

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA**  
**Centro de Ciências Exatas e da Natureza**  
**Departamento de Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Física**

Eletrodinâmica Clássica (2020.2) - Exame Geral de Qualificação

**Primeira Questão:** (2,5 pontos) Um objeto macroscópico pode suportar um equilíbrio estático de cargas em seu interior. Um dos desdobramentos deste fato empírico é a geração de um campo eletrostático no espaço e, entre as primeiras formulações deste campo, podemos citar as que resultam da lei de Coulomb (LC) e da própria lei de Gauss (LG).

(i) Formule a LG e a LC explicitando a relevância do princípio da superposição e o significado físico do divergente. Explique qual das duas formulações é mais completa justificando detalhadamente a sua resposta.

(ii) A distribuição eletrostática uniforme de carga em um objeto macroscópico pode ser descrita pela densidade volumétrica de carga  $\rho$ . Em particular, considere uma película retangular de espessura  $l$  finita em uma direção e infinita nas outras direções. Calcule a componente do campo elétrico na direção finita no interior da película **partindo da lei de Gauss em sua formulação local**.

(iii) Execute o mesmo procedimento do item (ii) para calcular o campo elétrico no interior de um cilindro longo de raio  $R$ .

(iv) Explique o seguinte paradoxo: se a equação resultante da lei de Gauss na forma local é exatamente a mesma nos itens (ii) e (iii), por quais razões os resultados são diferentes?

**Segunda Questão:** (2,5 pontos) Permeia toda a ficção científica e a utopia de pessoas cientificamente incultas o desejo de se construir a “tela da gravidade”. Tal façanha permitiria o bloqueio da gravidade do mesmo modo que uma gaiola de material metálico executa o bloqueio do campo elétrico. Considerando as diferenças cruciais entre as fontes do campo gravitacional e das fontes do campo elétrico, por qual razão não se pode anular a gravidade? Indique o que seria necessário para anulá-la.

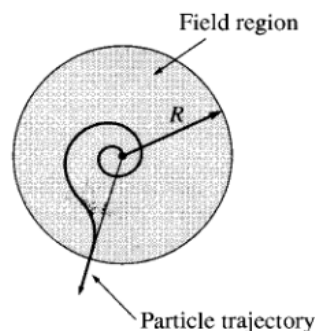
**Terceira Questão:** (2,5 pontos) Considere duas esferas condutoras tendo raios  $r_1$  e  $r_2$  e cujos centros estejam separados por uma distância  $d$  grande quando comparada com seus raios. Suponha que a esfera 1 suporte uma distribuição uniforme de carga  $q_1$  e que a esfera 2 suporte uma distribuição uniforme de carga  $q_2 = q - q_1$ .

(i) Negligenciando a perturbação causada por cada esfera no potencial criado pela outra, determine as condições para que a energia eletrostática  $U$  do sistema seja mínima e então escreva  $q_1$  e  $q_2$  em termos de  $q$ .

(ii) Repita o item (i) usando a dica seguinte e inclua o efeito de perturbação de cada esfera na outra

*Dica:* Tome o potencial de uma esfera distante como sendo o de uma carga pontual.

**Quarta Questão:** (2,5 pontos) Um campo magnético circularmente simétrico (dependente apenas da distância até o eixo), apontando no sentido perpendicular à página, ocupa a região sombreada da figura seguinte. Se o fluxo de campo magnético é nulo, mostre que: *uma partícula*



*carregada que inicia o movimento no centro sairá da região permeada pelo campo por meio de um caminho radial. Na trajetória contrária, uma partícula atirada de fora para o centro atingirá o seu alvo, embora execute uma trajetória bizarra.*