

3ª LISTA DE MECÂNICA QUÂNTICA II
(2016-2)

1. Calcule $\langle P^4 \rangle_{nlm}$ para as autofunções do átomo de hidrogênio.
2. Determine os autovetores e autovalores do operador $\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$, onde \mathbf{L} e \mathbf{S} são, respectivamente, os operadores momento angular orbital e spin do elétron.
3. Em teoria de perturbação de primeira ordem, os níveis de energia do átomo de hidrogênio, incluindo os termos de estrutura fina, são dados por:

$$E_{nj} = -\frac{\alpha^2 m c^2}{2n^2} \left[1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + 1/2} - \frac{3}{4} \right) \right].$$

- (a) (1,0) Faça um diagrama da estrutura fina do nível $n = 5$.
 - (b) (1,0) Determine a separação em energia entre os níveis de maior e menor energia do diagrama. Dê sua resposta em função de m , c e α .
4. O Hamiltoniano de estrutura hiperfina do nível fundamental do átomo de hidrogênio é dado por $V_{HF} = \mathcal{A} \mathbf{S} \cdot \mathbf{I}$, onde \mathbf{S} é o spin do elétron, \mathbf{I} o spin do próton e \mathcal{A} a constante de acoplamento.
- (a) Determine as auto-energias da estrutura hiperfina do nível fundamental e os autoestados associados.
 - (b) Um campo magnético constante $\vec{B} = B \hat{z}$ é aplicado. **Despreze o momento magnético nuclear** e considere apenas a contribuição do momento magnético eletrônico $\vec{\mu}_s = g \vec{S}$. Obtenha a **solução exata** para os autoestados e as energias do estado fundamental. Faça uma expansão em série de Taylor das energias no limite de campos fracos e compare com o previsto pela teoria de perturbação de primeira ordem.
 - (c) Utilizando um pacote algébrico, plote o gráfico que representa a variação dos níveis de energia como função do campo magnético.