

1. O Hamiltoniano de um disco em rotação livre ao redor de um eixo fixo é dado por $H = L_z^2/2I$, onde I é o momento de inércia do disco e $0 \leq \phi \leq 2\pi$. (a) Deduz as autofunções $\psi_m(\phi)$, normalizadas, e imponha que elas sejam periódicas em ϕ para achar os autovalores. Qual a degenerescência dos níveis? (b) Verifique que autofunções correspondentes a autovalores distintos são ortogonais. (c) Considere duas autofunções degeneradas quaisquer. Mostre que uma combinação linear delas resulta também numa autofunção de H e com o mesmo autovalor.
2. Um sistema de dois spins $1/2$ é governado pelo Hamiltoniano $H = J\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2$, sendo J uma constante real. (a) Determine os possíveis valores do momento angular total $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ e suas respectivas componentes z . (b) Ache os autovalores e autovetores de H . Indique os vetores de base que utilizar.
3. (a) Obtenha os autovalores s do operador quadrado do momento angular total S^2 , e também os autovalores de suas respectivas componentes \hat{z} , para a soma de dois spins 1 (liste todos os autovalores, mesmo que repetidos!). (b) Em seguida, parta do autovetor $|2, 2\rangle$ de S^2 e S_z e mostre em detalhe como se obtém o autovetor $|2, 1\rangle$.
4. Um oscilador harmônico unidimensional de frequência natural ω sofre a perturbação $H' = \alpha(a + a^\dagger)$. Calcule a energia até segunda ordem em α para o n -ésimo nível desse oscilador. Suponha conhecidas as autofunções e autoenergias do oscilador não perturbado.
5. Responda sucintamente (não precisa deduzir), tendo o hidrogênio em mente,
 - (a) quais são as ordens de grandeza envolvidas nas interações Coulombiana, fina e hiperfina? Expresse seus resultados em função de mc^2 e da constante de estrutura fina, e finalmente em elétron volts.
 - (b) Quais os termos presentes na interação fina e suas origens físicas? Não se preocupe caso não lembre alguma constante; atenha-se ao principal de cada termo.
 - (c) Mencione as razões dos termos de interação fina terem elementos de matriz nulos entre os estados $2s$ e $2p$?