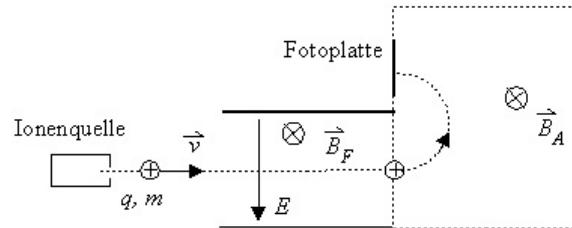


Übungen zu Experimentalphysik II für Biologen

Blatt 5

Aufgabe 1: Massenspektrometer

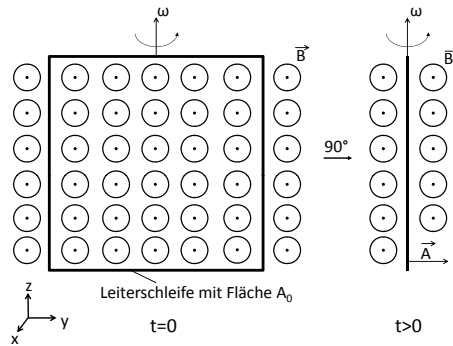
Sie besitzen ein Gas aus einfach negativ geladenen Teilchen, deren Masse sie bestimmen wollen. Dazu verwenden sie ein Massenspektrometer in Verbindung mit einem Wienfilter. Diese bestehen aus einer Ionenquelle, die ihre Gasteilchen ionisiert und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten emittiert, einem ersten Bereich (Wienfilter) mit einem elektrischen Feld \vec{E} und ein Magnetfeld \vec{B}_F , und einer Blende (exakt gegenüber der Ionenquelle), die in einen zweiten Bereich (Massenspektrometer) führt, in dem ein Magnetfeld \vec{B}_A senkrecht zur Geschwindigkeit angelegt ist (siehe Skizze).



- Vorerst sind die Felder im ersten Bereich ausgeschaltet und das Feld \vec{B}_A ist eingeschaltet. Welche Kraft wirkt auf die Teilchen, sobald sie in den zweiten Bereich gelangt sind? Wieso wird das Teilchen nach oben abgelenkt? Auf welchen Bahnen bewegen sich die Teilchen? Stellen Sie eine Bestimmungsgleichung für die Masse des Teilchens auf, indem Sie die Lorentzkraft mit der Zentrifugalkraft gleichsetzen!
- Nun fehlt Ihnen zur Bestimmung der Masse noch die Geschwindigkeit des durchlaufenden Teilchens. Um diese zu bestimmen, werden die Felder \vec{E} und \vec{B}_F im ersten Bereich eingeschaltet. Dieser 'filtert' die Geschwindigkeiten der Teilchen, indem er dafür sorgt, dass nur Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit durch die Blende gelangen. Was muss für *diese* Teilchen im Bezug auf die beiden (aufgrund von \vec{E} und \vec{B}_F wirkenden) Kräfte gelten? In welche Richtung müssen die beiden Felder zeigen? Stellen Sie eine Bestimmungsgleichung für die Geschwindigkeit aus dem Kräftegleichgewicht auf!
- Mit welcher Geschwindigkeit treten ihre Teilchen in das Magnetfeld des Massenspektrometers ein, wenn die elektrische Feldstärke $E = 2000 \text{ V/m}$ und die magnetische Feldstärke $B_F = 0.1 \text{ T}$ betragen.
- Ihre Teilchen durchlaufen einen Halbkreis und treffen dort auf einen Detektorschirm. Um welches Gas handelt es sich, wenn Sie einen Radius $r = 2.48 \text{ cm}$ gemessen haben und ein Feld von $\vec{B}_A = 0.1 \text{ T}$ angelegt haben? Mit wieviel Prozent weicht ihr Wert vom Literaturwert ab?

Aufgabe 2: Leiterschleife im Magnetfeld

Wir betrachten eine Leiterschleife der Fläche A_0 , die in einem konstanten Magnetfeld $\vec{B} = (B_0, 0, 0)$ mit der Winkelgeschwindigkeit ω rotiert (siehe Skizze). Der magnetische Fluß Φ ist definiert als $\Phi = \int_{A_0} \vec{B} \cdot d\vec{A}$, wobei $d\vec{A}$ ein *infinitesimaler* Vektor ist, der **immer** senkrecht auf A_0 steht.



- In der betrachteten Geometrie können wir die Formel umschreiben zu $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$. Unter welchen Umständen kann dies getan werden? Der Vektor $\vec{A} = (A_x, A_y, A_z)$ steht *auch* immer senkrecht auf der Fläche A_0 und hat betragsmäßig die Länge $|\vec{A}| = A_0$. Zum Zeitpunkt $t = 0$ zeige \vec{A} in Richtung \vec{B} (nach einer 90° Drehung der Schleife senkrecht dazu, siehe Skizze). Bestimmen Sie den Vektor \vec{A} als Funktion von A_0 , ω und der Zeit t ! (Hinweis: Überlegen Sie sich, in welche Richtung \vec{A} zeigt während die Schleife rotiert und mit welchen mathematischen Funktionen Sie eine solche Oszillation beschreiben können.)
- Berechnen Sie nun $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$, die durch die Rotation induzierte Spannung U_{ind} , und skizzieren Sie jeweils den zeitlichen Verlauf!
- In welcher Position befindet sich die Leiterschleife bzgl. des magnetischen Feldes wenn die induzierte Spannung maximal bzw. minimal ist? Was gilt zu diesem Zeitpunkt für den magnetische Fluß?
- Was ändert sich, wenn anstatt der Schleife das äußere Magnetfeld mit ω rotiert und die Schleife still steht?

Aufgabe 3: RL-Glied

Im Folgenden soll die Funktionsweise eines RL-Gliedes (Reihenschaltung von Widerstand R und Spule mit Induktivität L) hergeleitet und quantitativ beschrieben werden.

- Wie ist die Induktivität einer Spule mit N Windungen definiert? Was folgt daraus für die induzierte Spannung U_{ind} ?
- Zeichnen Sie ein Schaltbild des RL-Gliedes! Wie hängen angelegte Spannung U_0 , Spannung am Kondensator U_R , und die Spannung an der Spule $U_L = U_{ind}$ zusammen? Welche Differentialgleichung folgt daraus, jeweils für den Auflade- und Entladevorgang?
- Lösen Sie die DGL für beide Fälle und bestimmen Sie den zeitlichen Verlauf von Strom $I(t)$ und den Spannungen an Widerstand $U_R(t)$ und Spule $U_L(t)$! (Hinweis: Schauen Sie sich nochmal das RC-Glied an!)
- Wie lautet in diesem Fall die Zeitkonstante, die den Anstieg bzw. Zerfall von Strom und Spannung charakterisiert?