

LP 41 : Evolution temporelle d'une système à deux niveaux

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Ebauche de plan - Niveau : L3

Prérequis

- Equation de Schrödinger
- Expérience de Stern et Gerlach
- Effet tunnel

1 La molécule d'ammoniac [1]

1.1 Modèle simplifié

- Poser la géométrie du problème.
- Modéliser dans le cas
- Traiter naïvement avec juste un hamiltonien diagonal avec les mêmes énergies pour l'espace de Hilbert à gauche et à droite.
- Résoudre l'équation de Schrodinger, montrer qu'un état à gauche ou à droite est un état propre et est supposé y rester.
- Expérimentalement: ce n'est pas vérifié, on a une inversion à une fréquence de 24 GHz, essayons de comprendre pourquoi.

1.2 Couplage entre les deux états

- Faire sentir que des termes diagonaux ne changeront rien
- On prends un terme anti-diagonal, réel, dont on fera sentir qu'il est le même sur chaque coeff.

- Diagonaliser alors l'hamiltonien en montrant qu'il peut se mettre sous la forme d'une matrice de rotation.
- Montrer l'existence d'un état symétrique et anti symétrique. Ce sont eux les états propres et pas les état gauche et droite
- (Possiblement parler de la modélisation en double puits et de l'effet tunnel)
- Probabilité d'être à gauche au cours du temps à l'aide de la matrice de rotation. Arriver à la formule de Rabi dans cet exemple
- Généraliser dans le cas d'énergie non identique au départ
- Commenter le profil en fonction des différentes énergies

2 Réaction à un champ oscillant: le Maser

2.1 Effet du champ oscillant [1]

- Poser la perturbation avec le moment dipolaire
- On suppose le champ parallèle à x
- Poser l'opérateur dipolaire dans la base des états symétriques/antisymétrique
- Obtenir les énergies et états propres de l'hamiltonien
- Discuter des effets pour des champs faibles (et pq pas des champs forts)
- Montrer qu'on peut trier comme ça avec les forces les deux états et conserver l'antisymétrie

2.2 Effet Maser [1] et [2] (pour les hypothèses et la discussion pratique)

- Poser l'hamiltonien de travail
- Dérouler les équations diff pour les coefficients
- Arriver à une équation diff non résoluble analytiquement
- La traiter proche de la résonance et ainsi négliger les termes rapides (idem approx. champs tournants pour la RMN)
- Soit repartir de l'équation matricielle en supposant l'Hamiltonien peu variable dans le temps, soit développer le système et les changements de variable
- Arriver aux oscillations de Rabi et la résonance

2.3 Applications

- Emission stimulée: Transfert de l'énergie de la matière vers le rayonnement
- Très bonne résonance, très bien contrôlé.
- Permet de détecter des rayonnements astrophysiques

Conclusion

Ouvrir sur les horloges atomique, ou les lasers.

Bibliographie

- [1] Basdevant, Dalibard, Mécanique quantique (surtout le 6.4,6.5,6.6)
- [2] Le Bellac, Mécanique Quantique
- [3] Cohen, Mécanique quantique
- [4] Aslangul, Mécanique quantique

Animations, ressources

- (1) Animation Python "Oscillations quantiques type NH₃" sur :
<https://www.sci-phy.org/agreg>