

Übungen zum Kompaktkurs der Experimentalphysik

Übungsblatt 3: Elektrizitätslehre, Akustik und Optik

1. Aufgabe: Elektrisches Feld

Ein Elektron mit Masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ und Ladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ befindet sich in einem homogenen elektrischen Feld mit Feldstärke $E = 10 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$.

- (a) Welche Kraft wirkt auf das Elektron?
- (b) Berechnen Sie die Beschleunigung des Elektrons.
- (c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit und die kinetische Energie des Elektrons, wenn es aus der Ruhelage startet und den Weg $s = 0,1 \text{ m}$ zurückgelegt hat. Welche Zeit benötigt es dazu?

2. Aufgabe: Photoeffekt

Spricht man nur vom Photoeffekt, so ist im Allgemeinen der äußere Photoeffekt gemeint, d.h. das Herauslösen von Elektronen aus Materialien mittels Bestrahlung durch Licht.

- (a) Wann und durch wen wurde der Photoeffekt festgestellt?
- (b) Eine Platte eines bestimmten Materials wird mit Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ bestrahlt. Im ersten Fall gelingt das Herauslösen von Elektronen, im zweiten Fall hingegen nicht. In welchem Bereich liegt die Austrittsarbeit des verwendeten Materials?
- (c) Wie ändert sich die kinetische Energie der Elektronen, wenn man Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ verwendet?
- (d) Ändert sich die Anzahl der pro Zeit und Fläche austretenden Elektronen, wenn man eine farblose Glasplatte im Abstand von 1 cm vor das Material hält?
- (e) Wie sieht der Fall aus, wenn man anstelle der farblosen, eine rote Scheibe verwendet?

3. Aufgabe: Massenspektrometer

In einem Massenspektrometer (Abb. 1) werden positive Ionen durch eine Spannung U beschleunigt, bevor sie in ein homogenes Magnetfeld B geraten. Mit einem ortsempfindlichen Detektor (Photoplatte, CCD...) misst man den Abstand x vom Eintrittspunkt, in dem die Ionen das Magnetfeld wieder verlassen.

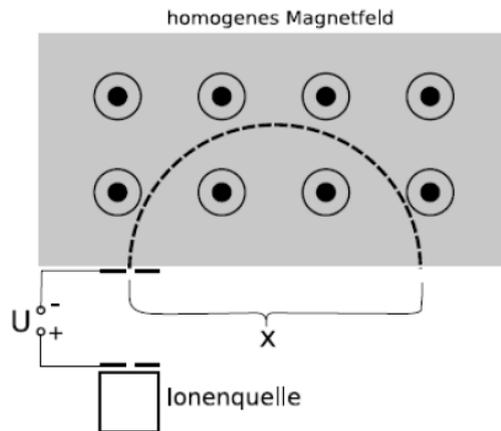


Figure 1: Massenspektrometer

- Berechnen Sie x in Abhängigkeit von der Ionenmasse, der Ionenladung, Beschleunigungsspannung U und der magnetischen Flußdichte B .
- In welchem Abstand vom Eintrittspunkt verlassen einfach geladene Kohlenstoffionen ^{12}C ein Magnetfeld der Flußdichte $B = 0,1\text{T}$ bei einer Beschleunigungsspannung von $U = 1,6\text{kV}$?
- In welchem Abstand würden einfach geladene ^{23}Na -Ionen aus dem Magnetfeld austreten?

4. Aufgabe: Schwarzer Körper

Die Temperatur des Drahts einer Glühlampe ist ca. $T = 2500\text{K}$. Der gewickelte Draht ist $l = 10\text{cm}$ lang und hat einen Durchmesser von $d = 50\mu\text{m}$. Den Draht betrachte man als absolut schwarz.

- Bei welcher Wellenlänge λ_0 leuchtet die Glühlampe am stärksten?
- Welche Leistung verbraucht die Glühlampe?

5. Aufgabe: Kabel

In den meisten Haushalten werden Kabel aus Kupfer (spez. Leitfähigkeit $\sigma_{Cu} = 56 \frac{m}{\Omega^2}$, Dichte $\rho_{Cu} = 8,92 \frac{g}{cm^3}$, atomare Masse $m_{Cu} = 63,5u$) verwendet. Deren Querschnitt muss so groß sein, dass sie sich durch die im Haushalt benötigten Ströme nicht zu stark erhitzen, da ansonsten ein Leitungsbrand entstehen könnte.

- (a) Wie groß muss der Querschnitt eines solchen Kupferkabels sein, sodass bei einem maximalen Strom von $20A$ in einer Leitung von $10m$ Länge nicht mehr als $20W$ Leistung in Form von Wärme abfällt?
- (b) Wie groß ist der Spannungsabfall über so einer Leitung, wenn sie von einem Strom von $5A$ durchflossen wird?
- (c) Wie groß ist die elektrische Feldstärke im Draht?
- (d) Wie schnell bewegen sich die Elektronen im Draht, wenn man davon ausgeht, dass jedes Kupferatom ein Leitungselektron zur Verfügung stellt?
- (e) Wie groß ist die Beweglichkeit μ der Elektronen in Kupfer?

6. Aufgabe: Dopplereffekt

- (a) Wir betrachten einen Krankenwagen, der an einem ruhenden Beobachter vorbeifährt. Zunächst hört der Beobachter das Martinshorn bei einer Frequenz von $f_1 = 467,5Hz$. Nachdem der Krankenwagen den Beobachter passiert hat, hört dieser das Martinshorn bei einer Frequenz $f_2 = 415,5Hz$. Berechnen sie die Geschwindigkeit des Krankenwagens und die Frequenz, mit der das Martinshorn den Signalton erzeugt.
- (b) Das Verhältnis der Frequenz eines Tons zur Frequenz des nächsthöheren Tons der chromatischen Tonleiter (ein Halbtonschritt höher) ist $\frac{1}{\sqrt[12]{2}}$. Das Horn des ruhenden Krankenwagens hat die Frequenz $440Hz$ und entspricht dem Kammerton a . Wie schnell müsste der Krankenwagen an dem Beobachter vorbeifahren, sodass dieser nacheinander die Töne h (ein Ton höher als a) und as (ein Halbton tiefer als a) hört?

7. Aufgabe: Beugungsgitter

Wir benutzen ein Gitter, um das Emissionsspektrum von Quecksilber zu betrachten, siehe Abb.

2. Der Abstand des Schirms vom Gitter beträgt $a = 2,5m$.

- (a) In der 1.Ordnung beträgt der Abstand der violetten Linie ($\lambda_1 = 405nm$) von der 0.Ordnung $20,3cm$. Berechnen sie die Gitterkonstante.
- (b) Wie weit ist in der 2.Ordnung die violette Linie von der grünen Linie ($\lambda_2 = 546nm$) entfernt?
- (c) In welcher Ordnung kommt es zum ersten Mal vor, dass die grüne Linie in das Spektrum der nächsthöheren Ordnung fällt?



Figure 2: Emissionsspektrum von Quecksilber

8. Aufgabe: Beugung am Spalt

- (a) Einfarbiges Licht fällt auf einen Spalt der Breite $0,2mm$. Auf einem $3m$ entfernten Schirm haben die beiden dunklen Interferenzstreifen, die der Symmetrieachse am nächsten sind, einen Abstand von $10mm$. Berechnen sie die Wellenlänge des Lichts.
- (b) Lässt man statt einfarbigem Licht paralleles weißes Licht auf einen Spalt fallen, so entsteht ein Interferenzmuster, dessen Dunkelstellen von Farbsäumen umgeben sind. Wie kommen diese zustande? Handelt es sich um Spektralfarben (jede Farbe besteht nur aus Licht einer Wellenlänge) oder Mischfarben?
- (c) Bei einem optischen Gitter seien die Spaltbreiten halb so groß wie die Gitterkonstante. Zeigen sie, dass im Interferenzmuster des Gitters die Maxima mit gerader Ordnung nicht zu sehen sind.

9. Aufgabe: Radioaktivität

Bei einer Diplomatenjagd wird neben zwei Wildhütern und dem Revierförster auch ein kapitaler Keiler der Masse $m = 200\text{kg}$ erlegt. Dieser hatte im letzten Jahr seines irdischen Daseins 100kg Pilze gefressen, die als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl durch das radioaktive Isotop ^{137}Cs ($Z = 55$) mit einer Aktivität von $A = 103\text{ Bq}$ pro Kilogramm strahlenbelastet sind. ^{137}Cs zerfällt mit einer Halbwertszeit $t_{1/2} = 30,2\text{ Jahre}$ in das stabile ^{137}Ba ($Z = 56$).

- (a) Welche Art von Strahlung geben die Pilze ab?
- (b) Berechnen Sie die Zerfallskonstante von ^{137}Cs (in $1/\text{s}$).
- (c) Wegen der langen Halbwertszeit kann die Aktivität im Körper des Keilers als konstant angesehen werden. Pro Zerfall wird eine Energie $E = 1\text{MeV}$ abgegeben. Berechnen Sie die Energiedosis (in μGy), mit der der Keiler in den letzten 12 Stunden seines Lebens belastet wurde, wenn er in dieser Zeit nichts gefressen hat und die Zerfallsprodukte der Pilze den Körper nicht verlassen haben.