

Wie hängen Energie und Farbe von Licht zusammen?



Physik

Moderne Physik

Quantenphysik



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



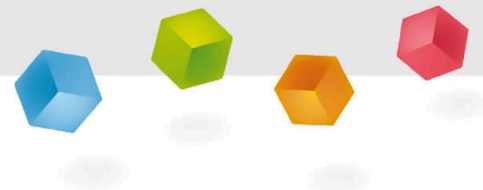
Durchführungszeit

10 Minuten

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5eea60a757a30b00037d8056>

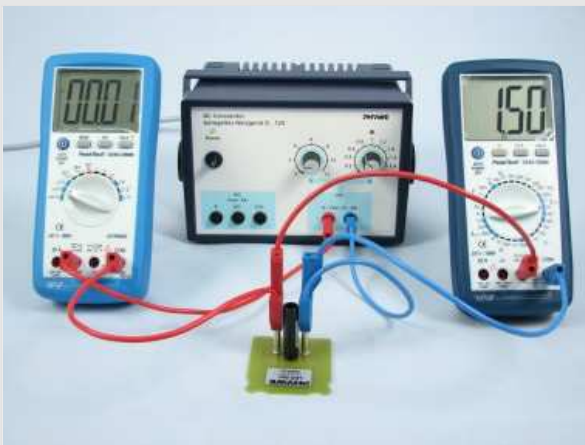
PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Wie hängen Energie und Farbe von Licht zusammen?

Das plancksche Wirkungsquantum h ist eine fundamentale Naturkonstante der Quantenphysik. Sie tritt bei der Beschreibung von Quantenphänomenen auf, bei denen physikalische Eigenschaften nicht jeden beliebigen kontinuierlichen Wert, sondern nur bestimmte diskrete Werte annehmen können.

In diesem Versuch wird das plancksche Wirkungsquantum durch Messungen an Leuchtdioden (LED) bestimmt.

Lehrerinformationen

PHYWE

Vorwissen



Die LED ist ein Halbleiterbauelement und besteht wie eine Diode aus einer n- und einer p-dotierten Schicht.

In einem Halbleiter können nur bestimmte Energiebänder von den Elektronen eingenommen werden.

Durch das Anlegen einer Spannung in Durchlassrichtung der Diode wird die Energie der Elektronen erhöht. Dadurch bevölkern diese das Leitungsband auf der n-Seite und fallen dann, nachdem sie die Grenzfläche überschritten haben, auf das energetisch niedrigere Valenzband auf der p-Seite zurück.

Dort rekombinieren sie mit den vorhandenen Löchern. Dabei wird die gewonnene Energie wieder frei und (teilweise) Licht ausgesandt.

Lehrerinformationen

PHYWE

Prinzip



Die Bandlücke, d.h. die Energiedifferenz von Valenz- und Leitungsband wird bei LEDs durch die Wahl der Materialien variiert.

Je größer die Bandlücke, desto mehr Energie müssen die Elektronen besitzen, um vom Valenz- ins Leitungsband zu kommen.

Die Schwellenspannung ist deshalb für verschiedene LEDs unterschiedlich. Gleichzeitig beeinflusst die Größe der Bandlücke die Energie der ausgesandten Photonen und damit die Frequenz bzw. Farbe des Lichts.

Aus der Schwellenspannung $U_{Schwelle}$ lässt sich die Energie E der Elektronen berechnen. Diese Energie entspricht der Photonenenergie. Beim Auftragen der Photonenenergie über der Frequenz f des Lichts zeigt sich ein linearer Zusammenhang. Die Steigung bzw. der Proportionalitätsfaktor ist das plancksche Wirkungsquantum h .

Hinweise zur Durchführung

PHYWE

Dieser Versuch kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Für die zweite Variante ist das Amperemeter nicht notwendig. Stattdessen wird das Einsetzen des Leuchtens der LED mit dem Auge bestimmt. Da das Auge für IR-Licht nicht empfindlich ist, wird diese Diode hier nicht verwendet.

Beim Versuch mit dem Auge als Lichtsensor ergeben sich für die Schwellspannung und damit für die Elektronen- bzw. Photonenenergie höhere Messwerte als beim Versuch mit dem Amperemeter. Obwohl die Schwellspannung schon erreicht ist, nimmt das Auge noch kein Licht wahr. Erst ab einer bestimmten Lichtintensität reagiert auch das Auge. Die Abweichung ist minimal und beeinflusst das Ergebnis nur unwesentlich, da die Steigung der Geraden annähernd gleich ist.

Beim Anschließen der LEDs muss auf die richtige Polung geachtet werden, da Dioden den Strom nur in einer Richtung durchlassen.

Sicherheitshinweise

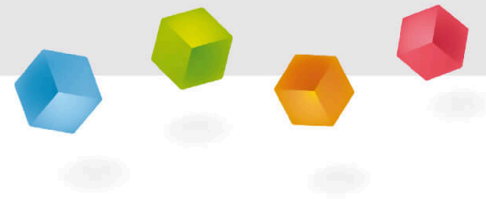
PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Versuchsaufbau

Wie hängen Energie und Farbe von Licht zusammen?

Das plancksche Wirkungsquantum h ist eine fundamentale Naturkonstante der Quantenphysik. Sie tritt bei der Beschreibung von Quantenphänomenen auf, bei denen physikalische Eigenschaften nicht jeden beliebigen kontinuierlichen Wert, sondern nur bestimmte diskrete Werte annehmen können.

Bestimmen Sie das Plancksche Wirkungsquantum h durch Messungen und Beobachtungen an Leuchtdioden (englisch: Light Emitting Diode oder LED).

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	LED - blau, mit Vorwiderstand und 4 mm Buchsen, auf Trägerplatine	09852-40	1
2	LED - UV, mit Vorwiderstand und 4 mm Buchsen, auf Trägerplatine	09852-50	1
3	LED - grün, mit Vorwiderstand und 4 mm Buchsen, auf Trägerplatine	09852-30	1
4	LED - rot, mit Vorwiderstand und 4 mm Buchsen, auf Trägerplatine	09852-20	1
5	LED - IR, mit Vorwiderstand und 4 mm Buchsen, auf Trägerplatine	09852-10	1
6	Störlichttubus für LED, Di = 8 mm, l = 40 mm	09852-01	1
7	PHYWE Digitalmultimeter, 600V AC/DC, 10A AC/DC, 20 MΩ, 200μF, 20 kHz, -20°C...760°C	07122-00	2
8	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
9	Verbindungsleitung, 32 A, 750 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07362-01	3
10	Verbindungsleitung, 32 A, 750 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07362-04	2

Aufbau (1/2)

PHYWE

- Dieser Versuch kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Der Unterschied liegt darin, dass ein Multimeter (Spannung) in der zweiten Variante eingesetzt wird.
- Entsprechend der Abbildungen den Versuch aufbauen. **Achtung:** Achten Sie auf die richtige Polung!



Aufbau (2/2)

PHYWE

- Schließen Sie die beiden Digitalmultimeter an. **Achtung:** Achten Sie auf die richtige Polung!
- Messbereiche: 2mA (Strommessung), 20V (Spannungsmessung)



Durchführung (1/2) - Variante 1

PHYWE



Versuchsdurchführung

- Wählen Sie die LEDs mit den Farben UV, Blau, Rot und IR aus.
- Stecken Sie den Störlichttubus auf die LED und halten Sie die Öffnung mit dem Daumen zu, um unerwünschten Lichteinfall zu verhindern.
- Die Spannung wird langsam erhöht, bis auf dem Amperemeter ein möglichst kleiner stabiler Strom (etwa 0,01 mA) zu verzeichnen ist.

Durchführung (2/2) - Variante 1

PHYWE

- Lesen Sie die Spannung $U_{Schwelle}$ beim Einsetzen des Stromflusses am Voltmeter ab und tragen Sie sie in Tabelle 1 im Protokoll ein.



- Drehen Sie die Spannung am Netzteil wieder auf Null zurück und wechseln Sie die LED.
- Verfahren Sie mit den folgenden LEDs entsprechend.



Durchführung (1/3) - Variante 2

PHYWE



Versuchsdurchführung - Variante 2

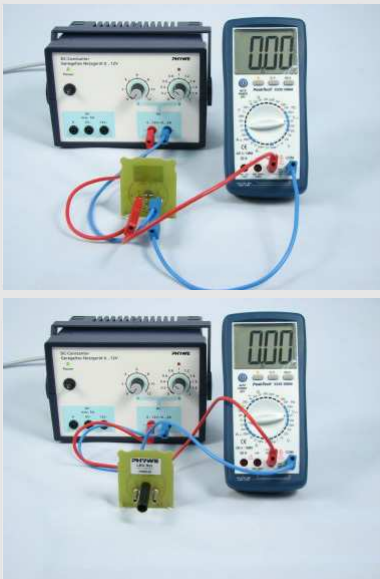
Für diese Variante ist das Amperemeter nicht notwendig.

Hier wird das Einsetzen des Leuchtens der LED mit dem Auge bestimmt. Da das Auge für IR-Licht nicht empfindlich ist, wird diese Diode hier nicht verwendet.

Um den Tubus an das Auge führen zu können, müssen die Kabel bei diesem Versuch von hinten an die LED angeschlossen werden.

Durchführung (2/3) - Variante 2

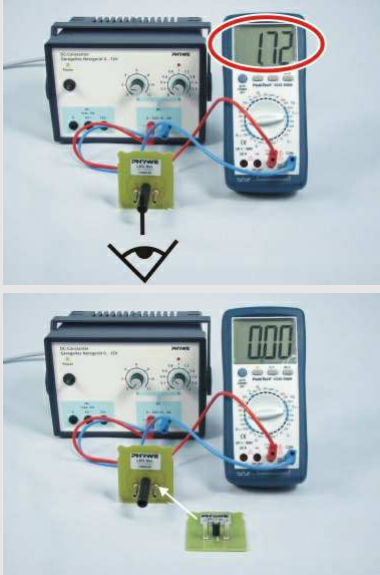
PHYWE



- Führen Sie den Störlichttubus ganz nah an das Auge heran, um seitlichen Lichteinfall zu minimieren.
- Wählen Sie die LEDs mit den Farben UV, blau, grün und rot aus.
- Entfernen Sie das Amperemeter.
- Stecken Sie den Störlichttubus auf die LED.

Durchführung (3/3) - Variante 2

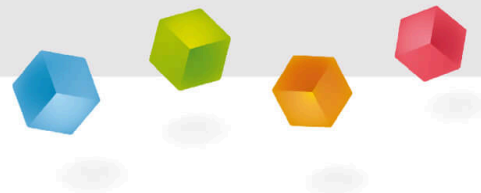
PHYWE



- Erhöhen Sie die Spannung am Netzgerät langsam und beobachten Sie dabei die LED mit dem Auge.
- Sobald die LED aufglimmt notieren Sie die dazugehörige Spannung $U_{Schwelle}$ in Tabelle 2.
- Drehen Sie die Spannung am Netzgerät wieder auf Null und wechseln Sie die LED.
- Verfahren Sie mit den folgenden LEDs entsprechend.

PHYWE

Protokoll



Aufgabe 1

PHYWE

1. Notieren Sie die Spannung $U_{Schwelle}$.
2. Berechnen Sie aus der Wellenlänge λ_{max} der LEDs mit $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ als Lichtgeschwindigkeit im Vakuum die Frequenz f des Lichts mit der Formel $c = \lambda \cdot f$.
3. Ermitteln Sie die maximale Energie E , die ein angeregtes Elektron haben kann, über $E = e \cdot U_{Schwelle}$, wobei $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ die Elementarladung ist.

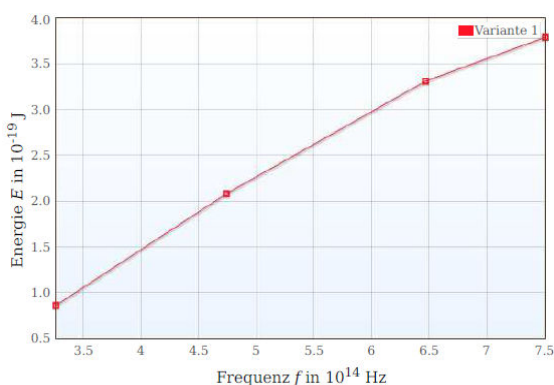
Ergebnis - Tabelle 1

Farbe LED	$U_{Schwelle}$ in V	λ_{max} in nm	f in 10^{14} Hz	E in 10^{-19} J
UV				
blau				
rot				
IR				

Aufgabe 2

PHYWE

Berechnen Sie die Steigung zur Tabelle 1.



$m =$

Ziehe die Wörter in die Lücken!

Die Steigung gibt zwischen E und f an, also h über $E = h \cdot f$. Die Dimension der Steigung (von h) ergibt sich zu: $[h] = [E]/[f] = \text{J/s}^{-1} =$

den Proportionalitätsfaktor

der Ausgleichsgeraden

$J \cdot s$

das Plancksche Wirkungsquantum

☒ Überprüfen

Folie

Punktzahl/ Summe

Folie 19: Bedeutung vom Wirkungsquantum

0/4

Gesamtsumme

 0/4

Lösungen



Wiederholen



Text exportieren