Universidade de São Paulo em São Carlos Lista 9, resolver até 13.11.2015

SPI5814 Física atômica e molecular

Nome:

Mistura de estados

Um átomo de dois níveis é inicialmente numa superposição entre dois estados $|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|2\rangle$. Um aparelho mede as populações dos estados, mas o experimentador esqueceu ler o resultado indicado. Descreve o estado o atomo pelo operador densidade.
b. Agora, o experimentador volta ao aparelho. Calcule com qual probabilidade ele lê o estado $|1\rangle$.

População térmica de um oscilador harmônico

Em equilíbrio térmico os estados de energia de um sistema são populados seguinte a lei de Boltzmann,

$$P_n = \frac{e^{-n\beta\hbar\omega}}{\sum_m e^{-m\beta\hbar\omega}} \qquad \text{com} \qquad \beta \equiv \frac{1}{k_B T} \ .$$

Considere um oscilador harmônico unidimensional caracterizado pela frequência secular ω e, usando o operador densidade, calcule a número quântico médio da população e a energia media.

Mistura térmica

Consideramos um gás atômico térmico não interagindo em uma dimensão. Em vez de descrever o estado do conjunto atômico, podemos considerar um só átomo com probabilidade distribuída de ter uma dada velocidade v. O operador densidade do grau de liberdade contínuo pode ser escrito,

$$\rho = \int dv \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}} e^{-mv^2/2k_B T} |v\rangle\langle v| \ ,$$

e o traço de uma qualquer observável $\hat{A}$,

$$\langle \hat{A} \rangle = \text{Tr } \rho A = \int du \langle u|\rho\hat{A}|u\rangle \ .$$

Agora imagine um aparelho capaz de medir a velocidade de um único átomo aleatoriamente escolhido dentro da nuvem. Exprime a probabilidade de medir a velocidade v deste átomo usando o operador densidade. Exprime o valor esperado da velocidade pelo operador densidade.

Átomo de hélio

Compare a energia de ligação medida com a predição do modelo de Bohr considerando a interação entre os elétrons até primeira ordem TPIT.