta para evitar que a mancha seja vista, independentemente da direção em que se olhe? (Despreze os comportamentos posteriores dos raios refletidos internamente.) (b) Que fração da superfície do cubo deve ser coberta?
6. (26P) Uma fibra óptica consiste num núcleo de vidro (índice de refração n_1) circundado por uma película (índice de refração $n_2 < n_1$). Suponha um feixe de luz entrando na fibra, proveniente do ar, num ângulo θ com o eixo da fibra. (a) Mostre que o maior valor possível de θ para o qual o raio pode propagar-se na fibra é dado por $\theta = arcsen(\sqrt{n_1^2 - n_2^2})$. (b) Suponha que o os índices de refração de vidro e da película sejam 1,58 e 1,53, respectivamente, e calcule o valor desse ângulo.
7. (38 E e 39P) Considere um ponto colocado na bissetriz do ângulo formado entre os dois espelhos da figura abaixo. Quantas imagens podem ser observadas se o ângulo for (a) 90^o , (b) 45^o , (c) 60^o e (d) 120^o?



8. (43P) Colocamos uma fonte pontual de luz *S* a uma distância *d* de uma tela *A*. De quanto variará a intensidade no centro da tela se você colocar um espelho *M* a uma distância *d* atrás da fonte? *Sugestão*: use a variação da intensidade com a distância a partir de uma fonte pontual.
9. (46E) Um espelho de barbear côncavo cujo raio de curvatura é 35 cm está posicionado de modo que a imagem (direita) da face de um homem seja 2,5 vezes o tamanho de sua face. A que distância está o espelho da sua face?
10. (48P) Complete a tabela abaixo, em que cada coluna se refere a um espelho esférico ou espelho plano e um objeto. Esboce a disposição do espelho, do objeto e da imagem. As distâncias estão em cm; se faltar o sinal em um número, determine-o.

	a	b	c	d	e	f	g	h
Tipo	Côncavo						Convexo	
f	20		+20			20		
r					-40		40	
i					-10		4,0	
o	+10	+10	+30	+60				+24
m		+1,0		-0,50		+0,10		0,50
Imagem real?		Não						
Imagem direita?								Não

11. (52P) Complete a tabela abaixo, em que cada coluna se refere a uma superfície esférica separando dois meios com índices de refração diferentes. As distâncias estão em cm; se faltar o sinal em um número, determine-o. Considere o objeto puntiforme. Desenhe uma figura para cada situação.

	a	b	c	d	e	f	g	h
n_1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
n_2	1,5	1,5	1,5		1,0	1,0	1,0	
o	+10	+10		+20	+10		+70	+100
i		-13	+600	-20	-6,0	-7,5		+600
r	+30		+30	-20		-30	+30	-30
Imagem real?								

12. (55E) Duas lentes coaxiais convergentes, com distâncias focais f_1 e f_2, estão colocadas a uma distância $f_1 + f_2$ uma da outra. Dispositivos como esse são chamados de alargadores de feixes e são seguidamente empregados para aumentar os diâmetros de feixes luminosos provenientes de lasers. (a) Sendo W_1 a largura do feixe incidente, mostre que a largura do feixe emergente é $W_2 = (f_2/f_1)W_1$. (b) Mostre como se pode obter um alargador de feixe combinando uma lente convergente e uma divergente. A relação entre as larguras dos feixes se modifica?
13. (57E) Uma lente biconvexa de vidro tem índice de refração de 1,5. O raio de curvatura de uma superfície é duas vezes o raio da outra, e a distância focal é de 60 mm. Quais são os raios?
14. (58E) Focalizamos uma imagem do Sol sobre uma tela, usando uma lente delgada cuja distância focal é de 20 cm. Qual é o diâmetro da imagem? *Dados*: raio do Sol = $6{,}96\times10^8$ m, distância Terra-Sol = $1{,}50\times10^{11}$ m.
15. (65P) No que for possível, complete a tabela abaixo, em que cada coluna se refere a uma lente delgada. As distâncias estão em cm; se faltar o sinal em um número, determine-o. Desenhe uma figura para cada situação e construa graficamente as imagens.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Tipo	Convergente								
f	10	+10	10	10					
r_1					+30	-30	-30		
r_2					-30	+30	-60		
i									
o	+20	+5,0	+5,0	+5,0	+10	+10	+10	+10	+10
n					1,5	1,5	1,5		
m			>1,0	<1,0				0,50	0,50
Imagem real?									Sim
Imagem direita?								Sim	

16. (66P) Uma lente convergente com distância focal de +20cm está localizada 10cm à esquerda de uma lente divergente com distância focal de -15 cm. Se um objeto real estiver localizado 40 cm à esquerda da primeira lente, localize e descreva completamente a imagem formada.
17. (67P) Um objeto é colocado a 1 m de distância em frente a uma lente convergente, de distância focal 0,5m, a qual se encontra a 2 m de distância, em frente a um espelho plano. (a) Onde está a imagem final, medida a partir da lente, que seria vista por alguém olhando para o espelho, através da lente? (b) A imagem final é real ou virtual? (c) A imagem final é direita ou invertida? (d) Qual é a amplificação transversal linear?
18. (76E) Num microscópio, a distância focal da objetiva é 4,00 cm e a da ocular é 8,00 cm. A distância entre as lentes é de 25,0 cm. (a) Qual é o comprimento do tubo? (b) A que distância da objetiva está o objeto? (c) Qual é, então, a ampliação lateral da objetiva? (d) Qual é a ampliação angular da ocular? (e) Qual é a ampliação total do microscópio? Considere a distância do ponto próximo igual a 15 cm.

Problemas extraídos de "TIPLER. P. A. **Física para cientistas e engenheiros.** v.4**.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 32". O número do problema no original é indicado entre parêntesis.

19. (11) Qual o aumento de uma lente de distância focal 7,0 cm, quando a imagem está no infinito, para uma pessoa que tem o ponto próximo a 35 cm?
20. (19) A objetiva de um microscópio tem a distância focal 0,5 cm. A imagem que forma está a 16 cm do seu segundo ponto focal. Qual o aumento para uma pessoa cujo ponto próximo está a 25 cm, com uma ocular cuja distância focal seja 3,0 cm?
21. (21) Um microscópio simples, manual, é constituído por duas lentes convergentes de 20 dioptrias, montadas nas extremidades de um tubo de 30 cm. (a) Qual o comprimento do tubo desse microscópio? (b) Qual a ampliação lateral da objetiva? (c) Qual o aumento do microscópio? (d) A que distância da objetiva deve ficar o objeto?
22. (23) Um telescópio tem uma objetiva de distância focal 100 cm e uma ocular com a distância focal 5,0 cm. É usado para observar a Lua, que subtende um ângulo de 0,009 rad, aproximadamente. (a) Qual o diâmetro da imagem formada pela objetiva? (b) Qual o ângulo subtendido pela imagem final no infinito? (c) Qual o aumento do telescópio?

RESPOSTAS: **1.** 1,07 m **4.** (a) 48,9º (b) 29,0º **5.** (a) Deve-se cobrir um disco de 4,5 mm no centro de cada face do cubo (b) 0,63 **6.** (b) 0,4 rad **7.** (a) 3 (b) 7 (c) 5 (d) 2 **8.** 1/9 **9.** 10,5 cm **10.** (a) +, +40, -20, +2, não, sim (b) Plano, ∞, ∞, -10, sim (c) Côncavo, +40, +60, -2, sim, não (d) Côncavo, +20, +40, +30, sim, não (e) Convexo, -20, +20, +0,5, não, sim (f) Convexo, -, -40, -18, +180, não, sim (g) -20, -, -, +5, +0,8, não, sim (h) Côncavo, +8, +16, +12, -, sim **11.** (a) -18, não (b) -32,5, não (c) +70,6, sim (d) X, não (e) +30, não (f) +10, não, (g) -26,25, não (h) 1, sim **13.** 45 e 90 mm **14.** 0,18 cm **15.** (a) +, X, X, +20, X, -1,0, sim, não (b) Convergente, X, X, -10, X, +2,0, não, sim (c) Convergente, +, X, X, -10, X, não, sim (d) Divergente, -, X, X, -3,3, X, não, sim (e) Convergente, +30, -15, +1,5, não, sim (f) Divergente, -30, -7,5, +0,75, não, sim (g) Divergente, -120, -9,2, +0,92, não, sim (h) Divergente, -10, X, X,-5, X, +, não (i) Convergente, +3,3, X, X, +5, X, não **16.** i = -30 cm, m = +1,0 **17.** (a) 0,6 m da lente, do lado oposto ao espelho. (b) real (c) direita (d) +0,2 **18.** (a) 13,0 cm (b) 5,23 cm (c) -3,25 (d) 1,875 (e) -6,09 **19.** 5,0 **20.** 267 **21.** (a) 20 cm (b) -4,0 (c) -20 (d) 6,25 cm **22.** (a) 0,9 cm (b) 0,18 rad (c) -20