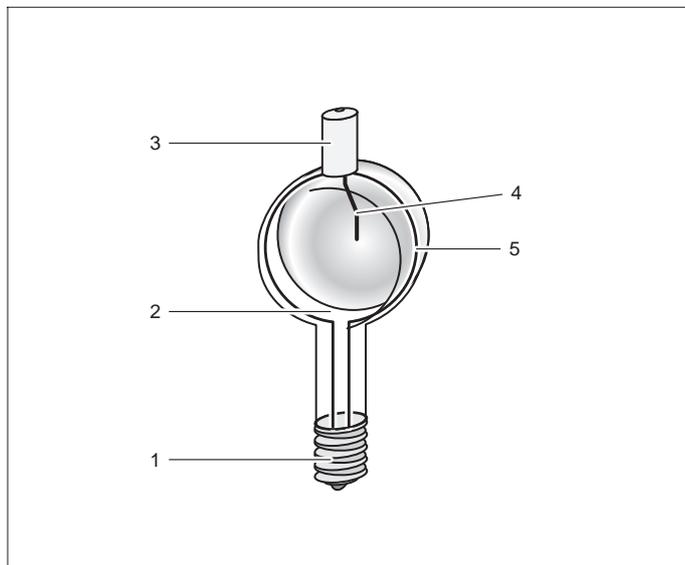


04/99-Pr-



1 Description

La cellule photo-électrique sert à la démonstration de l'effet photo-électrique. Des électrons sont libérés de la photocathode sous l'action de la lumière; avec un câblage approprié, ces électrons peuvent être mis en évidence sur l'anode circulaire sous forme de courant photo-électrique. Il est tout aussi possible de montrer que l'énergie de la lumière est proportionnelle à la fréquence du rayonnement que de montrer que l'énergie est indépendante de l'intensité du rayonnement. Si on éclaire la photocathode avec de la lumière monochromatique, il est possible de déterminer la constante de Planck h .

L'interprétation d'Einstein de cette expérience officialisa définitivement la quantification de la lumière en plus de la tentative de calcul de Planck pour le rayonnement du corps noir.

Remarques de sécurité

La cellule photo-électrique est formée par une ampoule en verre mise sous vide; elle est très fragile:

- Ne soumettre la cellule photo-électrique à aucune sollicitation mécanique.

La cellule photo-électrique risque d'être irrémédiablement détruite en cas d'échauffement important de la photocathode:

- Préserver la cellule photo-électrique d'un éventuel échauffement
- Tenir la cellule photo-électrique à l'abri d'une exposition à des rayons lumineux intenses.
- Ranger la cellule photo-électrique par ex. dans la *douille pour cellule photo-électrique (558 791)* ou dans le *dispositif compact pour la détermination de h (constante de Planck) (558 79)* et la tenir à l'abri de la lumière solaire.
- Avant de chauffer l'anode circulaire pour supprimer les dépôts, impérativement lire le mode d'emploi.

Mode d'emploi 558 77

Cellule photo-électrique (558 77)

- 1 Culot E14, pour l'établissement du contact de l'anode circulaire
- 2 Ampoule en verre mise sous vide
- 3 Capuchon en laiton, pour l'établissement du contact de la photocathode
- 4 Photocathode
- 5 Anode circulaire

2 Caractéristiques techniques

Photocathode:

Matériau:	potassium sur couche d'argent oxydée
Dimensions:	40 mm Ø
Etablissement du contact:	capuchon cylindrique en laiton, 10 mm Ø

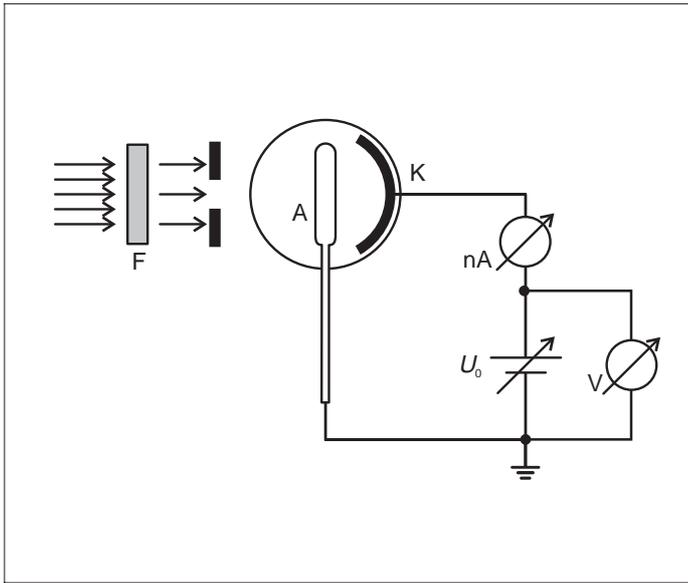
Anode circulaire:

Matériau:	Alliage de platine et de rhodium
Dimensions:	30 mm Ø
Etablissement du contact:	bipolaire sur socle E14, pour le chauffage de l'anode circulaire dans le but de supprimer les dépôts
Résistance:	1-2 Ω

Caractéristiques générales:

Courant photo-électrique typique:	0,1-1 μA (en cas d'exposition à la lumière non filtrée de la lampe au Hg)
Dimensions:	11 cm × 4 cm × 2,5 cm
Poids:	20 g

3 Utilisation



- Utiliser des sources de lumière monochromatique appropriées.
- Procéder au câblage électrique approprié de la cellule photo-électrique (voir aussi modes d'emploi de la *douille pour cellule photo-électrique* (558 791) et du *dispositif compact pour la détermination de h* (558 79).
- Veiller à ce que ni l'anode circulaire, ni le fil de raccordement de la photocathode ne soit touché par le faisceau lumineux.
- Au changement de longueur d'onde, s'assurer que ce soit toujours le même endroit de la photocathode qui soit éclairé.

N.B.: Le recouvrement de la photocathode peut être localement inhomogène et le travail de libération pour les photoélectrons peut en conséquence varier localement. Cela risque éventuellement de fausser les résultats des mesures si le spot lumineux sur la photocathode est modifié en cas de changement de la longueur d'onde. Cet état de fait est pris en compte de manière constructive par des diaphragmes appropriés avec la douille pour cellule photo-électrique (558 791) et le dispositif compact pour la détermination de h (558 79).

4 Principe de la détermination de h

Notions de base:

Si la photocathode de la cellule photo-électrique est éclairée avec suffisamment de lumière à ondes courtes, des électrons peuvent alors être libérés de celle-ci. L'énergie des photons est utilisée pour surmonter le travail d'extraction W . L'énergie excédente devient l'énergie cinétique des électrons. On a donc:

$$h \cdot \nu = \frac{m}{2} \cdot v^2 + W$$

Il faut ici considérer le fait que le travail d'extraction W est une constante du matériau dans laquelle interviennent les divers potentiels d'extraction de la cathode et de l'anode. Notamment le potentiel d'extraction de la cathode est ici une grandeur difficilement évaluable étant donné que, à cause du processus de fabrication, la surface de la cathode n'est pas homogène. Elle se compose d'un mélange de potassium, d'oxyde de potassium et d'argent oxydé. Il faut donc veiller à ce que lors de l'éclairage de la cathode avec de la lumière de longueur d'onde différente, ce soit toujours la même zone d'éclairée.

Si on applique une contre-tension U entre la cathode et l'anode, un courant circule alors tant que:

$$\frac{m}{2} \cdot v^2 < e \cdot U$$

Dès que la contre-tension est si élevée qu'aucun électron ne peut aller à son encontre, plus aucun courant ne circule. Pour la valeur limite

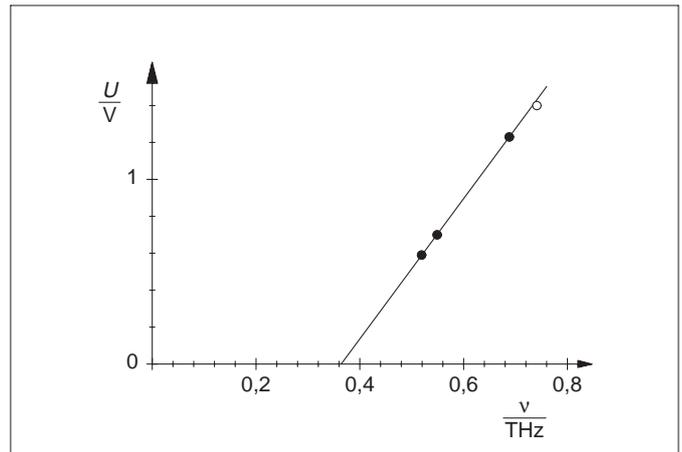
$$U_0 = \frac{1}{e} \cdot \frac{m}{2} \cdot v^2$$

on a

$$U_0 = \frac{1}{e} \cdot (h \cdot \nu - W)$$

Si on rapporte cette valeur en fonction de la fréquence ν , on obtient alors la constante de Planck h à partir de la pente de la droite pour une charge élémentaire e connue.

Exemple de mesure:



Couleur	λ nm	ν THz	$\frac{U_0}{V}$
jaune	578	0,519	0,59
vert	546	0,549	0,70
bleu	436	0,688	1,23
violet	405	0,741	1,40

Pente de la droite: $\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = 3,8 \cdot 10^{-15} \frac{V}{Hz}$

Avec $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$, on obtient $h = 6,1 \cdot 10^{-34} Js$

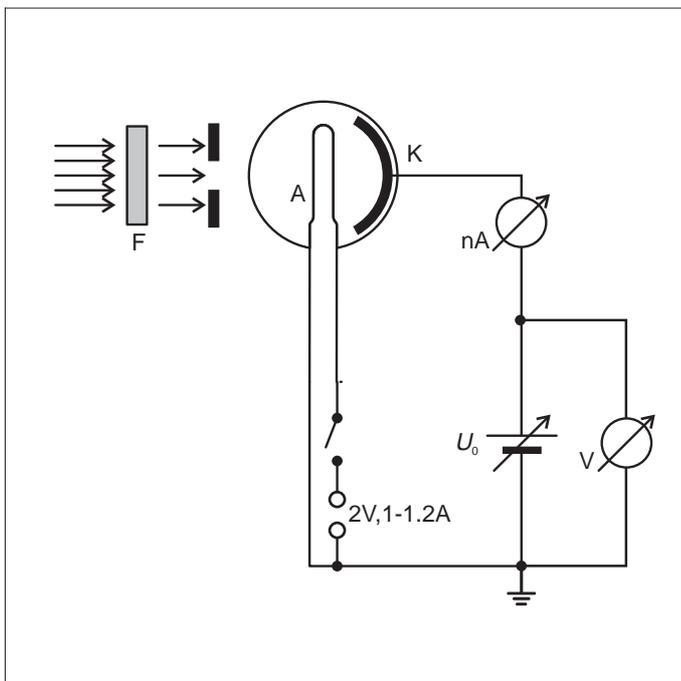
Valeur littéraire: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} Js$

N.B.: Les valeurs mesurées indiquées dans le tableau pour les tensions U_0 peuvent nettement varier d'une cellule photo-électrique à l'autre, voire même suivant la zone éclairée de la photocathode. En revanche, les différences de potentiel sont reproductibles dans le cadre de la précision de mesure tolérée.

5 Chauffage de l'anode circulaire pour la suppression des dépôts

Dans les cellules photo-électriques très anciennes, en cas d'entreposage de la cellule photo-électrique à des températures ambiantes élevées ou en cas d'éclairage des cellules photo-électriques avec de très fortes intensités, il peut arriver que du potassium se dépose sur l'anode circulaire et qu'il faille donc chauffer l'anode pour l'en dégager.

Attention: Le chauffage pour la suppression des dépôts ne devrait avoir lieu que si les résultats des mesures ne sont améliorés par aucune autre mesure étant donné que les atomes de potassium qui s'évaporent de l'anode circulaire peuvent se précipiter dans toute la cellule photo-électrique. Notamment en cas d'erreur de manipulation, la couche de potassium de la photocathode risque d'être trop chauffée, ceci libérant d'autres atomes de potassium qui se précipitent éventuellement dans la cellule photo-électrique, le résultat pouvant être la destruction irrémédiable de cette dernière.



- Procéder au montage électrique conformément à la figure
 - Appliquer une contre-tension U_0 de 1 à 2 V entre l'anode et la cathode.
 - Mettre en marche l'amplificateur de mesure pour la mesure du courant photo-électrique.
 - Enclencher la tension de chauffage pour l'anode circulaire (2 V, env. 1,0-1,2 A) tout en observant la valeur indiquée pour le courant photo-électrique.
- Dès que le courant photo-électrique change de signe au bout d'env. 1 à 2 s (Le changement de signe est le meilleur critère qui soit pour indiquer que le chauffage pour la suppression des dépôts est suffisant):
- Immédiatement couper la tension de chauffage.
 - Ne poursuivre en aucun cas le chauffage pour la suppression des dépôts et ne pas continuer de travailler avec des courants de chauffage plus faibles.

6 Dépistage des erreurs

Problème: Les valeurs mesurées pour la contre-tension U_0 varient fortement et ne sont pas reproductibles.

Cause	Mesures
Les courants photo-électriques sont très faibles, les perturbations se manifestent donc très nettement. La mise à la terre n'est pas effectuée correctement.	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre le montage à la terre avec un branchement en étoile, ne pas générer de circuits terrestres, susceptibles d'agir comme des antennes. - Mettre à la terre le boîtier de la cellule photo-électrique. - Mettre à la terre le blindage du câble coaxial pour la mesure du courant. - Eventuellement mettre le banc d'optique à la terre. - Eventuellement utiliser une poignée de mise à la terre.

Problème: Les valeurs mesurées pour la contre-tension U_0 sont stables mais les différences de potentiel obtenues sont quand même trop faibles.

Cause	Mesures
L'isolation de la cellule photo-électrique est perturbée.	<ul style="list-style-type: none"> - Veiller à ce que la cellule photo-électrique, tout particulièrement l'ampoule en verre, soit propre. - Eventuellement nettoyer la cellule photo-électrique avec de l'alcool.
Des contacts corrodés occasionnent des résistances de passage.	<ul style="list-style-type: none"> - Veiller à que les contacts soient propres, si besoin est, les nettoyer prudemment par ex. avec de l'alcool ou en cas de salissures tenaces, avec une gomme et ensuite avec de l'alcool.
La surface de la cathode est inhomogène pour ce qui est de sa couche de potassium et donc de son travail d'extraction. Après un changement de longueur d'onde ce n'est plus la même surface qui est éclairée.	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un diaphragme à l'entrée dans la cellule photo-électrique (déjà dans 558 79 et 558 791).
L'anode circulaire est éclairée directement. Les électrons sont libérés de l'anode circulaire et contribuent à un contre-courant.	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un diaphragme à l'entrée dans la cellule photo-électrique (déjà dans 558 79 et 558 791).
De trop grandes intensités de lumière provoquent des reflets sur l'anode circulaire.	<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas choisir une trop grande intensité de lumière, pour l'atténuation, éventuellement utiliser un diaphragme à iris comme filtre spatial ou des polariseurs croisés.
Du potassium s'est déposé sur l'anode circulaire. Le travail d'extraction des électrons est par conséquent extrêmement faible et les contre-courants sont très forts.	<ul style="list-style-type: none"> - Seulement si aucune des mesures susmentionnées n'a de succès: - Procéder au chauffage de l'anode circulaire pour la suppression des dépôts, afin que le potassium s'évapore.