

Kvantová fyzika, předmět KFY/7KVAF

ZS 2021/2022

Téma 8: Nestacionární poruchová teorie, Bornova-Oppenheimerova aproximace

1. Částice se nachází v základním stavu lineárního harmonického oscilátoru, jehož potenciální energie je $V(x) = \frac{1}{2}kx^2$. V čase $t = 0$ dojde k “okamžitému” zdvojnásobení vazebné konstanty k . Jaká je pravděpodobnost, že nalezneme systém v základním stavu modifikovaného lineárního harmonického oscilátoru? [Nápověda: Uvažujte vlnové funkce základního stavu lineárního harmonického oscilátoru $\psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\hbar\pi}\right)^{\frac{1}{4}} \exp\left(-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right)$ s vazebnou konstantou k a frekvencí ω a vlnovou funkci $\psi'_0(x)$ s vazebnou konstantou $k' = 2k$ a frekvencí $\omega' = \sqrt{2}\omega$. Pravděpodobnost přechodu při náhlé změně je potom $w_0 = |\langle \psi'_0(x) | \psi_0(x) \rangle|^2$.]
2. Částice se nachází v základním stavu uvnitř jednorozměrné potenciálové jámy nekonečné hloubky a šířka jámy je L . Stěny se rozestoupí “skokem” na dvojnásobnou šířku jámy (tj. rychlostí o mnoho větší, než je rychlost částice). Vypočítejte pravděpodobnost, že částici nalezneme ve stavu s nejnižší energií?
3. Jádru atomu vodíku s hmotnostním číslem 3 (tritium ${}^3\text{H}$) je nestabilní a přemění se (β rozpadem) na jádro ${}^3\text{He}^+$. Předpokládejme, že rozpad ${}^3_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}^+ + e^- + \bar{\nu}$ je natolik rychlý, že se pouze náboj jádra zvětší o jedničku, původní elektron na něj nestačí zareagovat a na začátku procesu ($t = 0$) se nachází v základním stavu atomu tritia. Jaká je pravděpodobnost toho, že po rozpadu bude iont He v některém z excitovaných stavů?
4. Odvoďte Schrödingerovu rovnici pro pohyb atomových jader za předpokladu Bornovy-Oppenheimerovy aproximace. [Nápověda: předpokládejte znalost řešení elektronové Schrödingerovy rovnice, rozviňte celkovou vlnovou funkci do báze vlastních funkcí elektronového hamiltoniánu, dosad'te rozvoj do Schrödingerovy rovnici pro celkovou vlnovou funkci, zanedbejte členy se změnou elektronové vlnové funkce.]