

Chapitre I: Les idéalizations classiques

I.1. Introduction

La physique pour objet est l'étude des propriétés de la matière est des lois qui la régissent. Elle utilise des notions, s'aide de modèles et développe des théories pour analyser les phénomènes physiques. Par ailleurs, un phénomène physique se produit lorsqu'une substance passe par un certain processus sans subir de changements dans ses propriétés ou caractéristiques naturelles. Elle considérée comme quelque chose qui se déroule pour soi, et non comme quelque chose qui exige, pour être perçu, certains moyens d'observation bien définis.

La description classique d'un phénomène physique est caractérisée par certaines idéalizations ou abstractions. Ces dernières liées aux conditions d'observation. Une telle abstraction, admise en physique classique, peut être nommée «absolutisation» de la notion d'un phénomène physique.

Dans ce qui suit, nous donne la description classique d'un phénomène physique, ainsi que leurs caractéristiques, puis indiquer les traits particuliers a cette description qui la rendent inapplicable aux objets atomiques.

I.2. Historiques des principes de la physique classique

Dans les années dernières du siècle XIX, le comportement des atomes séparés n'est pas connue. L'objet de la physique était l'étude des corps incomparablement plus grands que l'atome, pour l'échelle macroscopique l'influence des opérations de mesure sur leur comportement était soit négligeable soit calculable avec la précision voulue. Dans ce contexte l'idée de base de tous les phénomènes physiques est «absolutisation». Une autre abstraction est la possibilité, admise en physique classique, de préciser indéfiniment l'observation et d'observer les différents aspects d'un phénomène sans en modifier la nature. Cette abstraction est liée à la précédente. En effet, si l'on admet qu'un phénomène physique ne dépend pas des conditions d'observation, mais qu'il est quelque chose d'absolu, on est conduit à penser qu'en modifiant les conditions d'observation on pourrait connaître tous les aspects d'un seul et même phénomène. En combinant les données ainsi obtenues, on pourrait, alors former une image plus détaillée, mais pourtant cohérente du phénomène.

D'une autre manière la physique classique avait la prétention de décrire ce qui se passe dans la nature point par point, elle cherchait à décrire la nature qui a été conduite à l'absolutisation de la notion d'état d'un système. Cette notion était interprétée comme une caractéristique intégrale et complète.

Le développement de la physique pendant plusieurs siècles, y compris le XIXe, a abouti à la conviction que le caractère absolu des phénomènes physiques, la possibilité de les décrire d'une manière aussi détaillée que l'on veut, et le déterminisme complet des lois de naturelles sont les bases mêmes de la science physique. On ne formulait pas ces principes d'une manière explicite, mais effectivement ils occupaient une place dominante dans la conception du monde physique, de sorte qu'on les considérait presque comme données à priori.

La découverte de la mécanique quantique a mis fin à cette situation, en forgeant les savants à reconsidérer ces principes. Leur analyse critique a montré qu'ils ne sont pas applicables à la description des phénomènes quantiques. Il est devenu clair que les principes classiques ne forment qu'une étape dans le développement de la science il fut reconnu qu'ils ne forment nullement une prémisse nécessaire, et donnée une fois pour toutes, pour la description scientifique des phénomènes naturels.

I.3. limites d'applicabilités de la description classique (Les inégalités de Heisenberg)

Dans l'échelle macroscopique la description classique est bien applicable avec une grande précision, mais aux micro-objets tels que l'électron cette description est inapplicable. La question de savoir: quelle est la limite d'applicabilité et quelle est la précision de la méthode classique de description ?

D'après la mécanique classique, l'état de mouvement d'un point matériel m est caractérisé par les valeurs instantanées des coordonnées x, y, z et des composantes p_x, p_y, p_z de l'impulsion respectivement de la particule. Cependant, les possibilités réelles de mesurer la position et l'impulsion de la particule sont limitées par les effets quantiques. Ces effets se manifestent, par exemple, dans l'interaction de la particule avec les photons de la lumière qui l'éclaire. Il est essentiel qu'un photon, qui est caractérisé par des paramètres ondulatoires, soit en même temps porteur d'énergie et d'impulsion qui le caractérisent comme particule.

Les paramètres ondulatoires sont: la fréquence ν , la longueur d'onde $\lambda = c/\nu$ et le vecteur d'onde k définissant la direction de propagation et dont la valeur absolue est $|k| = 2\pi/\lambda = 2\pi\nu/c$. En désignant l'énergie et l'impulsion du photon par E et par p , on peut écrire la relation qui relie ces quantités aux paramètres ondulatoires sous la forme:

$$E = h\nu; \quad p = (h/2\pi)k \quad (\text{I.1})$$

où

$h = 6,6 \cdot 10^{-27}$ erg. sec (constante de Planck).

on introduit la fréquence angulaire $\omega = 2\nu\pi$, la nouvelle constante est

$$\hbar = h/2\pi = 1,05 \cdot 10^{-27} \text{ erg. Sec}$$

Alors, la relation (1) en fonction \hbar devient

$$E = \hbar\omega; p = \hbar k \quad (\text{I.2})$$

La relation (I.1) ou bien (I.2) relie les propriétés ondulatoires et corpusculaires d'un photon.

L'analyse des différents moyens, donnée par Heisenberg, pour mesurer la position et l'impulsion d'une particule, s'annonce que les conditions favorables à la mesure de l'impulsion sont défavorables à celle de la position et vice versa.

Ce résultat se résume quantitativement au moyen des inégalités de Heisenberg comme suit:

$$\Delta x \Delta p_x > \hbar; \Delta y \Delta p_y > \hbar; \Delta z \Delta p_z > \hbar \quad (\text{I.3})$$

tel que $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ désignant l'incertitude de la position et $(\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z)$ celle de l'impulsion de la particule.

On peut ajouter à (I.3) la relation suivante:

$$\Delta t \Delta (E' - E) > \hbar \quad (\text{I.4})$$

A partir de cette relation, on peut dire qu'il ya l'incertitude de l'échange d'énergie et celle de la durée de cet échange. L'inégalité (I.4) peut être désignée comme inégalité de Heisenberg-Bohr.

Les quantités $\Delta x, \Delta p_x, \dots$ sont interprétées comme erreurs ou inexactitudes des résultats de la mesure de x, p, \dots . Mais cette interprétation n'est correcte que jusqu'à un certain degré. Réellement la vraie cause de l'impossibilité de mesurer exactement réside dans la nature de la particule qui n'admet pas de localisation simultanée dans l'espace ordinaire et dans celui des impulsions, sa nature étant à la fois corpusculaire et ondulatoire. D'une autre part, Si certaines quantités n'est pas être mesurées, c'est que leurs valeurs exactes n'existent pas. Pour cette raison il est préférable d'employer le terme «incertitude», ou quelque autre terme équivalent, mais non pas «erreur» ou «inexactitude».

On pourrait en conclure, que les inégalités de Heisenberg indiquent les limites d'applicabilité de la méthode classique de la description des objets et des phénomènes. Mais elles n'introduisent aucune restriction quant à l'exactitude d'autres méthodes plus parfaites et elles ne fixent aucunement des limites à notre connaissance de la nature.

I.4. Généralisation du concept «état d'un système»

La définition de l'état du système est une généralisation toute naturelle de la définition classique. En effet, la vérification de l'état par l'expérience est admise dans la physique classique aussi bien que dans la physique quantique. Mais comme dans la physique classique les résultats d'une telle expérience sont supposés connus d'avance, on pouvait s'y passer de la notion de possibilité potentielle. Ainsi, que l'ensemble des possibilités potentielles pour l'expérience finale, qui découle de l'expérience initiale donnée, caractérise l'état d'un système. Si l'expérience finale est accomplie un certain temps après l'expérience initiale, les probabilités doivent être recalculées. Cette variation des probabilités signifie la variation de l'état avec le temps. En supposant connues les conditions extérieures dans lesquelles se trouve l'objet atomique, la théorie doit donner la loi de variation des probabilités avec le temps, c'est-à-dire, la loi de l'évolution temporelle de l'état du système.

I.5. Conclusion

La description absolue, détaillée et déterministe de la physique classique s'est trouvée inapplicable aux phénomènes atomiques. Elle a été remplacée par une description relative aux moyens d'observations qui est complémentaire et probabiliste. Cette nouvelle méthode de description, loin d'imposer des bornes à notre connaissance de la nature, en a considérablement élargi le domaine.

En fin, le nombre des applications de la physique quantique aux problèmes de la constitution de la matière est si grand qu'on ne peut même pas les énumérer ici. Le seul point sur lequel nous voulons insister, c'est que, dans toutes ces applications, il s'agit non pas des faibles corrections apportées à la théorie classique, mais de la découverte des nouvelles qualités de la matière, pour la description des quelles la théorie classique s'est trouvée impuissante.