

# Expérience de Franck-Hertz avec un tube de Hg



Physique

Physique moderne

Physique quantique

Chimie

Chimie physique

Structures atomiques et caractéristiques



Niveau de difficulté

facile



Taille du groupe

1



Temps de préparation

10 procès-verbal



Délai d'exécution

10 procès-verbal

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/65dca40fbfa3f70002aca37c>

**PHYWE**

## Informations générales

### Application

**PHYWE**

Hg Tube de Franck-Hertz

L'expérience Franck-Hertz sur les collisions électron-mercure démontre le comportement quantique des atomes, et prouve l'existence de niveaux d'énergie stationnaires discrets dans les atomes. L'expérience se limite à la détermination de l'énergie nécessaire pour exciter les premiers niveaux d'énergie des atomes de mercure.

## Autres informations (1/2)

PHYWE

### Connaissances préalables



### Principe scientifique



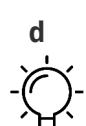
Lorsqu'un atome isolé absorbe un électron avec une énergie suffisante, il est excité et passe d'un état fondamental à un état d'énergie plus élevé. Il reste généralement dans l'état excité pendant un court laps de temps avant d'émettre un photon, et de passer à un état d'énergie inférieur. La transition de l'électron entre les niveaux ne se produit que si la quantité d'énergie absorbée ou émise est exactement égale à la différence d'énergie entre les deux niveaux.

Des électrons sont accélérés dans un tube rempli de vapeur de mercure. L'énergie d'excitation du mercure est déterminée à partir de la distance entre les minima équidistants du courant électronique dans un champ électrique opposé variable.

## Autres informations (2/2)

PHYWE

### Objectif



Vérifier le concept de quantification du transfert d'énergie dans les collisions non élastiques électron-atome.

### Tâches



1. Enregistrer l'intensité du contre-courant  $I$  dans un tube de Franck-Hertz en fonction de la tension anodique  $U$ .
2. Déterminer l'énergie d'excitation à partir des positions des minima ou maxima de l'intensité du courant par formation de différences.

## Consignes de sécurité

PHYWE

Pour cette expérience, les instructions générales pour une expérimentation sûre dans les cours de sciences s'appliquent.

Veiller à ce que la température du tube ne dépasse pas 300°C.°C afin d'éviter d'endommager le tube par une décharge incontrôlée

## Théorie (1/4)

PHYWE

Niels Bohr a introduit le modèle planétaire de l'atome en 1913 : Un atome isolé est constitué d'un noyau chargé positivement autour duquel les électrons sont répartis sur des orbites successives. Il a également postulé que seules les orbites pour lesquelles le moment angulaire de l'électron est un multiple entier de  $h/2\pi$ , c'est-à-dire  $n * h/2\pi$  où  $n$  est un nombre entier et  $h$  est la constante de Planck.

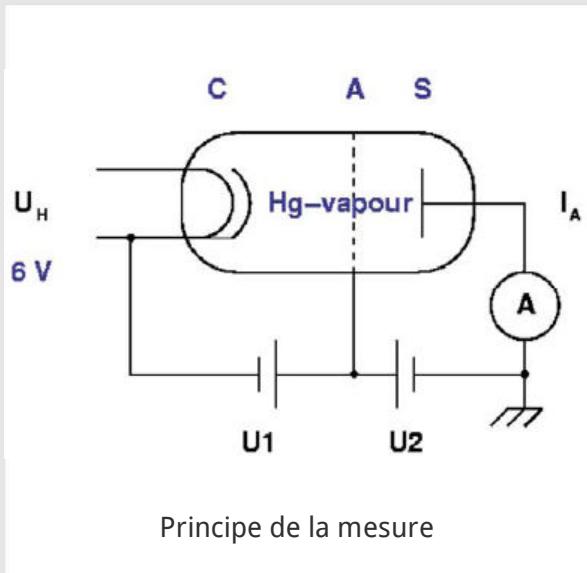
L'image de Bohr, selon laquelle les électrons se trouvent dans des états discrets et les transitions entre ces états produisent un rayonnement dont la fréquence, est déterminée par les différences d'énergie entre les états peut être dérivée de la mécanique quantique, qui a remplacé la mécanique classique lorsqu'il s'agit de structures aussi petites que les atomes.

Le modèle de Bohr semble indiquer que, tout comme les électrons peuvent passer d'états d'énergie supérieure à des états d'énergie inférieure, ils peuvent être excités vers des états d'énergie supérieure en absorbant précisément la quantité d'énergie représentant la différence entre l'état inférieur et l'état supérieur.

## Théorie (2/4)

James Franck et Gustav Hertz ont démontré, que c'était effectivement le cas dans une série d'expériences rapportées en 1913, l'année même où Bohr a présenté son modèle. Franck et Hertz ont utilisé un faisceau d'électrons accélérés pour mesurer l'énergie nécessaire pour faire passer les électrons de l'état fondamental d'un gaz d'atomes de mercure au premier état excité.

Les électrons émis par une cathode thermionique sont accélérés entre la cathode C et l'anode A dans le tube rempli de vapeur de mercure, et sont dispersés par collision élastique avec les atomes de mercure. A partir d'une tension anodique  $U_1$  de 4,9 V, l'énergie cinétique des électrons est cependant suffisante pour amener l'électron de valence du mercure au premier niveau d'excitation  $6^3P_1$  par une collision inélastique.



## Théorie (3/4)

En raison de la perte d'énergie qui l'accompagne, l'électron ne peut plus traverser le champ opposé entre l'anode A et la contre-électrode S : le courant  $I$  est au minimum. Si l'on augmente encore la tension de l'anode, l'énergie cinétique de l'électron est à nouveau suffisante pour surmonter le champ opposé : l'intensité du courant  $I$  augmente.

Quand  $U_1 = 2 \times 4.9\text{V}$  l'énergie cinétique est si élevée que deux atomes successifs peuvent être excités par le même électron : le deuxième minimum est obtenu. Le graphique de  $I/U_1$  présente donc des maxima et des minima équidistants. Ces minima ne sont toutefois pas très bien définis en raison de la distribution thermique initiale des vitesses des électrons. La tension  $U_1$  entre l'anode et la cathode est représentée par

$$U_1 = U + (\Phi_A - \Phi_C)$$

où  $U$  est la tension appliquée, et  $A$  et  $C$  les tensions de travail de l'anode et de la cathode respectivement.

## Théorie (4/4)



Comme l'énergie d'excitation  $E$  est déterminée à partir des différences de tension aux minima, les tensions de la fonction de travail n'ont pas d'importance ici.

Selon la théorie classique, les niveaux d'énergie auxquels les atomes de mercure sont excités peuvent être aléatoires. En revanche, selon la théorie quantique, un niveau d'énergie précis doit soudainement être attribué à l'atome dans le cadre d'un processus élémentaire. Le déroulement de la  $I/U_A$  a été expliquée pour la première fois sur la base de ce point de vue, et représente donc une confirmation de la théorie quantique.

L'atome de mercure excité libère à nouveau l'énergie qu'il a absorbée en émettant un photon. Lorsque l'énergie d'excitation  $E$  est de 4,9 eV, la longueur d'onde de ce photon est de

$$\lambda = \frac{ch}{E} = 253 \text{ nm}$$

où  $c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ ms}$  et  $h = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eV}$  et se situe donc dans la gamme des UV.

## Equipement

Position	Matériaux	Numéro d'article	Quantité
1	Tube Hg Franck-Hertz sur plaque	09105-10	1
2	Unité de contrôle Franck-Hertz	09105-99	1
3	Four Franck-Hertz pour tube Hg	09105-93	1
4	Thermocouple NiCr-Ni, -40..1300°C	13615-01	1
5	Cordon de raccordement pour tube Hg Franck-Hertz	09105-30	1
6	Logiciel Mesure Expérience de Franck-Hertz	14522-61	1
7	Convertisseur USB - RS232, actif	14602-10	1
8	Câble de données, fiche/prise, 9 pôles	14602-00	1
9	Câble blindé, BNC, l = 750 mm	07542-11	1

**PHYWE**

# Mise en place et procédure

## Mise en place

**PHYWE**

Dispositif de l'expérience

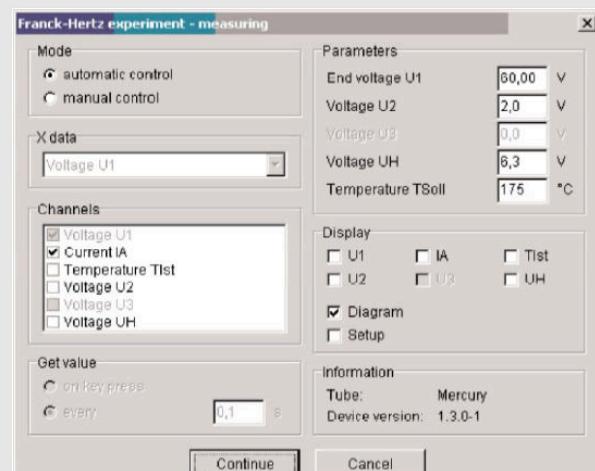
Pour plus de détails, voir le mode d'emploi de l'unité 09105.99. Connectez l'unité opératoire au port COM1, COM2 de l'ordinateur ou au port USB (utilisez l'adaptateur convertisseur USB-RS232 14602.10).

## Procédure (1/2)

Lancez le programme de mesure et sélectionnez l'expérience de Franck-Hertz Gauge. La fenêtre "Expérience de Franck-Hertz - mesure" apparaît.

Les paramètres optimaux sont différents pour chaque tube à Hg. Les paramètres spécifiques de l'appareil figurent sur une feuille jointe à l'emballage du tube Hg. Choisissez les paramètres pour U1, U2 et UH comme indiqué sur cette feuille et assurez-vous que le reste est réglé.

Appuyez sur le bouton "continuer". Le four du tube de Franck-Hertz est maintenant chauffé à 175 °C.



Paramètres de mesure

## Procédure (2/2)

Attendre encore 30 minutes avant de commencer la mesure pour s'assurer que l'intérieur du tube atteint également sa température finale.

A une tension donnée  $U_1 = U_z$  qui dépend de la température, une décharge lumineuse entre l'anode et la cathode se produit par ionisation.

Des mesures significatives ne peuvent donc être effectuées qu'à des tensions  $U_1 < U_z$ .

Analyser la courbe pour obtenir les valeurs explicites des maxima et minima de la courbe.

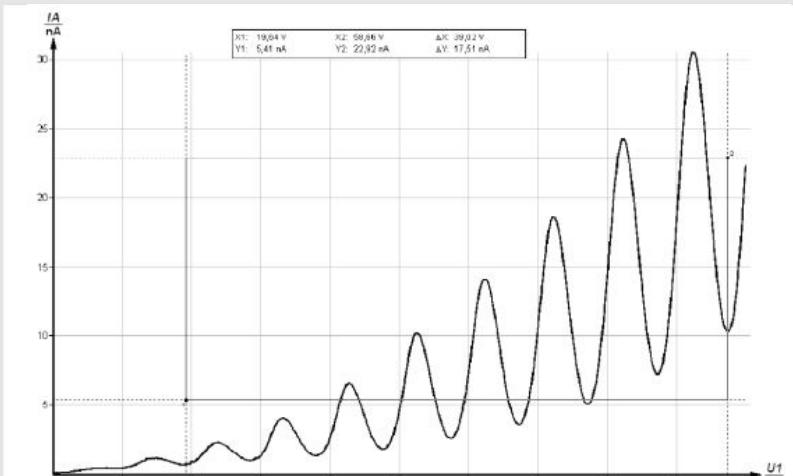
## Évaluation (1/2)

PHYWE

Pour l'évaluation, les valeurs de tension des minima sont déterminées.

A partir des différences entre ces valeurs, l'énergie d'excitation  $E$  de l'atome de mercure en faisant une moyenne est obtenue :

$$E = (4.86 \pm 0.09)eV$$



## Évaluation (2/2)

PHYWE

Remplissez les blancs :

Dans l'expérience de Franck-Hertz pour les tubes de mercure, les \_\_\_\_\_ entre les minima d'une courbe de Franck-Hertz \_\_\_\_\_ linéairement avec le nombre de minima en raison de l' \_\_\_\_\_ supplémentaire des électrons sur le \_\_\_\_\_ moyen après que l'énergie d'excitation a été atteinte, mais avant que les collisions inélastiques avec les atomes ne se produisent.

augmentent  
espaces  
chemin libre  
accélération

Vérifier

Diapositive

Score / Total

Diapositive 16: Courbe de Frank-Hertz

**0/4**

Score total

 0/4



Montrer les solutions



Réessayer

**11/11**