

Table des matières

1. Description générale d'un système quantique	7
1.1. Rappels : fonction d'onde, équation de Schrödinger et premières conséquences	7
1.1.1. Description newtonienne :	7
1.1.2. Équation du mouvement :	7
1.1.3. Notion de fonction d'onde :	8
1.1.4. Principe de superposition et interférences :	9
1.1.5. Particule libre, dualité onde-corpuscule et paquet d'ondes :	9
1.1.6. Phénomènes ondulatoires :	11
1.1.7. Équation de Schrödinger stationnaire :	11
1.2. Un degré de liberté purement quantique : le spin 1/2 de l'électron	12
1.2.1. Moment magnétique et moment cinétique :	13
1.2.2. Précession de Larmor (approche classique) :	13
1.2.3. Résultats quantiques sur le moment cinétique orbital :	13
1.2.4. Effet Zeeman anomal :	14
1.2.5. L'expérience de Stern et Gerlach	14
1.2.6. Le spin 1/2 : une propriété intrinsèque des particules :	14
1.2.7. Fonction d'onde avec spin 1/2 :	15
1.2.8. Équation d'évolution pour un système à deux niveaux :	15
1.3. De l'algèbre linéaire à l'espace de Hilbert	16
1.3.1. Vecteurs et opérateurs linéaires	17
1.3.2. Produit scalaire, bases et changement de base	18
1.3.3. Lien entre opérateur linéaire et observables (grandeur physique)	19
1.3.4. Les notations de Dirac	20
1.4. Après une mesure : la réduction du paquet d'onde	20
1.4.1. La réduction du paquet d'onde	20
1.4.2. Utilisation pour la préparation d'un état	21
1.4.3. L'étalement du paquet d'onde	21
2. Systèmes à deux niveaux	23
2.1. Description et mesure d'un état	23
2.1.1. Observable générale et matrices de Pauli	23
2.1.2. Mesure d'un spin-1/2 selon un axe quelconque	24
2.1.3. Représentation sur la sphère de Bloch	24
2.1.4. Exemples de mesures successives	24
2.2. Aspects énergétique et dynamique : couplage et résonance	24
2.2.1. Couplage de deux oscillateurs en mécanique classique	24
2.2.2. Deux niveaux dégénérés : la molécule d'ammoniac NH_3	24
2.2.3. Deux niveaux non-dégénérés : application d'un champ électrique sur NH_3	24
3. Commutation des observables et oscillateur harmonique	25
3.1. Relation de commutation	25
3.1.1. La notion de commutateur	25

3.1.2.	Exemple : le moment cinétique	25
3.2.	Relations d'incertitude de Heisenberg	25
3.3.	Théorème d'Ehrenfest	25
3.3.1.	Équation d'évolution d'une valeur moyenne d'observable	25
3.3.2.	Constantes du mouvement	25
3.4.	Résolution algébrique de l'oscillateur harmonique	25
3.4.1.	Opérateurs annihilation et création	25
3.4.2.	Valeurs propres	25
3.4.3.	Vecteurs propres	25
3.4.4.	Exemples d'application	25
3.5.	Observables qui commutent et caractérisation d'un état	25
3.5.1.	Plusieurs degrés de libertés : le produit tensoriel	25
3.5.2.	Base commune à deux observables	25
3.5.3.	Ensemble complet d'observables qui commutent (ECOC)	25
4.	Le moment cinétique	27
4.1.	Définition et propriétés	27
4.1.1.	Définition à partir des relations de commutation	27
4.1.2.	Principaux résultats et nombres quantiques j, m	27
4.1.3.	Démonstration de ces résultats par la méthode algébrique	27
4.2.	Le moment cinétique orbital \hat{L}	27
4.2.1.	Les nombres quantiques l, m sont des entiers	27
4.2.2.	Représentation des états propres : les harmoniques sphériques	27
4.2.3.	Les modes de rotation des molécules	27
4.3.	Application à l'atome d'hydrogène	27
4.3.1.	Particule dans un potentiel central et lois de conservation	27
4.3.2.	Caractérisation d'un état électronique : nombres quantiques n, l, m	27
5.	Particules identiques	29
5.1.	Postulat de symétrisation et principe de Pauli	29
5.2.	Conséquences importantes	29
A.	Quelques résultats utiles de mathématiques	31

Bibliographie

Livres recommandés pour leur concision et clarté

- Jean-Louis Basdevant & Jean Dalibard, *Mécanique quantique*, Éditions de l'École Polytechnique. Il existe en plus un livre de problèmes résolus appelé *Problèmes quantiques*.
- Christophe Texier, *Mécanique quantique*, Dunod.

Autres ouvrages de référence mais plus volumineux, plus difficiles en première lecture

- Claude Cohen-Tannoudji, Bernard Diu & Franck Laloë, *Mécanique quantique*, 2 tomes, Hermann.
- Claude Aslangul, *Mécanique quantique*, 2 tomes + 1 d'exercices, De Boeck.
- Albert Messiah, *Mécanique quantique*, 2 tomes, Dunod.