

Physique quantique

La mécanique quantique, est un domaine de la physique apparu au XX^e siècle, qui explique le comportement au niveau atomique et subatomique de la matière associée avec l'énergie, que la physique dite classique ne peut expliquer.

En 1905, Einstein utilise les résultats de Planck et explique que la lumière est composé de photons, impliquant une quantification de l'échange d'énergie **et** de l'énergie elle-même. C'est cette quantification qui rentre en contradiction avec la physique traditionnelle.

1 Différence entre mécanique traditionnelle et quantique:

- traditionnelle
 - à l'échelle macroscopique
 - énergie continue
 - position déterminée avec une bonne précision
- quantique
 - à l'échelle nanoscopique
 - énergie discontinue (valeurs discrètes)
 - notion de quanta: plus petite quantité d'énergie indivisible de valeur $h\nu = E$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \implies \nu = \frac{c}{\lambda}$$

- * E: énergie (J)
- * h: constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$)
- * ν et λ : longueur d'ondes
- * c: célérité de la lumière de la vide ($3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

- notion de probabilité : la position de l'élément étudié est incertaine
- phénomènes interprétés grâce à la mécanique quantique (analyse spectrale qui permet d'identifier la matière en ayant analysé le spectre émis par celle-ci):
 - * photo-électrique (création d'un courant suite à l'interaction entre le photon et l'électron (libre) du métal)
 - * corps noir (TD1)
 - * modèle de Bohr (TD2)

2 Corps noir

Un corps noir est un objet physique théorique absorbant la totalité de l'énergie électro-magnétique qu'il reçoit et la restitue entièrement sous forme d'un rayonnement thermique. En physique traditionnelle (loi de Rayleigh-Jeans), l'intensité des rayons renvoyés peut être donnée par la fonction suivante :

$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi}{c\lambda^2} \langle E \rangle$$

- u: densité spectrale ($\text{W}\cdot\text{m}^{-3}$)
- T: température de rayonnement (K)
- c: célérité de la lumière dans le vide ($3\times 10^8 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- λ : longueur d'ondes (nm)
- $\langle E \rangle$: énergie moyenne d'un oscillateur

On peut calculer $\langle E \rangle$ via la formule suivante:

$$\langle E \rangle = \frac{\int_0^{+\infty} E e^{-\frac{E}{k_B T}} dE}{\int_0^{+\infty} e^{-\frac{E}{k_B T}} dE}$$

- k_B : constante thermodynamique
- T : température du rayonnement

Le numérateur représente l'intégrale de la densité de probabilité de l'énergie E, et le dénominateur permet de normaliser le résultat.

Les rayonnements couvrent des UV (faibles longueurs d'ondes) aux IR (grandes longueurs d'ondes).

Le problème de la loi de Rayleigh-Jeans est qu'on arrive à la conclusion que l'intensité spectrale U (définie par $U(\lambda, T) = \int_0^{+\infty} u(\lambda, T)$) tend vers $+\infty$ quand les longueurs tendent vers 0. C'est ce qu'on appelle la "catastrophe ultraviolette" car le résultat est absurde. On voit donc ici les limites de la physique traditionnelle.

3 Proposition de Max Planck

Le point important de la proposition de Max Planck est que l'énergie ne peut prendre que certaines valeurs discrètes, c'est-à-dire que l'énergie est discontinue.

- Énergie discrète ($E = nE_0$) et non continue

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{n=1}^{+\infty} E \times e^{-\frac{E}{k_B T}}}{\sum_{n=1}^{+\infty} e^{-\frac{E}{k_B T}}}$$

$$E = nE_0 = \frac{\sum_{n=1}^{+\infty} E_0 \times e^{-\frac{E_0}{k_B T}}}{\sum_{n=1}^{+\infty} e^{-\frac{E_0}{k_B T}}}$$

Conclusion : le modèle de Max Planck corrige la divergence de la densité spectrale $u(\lambda, T)$ pour l'UV (faible λ) (catastrophe ultraviolette).