

TP : Estimation expérimentale de la constante de Planck, h

La constante de Planck, h , est la grandeur fondamentale de la physique quantique. Elle définit l'échelle du monde quantique et est profondément liée à la description de toute particule subatomique.

Document 1 : Constante de Planck et énergie

Lorsqu'on chauffe un objet, il émet une lueur bien précise correspondant à chaque température. À la fin. Du XIX^{ème} siècle, les physiciens se sont retrouvés bloqués pour décrire ce phénomène : leurs modèles, qui reposaient sur la physique classique, étaient inadéquats. En 1900, le physicien allemand Max Planck a proposé un nouveau modèle fondé sur l'idée selon laquelle des particules qui oscillent ne peuvent vibrer qu'à des niveaux d'énergie particuliers : leur mouvement est quantifié. Il introduisit notamment une nouvelle relation entre la fréquence f de vibration d'une particule et son énergie E :

$$E = hf$$

Quelques années plus tard, en interprétant l'effet photoélectrique, Albert Einstein a introduit le concept de photon pour décrire la lumière, et a montré que l'énergie d'un photon vérifie la relation établie par Planck. Elle est proportionnelle à la fréquence de l'onde lumineuse à laquelle il est associé.

$$E_{\text{photon}} = hf_{\text{lumière}}$$

Avec le développement de la physique quantique au début du XX^{ème} siècle, les physiciens ont découvert que la constante de proportionnalité h était omniprésente dans le monde subatomique. Elle devint donc rapidement une constante fondamentale de la physique, et on lui attribua le nom de constante de Planck.

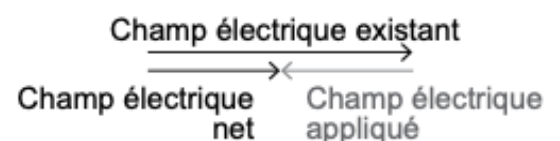
Document 2 : Structure et fonctionnement d'une Diode Electro-Luminescente (DEL)

Une DEL est faite d'un assemblage de deux matériaux semi-conducteurs. L'un de ces semi-conducteurs, de type N, contient des électrons qui se déplacent librement. L'autre, de type P, contient des espaces libres où il pourrait y avoir des électrons, mais où il n'y en a pas.

Rq : Ces absences d'électrons, appelées trous, agissent comme des particules chargées positivement. Lorsque ces deux semiconducteurs sont mis en contact l'un avec l'autre, certains électrons du semiconducteur de type N vont dans les trous du semiconducteur de type P. Le premier se charge alors positivement et le second négativement, ce qui produit un champ électrique E .

Ce champ électrique est à l'origine d'une « barrière énergétique » qui empêche la circulation d'autres électrons à travers la frontière entre les 2 matériaux.

Lorsqu'on connecte un générateur en polarisation directe (borne positive du générateur relié au matériau de type P et borne négative du générateur relié au matériau de type N), il crée à l'intérieur de la DEL un champ électrique opposé au champ électrique existant.



- Lorsque la tension appliquée sur la DEL est basse, le champ net est moins intense, mais empêche encore les électrons de traverser la DEL : La DEL ne s'allume pas.
- Lorsque la tension appliquée sur la DEL est suffisamment élevée, le champ électrique créé annule complètement le champ électrique initial, et plus rien n'empêche les électrons du matériau de type N de circuler. Un courant électrique peut donc traverser la DEL, qui émet alors de la lumière.

La tension minimale que la pile doit fournir pour éliminer la barrière énergétique est appelée tension de seuil, ΔV_s . L'énergie E émise par chacun des photons Le système libère un photon pour chaque électron qui va dans un trou. L'énergie E de chacun de ces photons est proportionnelle à la tension de seuil :

$$E_{\text{photon}} = e\Delta V_s$$

e est la charge élémentaire : $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Document 3 : longueurs d'onde de différentes DELs

$\lambda = 470 \text{ nm}, 505 \text{ nm}, 570 \text{ nm}, 605 \text{ nm}, 655 \text{ nm}, 880 \text{ nm}, 940 \text{ nm}.$

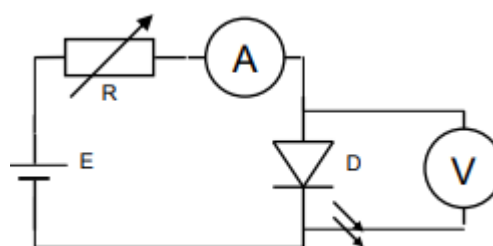
Longueurs d'onde à $\pm 10 \%$

Document 4 : Caractéristique intensité-tension

Une caractéristique intensité tension est un graphe permettant de savoir quelle sera la valeur de l'intensité dans le dipôle pour une tension donnée appliquée à ses bornes, et réciproquement. Pour la tracer, on doit mesurer simultanément la tension aux bornes du dipôle et l'intensité du courant qui le traverse.

Document 5 : Liste de matériel et montage électrique

- Variateur de tension de 0 à 10 V
- Générateur 6/12 V
- DELs de différentes couleurs
- 2 multimètres
- Fils de connexion



Questions

1. Justifier le fait que la tension de seuil d'une DEL dépend de la couleur qu'elle émet.
2. Proposer puis mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de déterminer la valeur de la constante de Planck.
3. Comparer la valeur expérimentale obtenue à la valeur admise pour la constante de Planck ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$). Conclure sur la validité de l'expérience.