



Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Programa de Pós-Graduação em Física

Av. Fernando Ferrari, 514, 29075-910. Vitória, ES - Brasil.
E-mail: ppgfis.ufes@gmail.com. Telefone: +55-27-4009-2833

Exame de ingresso 2018/2

INSTRUÇÕES

- i. **Código da prova.** Imediatamente antes da prova começar, deve-se sortear um número para cada candidato. Em uma folha contendo todos os números sorteados, cada candidato deve escrever seu nome e assinar ao lado do seu número correspondente.
- ii. **Identificação.** Ao receber a prova, **todas** as folhas da prova devem ser identificadas com o código da prova. O nome do candidato ou qualquer outra identificação não pode ser escrita na prova, sob pena de anulação da mesma.
- iii. **Folhas de questões.** Cada questão deve ser respondida na folha correspondente (o verso pode ser usado também).
- iv. **Folhas extras.** Essas folhas não contém um número de questão impresso, pois essa informação precisa ser completada pelo candidato, em acordo com a questão que se pretende responder. Não é aceito o uso de uma mesma folha para responder a mais de uma questão. Uma folha extra sem número de questão, ou com mais de um número de questão, pode ser considerada como rascunho do candidato, sem valor para pontuação.
- v. **Consultas.** Não é permitido nenhum tipo de consulta durante a prova.
- vi. **Aparelhos eletrônicos.** O uso de equipamentos eletrônicos como computadores, celulares e calculadoras não é permitido.
- vii. **Duração da prova.** A prova tem duração de quatro horas.
- viii. **Entrega da prova.** Ao terminar a prova, o aluno deve entregar todas as folhas que recebeu no início da prova, mesmo que não tenha escrito nada além do código da prova.
- ix. **Respostas.** As respostas podem ser escritas em espanhol, inglês ou português.



Questão 1 (2,5 pontos)

Uma carga pontual q está situada à uma distância d do centro de uma esfera condutora aterrada de raio R . Determine o potencial fora da esfera (justifique claramente sua resposta).

Algumas definições e identidades úteis

$$\vec{\nabla} = \hat{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \hat{\phi} \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \phi} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} (\rho F_\rho) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \phi} F_\phi + \frac{\partial}{\partial z} F_z$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{F} = \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial F_z}{\partial \phi} - \frac{\partial F_\phi}{\partial z} \right) \hat{\rho} + \left(\frac{\partial F_\rho}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial \rho} \right) \hat{\phi} + \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial \rho} (\rho F_\phi) - \frac{\partial F_\rho}{\partial \phi} \right] \hat{k}$$

$$\vec{\nabla} = \hat{r} \frac{\partial}{\partial r} + \hat{\theta} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} + \hat{\phi} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 F_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta F_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial F_\phi}{\partial \phi}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{F} = \frac{1}{r \sin \theta} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta F_\phi) - \frac{\partial F_\theta}{\partial \phi} \right] \hat{r} + \frac{1}{r} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial F_r}{\partial \phi} - \frac{\partial}{\partial r} (r F_\phi) \right] \hat{\theta} + \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r F_\theta) - \frac{\partial F_r}{\partial \theta} \right] \hat{\phi}$$

Polinômios de Legendre

$$P_0(\cos \theta) = 1$$

$$P_1(\cos \theta) = \cos \theta$$

$$P_2(\cos \theta) = (3 \cos^2 \theta - 1) / 2$$



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Questão 2 (2,5 pontos)

Sejam duas cascas cilíndricas condutoras coaxiais (com raios a e b , $b > a$). As placas são mantidas a uma diferença de potencial $\Delta\phi$. A região entre as cascas é preenchida com um meio de condutividade g . Use a lei de Ohm, $\vec{J} = g\vec{E}$, para calcular a corrente elétrica por unidade de comprimento das cascas.



Questão 3 (2,5 pontos)

Considerando um átomo de hidrogênio no estado caracterizado pelos números quânticos $n = 2$, $l = 1$ e $m = 0$, calcule o valor do raio (centrado no núcleo do átomo) que corresponde à máxima densidade de probabilidade radial.

Dados: são funções de onda radiais para o átomo de hidrogênio

$$R_{10}(r) = 2a_0^{-3/2} e^{-r/a_0}$$

$$R_{20}(r) = \frac{1}{\sqrt{2a_0^3}} \left(1 - \frac{r}{2a_0} \right) e^{-r/2a_0}$$

$$R_{21}(r) = \frac{1}{\sqrt{6a_0^3}} \frac{r}{2a_0} e^{-r/2a_0}$$



Questão 4 (2,5 pontos)

Qual é a probabilidade que o elétron no estado fundamental do átomo de hidrogênio se encontre dentro do núcleo? Considere o raio de Bohr como $a_0 = 0,5 \times 10^{-10}$ m e o raio do núcleo como $b = 10^{-15}$ m.

Dados: são funções de onda radiais para o átomo de hidrogênio

$$R_{10}(r) = 2a_0^{-3/2} e^{-r/a_0}$$

$$R_{20}(r) = \frac{1}{\sqrt{2a_0^3}} \left(1 - \frac{r}{2a_0} \right) e^{-r/2a_0}$$

$$R_{21}(r) = \frac{1}{\sqrt{6a_0^3}} \frac{r}{2a_0} e^{-r/2a_0}$$



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Folha extra 1

Questão _____



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Folha extra 2

Questão _____



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Folha extra 3

Questão _____



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Folha extra 4

Questão _____



Programa de Pós-Graduação em Física

Código da prova: _____

Folha extra 5

Questão _____