

Effet Photoélectrique et mesure de h/e

But de la manipulation :

montrer que l'énergie lumineuse est portée par des quantas dont l'énergie est donnée par $E = h\nu$.

Principe de l'expérience :

Un faisceau lumineux (quasi) monochromatique tombe sur des électrons (quasi) libre (dans un métal alcalin). Ceux-ci constituent l'une des électrodes (la cathode) d'un tube à vide. Les électrons émis sont captés par l'anode et le courant mesuré. L'énergie des électrons émis est mesurée en déterminant le potentiel électrostatique nécessaire à les stopper, ce qui annule le courant.

Si chaque photon a une énergie $h\nu$, l'énergie cinétique des électrons émis est donnée par $E_{cin}(\nu) = h\nu - E_{extraction}$.

En mesurant $E_{cin}(\nu)$ pour plusieurs fréquences, on peut en déduire la valeur de h .

Travail préparatoire :

lire les notes

lire l'article de R. Keesing, *Einstein, Milikan and the Photoelectric Effect*, Fusion 1, p. 1 (2001)

Pour une introduction historique, lire : S. Klassen, *The Photoelectric Effect:*

Reconstructing the Story for the Physics Classroom, Sci & Educ (2011) 20:719–731

Dispositif expérimental.

Une lampe au mercure.

Se documenter sur les lampes au mercure.

ATTENTION : LES LAMPES AU MERCURE EMETTENT DES UV QUI PRESENTENT UN DANGER (BRULURES). LES PROTECTIONS AUTOUR DE LA LAMPRE DOIVENT RESTER EN PLACE. NE JAMAIS EXPOSER SA PEAU NI SES YEUX AU RAYONNEMENT DE LA LAMPE.

Un dispositif optique utilisant un réseau de diffraction pour séparer spatialement les différentes fréquences.

Se documenter sur les réseaux de diffraction.

Les principales raies du mercure sont (d'après wikipedia):

Longueur d'onde (nm)	Couleur
184.45	ultraviolet (UVC)
253.7	ultraviolet (UVC)
365.4	ultraviolet (UVA)
404.7	violet
435.8	Bleu
546.1	vert
578.2	Jaune-orange

Le cœur de l'expérience est constitué d'une « diode photovoltaïque ».

Il s'agit d'un tube à vide dont la cathode est couverte d'un métal alcalin (faible valeur de Eextraction).

En fonctionnement normal, une telle diode est utilisée pour mesurer l'intensité de la lumière qui arrive sur la photodiode. Dans le régime normal, un potentiel accélérateur est appliqué (anode positive par rapport à la cathode) afin de maximiser le courant. Ici nous travaillerons en régime inverse, afin de mesurer le potentiel pour lequel le courant s'annule.

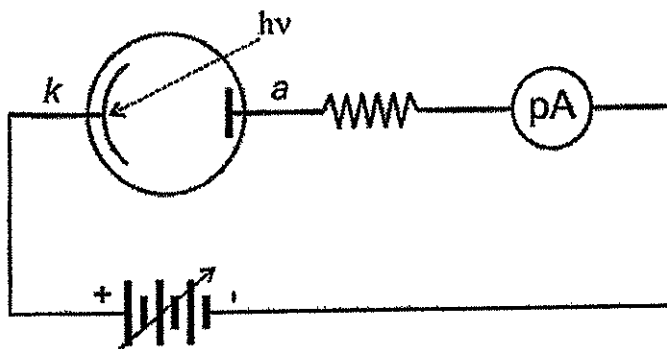
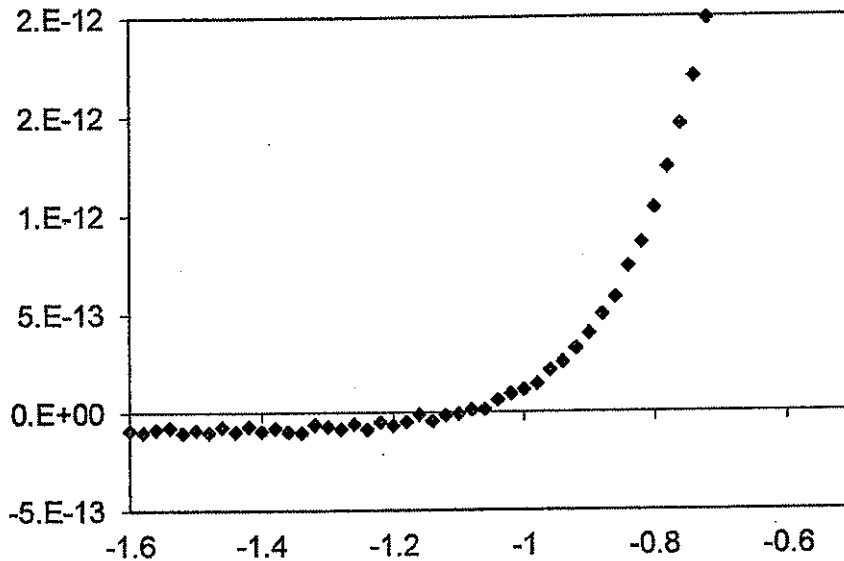


Schéma du montage. (Noter que la polarisation cathode-anode sera opposée à celle normale du fonctionnement d'une diode photo-électrique).



Exemple de courbe obtenue (ordonnées : courant en A, abscisses : potentiel exprimé en Volts, le signe signalant qu'il agit à l'opposé du flux normal des électrons).

Interprétation des mesures.

Le but est d'identifier pour chaque raie du mercure le « potentiel d'arrêt » qui est liée à l'énergie cinétique des électrons lorsqu'ils sont émis par la cathode :

$$|eV_{\text{arrêt}}(\nu)| = h\nu - E_{\text{extraction}}$$

Si on porte ensuite $V_{\text{arrêt}}$ en fonction de ν , on pourra déterminer h/e .

Comme on le voit d'après la courbe I/V , la détermination de $V_{\text{arrêt}}$ n'est pas facile, car il n'y a pas rupture nette de la courbe au passage par $I=0$. Les difficultés sont de plusieurs ordres :

- un faible courant inverse peut-être observé (généralement attribué à un dépôt du métal alcalin sur l'anode, qui permet un courant en sens inverse)
- le potentiel appliqué n'est pas uniforme sur la cathode
- les électrons ne sont pas absolument libres
- on ne travaille pas au zéro absolu, et les électrons ont donc une distribution énergétique propre dont la queue de la distribution affecte les résultats.
- La relation I/V attendue dans la région où $V > V_{\text{arrêt}}$ n'est pas linéaire. La théorie des tubes à vide suggère plutôt une loi en puissance de la forme $I \sim V^{3/2}$ (voir par exemple <http://www.john-a-harper.com/tubes201/>).

Proposez une méthode pour déterminer $V_{\text{arrêt}}$.

Concernant la détermination de $V_{\text{arrêt}}$, vous pouvez également lire

R. Keesing, Eur. J. Phys. 2 (1981) 139

R. A. Millikan, Phys. Rev. 7 (1916) 355 (l'article original de Millikan)