LENTES E INSTRUMENTOS ÓPTICOS

1. (UERJ 2016) A altura da imagem de um objeto, posicionado a uma distância P_1 do orifício de uma câmara escura, corresponde a 5% da altura desse objeto. A altura da imagem desse mesmo objeto, posicionado a uma distância P_2 do orifício da câmara escura, corresponde a 50% de sua altura.

Calcule P_2 em função de P_1.

2. (USF 2016) Um microscópio composto é formado por duas lentes não justapostas que recebem, respectivamente, as denominações de lentes objetiva e ocular. A figura abaixo mostra uma imagem de raios X desse aparelho.

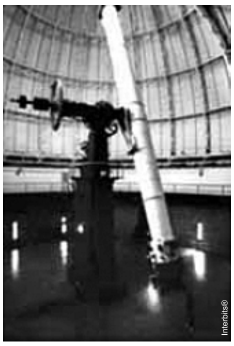
O objetivo de se usar duas lentes dispostas dessa maneira é que a lente ocular ampliará a imagem de um objeto que a lente objetiva já deixou maior, conseguindo, assim, aumentos bem significativos. Imagine uma estrutura vegetal esférica de diâmetro 4 mm sendo colocada a 1cm da lente objetiva. A imagem final observada tem diâmetro 0,4 m e se encontra a 0,5 m da lente ocular. Sendo a distância entre as duas lentes 30 cm, determine a ampliação da imagem realizada apenas pela lente objetiva.

3. (UFG 2014) Em 2014, comemoram-se os 450 anos do nascimento de Galileu Galilei. Entre as inúmeras contribuições científicas de Galileu, destaca-se a utilização do telescópio para observações astronômicas. Um dos primeiros telescópios empregados por Galileu, em 1609, era constituído por duas lentes esféricas delgadas convergentes, uma objetiva e uma ocular e, por meio desse instrumento, Galileu conseguiu observar as crateras da Lua. Considerando o exposto, determine:

a. a distância focal da objetiva, considerando que o valor absoluto do fator de ampliação angular desse telescópio era 15 e que a distância focal da ocular era 9 cm;

b. o tamanho angular, em graus, de uma cratera lunar vista por Galileu com o olho próximo da ocular, considerando que a distância entre a Terra e a Lua é de aproximadamente 384000 km e que o diâmetro da cratera é cerca de 2400 km. Utilize a aproximação $tg\theta \approx \theta$ para ângulos pequenos (em radianos).

4. (UNIFESP 2013) Um telescópio refrator trabalha com a propriedade de refração da luz. Este instrumento possui uma lente objetiva, que capta a luz dos objetos e forma a imagem. Outra lente convergente, a ocular, funciona como uma lupa, aumentando o tamanho da imagem formada pela lente objetiva. O maior telescópio refrator do mundo em utilização, com 19,2m de comprimento, é o telescópio Yerkes, que teve sua construção finalizada em 1897 e localiza-se na Universidade de Chicago, nos EUA.



(www.cdcc.usp.br)

O telescópio Yerkes possui uma objetiva com 102cm de diâmetro e com razão focal (definida como a razão entre a distância focal e o diâmetro de abertura da lente) igual a 19,0.

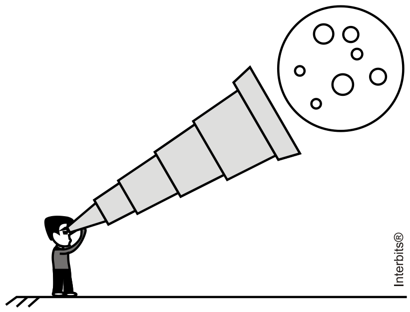
a. Qual a distância focal da objetiva do telescópio refrator descrito e quanto vale a soma das distâncias focais da objetiva e da ocular?

b. Qual é o aumento visual (ampliação angular) do telescópio?

5. (UFSCAR 2010) Neste ano o mundo todo comemora os 400 anos das primeiras observações astronômicas realizadas por Galileu Galilei. Popularizam-se esquemas de montagens caseiras de lunetas utilizando materiais de baixo custo, tais como, por exemplo, tubos de PVC, uma lente convergente (objetiva) e uma lente divergente ou convergente (ocular).

Na escolha das lentes a serem utilizadas na montagem da luneta, geralmente, não são relevantes as suas distâncias focais, f_1 e f_2 (medidas em metros), mas sim as suas potências de refração (vergência), cuja unidade de medida é a dioptria ("grau"). A vergência V de uma lente convergente ou divergente é dada pelo inverso da distância focal.

Na montagem da luneta, a distância entre as duas lentes é igual à soma das distâncias focais dessas lentes e o aumento no tamanho da imagem observada com a luneta é dado pela razão entre as distâncias focais das lentes objetiva e ocular.

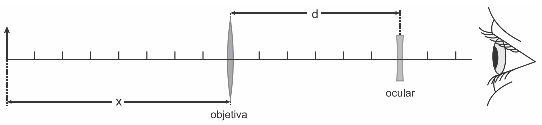


De posse dessas informações e desejando construir uma luneta, um estudante adquiriu tubos de PVC, uma lente objetiva convergente de 1,50 grau e uma lente ocular divergente com distância focal de 3 cm.

a. Calcule a que distância máxima da lente objetiva ele deverá fixar a ocular. A imagem formada será direta ou invertida?

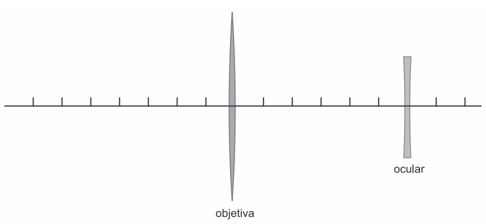
b. Empolgado com essa montagem, o estudante deseja construir uma luneta com o triplo da capacidade de ampliação da imagem. Mantendo-se fixa a objetiva em 1,50 grau, calcule qual será o valor da vergência da ocular e o tamanho máximo da luneta.

6. (UFF 2004) Uma pequena luneta consiste em uma lente objetiva convergente de distância focal $f_0 = 35$ cm e de uma lente ocular divergente de distância focal $f_1 = -5,0$ cm. As duas lentes estão separadas por uma distância d = 30 cm, como ilustrado na a seguir. Um objeto é colocado sobre o eixo óptico da luneta, à esquerda da objetiva, distando x da mesma.

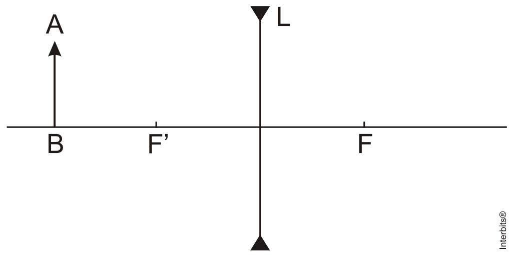


a. Calcule a posição da imagem final desse objeto, medida em relação ao centro da lente ocular, quando x = 40 cm.

b. Considere um feixe de raios paralelos de luz incidente na objetiva. Complete o diagrama de raios abaixo, representando suas trajetórias no interior da luneta e indicando claramente a direção em que emergem da ocular (a figura foi ampliada na direção transversal ao eixo óptico da luneta para facilitar seu desenho).



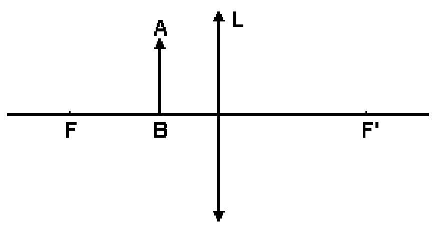
7. (UNESP 1995) A figura adiante mostra um objeto AB, uma lente divergente L e as posições de seus focos, F' e F.



a. Copie esta figura. Em seguida, localize a imagem A'B' do objeto fornecida pela lente, traçando a trajetória de, pelo menos, dois raios incidentes, provenientes de A.

b. A imagem obtida é real ou virtual? Justifique sua resposta.

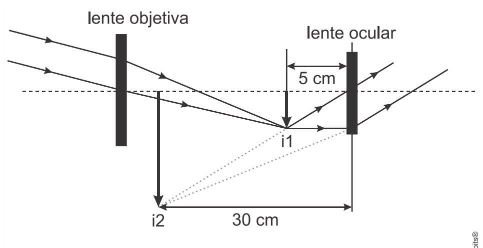
8. (UNESP 1995) A figura a seguir mostra um objeto AB, uma lente convergente L, sendo utilizada como lupa (lente de aumento), e as posições de seus focos F e F'.



a. Copie esta figura. Em seguida, localize a imagem A'B' do objeto, fornecida pela lente, traçando a trajetória de, pelo menos, dois raios incidentes, provenientes de A.

b. A imagem obtida é real ou virtual? Justifique sua resposta.

9. (UFU 2017) Uma luneta astronômica é um equipamento que emprega duas lentes dispostas num mesmo eixo de simetria, sendo uma objetiva e a outra ocular. A luz de um astro distante, quando atravessa a lente objetiva, produz uma imagem real (i1), que se comporta como objeto para a lente ocular, que produzirá uma imagem final virtual (i2), maior e invertida em relação ao objeto, conforme esquema a seguir.

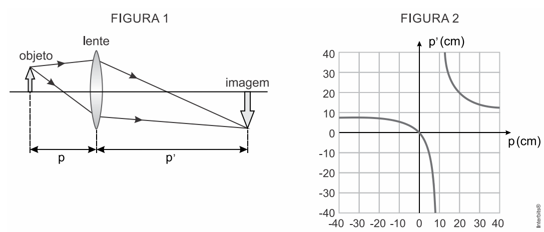


(Figura fora de escala)

a. Conforme características apontadas no esquema, qual o tipo de lente esférica usada como objetiva e como ocular, de acordo com seu comportamento óptico? Justifique sua resposta.

b. Considere uma luneta, cuja distância focal da objetiva é de 120 cm. Sabendo-se que a amplificação da referida luneta é dada pela razão entre a distância focal da objetiva e a distância focal da ocular, calcule a amplificação conseguida por um equipamento com as características das lentes descritas no esquema.

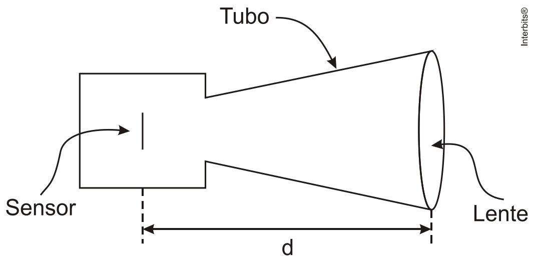
10. (UNESP 2016) Durante a análise de uma lente delgada para a fabricação de uma lupa, foi construído um gráfico que relaciona a coordenada de um objeto colocado diante da lente (p) com a coordenada da imagem conjugada desse objeto por essa lente (p’). A figura 1 representa a lente, o objeto e a imagem. A figura 2 apresenta parte do gráfico construído.



Considerando válidas as condições de nitidez de Gauss para essa lente, calcule a que distância se formará a imagem conjugada por ela, quando o objeto for colocado a 60 cm de seu centro óptico. Suponha que a lente seja utilizada como lupa para observar um pequeno objeto de 8mm de altura, colocado a 2 cm da lente. Com que altura será vista a imagem desse objeto?

11. (FUVEST 2014) Um estudante construiu um microscópio ótico digital usando uma webcam, da qual ele removeu a lente original. Ele preparou um tubo adaptador e fixou uma lente convergente, de distância focal f = 50 mm, a uma distância d = 175 mm do sensor de

imagem da webcam, como visto na figura abaixo.



No manual da webcam, ele descobriu que seu sensor de imagem tem dimensão total útil de 6x6mm², com 500x500 pixels. Com estas informações, determine

a. as dimensões do espaço ocupado por cada pixel;

b. a distância L entre a lente e um objeto, para que este fique focalizado no sensor;

c. o diâmetro máximo D que uma pequena esfera pode ter, para que esteja integralmente dentro do campo visual do microscópio, quando focalizada.

> Note e adote:
> Pixel é a menor componente de uma imagem digital.
> Para todos os cálculos, desconsidere a espessura da lente.

12. (UFF 2012) Uma das principais diferenças entre câmeras fotográficas digitais e analógicas é o tamanho do sistema que armazena a luz do objeto fotografado. Em uma câmera analógica, o sistema utilizado é um filme de 24mm de altura e 36mm de largura. Nas câmeras digitais, o sensor possui 16mm de altura por 24mm de largura, aproximadamente. Tanto o filme quanto o sensor são colocados no plano onde se forma a imagem.

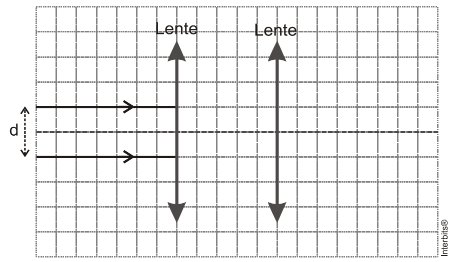
Possuímos duas câmeras, uma analógica e uma digital. A distância focal da lente da câmera analógica é f_a = 50mm. Queremos fotografar um objeto de altura h = 480mm.

a. Utilizando a câmera analógica, calcule a distância D entre a lente e o filme, e a distância L entre a lente e o objeto a ser fotografado, de forma que a imagem ocupe a altura máxima do filme e esteja em foco.

b. Utilizando agora a câmera digital, calcule a distância D' entre a lente e o sensor e a distância focal da lente f_d, de forma que o mesmo objeto, situado à mesma distância L do caso analógico, esteja em foco e ocupe a altura máxima do sensor.

13. (UFMG 2011) Em um laboratório de óptica, Oscar precisa aumentar o diâmetro do feixe de luz de um laser. Para isso, ele prepara um arranjo experimental com duas lentes convergentes, que são dispostas de maneira que fiquem paralelas, com o eixo de uma coincidindo com o eixo da outra. Ao ligar-se o laser, o feixe de luz é alinhado ao eixo do arranjo.

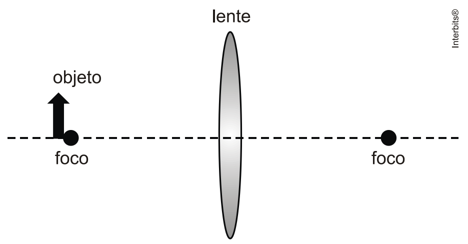
Esse arranjo está representado neste diagrama:



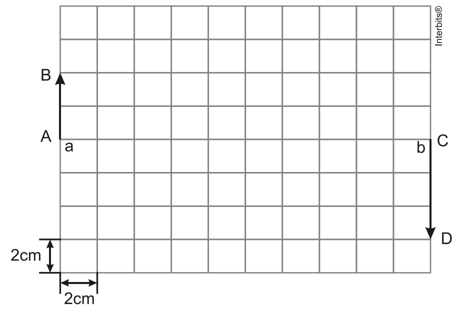
Nesse diagrama, as duas linhas horizontais com setas representam dois raios de luz

do feixe. O diâmetro do feixe é indicado pela letra d. A linha tracejada horizontal representa o eixo das duas lentes.
O feixe de luz, que incide nesse arranjo, atravessa-o e sai dele alargado, na mesma direção de incidência.
Considerando essas informações,
1. Trace no diagrama, até a região à direita da segunda lente, a continuação dos dois raios de luz e indique a posição dos dois focos de cada uma das lentes.
2. Determine o diâmetro do feixe de luz à direita da segunda lente em função de d e das distâncias focais f_1 e f_2 das lentes.

14. (UFPE 2011) A figura mostra uma montagem onde um objeto foi colocado sobre o eixo ótico distando 4,2 cm de uma lente convergente de distancia focal f = 4 cm. Calcule o fator de ampliação, em modulo, para a montagem descrita.



15. (UFU 2011) Na última copa do mundo, telões instalados em várias cidades transmitiram, ao vivo, os jogos da seleção brasileira. Para a transmissão, foram utilizados instrumentos ópticos chamados de projetores, que são compostos de uma lente convergente que permite a formação de imagens reais e maiores que um objeto (slides, filmes, etc). A figura abaixo mostra, de maneira esquemática, a posição do objeto e da imagem ao longo do eixo ab de uma lente esférica delgada, tal como as usadas em projetores. AB é o objeto, e CD, a imagem de AB conjugada pela lente.

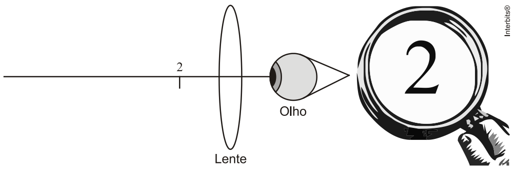


Responda:

a. Qual a distância, ao longo do eixo ab, do centro óptico da lente à imagem CD?
b. Qual a distância focal da lente?
c. Qual a ampliação linear transversal?

16. (UNIFESP 2011) Uma lente convergente pode servir para formar uma imagem virtual, direita, maior e mais afastada do que o próprio objeto. Uma lente empregada dessa maneira é chamada lupa, e é utilizada para observar, com mais detalhes, pequenos objetos ou superfícies.
Um perito criminal utiliza uma lupa de distância focal igual a 4,0 cm e fator de ampliação da imagem igual a 3,0 para analisar vestígios de adulteração de um dos números de série identificador, de

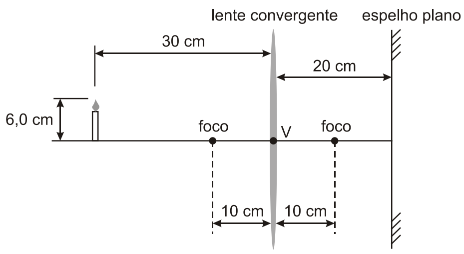
0,7 cm de altura, tipados em um motor de um automóvel.



a. A que distância do número tipado no motor o perito deve posicionar a lente para proceder sua análise nas condições descritas?

b. Em relação à lente, onde se forma a imagem do número analisado? Qual o tamanho da imagem obtida?

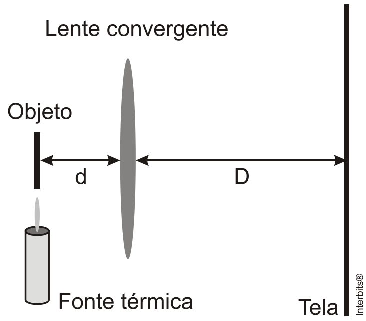
17. (UFRJ 2010) A figura a seguir mostra uma lente convergente de distância focal 10 cm frente a um espelho plano paralelo à lente. O espelho encontra-se a uma distância de 20 cm do vértice V da lente. Do outro lado da lente, uma vela de 6,0 cm de altura encontra-se a uma distância de 30 cm do vértice da lente.



a. Calcule a distância entre a vela e sua imagem formada pelo espelho plano.

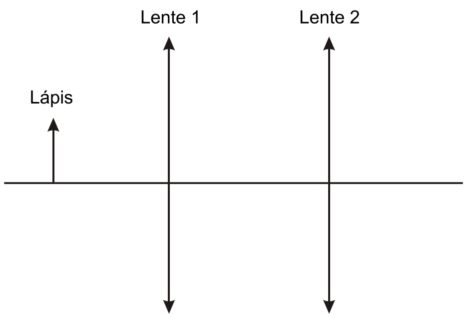
b. Calcule a altura da imagem da vela formada pelo espelho plano.

18. (UFG 2010) Para realizar a medida do coeficiente de dilatação linear de um objeto, cujo material é desconhecido, montou-se o arranjo experimental ilustrado na figura a seguir, na qual, d = 3,0cm e D = 150,0 cm.



O objeto tem um comprimento inicial de 4,0 cm. Após ser submetido a uma variação de temperatura de 250 °C, sua imagem projetada na tela aumentou 1,0 cm. Com base no exposto, calcule o valor do coeficiente de dilatação linear do objeto.

19. (UFPR 2010) A figura a seguir é a representação esquemática de um sistema óptico formado por duas lentes convergentes, separadas por 50 cm. As distâncias focais das lentes 1 e 2 são, respectivamente, 10 cm e 15 cm.



Utiliza-se um lápis com 4 cm de comprimento como objeto, o qual é posicionado a 15 cm da lente 1. Com base nesses dados:

Determine a posição da imagem formada pelo sistema de lentes.
Determine o tamanho da imagem formada pelo sistema. Ela é direita ou invertida, em relação ao objeto? Justifique sua resposta.
Empregando a representação de raios, faça um desenho em escala, mostrando a localização e o tamanho da imagem formada pelo sistema. Utilize a escala 10 para 1, ou seja, cada 10 cm no sistema real correspondem a 1 cm no seu desenho. (Cada quadrícula tem 0,5 cm de lado.)

20. (UNESP 2009) O Landsat 7 é um satélite de sensoriamento remoto que orbita a 700 km da superfície da Terra. Suponha que a menor área da superfície que pode ser fotografada por esse satélite é de 30m.30m, correspondente a um pixel, elemento unitário da imagem conjugada no sensor óptico da sua câmara fotográfica. A lente dessa câmara tem distância focal f = 5,0 cm. Supondo que os pixels sejam quadrados, qual o comprimento dos lados de cada quadrado?

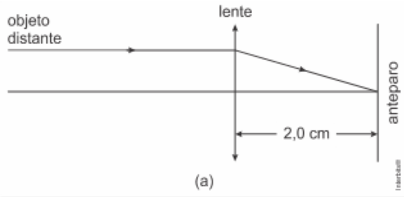
21. (UERJ 2018) Em função de suas características, uma lente convergente, ao ser exposta à luz do Sol, gera uma concentração de luz a 60 cm do seu centro óptico, como ilustra a imagem.

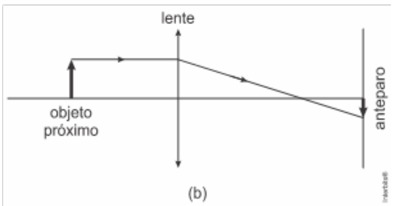
a. Considere que um objeto é colocado a 180 cm do centro óptico dessa lente para que sua imagem seja projetada com nitidez sobre uma tela.

b. Calcule a distância, em centímetros, em que a tela deve ser colocada, a partir do centro óptico da lente, para obtenção dessa imagem.

22. (UNICAMP 2018) A acomodação da visão consiste na mudança da distância focal do cristalino, que é uma lente convergente do olho, de modo que a imagem se forme exatamente na retina, tanto para objetos a grandes distâncias quanto para objetos próximos. A catarata é uma doença que torna o cristalino opaco. Seu tratamento consiste na substituição do cristalino doente por uma lente intraocular.
Neste caso, a acomodação visual pode ser obtida através do deslocamento da lente implantada, para frente e para trás, com o auxílio do músculo ciliar.

a. Uma lente de distância focal fixa forma a imagem de um objeto localizado a uma grande distância em um anteparo, conforme mostra a figura (a). Qual é a distância focal da lente, e quanto ela deve ser afastada para formar, no anteparo, a imagem de um objeto localizado a 50 cm da posição final da lente, conforme mostra a figura (b)?





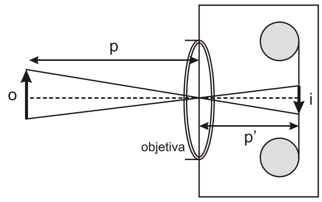
b. Lasers que emitem pulsos de luz no infravermelho de duração de vários femtossegundos (1fs = 10^{-15} s) vêm sendo empregados nas cirurgias oculares. Considere que um laser emite radiação de comprimento de onda λ = 1.050 nm, e que cada um de seus pulsos dura Δt = 70 fs. Qual é o período da onda eletromagnética radiada e qual é o número de comprimentos de onda contidos em um pulso?

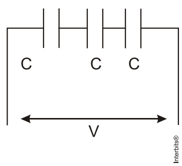
A velocidade da luz no vácuo é c = 3,0 × 10^8 m/s.

23. (UNICAMP 2014) O sistema de imagens street view disponível na internet permite a visualização de vários lugares do mundo através de fotografias de alta definição, tomadas em 360 graus, no nível da rua.

a. Em uma câmera fotográfica tradicional, como a representada na figura abaixo, a imagem é gravada em um filme fotográfico para posterior revelação. A posição da lente é ajustada de modo a produzir a imagem no filme colocado na parte posterior da câmera. Considere uma câmera para a qual um objeto muito distante fornece uma imagem pontual no filme em uma posição p' = 5 cm. O objeto é então colocado mais perto da câmera, em uma posição p = 100 cm, e a distância entre a lente e o filme é ajustada até que uma imagem nítida real invertida se forme no filme, conforme mostra a figura. Obtenha a variação da posição da imagem p' decorrente da troca de posição do objeto.

b. Nas câmeras fotográficas modernas, a captação da imagem é feita normalmente por um sensor tipo CCD (Charge Couple Devide). Esse tipo de dispositivo possui trilhas de capacitores que acumulam cargas elétricas proporcionalmente à intensidade da luz incidente em cada parte da trilha. Considere um conjunto de 3 capacitores de mesma capacitância C = 0,6 pF, ligados em série conforme a figura ao lado. Se o conjunto de capacitores é submetido a uma diferença de potencial V = 5,0 V, qual é a carga elétrica total acumulada no conjunto?





GABARITO

1: A equivalência entre altura e posição dos objetos e das imagens é dada por:

$$\frac{i}{o}=\frac{p'}{p}$$

Na primeira situação, a altura da imagem é 5% da altura do objeto. Logo, pode-se escrever:

$$\frac{0,05\cdot o}{o}=\frac{p_1'}{p_1}$$
$$p_1'=0,05\cdot p_1$$

Na segunda situação, a altura da imagem é 50% da altura do objeto. Logo, pode-se escrever:

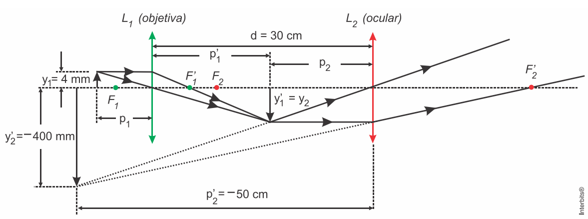
$$\frac{0,5\cdot o}{o}=\frac{p_2'}{p_2}$$
$$p_2'=0,5\cdot p_2$$

Como trata-se de uma câmara escura, a distância das imagens até o orifício é a mesma, ou seja: $p_1' = p_2'$.

Assim, igualando as duas equações, tem-se:

$$0,05\cdot p_1=0,5\cdot p_2$$
$$p_2=0,1\cdot p_1$$

2: A figura ilustra a situação.



$$p_1=1\text{ cm}$$
$$p_1'=d-p_2=30-p_2$$
$$p_2'=-50\text{ cm (imagem virtual)}$$
$$y_1=4\text{ mm}$$
$$y_2'=-400\text{ mm (imagem invertida)}$$

Aumento linear transversal:

$$\text{Aumentos}\begin{cases}\text{Da ocular: } A_1=\dfrac{y_1'}{y_1}\\[2mm] \text{Da objetiva: } A_2=\dfrac{y_2'}{y_2}\\[2mm] \text{Do sistema: } A=A_1\times A_2=\dfrac{y_1'}{y_1}\times\dfrac{y_2'}{y_2}=\dfrac{y_2'}{y_1}=\dfrac{-400}{4}\Rightarrow\end{cases}$$

Mas:

$$A_1=\frac{-p_1'}{p_1}=\frac{-(30-p_2)}{p_1}=\frac{p_2-30}{1}\Rightarrow \underline{A_1=p_2-30|}\quad \text{(II)}$$

$$A_2=\frac{-p_2'}{p_2}=\frac{-(-50)}{p_2}\Rightarrow \underline{A_2=\frac{50}{p_2}|}\quad \text{(III)}$$

Combinando (I), (II) e (III):

$$A=A_1\times A_2\Rightarrow -100=(p_2-30)\left(\frac{50}{p_2}\right)\Rightarrow$$

$$-100p_2=50p_2-1500\Rightarrow 150p_2=1500\Rightarrow$$

$$p_2=10\text{ cm}.$$

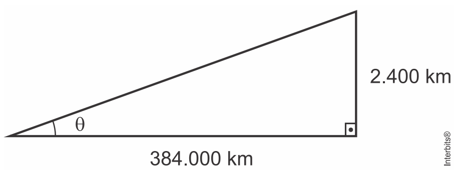
Voltando em (II):

$$A_2=\frac{50}{p_2}=\frac{50}{10}\Rightarrow \boxed{A_2=5.}$$

3: a) A ampliação é dada pela razão entre a distância focal de objetiva (f_{ob}) e a distância focal da ocular (f_{oc}).

$$A=\frac{f_{ob}}{f_{oc}}\Rightarrow 15=\frac{f_{ob}}{9}\Rightarrow \boxed{f_{ob}=135\text{ cm.}}$$

b) Na figura:



$$\theta_{rad}=tg\,\theta=\frac{2.400}{384.000}=\frac{24}{3840}\text{rad}=\frac{24}{3840}\left(\frac{180°}{\pi}\right)\Rightarrow \theta=0,358°.$$

Considerando a ampliação angular:

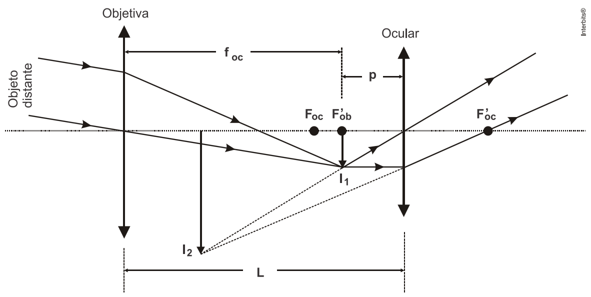
$\theta_{ang} = A\theta = 15x0,358 \rightarrow \theta_{ang} = 5,37°$

4: a) Dados: D = 102 cm; razão focal, r = 19; comprimento do telescópio, L = 19,2 m.

Do enunciado:

$$r=\frac{f_{ob}}{D}\Rightarrow 19=\frac{f_{ob}}{102}\Rightarrow f_{ob}=1938\text{ cm.}$$

O esquema a seguir representa a imagem conjugada por um telescópio refrator.



Notemos que a imagem real de um objeto impróprio fornecida objetiva (I_1) forma-se no foco imagem dessa lente (F'_{ob}). Essa imagem deve estar à distância p da ocular, entre ela e seu foco objeto (F_{oc}).A distância (L) entre as duas lentes, que é o comprimento do tubo, deve ser:

$L = f_{ob} + p$

O caso limite, mínimo comprimento do tubo, ocorre quando os dois focos coincidem, ou seja, $p = f_{oc}$.

Nesse caso:

$L = f_{ob} + f_{oc}$

Porém, de acordo com o enunciado, o comprimento do tubo (19,2 m) é menor que a distância focal da objetiva (19,38 m), mostrando que os dados estão inconsistentes, tornando impossível a resolução final desse item.

b) O aumento visual (ampliação angular) (G) é dado pela razão entre as distâncias focais da objetiva e da ocular, mas esse item também torna-se impossível de ser resolvido, uma vez que foi impossível determinar a distância focal da ocular. Caso fosse possível, a expressão é:

$$G = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

5: a) Dados: V_{ob} = 1,5 di; f_{oc} = – 3 cm (lente divergente: f < 0).

Calculando a distância focal da objetiva:

$f_{ob} = 1/V_{ob} = 1/1{,}5\text{ m} = 2/3\text{ m} = 200/3\text{ cm} \cong 67\text{ cm}$.

Então, do enunciado:

$D_{máx} = f_{ob} + f_{oc} \Rightarrow D_{máx} = 67 - 3 = 64\text{ cm}$.

Esse tipo de arranjo das lentes é conhecido como "Luneta de Galileu". A imagem é direita, conforme mostram as figuras abaixo, fora de escala.

Na Fig 1, traçamos a imagem fornecida pela objetiva (I_1). Como o objeto é um astro (objeto impróprio) a imagem forma-se no foco imagem da objetiva (f'_{ob}).

Na Fig 2, agora, a ocular. A imagem da objetiva comporta-se como objeto virtual para a ocular com a distância entre as lentes menor que a distância máxima. Como se pode notar, A imagem final (I_2) é direita.

Fig. 1

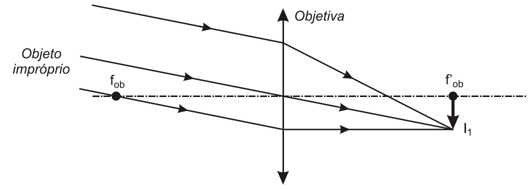
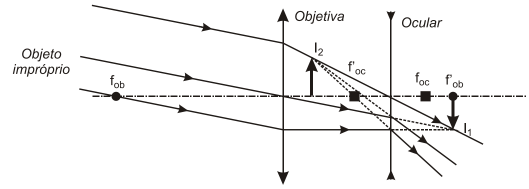


Fig. 2



b) De acordo com o enunciado, o aumento é:

$A = f_{ob}/|f_{oc}|$ (I)

A lente objetiva é mantida. A nova ocular deve produzir um aumento 3 vezes maior (3 A). Seja, então, d a distância focal dessa nova lente ocular.

$3\,A = f_{ob}/|d|$ (II)

Dividindo (II) por (I), vem:

$$\frac{3\cancel{A}}{\cancel{A}} = \frac{\cancel{f_{ob}}}{|d|} \times \frac{f_{oc}}{\cancel{f_{ob}}} \Rightarrow 3\,|d| = f_{oc} \Rightarrow |d| = \frac{f_{oc}}{3} = \frac{3}{3}$$

= 1 cm = 10^{-2} m.

Como a lente é divergente, retirando o módulo:

$d = -10^{-2}$ cm.

A vergência (V) é o inverso da distância focal:

$V = 1/10^{-2} \Rightarrow V = -100$ di.

O máximo tamanho da luneta é, então:

$D'_{máx} = f_{ob} + d = 67 - 1$

$D'_{máx} = 66$ cm.

6: a) Para a 1ª lente:

$$\frac{1}{f_0} = \frac{1}{p_0} + \frac{1}{p'_0} \Rightarrow \frac{1}{35} = \frac{1}{40} + \frac{1}{p'_0} \Rightarrow p'_0 = 2{,}8 \times 10^2\text{ cm}$$

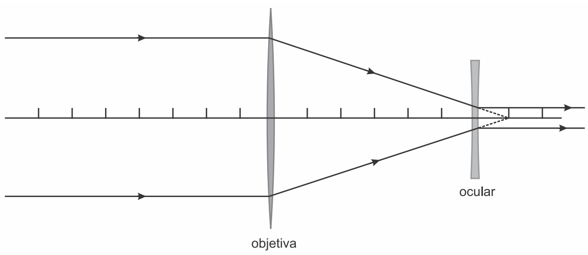
Para a 2ª lente:

$$|p_1| = |p'_0 - d| \Rightarrow |p_1| = 2{,}5 \times 10^2\text{ cm.}$$

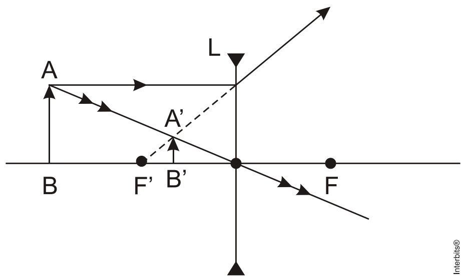
$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p'_1} \Rightarrow \frac{1}{-5{,}0} = \frac{1}{-2{,}5 \times 10^2} + \frac{1}{p'_1}$$

$$p'_1 = -5{,}1\text{ cm}$$

b) Os raios emergem paralelos ao eixo óptico.

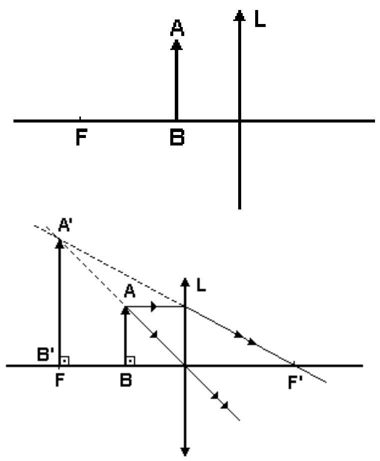


7: a) Observe a figura a seguir.



b) Virtual, pois é vértice de feixe emergente e divergente. Além disso, sabemos que imagem de objeto real em lente divergente é sempre: virtual, direita, menor, formada entre o foco imagem e o vértice.

8: a) Observe a figura a seguir.



b) Virtual, pois a imagem está do mesmo lado que o objeto em relação ao espelho.

9: a) Nota-se que tanto a imagem produzida pela lente objetiva quanto a imagem produzida pela lente ocular são reais, para tanto, há necessidade de lentes convergentes nos dois casos. As lentes divergentes possuem somente um tipo de imagem (virtual, direita e menor). Nota-se que a imagem (i1) é real, invertida e menor e a imagem (i2), virtual, direita e maior.

b) A ampliação é dada pela razão entre a distância focal da objetiva (f_{ob}) e a distância focal da ocular (f_{oc}). Utiliza-se a equação de Gauss para obter a distância focal da ocular (f_{oc}).

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{d_{i1}} + \frac{1}{d_{i2}}$$

Do esquema dado:

d_{i1} = 5 cm

d_{i2} = - 30 cm (imagem virtual)

Substituindo:

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{5\text{ cm}} + \frac{1}{-30\text{ cm}} = \frac{6-1}{30\text{ cm}} \Rightarrow \frac{1}{f_{oc}} = \frac{5}{30\text{ cm}} \therefore f_{oc} = 6\text{ cm}$$

Então, podemos calcular a ampliação (A):

$$A = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

$$f_{ob} = 120\text{ cm}$$

$$A = \frac{120\text{ cm}}{6\text{ cm}} \therefore A = 20$$

10: - Analisando o gráfico dado, nota-se que: p → 10 cm → p' → ∞ → 1/p' → 0. Aplicando esses resultados na equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{10} + 0 \Rightarrow f = 10\,\text{cm.}$$

Para p = 60 cm:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = \frac{pf}{p-f} = \frac{60 \times 10}{50} \Rightarrow \boxed{p' = 12\,\text{cm.}}$$

- Para p = 2 cm:

$$p' = \frac{pf}{p-f} = \frac{2 \times 10}{-8} \Rightarrow p' = -2{,}5\,\text{cm.}$$

Aplicando a equação do aumento linear transversal:

$$A = \frac{h'}{h} = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{h'}{8} = \frac{-(-2{,}5)}{2} \Rightarrow h' = \frac{20}{2} \Rightarrow \boxed{h' = 10\,\text{mm.}}$$

11: a) A área do sensor é A = 6x6 = 36mm², e o número de pixels é N = 500x500 = 25x10⁴. Assim, a área (A_1) de cada pixel é:

$$A_1 = \frac{A}{N} = \frac{36}{25 \times 10^4} \Rightarrow \boxed{A_1 = 1{,}44 \times 10^{-4}\ \text{mm}^2.}$$

b) Dados: f = 50 mm; p' = d = 175 mm.

Da equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{p}=\frac{1}{f}-\frac{1}{p'} \Rightarrow p=\frac{p'f}{p'-f} \Rightarrow$$

$$L=\frac{d\,f}{d-f}=\frac{175\cdot 50}{125} \Rightarrow \boxed{L=70\ \text{mm.}}$$

c) Da equação do aumento linear transversal, em módulo:

$$\left|\frac{y'}{y}\right|=\left|-\frac{p'}{p}\right| \Rightarrow \frac{D'}{D}=\frac{d}{L} \Rightarrow \frac{6}{D}=\frac{175}{70} \Rightarrow D=\frac{420}{175} \Rightarrow$$

$$\boxed{D=2{,}4\ \text{mm.}}$$

12: a) Dados: f_a = 50 mm; h = 480 mm; h'_a = -24 mm (a imagem é invertida (h' < 0), pois é uma imagem real de um obejeto real).

Das equações do aumento linear transversal (A):

$$\left.\begin{cases} A=\dfrac{i}{o} \Rightarrow A_a=\dfrac{h'_a}{h} \\[2ex] A=\dfrac{f}{f-p} \Rightarrow A_a=\dfrac{f_a}{f_a-L} \end{cases}\right\rangle \Rightarrow \frac{h'_a}{h}=\frac{f_a}{f_a-L} \Rightarrow$$

$$\frac{-24}{480}=\frac{50}{50-L} \Rightarrow L=1.050\ \text{mm}\ .$$

Usando a terceira equação do aumento linear transversal:

$$A=\frac{-p'}{p} \Rightarrow A=\frac{-D}{L} \Rightarrow \frac{-1}{20}=\frac{-D}{1.050} \Rightarrow D=\frac{1.050}{20} \Rightarrow$$

$$D=52{,}5\ \text{mm.}$$

b) Dados: L = 1.050 mm; h = 480 mm; h'_d = -16 mm.

Aproveitando a expressão do item anterior:

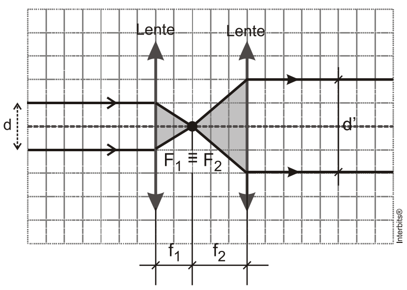
$$\frac{h'_d}{h}=\frac{f_d}{f_d-L} \Rightarrow \frac{-16}{480}=\frac{f_d}{f_d-L} \Rightarrow \frac{-1}{30}=\frac{f_d}{f_d-1.050} \Rightarrow$$

$$30\ f_d=-f_d+1.050 \Rightarrow$$

$$31\ f_d=1.050 \Rightarrow f_d=\frac{1.050}{31} \Rightarrow$$

$$f_d \cong 34\ \text{mm.}$$

13: 1.



2. Os triângulos sombreados são semelhantes, portanto:

$$\frac{d'}{d}=\frac{f_2}{f_1} \rightarrow d'=\frac{d\cdot f_2}{f_1}$$

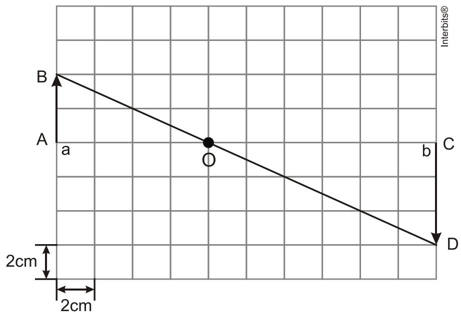
14: Dados: f = 4 cm; p = 4,2 cm.

Da equação do aumento linear transversal:

$$|A|=\left|\frac{f}{f-p}\right|=\left|\frac{4}{4-4{,}2}\right|=\frac{4}{0{,}2} \Rightarrow$$

$$|A|=20.$$

15: A figura mostra um raio luminoso atravessando a lente pelo centro óptico (não houve desvio).



a) OC = 6 quadrículas = 6 x 2 = 12 cm

b) Observando a figura, vemos que: p = 8 cm e p' = 12 cm

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{p}+\frac{1}{p'} \rightarrow \frac{1}{f}=\frac{1}{8}+\frac{1}{12}=\frac{3+2}{24} \rightarrow f=\frac{24}{5}=4{,}8\ \text{cm}$$

c) $A=\left|\dfrac{p'}{p}\right|=\dfrac{12}{8}=1{,}5$

16: Dados: f = 4 cm; A = 3; h = 0,7 cm.

a) Calculando a distância (p) do objeto à lente:

$$A=\frac{f}{f-p} \Rightarrow 3=\frac{4}{4-p} \Rightarrow 3\ p=8 \Rightarrow p=\frac{8}{3}\ \text{m}$$

$\Rightarrow p \cong 2{,}7$ m.

b) Calculando a distância (p') da imagem à lente:

$$p'=\frac{p\ f}{p-f}=\frac{\frac{8}{3}\times 4}{\frac{8}{3}-4}=\frac{32}{3}\times\left(\frac{-3}{4}\right) \Rightarrow p'=-8\ \text{cm.}$$

A imagem obtida é virtual e se forma a 8 cm da lente, do mesmo lado do objeto.

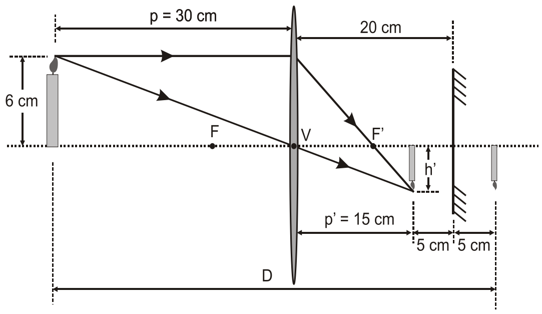
O tamanho dessa imagem (h') é dado pela expressão do aumento linear transversal:

$$A=\frac{h'}{h} \Rightarrow 3=\frac{h'}{0{,}7} \Rightarrow h'=2{,}1\ \text{cm.}$$

17: Dados: p = 30 cm; f = 10 cm; h = 6 cm.

a) Aplicando a equação de Gauss: 1/f = 1/p + 1/p' → p' = pf/p-f → p' 30(10)/30-10 = 300/20 → p' = 15 cm.

Essa imagem real (p' > 0) da vela funciona como objeto real para o espelho plano, que fornece uma segunda imagem, virtual e simétrica. A figura a seguir ilustra essa situação, com as medidas envolvidas.



Analisando essa figura, vemos que a distância (D) da vela até sua imagem fornecida pelo espelho plano é:

D = 30 + 20 + 5 ⇒ D = 55 cm.

b) A altura da imagem da vela fornecida pelo espelho plano é igual a altura da imagem fornecida pela lente, pois a imagem formada no espelho plano tem o mesmo tamanho que o objeto.

Pela equação do aumento linear transversal:

h'/h = -p'/p → h'/6 = -15/30 → h' = -3 cm. Ou seja, a imagem é invertida e tem altura h' = 3 cm.

18: Dados: y = 4 cm; (y' = 1 cm; p = d = 3 cm; p' = D = 150 cm; (T = 250 °C).

Calculando o aumento linear transversal (em módulo), antes do aquecimento.

|A| = |y'/y| = |p'/p| = 150/3 → |y'/4| = 50 → |y'| = 200 cm.

Depois do aquecimento, o aumento linear é o mesmo, pois não se alteram as posições do objeto e da imagem.

Os novos comprimentos da imagem e do objeto são, respectivamente: (y' + Δy') e (y + Δy).

Aplicando novamente a equação do aumento:

A = y'+Δy'/y+Δy

Substituindo valores, vem:

50 = 200+1/(4+Δy) ⇒ 50 y + 200 = 201 ⇒ y = 1/50 cm = 2×10^{-2} cm.

Mas Δy é a dilatação sofrida pelo objeto. Então:

$\Delta y = y\,\alpha\,\Delta T$

$$\alpha = \frac{\Delta y}{y\ \Delta T}$$

$$\frac{2 \times 10^{-2}}{4 \times 250}$$

$\alpha = 2 \times 10^{-5}\ °C^{-1}$

19: a) Dados: f_1 = 10 cm; f_2 = 15 cm; d = 50 cm e p_1 = 15 cm.

Calculando a distância (p'_1) da primeira imagem à Lente 1:

$$p'_1 = \frac{p_1 f_1}{p_1 - f_1}$$

$$p'_1 = \frac{15(10)}{15 - 10}$$

p'_1 = +30 cm.

A primeira imagem é real e forma-se 30 cm à direita da Lente 1. Essa primeira imagem funciona como objeto para a segunda lente. Sendo a distância entre as lentes é d = 50 cm, a distância da primeira imagem à Lente 2 é:

$p_2 = d - p'_1 = 50 - 30 \Rightarrow p_2 = 20$ cm.

Calculando a distância (p'_2) da imagem final à Lente 2:

$$p'_2 = \frac{p_2 f_2}{p_2 - f_2}$$

$$p'_2 = \frac{20(15)}{20 - 15}$$

p'_1 = +60 cm.

A imagem final é real e se forma 60 cm à direita da Lente 2 ou 110 cm à direita da Lente 1.

b) O aumento fornecido pelo sistema é o produto dos aumentos:

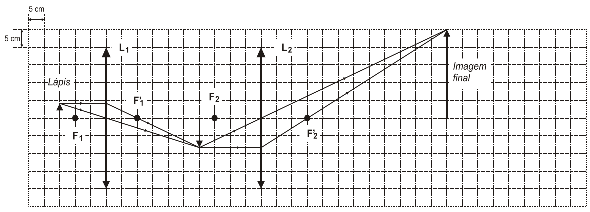
$A = A_1 \times A_2 = -p'_1/p_1 \times -p'_2/p_2$ = -30/15x-60/20 = (-2)x(-3) ⇒ A = +6.

$A = h'_2/h \Rightarrow 6 = h'_2/4 \Rightarrow h'_2 = 24$ cm.

A imagem final é real, tem comprimento 24 cm e é direita em relação ao objeto, pois o aumento linear transversal é positivo

c) Escala dada ⇒ [10 cm : 1 cm : 2 quadrículas] ⇒ [5 cm : 1 cm : 1 quadrícula].

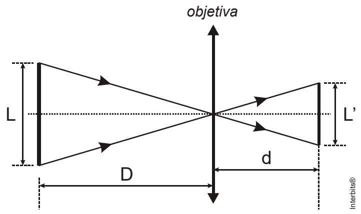
Portanto, na figura abaixo, o lado de cada quadrícula representa 5 cm nas medidas dadas no enunciado.



20: Como o quadrado fotografado está muito distante da lente (objeto impróprio), a imagem forma-se no foco. Portanto a distância focal da lente objetiva é f = 5 cm.

A imagem do lado desse quadrado é projetada num pixel. Calculemos o lado (L') de cada pixel.

Dados: D = 700 km = 7.10^5 m; d = 4 cm = 4.10^{-2} m; L = 30 m.



Semelhança de Triângulos:

$$\frac{L'}{L} = \frac{d}{D} \Rightarrow \frac{L'}{30} = \frac{5\times10^{-2}}{7\times10^{5}} \Rightarrow L' = 2{,}14\times10^{-6}\ \text{m.}$$

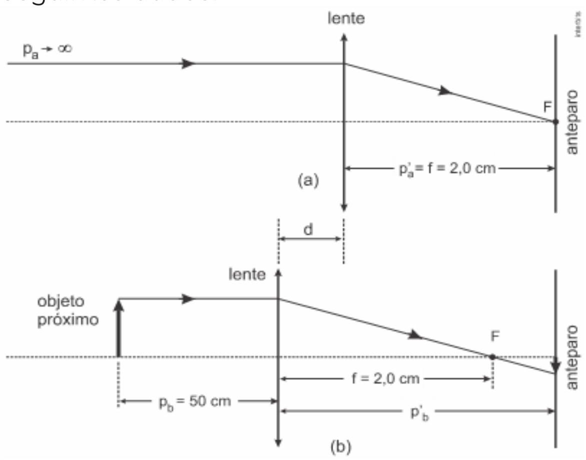
21: Como o Sol é um objeto impróprio para a lente, sua imagem forma-se no foco que, de acordo com a figura, está a 60 cm da lente. Assim, f = 60 cm.

A distância da lente à tela é a distância da lente à imagem, p'.

Aplicando a equação de Gauss:

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p} \Rightarrow p' = \frac{p\,f}{p-f} = \frac{180\cdot 60}{120} \Rightarrow \boxed{p' = 90\,\text{cm.}}$$

22: a) Analisando a figura (a) obtêm-se os seguintes dados:



$p_a \to \infty$; $p' = 20\,\text{cm}$.

Aplicando a equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_a} + \frac{1}{p'_a} \Rightarrow \frac{1}{f} = \overset{0}{\cancel{\frac{1}{\infty}}} + \frac{1}{p'_a} \Rightarrow \boxed{f = p'_a = 2{,}0\ \text{cm.}}$$

Da figura (b), p_b = 50 cm.

Aplicando novamente a equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_b} + \frac{1}{p'_b} \Rightarrow p'_b = \frac{p_b\,f}{p_b - f} = \frac{50\cdot 2}{50-2} = \frac{100}{48} \Rightarrow$$

$$p'_b = 2{,}083\ \text{cm.}$$

Calculando o deslocamento sofrido pela lente:

$$d = p'_b - p'_a = 2{,}083 - 2{,}0 \Rightarrow \boxed{d = 0{,}083\ \text{cm.}}$$

b) Dados:

$c = 3\times10^{8}$ m/s; $\lambda = 1.050$ nm $= 1.050\times10^{-9}$ m; $\Delta t = 70$ fs $= 70\times10^{-15}$ s.

Da equação fundamental da ondulatória obtém-se o período da onda.

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{1.050\times10^{-9}}{3\times10^{8}} \Rightarrow T = 3{,}5\times10^{-15}\ \text{s} \Rightarrow \boxed{T = 3{,}5\ \text{fs.}}$$

Calculando o comprimento do pulso emitido:

$$L = c\,\Delta t = 3\times10^{8}\times70\times10^{-15} \Rightarrow L = 210\times10^{-7}\ \text{m.}$$

O número de comprimentos de ondas contidos num pulso é:

$$n = \frac{L}{\lambda} = \frac{210\times10^{-7}}{1.050\times10^{-9}} \Rightarrow \boxed{n = 20.}$$

23: a) Sendo a lente convergente e o objeto muito distante (impróprio), a imagem forma-se no foco imagem. Assim: f = p' = 5cm.

Para a nova situação, a imagem é p''. Aplicando a equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p''} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{1}{100} + \frac{1}{p''} \Rightarrow \frac{1}{p''} = \frac{20-1}{100} = \frac{19}{100}$$

$$\Rightarrow p'' = \frac{100}{19}\ \text{cm.}$$

A variação na posição da imagem é:

$$p'' - p' = \frac{100}{19} - 5 = \frac{100-95}{19} \Rightarrow \boxed{p'' - p' = \frac{5}{19}\ \text{cm.}}$$

b) Dados: n = 3; C = 0,6 pF; V = 5 V.

Para uma associação de n capacitores de mesma capacitância C, a capacitância equivalente é:

$$C_{eq} = \frac{C}{n} = \frac{0,6}{3} \Rightarrow C_{eq} = 0,2 \text{ pF}.$$

Calculando a carga armazenada:

$$Q = C_{eq}\ V = 0,2(5) \Rightarrow \boxed{Q = 1 \text{ pC} = 1 \times 10^{-12} \text{ C}.}$$

ANOTAÇÕES