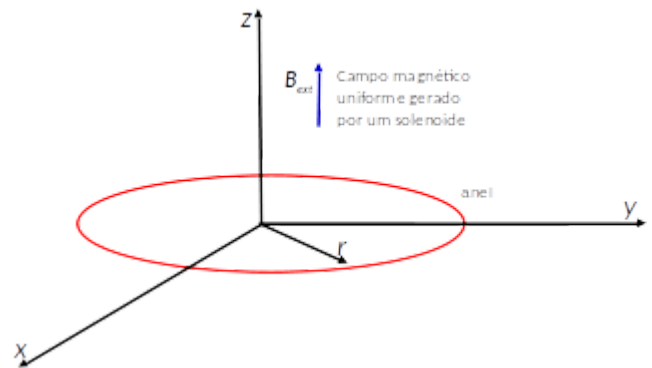


3ª projeto de F-328  
03/11/2021

**Questão 1:** Um anel de raio  $r$ , feito de material isolante é carregado com densidade linear de carga uniforme e carga total  $q$ . O anel está inicialmente em repouso, mas é livre para girar em torno de seu eixo de simetria, e está localizado em uma região de campo magnético constante ( $B_{ext}$ ) produzido por um solenóide infinito de raio  $b \gg r$ , com seu eixo de simetria alinhado com a direção do campo magnético (ver figura). Suponha que o campo é gerado por  $n_e$  portadores de carga por unidade de comprimento (densidade de elétrons) do solenóide que se movem a uma velocidade  $v_e$  (velocidade azimutal). Todo o sistema está no regime estacionário e é isolado. Suponha agora que por algum acidente - ou por arranjo prévio - a corrente no solenóide seja interrompida. Avalie as duas hipóteses a seguir:



1. Quando a corrente é interrompida, esse fluxo deve ir a zero. Haverá, portanto, um campo elétrico induzido que circulará em círculos centrados no eixo de simetria. O anel experimentará um campo elétrico tangencial. Essa força elétrica resultará em um torque líquido no anel. A partir desses argumentos, esperaríamos que, à medida que a corrente no solenóide desaparecesse, o anel começasse a girar. Se soubéssemos o momento de inércia do anel ( $I$ ) e a corrente no solenóide, poderíamos calcular a velocidade angular resultante e, portanto, seu momento angular ( $L$ ).
2. Mas também podemos apresentar um argumento diferente. Usando o princípio da conservação do momento angular, poderíamos dizer que o momento angular do sistema, incluindo o anel e todos os demais equipamentos, é inicialmente zero, portanto o momento angular da montagem deve permanecer zero. Não deve haver rotação quando a corrente for interrompida.

i) Qual argumento está correto? O anel irá girar ou não?

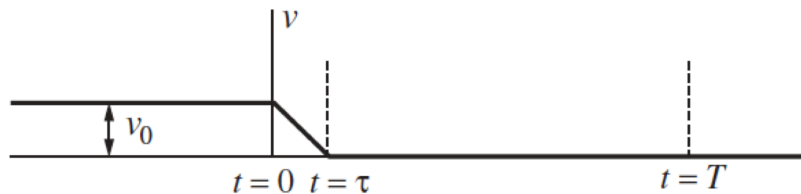
ii) Caso considere que o anel gira, obtenha uma expressão para a velocidade angular final do anel e seu momento angular em função de dados do problema. (Ajuda: considere que um anel carregado girando a uma velocidade angular  $\omega$  gerará um campo  $\mathbf{B}_{anel} = A\lambda\omega$  onde,  $\lambda$  é sua densidade de carga e  $A$  uma constante que depende da geometria do problema e não necessita ser calculada)

iii) Teria como saber de onde vem o momento angular inicial? Tente obtê-lo. É comparável ao momento angular final?

3ª projeto de F-328  
03/11/2021

**Questão 2:** O objetivo deste projeto é estudar a radiação emitida por uma partícula carregada e estudar o resultado em algumas situações reais.

i) **Radiação emitida:** Para calcular a radiação emitida, considere uma carga que está inicialmente movendo-se em velocidade constante  $v_0$  até  $t = 0$ . Ela sofre então uma aceleração negativa constante com valor  $a = v_0/\tau$ , a qual leva a partícula para o repouso em um tempo  $t = \tau$ . Vamos assumir que  $v_0 \ll c_0$ , onde  $c_0$  é a velocidade da luz no vácuo (veja a figura).



Calcule a energia total do campo eletromagnético transversal (onda eletromagnética) e calcule a potência irradiada.

ii) **Átomo de hidrogênio:** Considere um modelo tipo de Bohr para o átomo de hidrogênio, isto é, o elétron realizando uma órbita circular em torno do próton. Utilize valores realistas para o raio de Bohr do átomo de hidrogênio e estime o tempo que levaria para o elétron colapsar no núcleo.

iii) **Radiação síncrotron:** Para resolver uma situação relativística, transforme o problema para um referencial  $F'$  no qual a partícula move-se lentamente. Nesse referencial você pode utilizar o resultado obtido anteriormente. Depois transforme para o referencial desejado. Considere agora um elétron altamente relativístico ( $\gamma \gg 1$ ) movendo-se perpendicularmente a um campo magnético  $\mathbf{B}$ . Ele é continuamente acelerado perpendicularmente ao campo e deve irradiar. Calcule a radiação síncrotron, isto é a potência emitida pelo elétron. Sugestão:

1. Qual a relação entre a potência irradiada,  $P_{rad}$  emitida em um referencial  $F$  e a potência irradiada,  $P_{rad}'$  em um referencial  $F'$  que é um referencial inercial em relação a  $F$ ?
2. Transforme o problema para um referencial  $F'$  que esteja momentaneamente movendo-se com a partícula. Transforme (relativisticamente) os campos e encontre  $P_{rad}'$ . Faça a transformação da potência irradiada de volta para o referencial do laboratório. De posse do resultado, comente as implicações do seu resultado para um colisor circular (tipo LHC) e um síncrotron (tipo Sirius).

3ª projeto de F-328  
03/11/2021

**Questão 3:** Quando ligamos um liquidificador em nossa casa, estamos fechando um circuito que possivelmente se inicia em uma hidrelétrica a quilômetros de distância. Analise este circuito através do seguinte roteiro:

i) Considere um sistema que inclui o liquidificador, a rede elétrica da sua casa, a rede elétrica externa, as turbinas da hidrelétrica e a água utilizada para por as turbinas em funcionamento. Discuta a conservação de energia no seu sistema, explicando como se dá a transmissão (e possíveis perdas) de energia de um ponto ao outro.

ii) Detalhe como se dá a conversão de energia mecânica em energia elétrica na usina e a conversão inversa no seu liquidificador.

iii) Por que a transmissão se dá com corrente alternada? E por que ela é feita com cabos de alta tensão? Como se dá a redução da tensão para utilização doméstica?