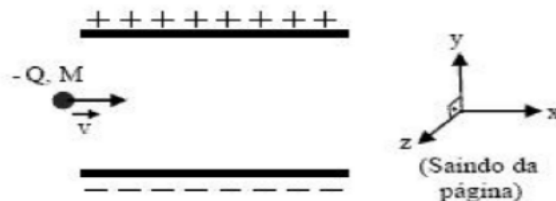


**Fundação CECIERJ – Vice Presidência de Educação Superior à Distância**  
**Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação**  
**Gabarito da 2ª Avaliação Presencial de Física para Computação – 2014.2**

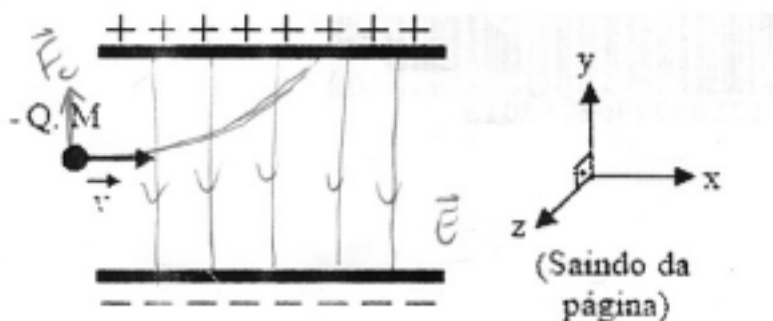
**Observação:** Em todas as questões, explique passo a passo todas as etapas do seu desenvolvimento. Não se limite à aplicação de fórmulas. O uso de calculadora é permitido.

**Questão 1:** Uma partícula de massa  $M$  e carga elétrica negativa  $-Q$  é lançada, no vácuo, com velocidade  $v=100\text{m/s}$ , paralela às placas de um capacitor plano como o ilustrado na figura abaixo. Desprezando-se os efeitos de borda e a ação da força gravitacional, faça o que se pede:



(a) (0,5 ponto) Ilustre, na figura acima, a trajetória da partícula, após entrar na região entre as placas.

A trajetória seria uma parábola semelhante à do desenho abaixo, já que na direção  $x$  o movimento é uniforme e, na direção  $y$ , o movimento será acelerado para cima devido à força elétrica oriunda da presença da carga negativa no campo elétrico “para baixo”; observando com o enfoque de interação entre cargas elétricas, a carga negativa estaria sendo atraída pelas cargas positivas e repelida pelas negativas.



(b) (1,0 ponto) Explique qual deve ser a direção e o sentido de um campo magnético, aplicado na região entre as placas, para que a partícula siga uma trajetória retilínea. Utilize na sua resposta o sistema de eixos mostrado na figura.

Para que a trajetória seja retilínea, é necessário que a força elétrica identificada no item (a) seja compensada por uma outra. Esta virá da aplicação de um campo magnético apropriado. Como a força magnética sobre uma partícula com carga  $q$  e velocidade  $\mathbf{v}$  é dada pela expressão

$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ , deve-se escolher  $B$  de modo que esta força equilibre a força elétrica mencionada no item (a). A força mencionada em (a) é “para cima”, ou seja, no sentido  $+\mathbf{y}$ . Como a velocidade da carga é no sentido  $+\mathbf{x}$ , o campo  $B$  terá que ser no sentido que permita que o produto vetorial  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  seja no sentido  $+\mathbf{y}$  (como a carga é negativa a força terá o sentido contrário,  $-\mathbf{y}$ ). A “regra da mão direita” é uma técnica para se lembrar qual o sentido resultante do produto vetorial de dois vetores. No caso em questão, o sentido de  $\mathbf{B}$  tem que ser  $-\mathbf{z}$  (“para dentro do papel”) para que  $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$  seja no sentido  $+\mathbf{y}$ . Como a carga em movimento é negativa, a força resultante da aplicação do campo magnético será no sentido  $-\mathbf{y}$ , como estipulado no enunciado, podendo esta compensar a força elétrica (se tiver módulo igual).

(c) (1,0 ponto) Sabendo que o módulo do campo elétrico na região entre as duas placas é  $E=4,5\text{N/C}$ , calcule o módulo do campo magnético necessário para que a trajetória seja retilínea.

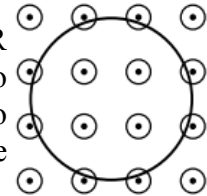
Para que a trajetória seja retilínea, as forças elétrica e magnética sobre a partícula devem se compensar; portanto, devem ter o mesmo módulo e sentidos opostos. O módulo da força elétrica é  $F_e = qE$  e o módulo da força magnética (quando  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{B}$  são perpendiculares e, portanto,  $\text{seno}(90^\circ)=1$ ) é  $F_m = qvB$ . Portanto:

$$qE = qvB \quad \text{e logo} \quad B = \frac{E}{v}$$

Substituindo os valores do enunciado, temos:

$$B = 4,5 \text{ N/C} (100 \text{ m/s}) = 4,5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

**Questão 2:** Uma espira condutora em forma de círculo e de resistência  $R$  encontra-se numa região onde há um campo magnético que varia com o tempo. A direção do campo magnético é fixa e perpendicular à espira, como mostra a figura ao lado, e o sentido é saindo do papel, mas sua intensidade varia periodicamente, na forma  $I = I_0 (1 + \text{sen}(\omega t))$ .



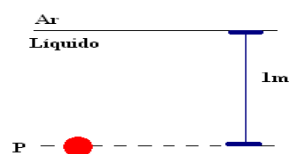
- (a) (1,0 pontos) Determine o sentido (horário ou anti-horário) da corrente induzida na espira em relação à sua posição como observador-leitor, quando a intensidade do campo está diminuindo.

**Solução:** Como no caso em questão o fluxo de campo através da espira, “para fora do plano do papel”, está diminuindo, para tentar manter o fluxo de campo magnético na espira é gerada uma corrente induzida, na espira, que aumenta o fluxo de campo magnético “para fora do plano do papel” através dela. Tal corrente é no sentido anti-horário, e produz um campo que aponta para fora do plano do papel, objetivando “resistir” ao decréscimo do campo externo.

- (b) (1,5 pontos) Se o campo variar com o dobro da frequência (ou seja,  $2\omega$ ), o que acontecerá com a corrente induzida?

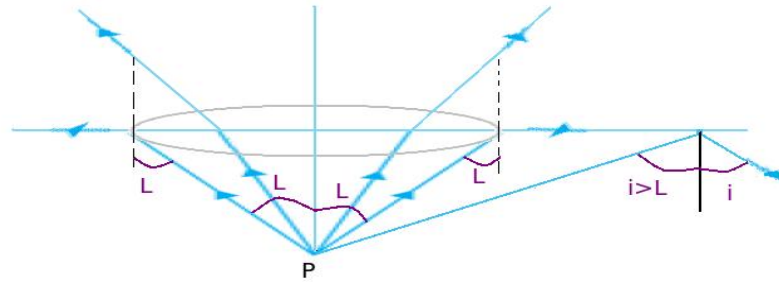
**Solução:** Se uma mesma variação de fluxo ocorre, a velocidade com que ela ocorre é relevante para se saber a força eletromotriz induzida. Se a velocidade for duplicada, o tempo no qual a variação de fluxo ocorre é reduzido à metade, e a força eletromotriz induzida será o dobro do caso de variação mais lenta. Assim, no caso apresentado no enunciado, se o fluxo variar com frequência duplicada, isto significa duplicação da velocidade de variação, e a força eletromotriz induzida será duplicada. Como a resistência da espira não muda, espera-se uma corrente induzida duplicada.

**Questão 3:** (2,5 pontos) A uma profundidade de 1m, no interior de um líquido de índice de refração  $\sqrt{2}$ , encontra-se uma fonte luminosa pontual P, como mostra a figura. Determine o diâmetro mínimo que deve ter um disco opaco para que, convenientemente colocado na superfície que separa o líquido do ar, não permita a emergência de nenhuma luz para o ar. Adote o índice de refração do ar igual a 1,0 e o  $\text{sen}45^\circ=0,707$  e  $\text{tg}45^\circ=1$ .



**Solução:** A luz se aproxima da normal ao passar pela superfície que separa um meio com índice de refração menor para meio com índice de refração maior; o inverso sucede quando a luz passa de um meio de índice de refração maior para um meio com índice de refração menor. No caso, discute-se a passagem de luz do meio com índice de refração maior (água) para o de índice de refração menor (ar). Portanto a partir de um certo ângulo, chamado ângulo limite, a luz teria que “sair” da água fazendo ângulo maior que  $90^\circ$  com a normal. Ou seja, na realidade a luz não sai da água se incide na superfície separadora para o ar com inclinação maior que o ângulo limite: ocorre reflexão total. Apenas um feixe cônico de abertura  $2L$  (sendo  $L$  o ângulo limite) conseguiria emergir para o ar. A luz, portanto, sai pela superfície através de uma região circular, em cujas bordas os raios incidem com o ângulo correspondente ao ângulo limite. Os raios não pertencentes a esse feixe cônico

incidem por ângulos maiores que o ângulo limite e sofrem reflexão total. Se na região circular pela qual a luz emerge for colocado um disco opaco de mesmo diâmetro, nenhuma luz passará do líquido para o ar.



Na figura abaixo, no triângulo sombreado, denominando R o raio do disco opaco e H a profundidade

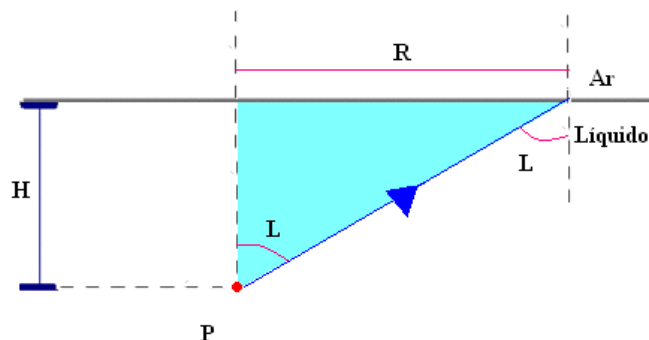
da fonte luminosa, temos:  $\text{tg}(L) = \frac{R}{H}$  (Eq. 1)

Para a determinação do ângulo limite, utiliza-se que  $\text{sen}(L) = \frac{\eta_1}{\eta_2}$ , onde  $\eta_1 = 1$  e  $\eta_2 = \sqrt{2}$  e logo

$$\text{sen}(L) = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = L = 45^\circ$$

Portanto pode-se obter R, pois tem-se L e H:  $\text{tg}(45^\circ) = \frac{R}{H} = 1 = R = H$

Como H=1m segue que R=1m e, portanto o diâmetro será D = 2R = 2m

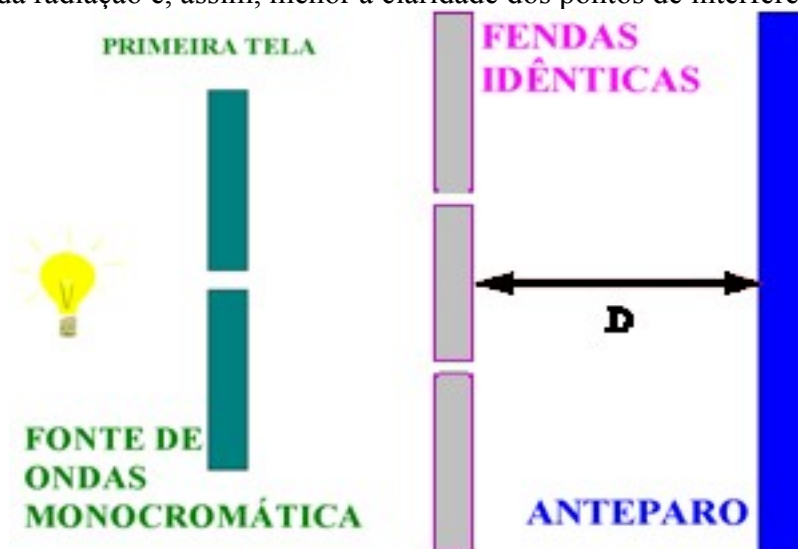


**Questão 4:** (2,5 pontos) Esboce o aparelho utilizado e descreva o experimento de Young, em que radiação eletromagnética coerente proveniente de duas fendas chega a um anteparo(1,0pt). Explique detalhadamente o fenômeno, e qualitativa e quantitativamente (1,5pts). Note que a descrição do experimento e do que ocorre não é explicação do fenômeno.

**Solução:** (a)Descrição do experimento. Uma fonte de luz monocromática é colocada atrás de uma tela opaca contendo uma estreita fenda da ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação incidente. Logo em seguida posiciona-se uma segunda tela, provida de duas fendas idênticas, também de mesmas dimensões. Assim, assegura-se a coerência das duas fontes que efetivamente dão origem ao fenômeno que se pretende estudar. A radiação coerente proveniente das duas fendas chega, então, a um anteparo, no qual são observadas regiões claras e escuras. Caso a luz fosse um

feixe de partículas andando em linha reta, não se observaria nada no anteparo, pois toda a luz seria barrada na segunda tela. No entanto, são observadas várias franjas claras e escuras que correspondem às interferências construtivas e destrutivas, respectivamente.

(b) Explicação do fenômeno. A interferência é o resultado da soma das ondas provenientes das duas fendas, no terceiro anteparo. Se as ondas percorrerem exatamente o mesmo caminho, como ocorre no centro do terceiro anteparo, as ondas se somam, duplicando a amplitude e definindo um ponto de claridade intensa; se se observa um dos dois pontos da segunda maior claridade, sem ser o do centro do terceiro anteparo, percebe-se que a diferença do caminho deste ponto até cada uma das duas fendas é um comprimento de onda e, por isto, as ondas também se somam de forma construtiva; igualmente, o próximo ponto de claridade o será pela soma construtiva das ondas provenientes das duas fendas, com caminho diferindo de dois comprimentos de onda, e assim por diante; evidentemente, entre dois pontos claros, há pontos escuros, que denotam a ocorrência de interferência destrutiva; por exemplo, do lado do centro do terceiro anteparo há um ponto escuro, no qual ocorre de a distância entre as duas fendas do segundo anteparo e este ponto escuro é exatamente metade do comprimento de onda da radiação, o que faz com que as ondas que ali chegam, provenientes das duas fendas, se cancelem e produzam uma onda resultante, mas com amplitude nula; o próximo ponto escuro o será porque a diferença de caminho percorrido pela radiação será de  $3/2$  do comprimento de onda, e assim por diante. Em síntese, se a diferença do caminho percorrido for um múltiplo inteiro do comprimento de onda da radiação, ocorrerá interferência construtiva, aparecendo uma franja clara. Do mesmo modo, se a diferença de caminho for um número ímpar de meios comprimentos de onda, acontecerá a interferência destrutiva, aparecendo a franja escura. As distâncias variam continuamente e, portanto, a claridade varia continuamente entre os pontos claros e escuros no terceiro anteparo; ademais, quanto mais longe do centro do terceiro anteparo, menor a intensidade da radiação e, assim, menor a claridade dos pontos de interferência construtiva.



### Formulário:

$$F_e = qE \quad F_m = qvB \quad E_{ind} = Ri$$

$$\text{sen } \theta_c = \frac{n_2}{n_1}; \quad e \quad v = \lambda f$$