

Glossaire « Propriétés remarquables de la physique quantique »

Introduction

Ce glossaire a pour seule ambition d'indiquer quelques unes des propriétés fondamentales de la physique quantique. Elles sont le fondement des lois régissant les molécules, les atomes, les noyaux atomiques et les particules élémentaires et leurs interactions. De ce fait, elles régissent également les lois régissant l'évolution de l'Univers. Ce glossaire n'est pas un cours de physique. Des ressources documentaires plus détaillées sont indiquées à cet effet.

1) Dualité ondes-particules

Toutes les entités de la physique subatomique se comportent à la fois comme des particules (équivalentes à des petites boules de billard) et des ondes (comme des ondulations à la surface d'un lac). Les particules n'ont donc pas de position, de vitesse ou de taille parfaitement définies mais une certaine probabilité d'avoir telle ou telle position, vitesse ou taille.

2) Principe d'incertitude

Du fait de ce caractère à la fois d'onde et de particule, on ne peut pas mesurer avec une infinie précision à la fois la vitesse et la position d'une particule. Mieux on cherche à connaître sa position, moins bien sera connue sa vitesse et réciproquement. Ce principe s'applique aussi à l'énergie ainsi qu'à la durée d'une interaction : plus la précision est connue sur l'énergie mise en jeu, moins la durée est connue et réciproquement.

3) Propriétés quantifiées

Certaines quantités décrivant les propriétés d'une particule ne sont pas libres de prendre toutes les valeurs mais sont limitées à des multiples d'une unité de base décrivant ce phénomène, tout à fait analogue aux fréquences émises par une corde pincée à ses extrémités. Ainsi la mesure de la façon dont une particule tourne sur elle-même ne peut être égale qu'à une fois, deux fois, trois fois, etc l'unité de base décrivant ce phénomène.

De même, les niveaux d'énergie des électrons à l'intérieur d'un atome sont quantifiés et multiples d'une unité de base. Les échanges d'énergie d'un atome avec la lumière, soit émise soit absorbée, sont de ce fait également quantifiés. Un atome ou un noyau n'émet donc de la lumière qu'à certaines longueurs d'onde caractéristiques.

4) Superposition d'états

Une particule peut être une superposition de deux ondes de caractéristiques différentes, par exemple une onde décrivant la rotation de la particule sur elle-même dans un sens et une autre dans l'autre sens. Si l'on mesure la rotation de la particule sur elle-même, on trouvera à chaque fois soit un sens soit l'autre et dans des proportions décrivant les tailles respectives des deux ondes formant cette particule.

5) Intrication des particules

Si on produit deux particules décrites par une telle superposition via un mécanisme où une loi de la physique oblige ces deux particules à tourner en sens contraire l'une de l'autre au moment de leur production, elles conserveront toujours cette propriété de tourner en sens contraire lorsqu'elles s'éloigneront l'une de l'autre même à de très grandes distances. Ainsi, si l'on mesure le sens de rotation d'une des deux particules, l'autre tournera dès ce moment uniquement dans le sens contraire à celui mesuré et pour toujours. La « simple » mesure de la particule A a totalement modifiée les propriétés de la particule B, et ceci instantanément, même si la distance entre A et B est, au moment de la mesure de la particule A, de plusieurs millions de kilomètres.

6) Effet tunnel

L'effet tunnel désigne la propriété que possède un objet quantique de franchir une barrière de potentiel, c'est-à-dire une énergie potentielle élevée, même si son énergie est inférieure à l'énergie minimale requise pour franchir cette barrière. C'est un effet purement quantique, qui ne peut pas s'expliquer par la physique classique. Une telle particule peut avoir une probabilité non nulle à la sortie de cette barrière, ce qui signifie qu'elle peut la traverser. On explique le phénomène de la radioactivité alpha par cette propriété.

Documentation sur une introduction à la physique quantique

- Ouvrage de Julien Bobroff: Mon grand mécano quantique, Flammarion, 2019
- Ouvrage de Alain Aspect: Einstein et les révolutions quantiques, CNRS Editions, 2019
- Dossier Pour la Science N°93 - Octobre 2016, très bonne interview de Serge Haroche
- Interview d'Alain Aspect à écouter en podcast sur le site du Nouvel Esprit Public (<https://www.lenouvelespritpublic.fr/podcasts?utf8=%E2%9C%93&search=physique+quantique>). On peut aussi télécharger le "script" de l'interview.

- Médiathèque du CEA : <https://www.cea.fr/multimedia/Pages/accueil.aspx>