

L'histoire des quantas

La physique quantique (physique des « quantas ») permet de comprendre les interactions entre la lumière et la matière.

Étude de documents :

À la fin du XIX^e siècle, la physique classique ne trouve pas d'explication théorique aux phénomènes expérimentaux d'émission et d'absorption de la lumière par la matière, ou plus généralement aux phénomènes d'interaction rayonnement-matière. Certains physiciens vont alors introduire de nouveaux concepts.

A. Les paquets d'énergie de Planck

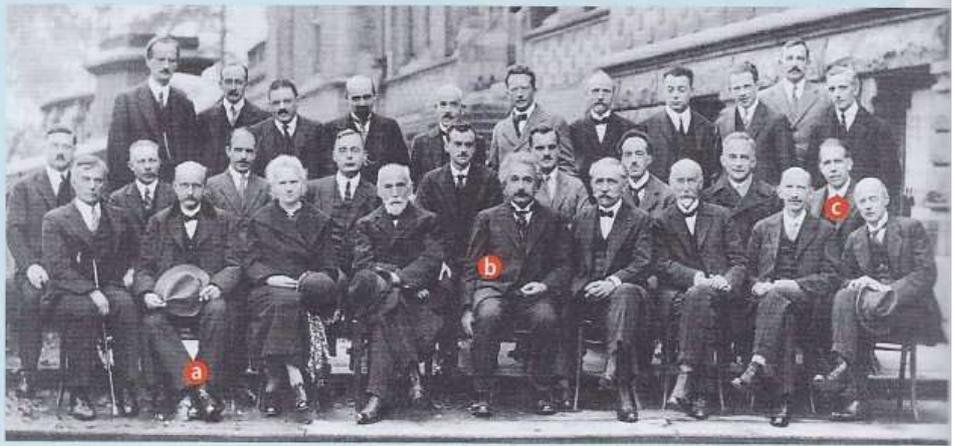
En décembre 1900, Max Planck (1858-1947, Fig. 1 a) publie une loi théorique justifiant le profil spectral du corps noir. Dans ses calculs, il fait intervenir une constante h (appelée depuis « constante de Planck ») et pose que les échanges d'énergie entre la lumière et la matière ne peuvent se faire que par paquets indivisibles.

Le plus petit « paquet » d'énergie absorbé ou émis par une radiation de fréquence ν (lettre grecque *nu*) vaut $h \cdot \nu$. Il sera nommé plus tard « quantum » d'énergie.

Repère

Un quantum (au pluriel, quanta), qui signifie « quantité » en latin, correspond à la plus petite valeur que peut prendre une grandeur. Toutes les autres valeurs de cette grandeur sont des multiples de cette quantité élémentaire.

Fig. 1 Congrès de Solvay de 1927, rassemblant les physiciens qui contribuèrent à la genèse de la physique quantique, parmi lesquels Planck a, Einstein b et Bohr c. ▶



B. Les quanta de lumière d'Einstein

En 1905, Albert Einstein (1879-1955, Fig. 1 b) propose un modèle corpusculaire de la lumière : une lumière monochromatique de fréquence ν est constituée de petits « grains d'énergie » (appelés « photons » en 1926) transportant chacun un quantum d'énergie $h \cdot \nu$.

Cette théorie lui permet d'expliquer l'effet photoélectrique (émission d'électrons par un matériau soumis à un rayonnement).

C. Les niveaux d'énergie de l'atome de Bohr

En 1913, Niels Bohr (1885-1962, Fig. 1 c), qui cherche à comprendre la stabilité des atomes, introduit l'idée que l'énergie des électrons dans un atome ne peut prendre que certaines valeurs particulières, appelées niveaux d'énergie.

Ce modèle de l'atome permet de rendre compte quantitativement du spectre de raies de l'atome d'hydrogène.

Pistes de réflexion :

1- La notion de quantum a été introduite pour expliquer les phénomènes d'interaction rayonnement-matière :

- Est-ce l'hypothèse d'un seul physicien ?
- Permet-elle d'expliquer les spectres continus ou de raies ?

2- La fréquence ν (en Hz) et la longueur d'onde λ (en m) d'un rayonnement monochromatique sont liées par la relation $\lambda = c/\nu$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide ($c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Calculer la fréquence d'un rayonnement de longueur d'onde 500 nm.

3- La constante de Planck vaut $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. L'énergie d'un photon est généralement exprimée en électronvolt (eV) : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 500 nm, en J puis en eV.
- Quel intérêt y a-t-il à exprimer l'énergie d'un photon en électronvolt plutôt qu'en joule ?

Pour conclure

4- L'échange de quanta d'énergie est-elle une propriété des rayonnements ou de la matière ?

L'histoire des quantas

La physique quantique (physique des « quantas ») permet de comprendre les interactions entre la lumière et la matière.

Étude de documents :

À la fin du XIX^e siècle, la physique classique ne trouve pas d'explication théorique aux phénomènes expérimentaux d'émission et d'absorption de la lumière par la matière, ou plus généralement aux phénomènes d'interaction rayonnement-matière. Certains physiciens vont alors introduire de nouveaux concepts.

A. Les paquets d'énergie de Planck

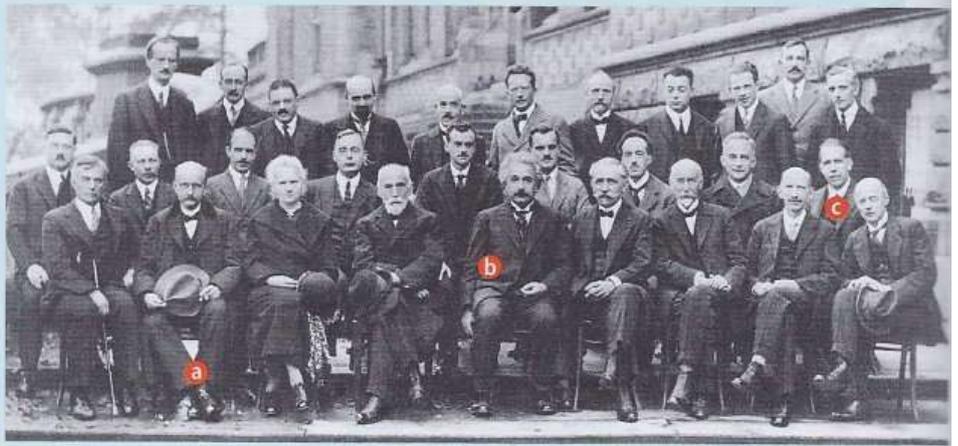
En décembre 1900, Max Planck (1858-1947, Fig. 1 a) publie une loi théorique justifiant le profil spectral du corps noir. Dans ses calculs, il fait intervenir une constante h (appelée depuis « constante de Planck ») et pose que les échanges d'énergie entre la lumière et la matière ne peuvent se faire que par paquets indivisibles.

Le plus petit « paquet » d'énergie absorbé ou émis par une radiation de fréquence ν (lettre grecque *nu*) vaut $h \cdot \nu$. Il sera nommé plus tard « quantum » d'énergie.

Repère

Un quantum (au pluriel, quanta), qui signifie « quantité » en latin, correspond à la plus petite valeur que peut prendre une grandeur. Toutes les autres valeurs de cette grandeur sont des multiples de cette quantité élémentaire.

Fig. 1 Congrès de Solvay de 1927, rassemblant les physiciens qui contribuèrent à la genèse de la physique quantique, parmi lesquels Planck a, Einstein b et Bohr c. ▶



B. Les quanta de lumière d'Einstein

En 1905, Albert Einstein (1879-1955, Fig. 1 b) propose un modèle corpusculaire de la lumière : une lumière monochromatique de fréquence ν est constituée de petits « grains d'énergie » (appelés « photons » en 1926) transportant chacun un quantum d'énergie $h \cdot \nu$.

Cette théorie lui permet d'expliquer l'effet photoélectrique (émission d'électrons par un matériau soumis à un rayonnement).

C. Les niveaux d'énergie de l'atome de Bohr

En 1913, Niels Bohr (1885-1962, Fig. 1 c), qui cherche à comprendre la stabilité des atomes, introduit l'idée que l'énergie des électrons dans un atome ne peut prendre que certaines valeurs particulières, appelées niveaux d'énergie.

Ce modèle de l'atome permet de rendre compte quantitativement du spectre de raies de l'atome d'hydrogène.

Pistes de réflexion :

1- La notion de quantum a été introduite pour expliquer les phénomènes d'interaction rayonnement-matière :

- Est-ce l'hypothèse d'un seul physicien ?
- Permet-elle d'expliquer les spectres continus ou de raies ?

2- La fréquence ν (en Hz) et la longueur d'onde λ (en m) d'un rayonnement monochromatique sont liées par la relation $\lambda = c/\nu$, où c est la vitesse de la lumière dans le vide ($c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Calculer la fréquence d'un rayonnement de longueur d'onde 500 nm.

3- La constante de Planck vaut $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. L'énergie d'un photon est généralement exprimée en électronvolt (eV) : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 500 nm, en J puis en eV.
- Quel intérêt y a-t-il à exprimer l'énergie d'un photon en électronvolt plutôt qu'en joule ?

Pour conclure

4- L'échange de quanta d'énergie est-elle une propriété des rayonnements ou de la matière ?