

Aufgaben zum Photoeffekt

1. Die Türe einer U-Bahn wird durch eine Lichtschranke gesichert. Die Lichtschranke besteht aus einer Lichtquelle, die Licht der Wellenlänge $\lambda = 549 \text{ nm}$ emittiert und als Lichtbündel auf eine an der gegenüberliegenden Türseite auf eine Photozelle, bei der die Auslösearbeit $1,35 \text{ eV}$ beträgt. Trifft das Licht auf die Photozelle, dann bewirkt der Stromfluss, der über einen Transistor verstärkt zum Schließen der Türe führt
 - a) Erkläre, warum die Lichtschranke ein zuverlässiger Schutz gegen das Einklemmen von Personen in der U-Bahn-Türe ist.
 - b) Der Photostrom dient als Basisstromkreis des Transistors. Bestimme durch Berechnung, welche Spannung an diesem Stromkreis anliegt.
2. Eine Glühbirne emittiert Licht mit einer Wellenlänge von 540 nm in alle Richtungen. In einem Abstand von $1,00 \text{ m}$ befindet sich eine quadratische Fozelle mit einer Kantenlänge von $5,00 \text{ cm}$. Die Auslösearbeit aus dem Kathodenmaterial der Fozelle beträgt $1,30 \text{ eV}$. Dabei werden von der Glühbirne 96% ihrer Leistung von $60,0 \text{ W}$ in Wärmestrahlung umgesetzt. Die Bestrahlungszeit beträgt $1,50 \text{ s}$.
 - a) Berechne die Anzahl der Photonen, die Photozelle bestrahlen und die Spannung, die an der Photozelle während der Bestrahlung anliegt.
 - b) Die Fozelle ist entgegengesetzt zu einer Stromquelle mit $20,0 \text{ W}$ und einer Nutzspannung von $12,0 \text{ V}$ in Reihe geschaltet. In dem Stromkreis befindet sich eine $20,0 \text{ W}$ Glühbirne. Überprüfe durch Rechnung, ob die Lampe des Stromkreises erlischt, sobald die Fozelle mit dem Licht der 60 W -Glühbirne $1,50 \text{ s}$ bestrahlt wird.
 - c) Nenne ein Beispiel, wo sich die in der letzten Teilaufgabe genannte Schaltung in der Sicherheitstechnik einsetzen lässt.
3. Der lichtelektrische Effekt wurde 1887 bereits von dem deutschen Physiker Hallwachs in einem einfachen Versuch erstmals entdeckt. Hallwachs lud ein Elektroskop einmal positiv und einmal negativ auf. Anschließend beleuchtete er jeweils das geladene Elektroskop mit einer Quecksilberdampf Lampe. In einem zweiten Versuch erdete er das Elektroskop und maß mit einem Spannungsmesser die Spannung U zwischen Elektroskop und Erde.
 - a) Erkläre mit deinem Wissen zum Fotoeffekt, was Hallwachs in dem ersten Versuch beobachtet haben muss.
 - b) Um Elektronen auslösen zu können, muss an der Metallplatte des Elektroskop eine Arbeit von $2,50 \text{ eV}$ geleistet werden. Die Metallplatte wird mit einer Lichtquelle bestrahlt, die Licht mit der Wellenlänge von 250 nm (UV-Licht) emittiert. Ermittle durch Rechnung den Wert U_m , der hier in dem Versuch gemessen wurde.

- c) Die gleiche Lichtquelle beleuchtet 1,20s die Kathode einer Fotozelle, deren Oberfläche $1,50\text{ cm}^2$ beträgt. Die Intensität des Lichts am Ort der Kathode hat den Wert $2,00\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Im Durchschnitt lösen $4,00 \cdot 10^7$ auf die Kathode einfallende Photonen ein Elektron aus der Kathode aus. Bestimme die Anzahl der ausgelösten Elektronen.

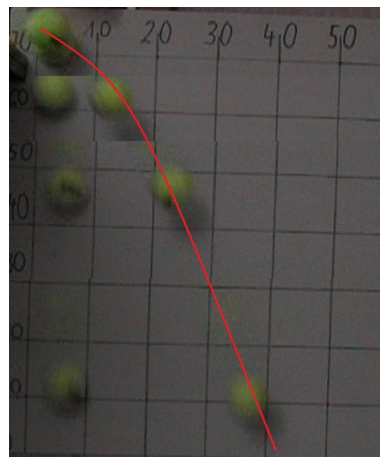
Aufgaben zur de Broglie- Welle

- In einer Kathodenstrahlröhre werden Elektronen mit der Spannung $1,50\text{ kV}$ beschleunigt. Nach dem Beschleunigungsvorgang passieren die Elektronen einen Doppelspalt mit dem Spaltabstand $2,50\ \mu\text{m}$. Der fluoreszierende Leuchtschirm hat von dem Doppelspalt den Abstand $20,0\text{ cm}$.
 - Begründe, warum man bei diesem Experiment kein Negativ des Doppelspalts auf dem Leuchtschirm sehen kann und ordne die Bedeutung dieses Experiments in die Historik der Quantenmechanik ein.
 - Bestimme durch geeignete Berechnung die Positionen der Maxima erster Ordnung auf dem Schirm.
 - Der Schirm hat eine quadratische Form mit der Kantenlänge $15,0\text{ cm}$. Bestimme bis zu welcher Ordnung die Maxima auf dem Schirm sichtbar werden.
- Durch ein Brett, in dem sich zwei Spalten befinden, die einen Abstand von $5,00\text{ cm}$ von einander besitzen, werden Tischtennisbälle mit der Masse $m = 15,0\text{ g}$ geschossen. Vor dem Schuss durch den Doppelspalt wurden die Tischtennisbälle angefeuchtet und hinterlassen auf einem Papierschirm, der im Abstand von $1,00\text{ m}$ zum Spalt steht einen Abdruck. Die Bälle werden $1,50 \cdot 10^{-2}\text{ s}$ mit $15,0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt.
 - Erkläre, welches Bild man auf dem Papierschirm erkennen kann und warum sich dieses Bild von dem Ergebnis des analogen Versuchs, der mit Elektronen der Masse $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ durchgeführt wird, unterscheidet.
 - Bestimme die de-Broglie-Wellenlänge der Tischtennisbälle und für die Elektronen die mit $2,00\text{ keV}$ beschleunigt wurden, und deute die beiden Ergebnisse.
 - Führt man den Doppelspaltversuch mit den oben beschleunigten Elektronen durch, dann hat das Maxima erster Ordnung auf einem Schirm, der $25,0\text{ cm}$ Abstand zum Doppelspalt besitzt, einen Abstand von $1,50\text{ cm}$ zum Hauptmaximum. Ermittle durch geeignete Berechnung den Abstand der Spalten des Doppelspalts.
 - Ermittle, ob die Heisenbergsche Unschärfe das Versuchsergebnis maßgeblich beeinflussen würde.

3. Es soll eine vermeindliche Goldfolie auf Echtheit geprüft werden. Dazu wird ein Stück dieser Goldfolie in eine Kathodenstrahlröhre eingebracht und mit einem Elektronenstrahl beschossen. An dem fluoreszierenden Schirm kann man die Interferenzringe ablesen. Die Elektronen wurden vor dem Durchgang durch die Goldfolie mit einer Spannung von 1,25 kV beschleunigt. Der erste Ring besitzt einen Radius von 1,8 cm.
- Bestimme die Geschwindigkeit und die de-Broglie-Wellenlänge der Elektronen, die auf die Goldfolie geschossen werden.
 - Die Goldfolie wird als echt erachtet, wenn die Gitterkonstante kleiner als $5,00 \cdot 10^{-9}$ m ist. Ermittle, ob es sich bei der geprüften Folie um eine echte Goldfolie handelt.

Heisenbergsche Unschärferelation

1. In einem Gespräch zwischen Werner Heisenberg und Albert Einstein wird die Frage diskutiert, ob die Quantenmechanik den Bahnbegriff zulässt oder nicht. Dabei versteht man unter der Bahn in der Physik die Kurve, auf der sich ein Objekt bewegt. Ein Beispiel ist der waagrechte Wurf:



Die Bahngleichung lautet

$$f(x) = h - \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$$

und die Bahngeschwindigkeit ergibt sich aus der Gleichung

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$

- Beschreibe mit den beiden Gleichungen den waagrechten Wurf des Tennisballs, der eine Masse von 200 g besitzt.

- b) Zeige, dass man beim waagrechten Wurf den Bahnimpuls $p = mv$ und den Ort des Tennisballs gleichzeitig beliebig genau bestimmen kann.
 - c) Erläutere, was Einstein dem jungen Physiker Heisenberg in dem Gespräch zum Vorwurf macht.
 - d) Erläutere mit Hilfe der Heisenbergschen-Unschärfe-Relation, dass dieser Bahn-begriff für quantenmechanische System so nicht brauchbar ist.
 - e) Man betrachtet die Bahn eines Elektrons in einer Kathodenstrahlröhre. Dabei werden die Elektronen mit der Spannung 1,00 kV beschleunigt und treten nach der Lochanode durch einen Spalt der Breite $2,00 \mu\text{m}$. Der Abstand der Lochblende zum Schirm betrage 15,0 cm. Ermittle durch Berechnung die durch die Heisenbergsche Unschärfe-Relation bedingte Abweichung auf dem Schirm von der theoretischen Bahnkurve.
 - f) Leite aus der oben durchgeführten Rechnung her, in wie weit der Bahn-begriff in diesem Experiment anwendbar ist und bewerte dadurch den Inhalt des Gesprächs zwischen Heisenberg und Einstein.
2. Photonen der Wellenlänge $\lambda = 549 \text{ nm}$ werden von einem Laser emittiert und durch einen Spalt der Breite $1,50 \mu\text{m}$ geschossen. Sie treffen auf einen Schirm auf, der von dem Spalt einen Abstand von 1,00 m besitzt.
- a) Berechne die Streubreite des Hauptmaximums, die sich aufgrund der Heisenbergschen Unschärferelation ergibt.
 - b) Führe die analoge Rechnung für Elektronen in einer Kathodenstrahlröhre durch, die eine kinetische Energie von 8,75 eV besitzen, durch.
3. In einer Kathodenstrahlröhre werden Elektronen mit einer Spannung von 2,00 kV beschleunigt. Sie treffen auf einen Doppelspalt mit dem Spaltabstand $3,00 \mu\text{m}$. Im Abstand von 25,0 cm befindet sich ein fluoreszierender Schirm, auf dem die Elektronen auftreffen.
- a) Bestimme die de- Broglie- Wellenlänge der Elektronen.
 - b) Zeige mit Hilfe der Unschärferelation von Werner Heisenberg, dass auf dem Schirm ein Interferenzbild zu sehen ist.
 - c) Die Ortsunschärfe wird nun so eingeschränkt, dass sie maximal nur noch halb so groß ist wie der Spaltabstand ist. Prüfe unter Verwendung der Unschärferelation von Heisenberg nach, ob in diesem Fall noch ein Interferenzbild auf dem Schirm zu sehen ist.
 - d) Interpretiere das Ergebnis der letzten beiden Teilaufgaben im Sinne der Quantenmechanik.