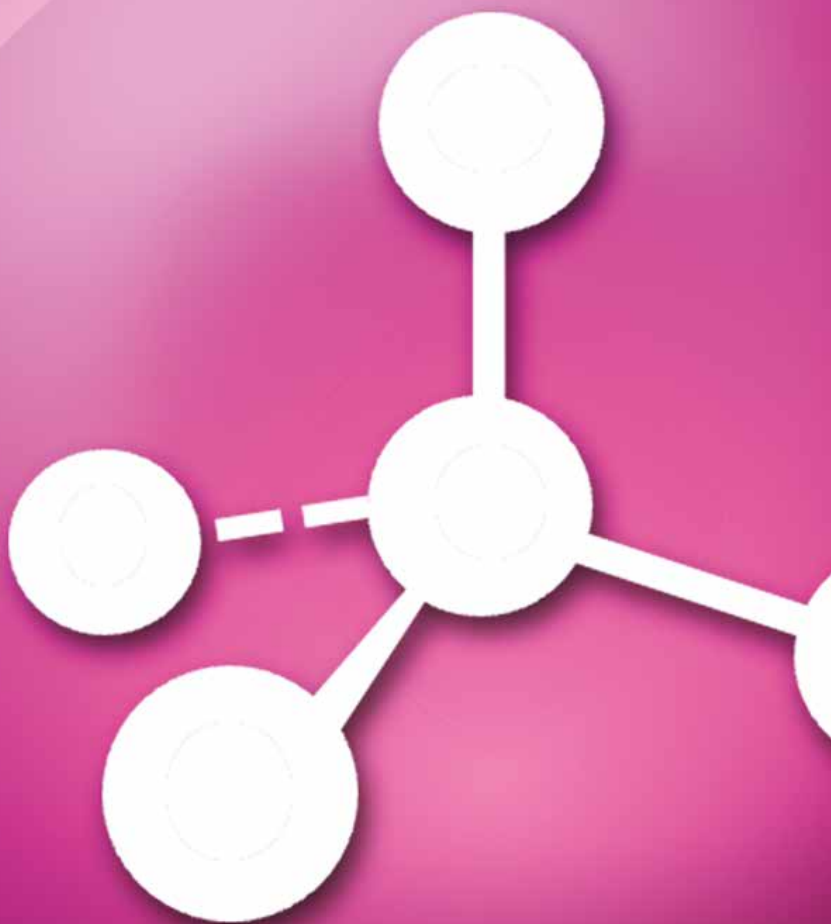


Physique de la matière Expériences



Physique de la Matière

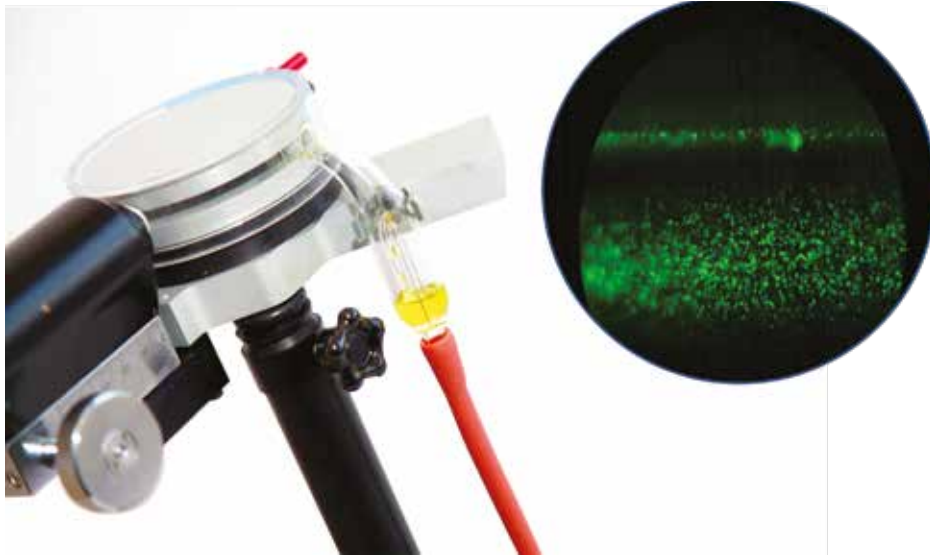
Expériences

Expérience de Millikan	156
Effet Zeeman	158
Démonstration de la Constante de Planck	160
Expérience de Balmer-Rydberg	162



Sujets abordés

- » Mesure de la charge électrique d'un électron.
- » Démonstration de la nature quantique d'un électron
- » Mise en oeuvre d'un viseur
- » Observation didactique sur webcam



→ Détermination de la charge électrique d'un électron

Avec un nébuliseur, on pulvérise des gouttelettes d'huile dans un condensateur constitué de deux plaques d'alliage léger. En passant par deux petits trous percés sur le support plastique du condensateur, certaines de ces gouttelettes se chargent par frottement électrostatique.

Une fois entrées entre les deux plaques du condensateur plan, ces gouttelettes d'huile sont observées à travers un viseur. Ce dernier possède un objectif à long foyer, qui permet de viser les gouttelettes d'huile qui tombent selon l'axe du condensateur et se détachent comme des points brillants sur un fond sombre. Son oculaire possède un oculaire gravé au dixième de millimètre.

Une webcam fournie avec un logiciel dédié, directement placé derrière le viseur permet un affichage en temps réel du phénomène sur l'ordinateur.

L'ensemble est fixé sur un socle par une tige télescopique permettant de mettre le viseur à hauteur convenable pour l'utilisateur.

Dans un premier temps, nous vaporisons des gouttelettes d'huile sans mettre les plaques du condensateur en charge. Quand le mouvement tourbillonnaire a cessé, on appliquera une tension aux bornes du condensateur et on repère la ou les gouttes qui sont freinées par le champ (ce sont les gouttelettes qui ont été ionisées).

On relève la tension permettant d'immobiliser complètement la goutte. On coupe la tension et on déclenche simultanément le chronomètre (intégré au générateur de Millikan). On mesure le temps mis par la goutte pour franchir un certain nombre de graduations du micromètre.

En calculant la vitesse de chute de la gouttelette d'huile, on en déduira sa charge électrique. On verra qu'en fonction de la vitesse de la gouttelette et de sa taille, celle-ci est toujours un multiple de la charge électrique e , charge élémentaire de l'électron.



Expérience de Millikan

La manipulation a pour but de refaire d'une manière simplifiée l'expérience historique par laquelle Millikan, en 1909, a déterminé la valeur exacte de la charge « e » de l'électron. Elle consiste à étudier le mouvement d'une gouttelette d'huile chargée, soumise au champ électrique d'un condensateur plan. Ce dispositif complet est composé de plusieurs parties: une diode laser verte et un viseur, une partie mécanique/optique ainsi qu'une webcam vous permettant d'observer le phénomène en temps réel directement sur votre ordinateur.



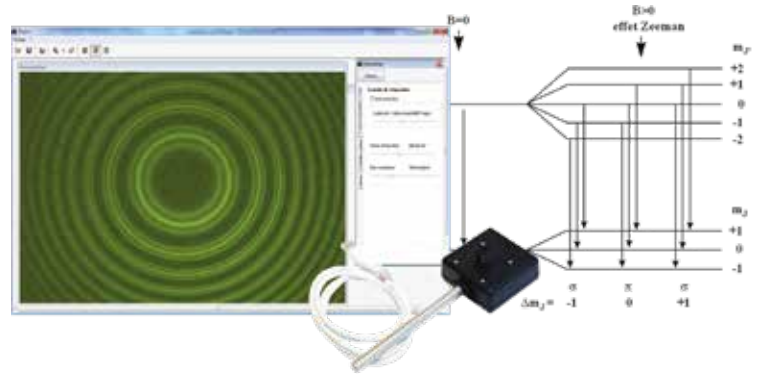
Équipement nécessaire

Référence	Désignation	Quantité	Page Produit
PSD 022 045	Appareil de Millikan Laser	1	166
PSD 022 060	Générateur de Millikan	1	166
POD 002 192	Pied demi-lune	1	95

EXP 500 010 **Expérience de Millikan**

Sujets abordés

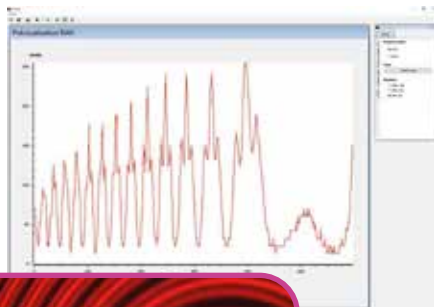
- » Modèle atomique de Bohr
- » Effet Normal et Anormal
- » Fabry Pérot
- » Electron tournant



→ Effet Normal

Pour observer l'effet Normal, nous utiliserons la lampe Cadmium avec un filtre rouge pour sélectionner le spectre et n'observer que la raie 643 nanomètres du Cadmium. En sortie du boîtier Zeeman contenant les bobines et la source spectrale, nous observons donc notre source en dehors de l'axe du champ magnétique, à sa perpendiculaire. Placer en premier lieu un diaphragme, puis un condenseur. Derrière nous placerons l'étalon de Fabry-Pérot préalablement réglé, enfin notre filtre vert juste avant de placer notre capteur CCD. Nous n'utiliserons pas pour cette manipulation la lentille objectif du capteur, mais un objectif d'appareil photo afin d'obtenir de meilleures images. Branchez ensuite l'alimentation et montez doucement jusqu'à observer les anneaux qui se divisent en trois. Pour observer l'effet anormal, nous nous placerons dans l'axe du champ magnétique et nous n'utiliserons pas le diaphragme.

→ Etude du Fabry Pérot - Finesse



Pour pouvoir mieux séparer les différents anneaux, il est intéressant qu'ils soient les plus fins possibles. Cela est équivalent à affiner les pics de la courbe précédente, c'est-à-dire à réduire $\Delta\lambda$ par rapport à $\delta\lambda$. Ainsi, un interféromètre de bonne qualité présentera un $\Delta\lambda$ beaucoup plus faible que $\delta\lambda$.

Pour simplifier, on utilise la grandeur suivante, appelée finesse :

$$F = \frac{\delta\lambda}{\Delta\lambda}$$

Et donc, plus la finesse est importante, plus les anneaux sont fins. Afin d'augmenter cette finesse, il est possible de rendre les surfaces formant la cavité très réfléchissantes. En effet, on peut montrer que la finesse augmente avec le coefficient de réflexion des surfaces.

Ainsi les interféromètres de Fabry-Pérot dans le commerce peuvent avoir des finesesses valant quelques dizaines voir quelques centaines. En recherche on peut même aller jusqu'à quelques centaines de milliers.

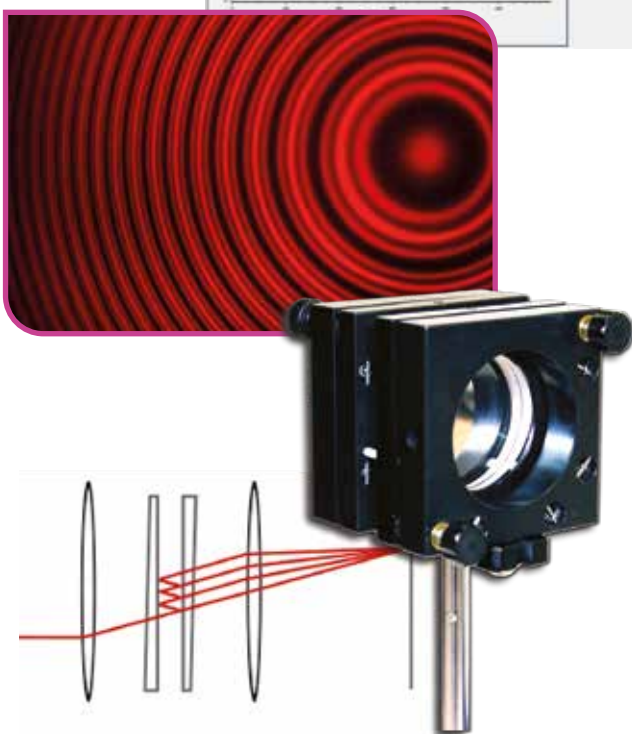
Cette finesse élevée est un atout important de ce type d'interféromètres par rapport à l'interféromètre de Michelson, qui a une finesse de 2.

La finesse peut-être reliée au temps de vie des photons dans la cavité et à l'intervalle spectral libre en fréquence ISL :

$$F = 2\pi N$$

Ainsi, le nombre d'oscillations N effectuées par la lumière dans la cavité est d'autant plus grand que la finesse est élevée :

$$F = 2\pi\tau ISL$$





Effet Zeeman

L'effet Zeeman a pour origine la subdivision des niveaux d'énergie des atomes ou des molécules plongés dans un champ magnétique. Selon les conditions, les raies spectrales se divisent en un nombre impair de composantes (l'effet est dit « normal ») ou bien en un nombre pair (l'effet est dit « anormal » ou « anormal » par simplification lexicale). Ce phénomène est observable à l'œil ou depuis un écran d'ordinateur par l'intermédiaire de la webcam didactique fournie dans ce pack.



Équipement nécessaire

Référence	Désignation	Quantité	Page Produit
POD 013 550	Ensemble pour effet Zeeman (Cadmium)	1	167
POF 010 112	Banc d'optique 1 mètre	1	70
POF 010 124	Cavalier standard	6	70
POD 061 250	Condenseur double	1	80
POD 060 410	Diaphragme à iris	1	80
POF 020 250	Etalon Fabry Pérot	1	91
POM 052 022	Filtre plastique rouge	1	88
POD 060 230	Support de lame	1	82
POD 010 030	Webcam didactique	1	Cf Site Internet
POF 010 815	Objectif à focal fixe	1	Cf Site Internet
POF 010 820	Bague pour objectif	1	Cf Site Internet

EXP 500 030 Effet Zeeman - Base

Référence	Désignation	Quantité	Page Produit
EXP 500 030	Expérience de Base	1	
POD 013 553	Alimentation + Ampoule Mercure	1	167
POM 052 025	Filtre plastique vert	1	88

EXP 500 030 Effet Zeeman - Complet

Sujets abordés

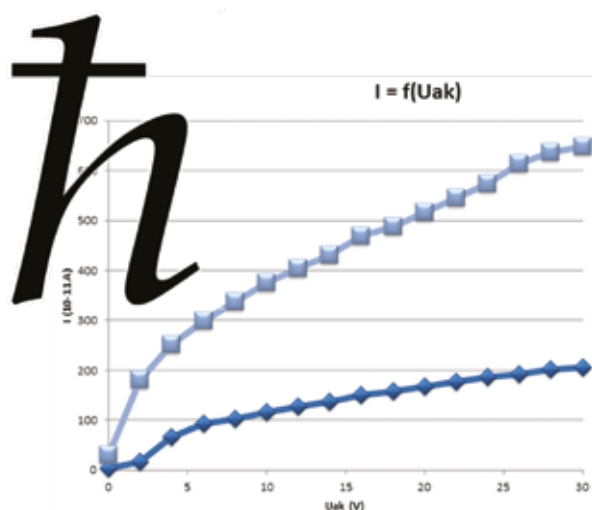
- » Détermination de h
- » Mise en œuvre d'un protocole
- » Mesure de la caractéristique courant-tension de la cellule photoélectrique



→ Mesure de la caractéristique courant-tension de la cellule photoélectrique

La valeur du photo-courant augmente en même temps que la valeur de la différence de potentiel électrique appliquée entre la cathode et l'anode UAK. Ce photo-courant finit par atteindre une saturation quand UAK atteint une certaine valeur et ce niveau de saturation dépend de l'intensité lumineuse mais pas de la fréquence incidente. Quand UAK devient négatif, le photo-courant chute. Avec cette expérience, nous pouvons mesurer différentes caractéristiques courant -tension de la cellule photoélectrique, en fonction de l'intensité lumineuse (avec les diaphragmes) et en fonction de la fréquence incidente issue de la lampe Mercure à l'aide du jeu de filtre. Cela permet de vérifier expérimentalement la correspondance avec la caractéristique théorique.

→ Détermination expérimentale de la valeur de la constante de Planck h



Selon la théorie d'Einstein, la lumière est composée d'un flux de particules, appelées photons. L'énergie de chaque photon est alors égale à $E = h \cdot \nu$ où h est la constante de Planck. La mesure de la constante de Planck à partir de l'effet photoélectrique repose sur la détermination de la différence de potentiel de coupure (pour laquelle le photo-courant est nul) pour différentes fréquences incidentes homogène. Pour cela, nous proposons d'utiliser la méthode du « courant zéro » ou méthode de compensation. En se plaçant dans la gamme de mesure de 10-13 A, on modifie la valeur du potentiel jusqu'à atteindre un photo-courant nul. On couvre alors la lampe spectrale et on mesure le courant, cette valeur de courant étant très proche du courant d'obscurité et du bruit de la cellule photoélectrique. On découvre la lampe et on ajuste le potentiel pour atteindre la valeur de courant précédemment mesurée, on obtient alors le potentiel de coupure en fonction de la fréquence incidente. A partir de la pente de la droite potentiel - fréquence, on peut calculer expérimentalement la valeur de h .



Démonstration de la Constante de Planck

La mise en évidence de l'effet photoélectrique, émission d'électrons par un matériau métallique lorsque ce dernier est exposé à un rayonnement électromagnétique de fréquence suffisamment élevée, permet d'approcher et de mieux comprendre l'aspect particulaire de la lumière. L'expérience proposée, avec notre cellule photoélectrique, une lampe spectrale mercure haute pression et un micro-ampèremètre, propose de montrer l'effet photoélectrique, de vérifier l'équation d'Einstein et de mesurer expérimentalement la valeur de la constante de Planck. Pour cela, la cellule photoélectrique, possédant une gamme spectrale de 340 à 700 nm environ, est montée dans un boîtier métallique assurant son isolation lumineuse et sa sécurité. Une monture à barillet fixée sur le devant de ce boîtier permet de placer différents filtres et diaphragmes devant la cellule, afin de pouvoir réaliser un ensemble de mesures. Enfin, un seul appareil sert à la fois d'alimentation pour l'anode et la cathode de la cellule avec deux gammes de tension (-2/2 V et -2/30 V) et de micro-ampèremètre pour mesurer le photo-courant (avec plusieurs gammes de mesure : 10⁻⁸ à 10⁻¹³ A).



Équipement nécessaire

Référence	Désignation	Quantité	Page produits
POD 068 951	Constante de Planck	1	168
DPO 020 020	Alimentation spectrale ECO27	1	68
POF 010 062	Ampoule Mercure ECO27	1	68
POD 002 192	Pied demi-lune	1	95

EXP 500 040 **Constante de Planck**



L'hydrogène est le premier atome de la classification périodique et aussi le plus simple. Il est formé uniquement d'un proton et d'un électron.

Il est par ailleurs l'élément le plus répandu dans l'univers.

L'énergie de l'électron dans le référentiel barycentrique ne peut prendre que quelques valeurs discrètes, appelées niveaux d'énergie (modèle de Bohr). Lorsque l'électron passe d'un niveau élevé à un niveau plus bas, il émet un photon dont l'énergie vaut la différence entre celles des deux niveaux. Ainsi, la longueur d'onde de la lumière émise ne peut prendre que quelques valeurs discrètes. C'est ce que l'on appelle son spectre.



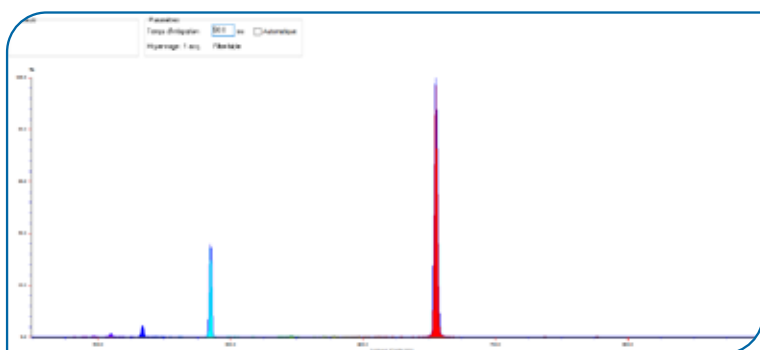
Johann Jakob Balmer né le 1er mai 1825 à Lausen et mort le 12 mars 1898 à Bâle était un physicien et mathématicien suisse.

En 1862, Angström identifia quatre raies dans le spectre visible de l'hydrogène, situées à des longueurs d'onde de 656,3 nm, 486,1 nm, 434,0 nm et 410,2 nm. Balmer établit empiriquement en 1885 que ces quatre longueurs d'onde λ pouvaient s'exprimer par une formule, dite formule de Balmer :

$$\frac{1}{\lambda} = G \frac{n^2 - 4}{n^2} = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

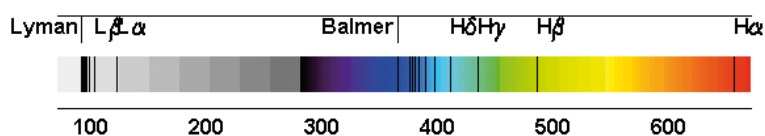
Cette formule fut ensuite généralisée par Ritz et vérifiée expérimentalement par la découverte de nouvelles raies prévues par la formule de Rydberg-Ritz :

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



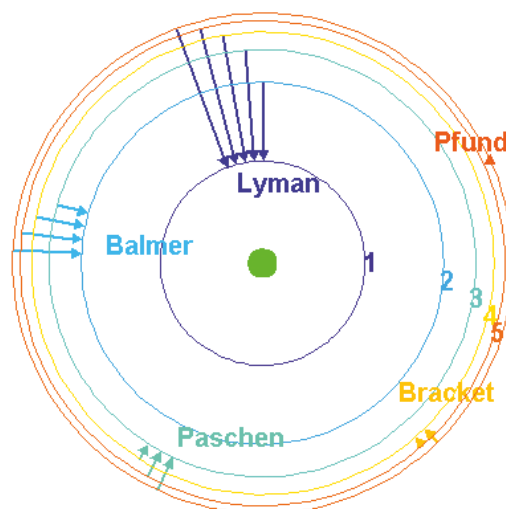
→ Les raies de Balmer

Les premières raies spectrales de l'hydrogène qui furent étudiées sont situées dans le domaine visible du spectre, bien qu'elles aillent en se resserrant vers une limite située dans le proche ultraviolet. Cette série de raies s'appelle la série de Balmer. Les premières raies sont numérotées au moyen de l'alphabet grec. La première raie, H α a une longueur d'onde 656,2 nm, elle est donc rouge ; la seconde, H β , est bleue à 486,1 nm, la troisième, H γ , est violette à 434,0 nm, et ainsi de suite, jusqu'à 364,6 nm. Cette dernière est la longueur d'onde limite de la série de Balmer.



Quand le niveau inférieur est le niveau fondamental, la série des raies porte le nom de série de Lyman. Cette série de raies est située dans l'ultraviolet. La série de raies correspondant à un niveau inférieur de rang $n=2$ est située dans le visible et porte le nom de série de Balmer. La série de raies correspondant à un niveau inférieur de rang $n=3$ est située dans l'infrarouge : on l'appelle la série de Paschen.

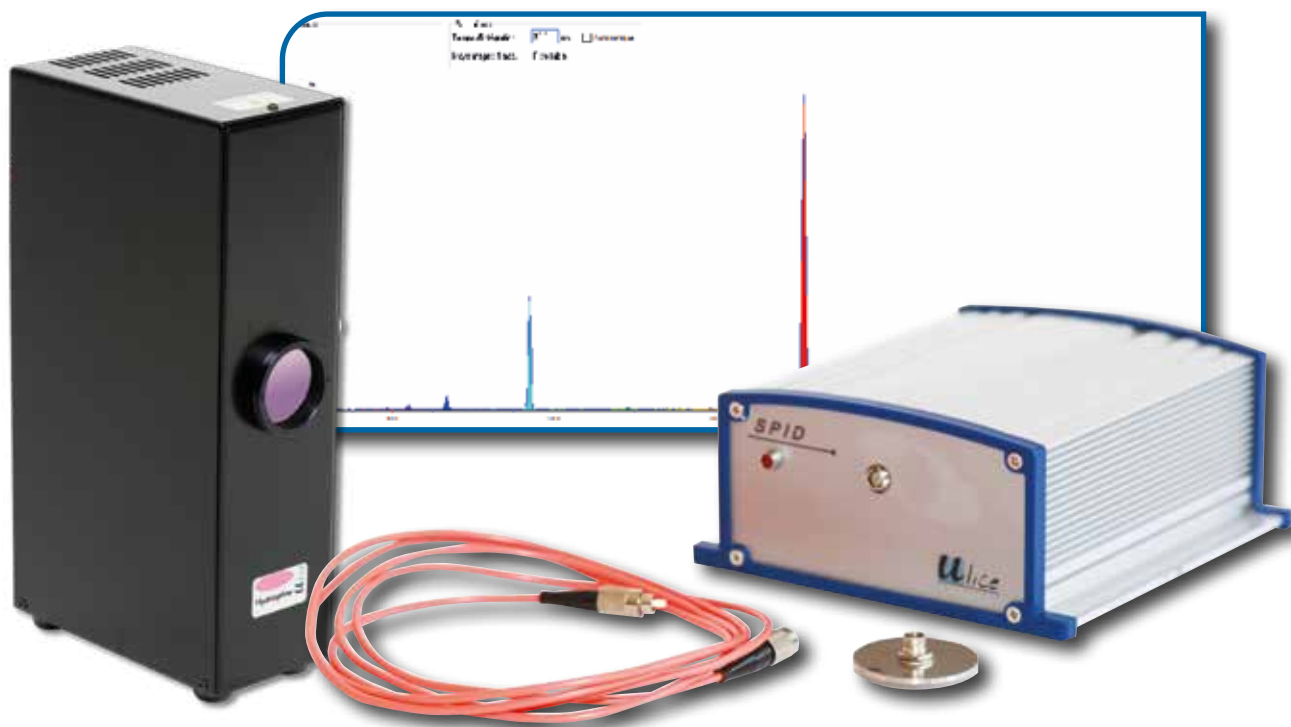
Crédit photographique : Astrophysique sur Mesure





Expérience de Balmer - Rydberg

Mesurer les longueurs d'onde des raies visibles de la série de Balmer de l'hydrogène à l'aide d'un spectromètre et retrouver par calculs la constante de Rydberg.

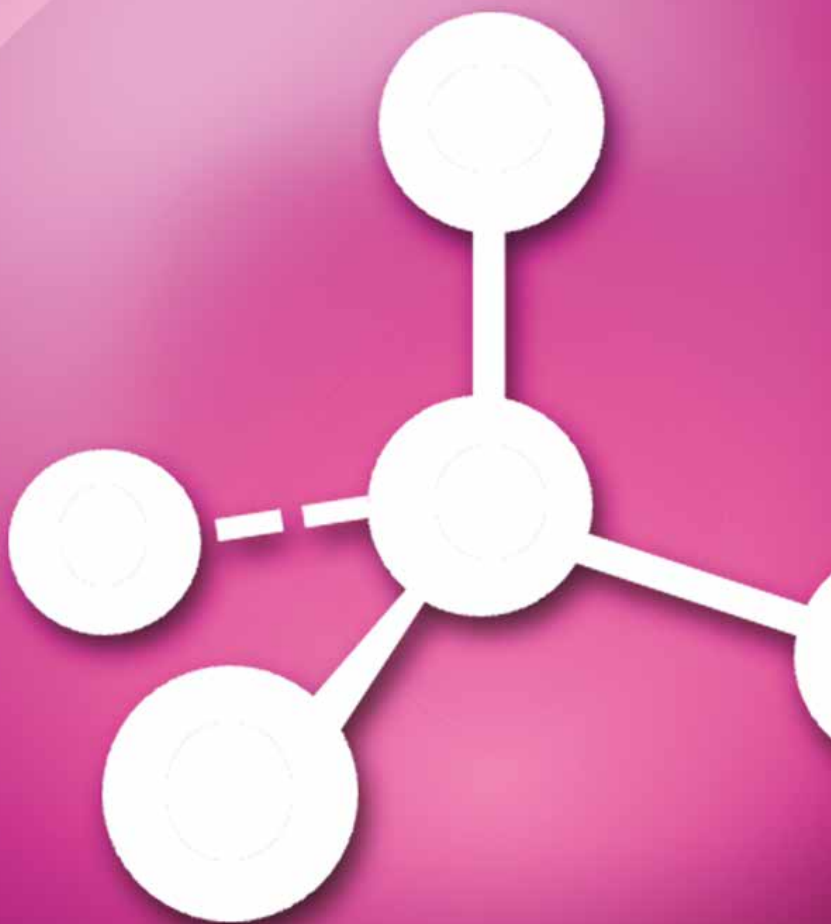


Équipement nécessaire

Référence	Désignation	Quantité	Page
POF 010 350	Spectromètre	1	63
DPO 020 010	Lampe Hydrogène	1	67
POD 010 110	Porte-composant	1	75

EXP 500 020 **Expérience de Balmer-Rydberg**

Physique de la matière Produits



Physique de la Matière

Produits

Expérience de Millikan	166
Effet Zeeman	167
Constante de Planck	168



Expérience de Millikan

Permet de reproduire l'expérience de Millikan et ainsi déterminer la charge de l'électron.



PRINCIPE :

Des gouttelettes d'huiles sont chargées électriquement et introduites dans un champ électrique uniforme. On règle la valeur du champ afin d'immobiliser une gouttelette.

Lors de la suppression du champ électrique, la gouttelette retombe et atteint rapidement sa vitesse limite dans l'air. Cette vitesse permet de calculer le poids de la gouttelette, et d'en déduire sa charge.

Le renouvellement de l'expérience nous amène à constater que les charges électriques ne varient pas d'une manière continue, mais par multiple de «e», voisin de $1,6 \times 10^{-19}$ Coulombs.

COMPOSITION :

- 1 Condensateur plan
- 1 Microscope de visualisation
- 1 Pulvérisateur
- 1 Diode laser verte

PSD 022 045 Expérience de Millikan

Générateur pour expérience de Millikan

Ce générateur intègre toutes les fonctions nécessaires à la réalisation de l'expérience de Millikan :

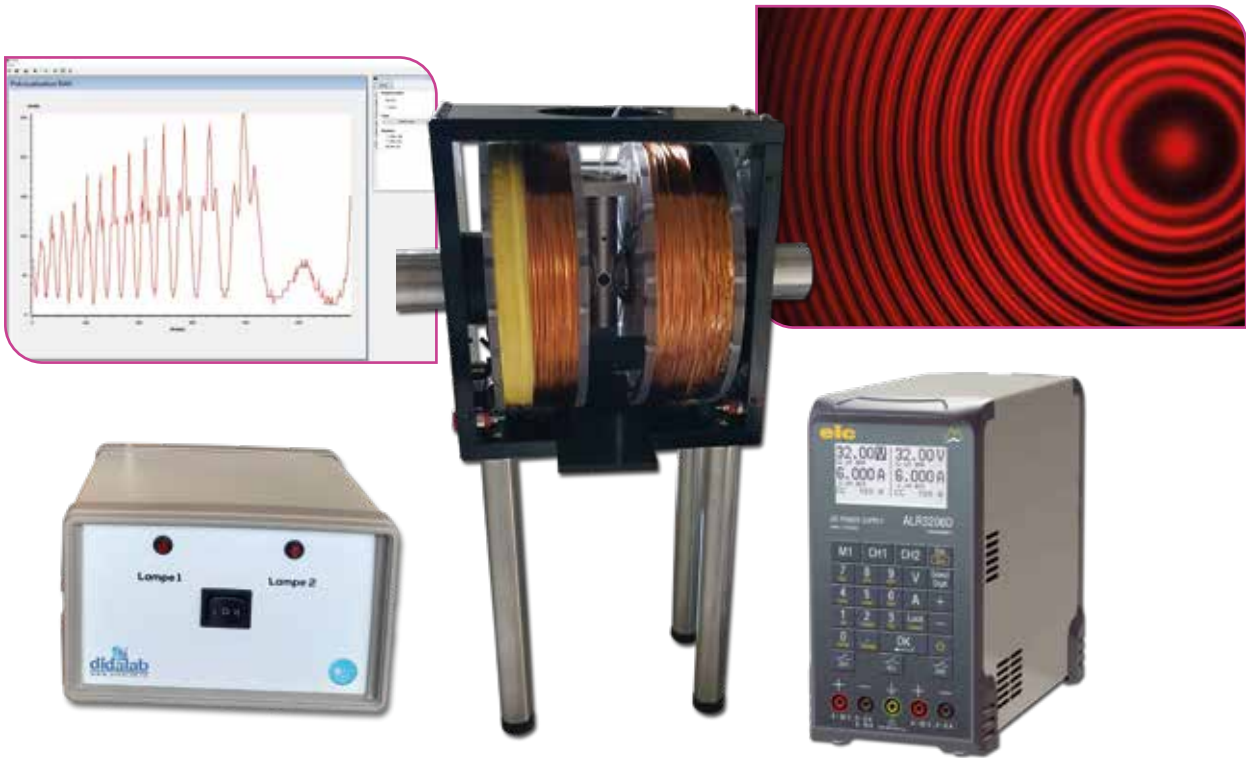
- Générateur 0 à 600V pour le condensateur (affichage numérique de la tension)
- Chronomètre numérique incorporé (mesure de temps de chute)
- Alimentation de l'éclairage (fiche DIN 6V-2,5A)



PSD 022 060 Générateur pour Millikan



Ensemble pour effet Zeeman



ALIMENTATION DOUBLE :

- Dimensions : 368 x 151 x 310 mm
- Commande des deux bobines avec afficheur 4 digits séparés et deux douilles bananes sécurisées.
- Variateur de courant de 0 à 6A pour une montée progressive du courant et un meilleur contrôle du phénomène.
- Alimentation de la lampe spectrale Cadmium OSRAM.
- Commande marche arrêt global en face arrière.
- Câble d'alimentation secteur 220V.

BOBINES ZEEMAN :

- Dimensions : 200x140x122 mm
- 2 bobines de puissance avec sorties en douilles bananes sécurisées.
- Entrefers (Noyaux en Hyperco) à écartement variable par hélicoïde avec poignées en Delrin pour éviter tout contact métallique. Trou traversant de 4 mm pour observation de l'effet anomal.
- Support centré pour positionnement précis de la source.
- Face avant en plexiglas transparent pour une meilleure protection et un visuel des bobines et de la lampe. Trou de 30 mm pour laisser passer la lumière.
- 4 pieds de 185mm de haut, munis de plots anti-vibrations.

SOURCE CADMIUM :

- Ampoule Cadmium OSRAM.
- Le trou servant à l'observation du phénomène normal, est muni d'une lentille de diamètre 9mm et de focale 10mm.
- Relié à l'alimentation par un câble 9 broches sécurisées.
- Livrée avec alimentation spectrale

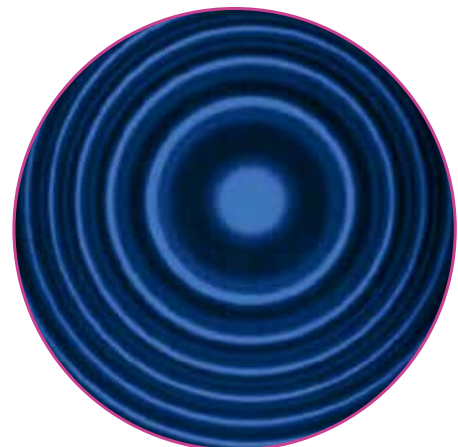
POD 013 550 Effet Zeeman

OPTIONS :

POD 013 553 Ampoule Hg + alimentation

POD 013 551 Ampoule Hg de rechange

POD 013 552 Ampoule Cadmium de rechange





Constante de Planck

En physique, la constante de Planck, notée h , est une constante utilisée pour décrire la taille des quanta.



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

Mesure des courants :

- *Domaine de mesure : 10^{-8} A $\sim 10^{-13}$ A*
- *6 gammes de mesure*
- *Affichage digital sur 4 digits*
- *Dérive du zéro*

Alimentation cellule :

- *Tension : -2V/+2V ; -2V/+30V*
- *2 gammes*
- *Affichage digital sur 4 digits*
- *Résolution 0,01V*
- *Stabilité $\leq 0,1\%$*

Cellule photoélectrique :

- *Réponse spectrale : 340 à 700 nm*
- *Anode de Nickel*
- *Sensibilité : $\geq 1 \mu\text{A/lm}$*
- *Courant d'obscurité : $I \leq 2 \cdot 10^{-12}$ A ($-2\text{V} \leq \text{UAK} \leq 0\text{V}$)*

Filtres :

- *5 filtres sur barillet centrés sur 365,0 nm ; 404,7 nm ; 435,8 nm ; 546,0 nm ; 577,0 nm.*

Diaphragmes :

- *2 / 4 / 8 mm.*

COMPOSITION :

- *1 Boîtier cellule (boîtier contenant la cellule photoélectrique 3 diaphragmes et 5 filtres montés sur barillet)*
- *1 tige de diamètre 10 mm.*
- *1 Générateur*

POD 068 951 Constante de Planck