Kvantová fyzika, KFY/7KVAF
ZS 2021/2022
Téma 6: Stacionární poruchová teorie

1. Elektron je vázán na úsečku. Najděte korekci k energii jednotlivých hladin způsobenou malou dodatečnou poruchou – homogenním elektrostatickým polem s intenzitou $\vec{E}$ (ve směru té úsečky). Jak se změní energie fotonu emitovaného při přechodu z prvního excitovaného do základního stavu. [Nápověda: Uvažujte částici na úsečce $0 \leq x \leq L$, která je nabitá na náboj $-e$ a tudíž na ni působí pole (porucha) $V(x) = -eEx$. Použijte první řád poruchové teorie na problém částice v jednorozměrné potenciálové jámě nekonečné hloubky.]

2. Vypočítejte korekci prvního řádu k energii částice vázané na úsečku $0 \leq x \leq a$ následujícím potenciálem: $V(x) = V_0 x$ pro $0 \leq x \leq a/2$ a $V(x) = V_0(a - x)$ pro $a/2 \leq x \leq a$, kde V_0 je konstanta.

3. Uvažujte spin elektron v silném magnetickém poli $\vec{B_0}$ ve směru osy z. K tomuto poli přidáme slabé magnetické pole $\vec{b}$ ve směru osy x. Najděte vlastní hodnoty a odpovídající vlastní vektory nejprve přesně, potom za použití poruchové teorie do druhého řádu a porovnejte výsledky. [Nápověda: Hamiltonián je dán jako $\hat{H} = \frac{e\hbar}{2m}\hat{\vec{\sigma}} \cdot \vec{B}$ (operátor energie magnetického momentu elektronu ve vnějším poli), kde $\vec{B} = \vec{B_0} + \vec{b}$, $\hat{\vec{\sigma}}$ je vektor tvořený Pauliho maticemi a $e < 0$.]

4. Použijte stacionární poruchovou teorii prvního řádu k výpočtu korekce (prvního řádu) k energii základního stavu kvartického oscilátoru, jehož potenciální energie je popsána jako $V(x) = cx^4$. V tomto případě použijte jako neporušený systém harmonický oscilátor. Jaký člen v tomto případě představuje hamiltonián poruchy?

5. Na jednorozměrný harmonický potenciál s nábojem e působí elektrostatické pole s intenzitou $\vec{E}$. Vypočítejte změnu energie základního stavu v prvním i druhém řádu poruchové teorie. Najděte také přesné řešení úlohy a porovnejte s ním přibližné řešení. [Nápověda: Hamiltonián odpovídající poruše oscilací ve směru osy x bude $\hat{H}' = -eE\hat{x}$ (potenciál bodového náboje v homogenním elektrostatickém poli). Při výpočtu použijte i tvrzení $\int_{-\infty}^{\infty} \psi_n^*(x) x \psi_m(x) dx = 0$ pro $|m - n| \geq 2$, platné pro vlastní funkce lineárního harmonického oscilátoru. Připomeňte si, že vlastní funkce základního a prvního excitovaného stavu oscilátoru jsou $\psi_0(x) = \sqrt{\frac{2}{x_0\sqrt{\pi}}} \exp(-\frac{x^2}{2x_0^2})$ a $\psi_1(x) = \sqrt{\frac{2}{x_0\sqrt{\pi}}} \frac{x}{x_0} \exp(-\frac{x^2}{2x_0^2})$, kde $x_0 = \sqrt{\hbar/m\omega}$.]