



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

Av. Fernando Ferrari, 514- Campus Goiabeiras-29075-910-Vitória-ES-Brasil

Fone: (++)55-27) 3335-2833

Fax: (++)55-27) 3335-2823

<http://www4.fisica.ufes.br/pos-graduacao>  
[ppg fis.ufes@hotmail.com](mailto:ppg fis.ufes@hotmail.com)

E-mail:

---

PPGFis/CCE/UFES

**Instruções para serem lidas antes da Prova**

**Exame de Ingresso - 2016/01**

1. As questões não precisam ser devolvidas ao final da prova.
2. A prova deve ser identificada apenas com o código sorteado. Não escreva seu nome nas folhas de respostas.
3. Cada questão deve ser respondida na folha correspondente.
4. Não é permitida a consulta a livros, apontamentos, apostilas, etc.
5. Não é permitido o uso de máquina de calcular, telefone celular ou outro equipamentos eletrônicos.
6. Se utilizar alguma das folhas extra, não se esqueça de indicar no local apropriado o número da questão resolvida (**Questão** \_\_).
7. A prova tem uma duração total de 4 horas.
8. Os candidatos devem permanecer dentro da sala por no mínimo 90 minutos.
9. Os candidatos somente podem ausentar-se da sala de exame para ir ao banheiro 60 minutos após o início do exame.

**Formulário**

Identidades e teoremas de cálculo vetorial:

(1)  $\mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = \mathbf{B} \cdot (\mathbf{C} \times \mathbf{A}) = \mathbf{C} \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$

(2)  $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = \mathbf{B}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - \mathbf{C}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})$

(3)  $\nabla(fg) = f(\nabla g) + g(\nabla f)$

(4)  $\nabla(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = \mathbf{A} \times (\nabla \times \mathbf{B}) + \mathbf{B} \times (\nabla \times \mathbf{A}) + (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B} + (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A}$

(5)  $\nabla \cdot (f\mathbf{A}) = f(\nabla \cdot \mathbf{A}) + \mathbf{A} \cdot (\nabla f)$

(6)  $\nabla \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = \mathbf{B} \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) - \mathbf{A} \cdot (\nabla \times \mathbf{B})$

(7)  $\nabla \times (f\mathbf{A}) = f(\nabla \times \mathbf{A}) - \mathbf{A} \times (\nabla f)$

(8)  $\nabla \times (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = (\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{A} - (\mathbf{A} \cdot \nabla)\mathbf{B} + \mathbf{A}(\nabla \cdot \mathbf{B}) - \mathbf{B}(\nabla \cdot \mathbf{A})$

(9)  $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$

(10)  $\nabla \times (\nabla f) = 0$

(11)  $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$

$$\int_a^b (\nabla f) \cdot d\mathbf{l} = f(\mathbf{b}) - f(\mathbf{a})$$

$$\int (\nabla \cdot \mathbf{A}) d\tau = \oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{a}$$

$$\int (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot d\mathbf{a} = \oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}$$

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 1

código de prova

NOTA

Uma partícula de massa  $m$  está confinada em uma região 1-dim  $-\frac{a}{2} < x < \frac{a}{2}$  por um potencial

$$V(x) = \begin{cases} 0 & , -\frac{a}{2} < x < \frac{a}{2} \\ \infty & , \text{outros pontos} \end{cases}.$$

- a) Determine as autofunções normalizadas,  $\varphi(x)$ , e os respectivos autovalores da energia.

No instante  $t = 0$  a função de onda normalizada da partícula é dada por

$$\psi(x, 0) = \sqrt{\frac{2}{a}} \left[ \frac{1}{2} + \sqrt{3} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \right] \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right).$$

- b) Calcule o valor médio da energia no instante  $t = 0$ .
- c) Calcule a probabilidade de uma medida, no instante  $t = 0$ , ter como resultado o valor  $\frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ .
- d) Determine  $\psi(x, t)$  para um instante  $t > 0$ .

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 1

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 1

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 2

código de prova
-----------------

NOTA
------

Use a equação de Schrodinger, com Hamiltoniano Hermitiano, para mostrar que a norma do vetor de estado não depende do tempo.

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 2

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 3

código de prova

NOTA

Deduza a equação da onda eletromagnética utilizando as Leis de Maxwell diferenciais numa região de vácuo ( $\epsilon_0$ ,  $\mu_0$ ), onde não existem fontes de cargas e de correntes ( $\rho=0$  e  $J=0$ ). Descreva a solução esperada para a propagação dos campos elétricos e magnéticos no vácuo. Indique qual a relação entre a velocidade da luz ( $c$ ) e as constantes  $\epsilon_0$  e  $\mu_0$ .



# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 3

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 3

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 4

código de prova

NOTA

- (a) Partindo das equações de Maxwell, obtenha a equação de onda para o campo elétrico  $\vec{E}$  em um meio linear (com permissividade elétrica  $\epsilon$  e permeabilidade magnética  $\mu$ ) e ôhmico (com condutividade elétrica  $g$ , sendo  $\vec{J}_f = g\vec{E}$ ), na ausência de cargas externas ( $\rho_f = 0$ ). (1,0)
- (b) Mostre que essa equação admite soluções de ondas planas da forma  $\vec{E}(z,t) = \vec{E}_0 e^{i(\tilde{k}z - \omega t)}$  e determine a relação entre a grandeza complexa  $\tilde{k}$  e a frequência angular da onda  $\omega$ . (2,0)
- (c) Separe as partes real e imaginária de  $\tilde{k}$ , escrevendo  $\tilde{k} = \alpha + i\beta$ , e dê uma interpretação física para as quantidades  $\alpha$  e  $\beta$ . (2,0)

Equações de Maxwell:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_f + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

Meio linear:

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E}$$

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu} \mathbf{B}$$

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 4

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

## Questão 4

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

Folha Extra Questão \_\_\_\_\_

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

Folha Extra Questão \_\_\_\_\_

código de prova

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

Folha Extra Questão \_\_\_\_\_

código de prova



# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

Folha Extra Questão \_\_\_\_\_

código de prova

---

# Programa de Pós-Graduação em Física - PPGFis/CCE/UFES

Folha Extra Questão \_\_\_\_\_

código de prova