

Université : ZIANE Achour DJELFA
Faculté : sciences exactes et informatique
Département : physique
Niveau : 1^{ère} année master
Spécialité : énergétique et énergie renouvelable/physique des matériaux
Module : interaction lumière-matière
Enseignant : Dr. LAHOUAL Mohamed

Nom:
Prénom:

TD : 05
TD : Probabilité de transition

Exercice 5.1

Un système est dans un état imperturbé $|a\rangle$ soudainement, il est soumis à une perturbation constante \hat{H}' .

- 1) Trouver la probabilité de transition de l'état $|a\rangle$ à l'état $|b\rangle$.
- 2) Montrer qu'elle varie harmoniquement.
- 3) Donner sa fréquence angulaire et son amplitude.

Exercice 5.2

Un système quantique est initialement dans un état fondamental $|0\rangle$. A $t = 0$, il est soumis à une perturbation de la forme $H' = H_0 e^{-\alpha t}$, où α est une constante.

Trouver la probabilité que le système passe à l'état $|1\rangle$.

Exercice 6.3

Un système à deux états séparé par une énergie $\hbar\omega_0$ est préparé dans son état fondamental à $t = 0$. A $t = 0$ un signal de perturbation sinusoïdal

$$V(t) = \hbar V_0 \cos \omega t$$

Est appliqué au système ($V_{aa} = V_{bb} = 0$).

- a) Résoudre l'équation de Schrödinger dépendante du temps en négligeant le terme à la variation rapide.
- b) montrer que la probabilité maximale d'être dans l'état excité est donné par

$$P_{max} = \frac{|V_0|^2}{(\omega - \omega_0)^2 + |V_0|^2}$$

Où $|V_0|$ est l'élément de matrice de V_0 entre les deux états du système.

c) Montrer que la perturbation pulsée de la durée $t = \pi/|V_0|$ avec une fréquence $\omega = \omega_0$ inverse le système pour que $P = 1$.

Exercice 5.4

Expliquer en détail le modèle semi-classique de l'interaction matière-lumière. Citer un défaut de ce modèle et expliquer votre choix.

Un atome à deux niveaux sans interaction est décrit par l'hamiltonien suivant

$$H_0 = E_1|1\rangle\langle 1| + E_2|2\rangle\langle 2|$$

Expliquer le sens physique de chaque terme dans cette expression. L'atome interagit avec un champ électromagnétique, l'hamiltonien de l'interaction est donné par

$$V(t) = \gamma e^{i\omega t}|1\rangle\langle 2| + \gamma e^{-i\omega t}|2\rangle\langle 1|$$

Expliquer le sens physique de chaque terme dans cette expression.

Supposant que l'atome est initialement dans l'état $|1\rangle$. On sait que l'état de l'atome est en général donné par

$$c_1(t)e^{-iE_1t}|1\rangle + c_2(t)e^{-iE_2t}|2\rangle$$

Résoudre l'équation de Schrödinger pour montrer que la probabilité de l'occupation de l'état excité oscille avec une fréquence

$$\Omega = \sqrt{\gamma^2/\hbar^2 + (\omega - \omega_{12})^2/4}$$

$$|c_2(t)|^2 \propto \sin^2 \Omega t$$

Ou

$$\omega_{12} = \frac{E_2 - E_1}{\hbar}$$

Supposant que l'interaction est déclenchée. Dériver et dessiner l'évolution exacte de la probabilité d'occuper l'état excité $|2\rangle$ en fonction du temps. Si on donne $\gamma = 10^{-24}J$, combien de temps faudra pour exciter l'atome au niveau $|2\rangle$ si elle était initialement dans le niveau $|1\rangle$?

LAHOUAL