量子力学 II レポート課題［第 6 回］提出期限：**2025.7.9**（2025.7.2 出題）

学修番号・名前 ______________________________

結果だけでなく**途中の式と説明も書くこと**。

正の実数 $\varepsilon > 0,\ \delta > 0$ と複素数 $v, w \in \mathbb{C}$ を用いて非摂動ハミルトニアン $\hat{H}_0$ と摂動項 $\hat{V}$ を

$$\hat{H}_0 = \begin{pmatrix} \varepsilon & 0 & 0 \\ 0 & 2\varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & 3\varepsilon \end{pmatrix}, \quad \hat{V} = \begin{pmatrix} 0 & v & w \\ v^* & 0 & 0 \\ w^* & 0 & \delta \end{pmatrix}$$

と定義する。$\hat{H}_0$ の固有状態 $|n\rangle_0$（$n = 1, 2, 3$）を

$$|1\rangle_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |2\rangle_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |3\rangle_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

とする。$n = 1, 2, 3$ に対し、非摂動ハミルトニアンの固有エネルギー $E_n^{(0)}$、1 次および 2 次の摂動によるエネルギーのずれ $E_n^{(1)}$ および $E_n^{(2)}$ は

$$\hat{H}_0 |n\rangle_0 = E_n^{(0)} |n\rangle_0, \quad E_n^{(1)} = {}_0\langle n| \hat{V} |n\rangle_0, \quad E_n^{(2)} = \sum_{m \neq n} \frac{|{}_0\langle n| \hat{V} |m\rangle_0|^2}{E_n^{(0)} - E_m^{(0)}}$$

で与えられる。次の問に答えよ。

1. $\hat{H}_0$ の固有エネルギー $E_1^{(0)}, E_2^{(0)}, E_3^{(0)}$ を求め、基底状態（エネルギーが最低の状態）がどれか答えよ。
2. 1 次の摂動によるエネルギーのずれ $E_1^{(1)}, E_2^{(1)}, E_3^{(1)}$ を求めよ。
3. 2 次の摂動によるエネルギーのずれ $E_1^{(2)}, E_2^{(2)}, E_3^{(2)}$ を求め、基底状態に対する 2 次の摂動が 0 または負であることを確認せよ。

講義についての質問や、ご意見ご要望があれば末尾に書いてください。