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

## Questão 1

código de prova

NOTA

As funções de onda para o átomo de hidrogênio são dadas por

$$\psi_{nlm}(r,\theta,\phi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta,\phi),$$

onde $Y_{lm}(\theta,\phi)$ são os harmônicos esféricos e $R_{nl}(r)$ são as funções de onda radiais.

a) Calcule o valor médio $< r >$ para o átomo de hidrogênio no estado $\psi_{210}(r,\theta,\phi)$.

b) Calcule o valor de $r$ para o qual a densidade de probabilidade radial do átomo de hidrogênio no estado $\psi_{210}(r,\theta,\phi)$ atinge seu valor máximo.

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

## Questão 2

| código de prova | NOTA |
|---|---|
| | |

A função de onda, solução da equação de Schrödinger para o átomo de hidrogênio, pode ser escrita como produto de uma função radial $R(r)$ e uma parte angular [harmônico esférico, $Y_{lm}(\theta, \varphi)$]. A Equação Radial para o átomo de hidrogênio pode ser escrita como:

$$\frac{-\hbar^2 d^2U(r)}{2\,\mu\, dr^2} + \left[\frac{l(l+1)\hbar^2}{2\,\mu\, r^2} - \frac{e^2}{r}\right] U(r) = E\, U(r)$$

onde $\mu$ é a massa reduzida do sistema e $U(r) = r\, R(r)$.

a) Faça a análise assintótica ($r \to 0$ e $r \to \infty$) do comportamento da função de onda radial;

b) Resolva a equação radial (sugestão: use o método das séries de potência);

c) Obtenha as soluções, fisicamente aceitáveis, para a energia do sistema.

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

## Questão 3

código de prova

NOTA

Um longo solenoide, de raio $a$ é alimentado por uma corrente alternada, de modo que o campo magnético gerado em seu interior é descrito como

$$\mathbf{B}(t)=B_o\cos(\omega t)\,\mathbf{z}\,.$$

Uma bobina unitária (uma espira apenas), de raio $a/2$ e resistência $R$ é colocada numa posição coaxial e no centro de massa do solenoide. Encontre a função que descreve a corrente induzida na espira unitária em função do tempo.

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

## Questão 4

| código de prova | NOTA |
|---|---|
| | |

Obtenha o teorema de Poynting, partindo das equações de Maxwell no vácuo na presença de uma densidade de corrente elétrica $\vec{J}_f$:

$$\boxed{\frac{\partial}{\partial t}(u_{\text{mech}} + u_{\text{em}}) = -\nabla \cdot \mathbf{S}.}$$

Nessa expressão, o vetor de Poynting é dado por:

$$\boxed{\mathbf{S} \equiv \frac{1}{\mu_0}(\mathbf{E} \times \mathbf{B}).}$$

Os termos $u_{\text{mech}}$ e $u_{\text{em}}$ representam as densidades de energia mecânica e eletromagnética, respectivamente. Defina claramente esses dois termos, em função do campo elétrico, do campo magnético e da densidade de corrente elétrica.