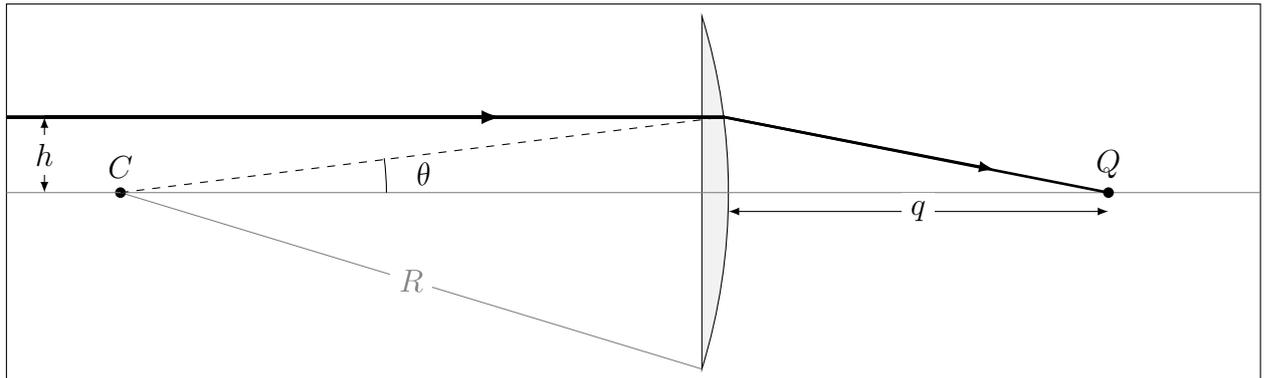


## Física IV — 7600008

Terceira Lista — teste no dia 01/10/2019

1. Uma lente delgada é constituída por vidro com índice de refração  $n$ . Uma de suas faces é plana. A outra é uma calota esférica com raio  $R$  e pequeno ângulo de abertura. A lente está posicionada verticalmente, como mostra a figura abaixo, no ar (cujo índice de refração pode ser considerado unitário). Ela é iluminada por raios de luz horizontais, como o indicado, que alcança a lente a uma distância  $h = R \sin(\theta)$  do seu centro. Dados  $R$  e  $n$ , calcule o intervalo de tempo  $\Delta t$  entre o instante em que o raio alcança a superfície plana da lente e o instante em que ele chega ao ponto  $Q$ , em função de  $q$  e  $\theta$ . *Sugestão: chame de  $\theta_0$  o ângulo (muito pequeno) entre a horizontal e uma reta que vai do centro da lente até a ponta superior da lente. O valor desse ângulo não afeta a física do problema, mas ele é conveniente para expressar a resposta desta questão.*



2. A partir do resultado da questão anterior, aplique o princípio de Fermat para encontrar  $q$ .
3. Uma gota esférica de um líquido com índice de refração  $n = 1.414$  é iluminada por um raio de luz paralelo ao plano equatorial da gota. O raio atinge a gota infinitesimalmente acima de seu polo inferior (o Polo Sul, numa imagem geográfica em que o Equador está na horizontal). Desenhe a trajetória do raio de luz, supondo que ele é refletido internamente uma vez antes de sair da gota. Se o raio entrar a gota mais acima, em que direção se movimentará ele ao sair: subindo ou descendo? *Sugestão:  $n = \sqrt{2}$  é uma aproximação muito boa.*
4. Repita o problema anterior, supondo agora que o raio é refletido internamente duas vezes antes de sair da gota.
5. Em classe, vimos que na formação do arco-íris primário, a luz precisa incidir no hemisfério superior, acima do plano equatorial, para poder chegar aos olhos de uma observadora no solo. A partir do resultado da questão 4, identifique o hemisfério em que a luz precisa incidir para que a mesma observadora veja um arco-íris secundário, isto é, o arco-íris superior num sistema duplo.
6. O comprimento do caminho ótico  $\Lambda$  (mais abreviadamente chamado de “caminho ótico” em português, ou “optical length” em inglês) de um raio de luz que vai de um ponto  $A$  até outro  $B$  é definido como  $c\Delta t$ , onde  $\Delta t$  é o tempo que o raio de luz leva para ir de  $A$  até  $B$ , e  $c$  é a velocidade da luz no vácuo. Calcule  $\Lambda$  para o raio de luz da questão 3, desde o ponto onde entra na gota (polo inferior) até o ponto de onde sai.
7. Compare o resultado da questão 6 com o caminho ótico  $\Lambda'$  de um raio de luz paralelo ao da questão 6 que entre na mesma gota no equador (ponto  $A$ ) e retorne ao mesmo ponto (ponto  $B$ ) após reflexão no ponto diametralmente oposto.
8. Em classe, discutimos a incidência de luz sobre uma lâmina de vidro (índice de refração  $n$ , espessura  $d$ ). Repita a análise para o caso especial em que a luz incide normalmente sobre a lâmina, para encontrar a variação na fase da luz que é refletida na superfície inferior da lâmina. A luz vem, inicialmente, de cima.
9. Compare a variação na fase encontrada no problema 8 com o comprimento  $\Lambda$  do caminho ótico percorrido pelo raio de luz desde entrar até sair da lâmina.

10. A figura abaixo representa uma situação especial na experiência de Young, na qual o ponto de observação está exatamente na frente da fenda superior. Fazendo a aproximação  $r_1 = r_2 = L$  no denominador da fração  $e^{ikr}/r$  que aparece na expressão para o campo elétrico, mas tratando exatamente os exponenciais, encontre uma expressão para a intensidade média da luz recebida no ponto  $P$  que é mais precisa do que a encontrada em classe.

