

Schweizerische Physikolympiade 2018

Aarau, 24./25. März 2018

Experiment Wolfram-Glühdraht

Dauer: 150 Minuten
Total 48 Punkte

Name Punktzahl

Erlaubte Hilfsmittel:
Taschenrechner ohne Formelspeicher
Schreib- und Zeichenmaterial

Viel Erfolg !

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
-  HASLERSTIFTUNG Hasler Stiftung, Bern
-  Metrohm Metrohm Stiftung, Herisau
-  NH 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

Experiment: Wolfram-Glühdraht

1. Einleitung

In diesem Experiment studieren wir diverse Eigenschaften der Glühwendel eines 6V-Glühbirchens. Diese besteht bekanntlich aus einem Metall mit hoher Schmelztemperatur: Wolfram.

Zur Verfügung stehendes Material

- 3 Glühbirchen (6V / 0.5A / 3W)
- 1 Glühbirchen-Fassung, mit seitlichen Anschlüssen (Krokodilklemmen verwenden)
- 1 Stück Wolframdraht (0.15 m lang)
- 1 roter Diodenlaser, in Box verbaut, mit Schalter und Stromanschlüssen
- 2 Holzquader
- 2 Multimeter (ein oranges und ein grünes)
- 1 Massstab aus Aluminium (50 cm)
- 1 Doppelmeter (200 cm)
- 1 Rolle Klebeband
- 1 Doppelnetzgerät (den rechten Teil für die Arbeitsplatzbeleuchtung verwenden)
- 1 Vorschaltwiderstand (33 Ω)
- 1 Glühbirne gross, 30 V, als Arbeitsplatzbeleuchtung
- 1 Dritte Hand mit Podest und zwei Krokodilklemmen („Helping Hand“)
- 1 Trennwand aus Holz (dient als Projektionsfläche)
- 9 Verbindungskabel
- 2 Krokodilklemmen
- kariertes Papier
- Diagrammpapier

Allgemeine Hinweise

- Alle Messungen und Berechnungen müssen nachvollziehbar dokumentiert werden. Das heisst, alle gemessenen Grössen müssen in übersichtlichen Tabellen notiert werden, alle in die Rechnungen eingehenden Werte müssen ersichtlich sein, Rechnungen müssen nachvollziehbar sein. Signifikante Stellen sind zu beachten.
- Alle Grössen müssen mit den richtigen SI-Einheiten versehen sein.
- Grafiken müssen vollständig und korrekt beschriftet werden.
- Zur Verfügung steht neben dem karierten Papierbogen auch Millimeterpapier für Diagramme und Plots.
- **Niemals den Laserstrahl gegen die eigenen oder gegen fremde Augen richten.**
- **Den Laserstrahl bei Nichtgebrauch ausschalten.**

2. Vorgaben

Folgende numerischen Werte, Gesetzmässigkeiten und Unsicherheiten sind vorgegeben:

- Wellenlänge des roten Diodenlasers: $\lambda = 650 \text{ nm } (\pm 20 \text{ nm})$
- Dichte von Wolfram (W): $D = 19.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- Spezifischer elektrischer Widerstand von W bei Raumtemperatur:
 $\rho_{25} = 5.30 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
- Näherungsfunktion für die Temperatur T (in Kelvin) von W, in Abhängigkeit von seinem spezifischen elektrischen Widerstand $\rho(T)$:

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

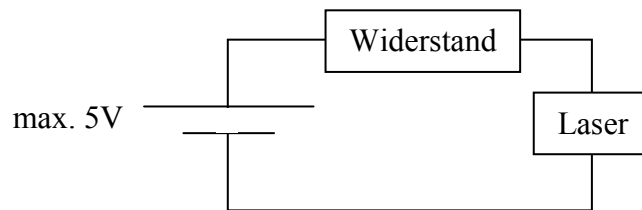
- Stefan-Boltzmann-Gesetz: $P = A \cdot k \cdot \sigma \cdot T^4$
(P ist die Strahlungsleistung, A ist die strahlende Oberfläche, k ist die Emissivität)
- Stefan-Boltzmann-Konstante: $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$
- Multimeter-Unsicherheiten
 - Als Ohmmeter: $\pm 1\%$
 - Als Amperemeter: $\pm 1\%$
 - Als Voltmeter: $\pm 0.6\%$

3. Aufgaben

Aufgabe 1: Bestimmung eines Wolfram-Draht-Durchmessers (total 9 Punkte)

Bestimme mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Lasers (Stichwort: Lichtbeugung) den Wolframdraht-Durchmesser d so genau wie möglich. Skizziere den Versuchsaufbau sorgfältig (inkl. Massangaben) und beschreibe die Methode der Messung, inklusive den physikalischen Gesetzmässigkeiten. Bestimme auch die aus den Messungen resultierende Unsicherheit für d . Welche Messgrösse ist für diese Unsicherheit hauptverantwortlich?

Hinweise: Das Beugungsmuster eines Drahtes ist dasselbe wie das eines Einzelspaltes mit derselben Spaltbreite d . Der zur Verfügung stehende Wolframdraht hat nicht denselben Durchmesser wie die Glühwendel in den 6V-Glühbirnchen. **Verwende für die Stromversorgung des Lasers nur den linken Teil des Doppelnetzgerätes, füge der Schaltung unbedingt den Vorschaltwiderstand hinzu und drehe den Spannungsregler nur maximal auf etwa 5 Volt hoch!**



Aufgabe 2: Bestimmung des Glühwendel-Widerstandes im kalten Zustand (total 10 Punkte)

Bestimme den Widerstand der Glühbirnchen-Wendel R bei Zimmertemperatur so genau wie möglich. Skizziere das Schaltschema der Widerstands-Messung. Berechne die Länge der Glühwendel l . Verwende hier und in allen folgenden Aufgaben für den Draht-Durchmesser: $d = 50 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$. Bestimme die aus Deinen Messungen resultierende Unsicherheit für R und anschliessend auch die Unsicherheit für l .

Hinweise: Vermeide es, den Glühwendel-Widerstand mit einem Ohmmeter direkt zu messen, dies ergibt **keine** Punkte! Der Widerstand der Zuleitungen zur Glühwendel darf vernachlässigt werden.

Aufgabe 3: Stromstärke-Spannungs-Kennlinie der Glühbirnchen-Wendel (total 12 Punkte)

Führe geeignete Messungen durch mit dem Ziel, eine Stromstärke-Spannungs-Kennlinie als Diagramm darstellen zu können. Wähle den Spannungsbereich von 0 V bis zum Durchbrennen des Glühbirnchens. Skizziere das Schaltschema der Stromstärke-Spannungs-Messung. Berechne die Maximaltemperatur, die die Glühbirnchen-Wendel erreichte, kurz bevor sie durchschmolz.

Hinweise: Es stehen total nur 3 Glühbirnchen zur Verfügung (diese können als identisch angenommen werden)!

Aufgabe 4: Bestimmung der Emissivität der Glühbirnen-Wendel (total 17 Punkte)

Wir nehmen an, dass die gesamte von der Glühwendel abgegebene Energie über Strahlung erfolge. Des Weiteren kann die Glühwendel als ein „grauer“ Körperstrahler beschrieben werden, d.h. ihre Emissivität k hängt nicht von der abgestrahlten Lichtwellenlänge ab. Unter diesen Voraussetzungen kann die von der Glühwendel abgegebene Leistung P durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz vorhergesagt werden (siehe Kapitel 2. Vorgaben).

Bestimme aus den bisherigen Messungen die Emissivität k der Glühbirnen-Wendel in Abhängigkeit der Temperatur und stelle die Werte grafisch dar. Diskutiere die im Diagramm sichtbare Temperaturabhängigkeit der Emissivität k ausführlich.