

Olympiades Suisses de Physique 2018

Aarau, 24/25 mars 2018

Expérience Filament en tungstène

Durée: 150 minutes
Total 48 points

Nom Résultat

Moyens autorisés :
Calculatrice sans base de données
Matériel pour écrire et dessiner

Bonne chance !

Supported by :

-  Staatssekretariat für Bildung und Forschung und Innovation
-  Deutschschweizerische Physikkommission VSMP / DPK
-  Materials Science & Technology
-  Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
-  ETH Zurich Department of Physics
-  Fondation Claude & Giuliana
-  ERNST GÖHNER STIFTUNG Ernst Göhner Stiftung, Zug
-  HASLER STIFTUNG Hasler Stiftung, Bern
-  Metrohm Metrohm Stiftung, Herisau
-  Neue Kantonsschule Aarau
-  QST Quantum Science and Technology
-  SISF (BASF, Novartis, Roche, Syngenta (Basel))
-  Société Valaisanne de Physique
-  SATW Swiss Academy of Engineering Sciences SATW
-  sc|nat Swiss Academy of Sciences
-  SIPS Swiss Physical Society
-  Università della Svizzera italiana
-  Universität Bern FB Physik/Astronomie
-  Universität Zürich FB Physik Mathematik

Expérience: Filament en tungstène

1. Introduction

Dans cette expérience, nous souhaitons étudier diverses propriétés du filament d'une ampoule 6V. Celui-ci est composé d'un métal doté d'une haute température de fusion : le tungstène (symbole W, de l'allemand « Wolfram »).

Matériel à disposition

- 3 petites ampoules (6V / 0.5A / 3W)
- 1 douille pour ampoule, avec connexions latérales (utiliser des pinces crocodile)
- 1 fil de tungstène (0.15 m de long)
- 1 diode-laser rouge, dans une boîte, avec interrupteur et prises
- 2 blocs en bois
- 2 multimètres (1 orange et 1 vert)
- 1 règle en aluminium (50 cm)
- 1 double-mètre (200 cm)
- 1 rouleau de ruban adhésif
- 1 bloc d'alimentation double (la partie droite est à utiliser pour éclairer la place de travail)
- 1 résistance (33Ω)
- 1 grande ampoule, 30 V, pour éclairer la place de travail
- 1 statif et 2 pinces crocodile
- 1 panneau en bois (comme surface de projection)
- 9 câbles
- 2 pinces crocodile
- Papier quadrillé
- Papier pour graphiques

Indications générales

- Toutes vos mesures ainsi que vos calculs doivent être documentés de manière claire et lisibles. Cela signifie que toutes les grandeurs mesurées doivent être notées clairement dans des tableaux, toutes les valeurs utilisées dans vos calculs doivent être évidentes et tous vos calculs doivent être compréhensibles. Soyez également attentifs au nombre de chiffres significatifs.
- Toutes les grandeurs doivent être exprimées dans des unités SI correctes.
- Les graphes doivent être complets et correctement labellisés.
- En plus du papier quadrillé, du papier millimétré est à votre disposition pour tracer les graphes.

- **Ne jamais regarder directement le laser et ne pas le pointer dans les yeux de quelqu'un.**
- **Eteindre le laser lorsqu'il n'est pas utilisé.**

2. Données

Les valeurs numériques, lois et incertitudes suivantes sont données :

- Longueur d'onde de la diode laser : $\lambda = 650\text{nm} (\pm 20 \text{ nm})$
- Masse volumique du tungstène (W): $D = 19.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- Résistivité électrique du tungstène à température ambiante :

$$\rho_{25} = 5.30 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

- Fonction approximée pour la température T (en Kelvin) du tungstène, en fonction de sa résistivité $\rho(T)$:

$$T \left(\frac{\rho(T)}{\rho_{25}} \right) = 104\text{K} + 216\text{K} \cdot \left(\frac{\rho(T)}{\rho_{25}} \right) - 2.46\text{K} \cdot \left(\frac{\rho(T)}{\rho_{25}} \right)^2$$

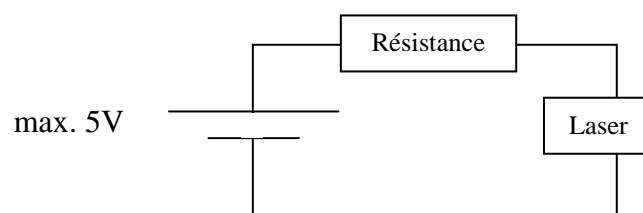
- Loi de Stefan-Boltzmann : $P = A \cdot k \cdot \sigma \cdot T^4$
(P est la puissance rayonnée, A la surface de rayonnement, k l'émissivité)
- Constante de Stefan-Boltzmann : $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$
- Incertitudes du multimètre utilisé comme :
 - ohmmètre : $\pm 1\%$
 - ampèremètre : $\pm 1\%$
 - voltmètre : $\pm 0.6\%$

3. Problèmes

Question 1: Détermination du diamètre d'un fil en tungstène (Total : 9 points)

A l'aide du laser à disposition, déterminez aussi précisément que possible le diamètre d du fil en tungstène (mot-clé : diffraction). Esquissez soigneusement le dispositif utilisé (dimensions comprises) et décrivez la méthode de mesure, y compris les lois physique utilisées. A partir des mesures, déterminez également l'incertitude résultante sur d . Quelle grandeur mesurée contribue majoritairement à cette incertitude ?

Indications : La figure de diffraction d'un fil est le même que celui d'une fente simple de même largeur d . Le fil de tungstène à disposition n'a pas le même diamètre que le filament des ampoules 6V fournies. **Pour alimenter le laser, n'utilisez que la partie gauche du bloc d'alimentation double, ajoutez impérativement la résistance à votre circuit et ne tournez le bouton de contrôle de la tension qu'au maximum sur 5 Volts !**



Question 2: Détermination de la résistance du filament à froid (Total :10 points)

Déterminez la résistance R d'une petite ampoule aussi précisément que possible. Esquissez le schéma du circuit utilisé pour la mesure de résistance. Calculez la longueur l du filament ; utilisez ici (et pour les questions suivantes) la valeur suivante pour le diamètre du fil : $d = 50\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$. Déterminez à partir de vos mesures l'incertitude résultante pour R de même que l'incertitude sur l .

Indications : Ne mesurez pas directement la résistance du filament avec un ohmmètre, cela vous rapportera **aucun** point ! La résistance des câbles de connexion au filament peut être négligée.

Question 3: Courbe courant-tension du filament d'une petite ampoule (Total :12 points)

Procédez aux mesures appropriées afin de pouvoir produire dans un graphe une courbe courant-tension pour le filament d'une petite ampoule. L'intervalle de tension va de 0 V jusqu'à ce qu'une ampoule grille. Esquissez le circuit utilisé pour les mesures de courant-tension. Calculez la température maximale atteinte par le filament, juste avant qu'il ne fonde.

Indication : Vous n'avez que 3 petites ampoules à disposition ! On peut supposer qu'elles sont toutes identiques.

Question 4: Détermination de l'émissivité du filament d'une ampoule (Total : 17 points)

On suppose que toute l'énergie produite par le filament est émise sous forme de rayonnement. Par ailleurs, on peut considérer le filament comme un « corps gris », c'est-à-dire que son émissivité k ne dépend pas de la longueur d'onde rayonnée. Sous ces hypothèses, on peut exprimer la puissance $P_{\text{émise}}$ par le filament au moyen de la loi de Stefan-Boltzmann (cf partie « 2. Données »).

Déterminez à partir de vos mesures l'émissivité k du filament d'une petite ampoule en fonction de la température et représentez graphiquement les résultats. Discutez en détail la dépendance en température de k visible sur le graphique.