

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

Das Zyklotron Zur Erforschung von Elementarteilchen und auch zum Einsatz in Medizin und Technik benötigt man Teilchen, die hohe Energie besitzen. Diese hohen Energien erreicht man in sogenannten Beschleunigern. Eine spezielle Ausführung eines Beschleunigers ist das Zyklotron.

Die prinzipielle Funktionsweise des Zyklotrons kann man den beiden folgenden Abbildungen 1a und 1b entnehmen. Die gesamte Anordnung befindet sich im Vakuum.

Sie besteht hauptsächlich aus zwei innen hohlen D-förmigen Elektroden D_1 und D_2 , deren Form man sich wie eine in zwei Teile geschnittene flache Dose vorstellen kann. An diese Elektroden, die so genannten Duanten, wird eine Spannung U angelegt, die ein elektrisches Feld erzeugt, das nur im Spalt zwischen den Duanten, nicht aber im Inneren der hohlen Duanten vorhanden ist. Die Breite des Spaltes zwischen den Duanten ist klein gegen ihren Durchmesser. Im Punkt Q befindet sich eine Protonenquelle, die Protonen mit der Anfangsgeschwindigkeit $v=0\text{ m/s}$ liefert. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass das homogene Magnetfeld nur im Inneren der Duanten, nicht aber im Bereich des Spaltes zwischen ihnen wirkt. Vom Einfluss der Schwerkraft soll abgesehen werden.

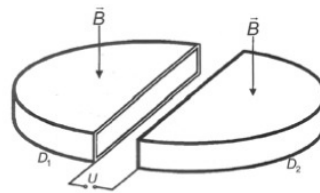


Abbildung 1a

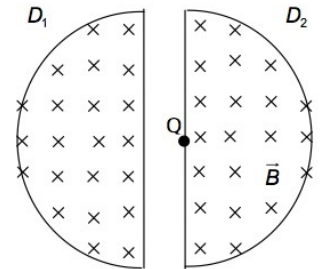


Abbildung 1b: Ansicht von oben (Draufsicht)

1.1. Zunächst sei an die Duanten eine Gleichspannung derart angelegt, dass der linke Duant D_1 negativ geladen ist. Bei einer bestimmten Stärke des Magnetfeldes B ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte Bahnkurve eines Protons.

- Geben Sie begründet die verschiedenen Bewegungsformen des Protons bis zum Erreichen des Punktes P_3 an.
- Skizzieren Sie in Abbildung 2 die weitere Bahnkurve des Protons, nachdem dieses den Punkt P_3 erreicht hat, und begründen Sie sie.

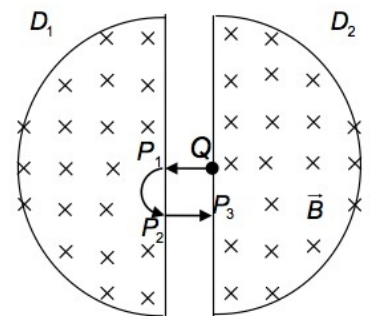


Abbildung 2

1.2. Nun wird die zwischen den Elektroden anliegende Spannung umgepolt, sobald sich das Proton zum ersten Mal im Inneren des Duanten D_1 befindet.

- Erläutern und begründen Sie unter diesen Bedingungen die Bewegung eines Protons beginnend bei der Protonenquelle.
- Skizzieren Sie seine Bahn (in Abbildung 2 gestrichelt) bis zum erstmaligen Austritt aus dem Duanten D_2 .

1.3. Die Aufenthaltsdauer eines Protons in einem Duanten kann mit folgender Beziehung berechnet werden:

$$t_D = \frac{\pi \cdot m_p}{q \cdot B} \quad \text{mit } m_p = \text{Masse des Protons}, q = \text{Ladung des Protons}, B = \text{magn. Feldstärke}$$

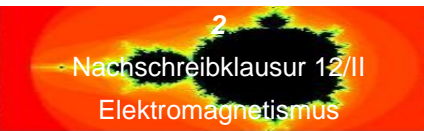
- Leiten Sie diese Beziehung begründet her.
- Begründen Sie, warum die Aufenthaltsdauer nicht vom Radius abhängt und daher der Radius nicht in der angegebenen Beziehung vorkommt.

1.4. Die Geschwindigkeit des Protons soll jetzt schrittweise erhöht werden. Dazu wird an die Duanten eine Wechselspannung mit einer konstanten Frequenz angelegt.

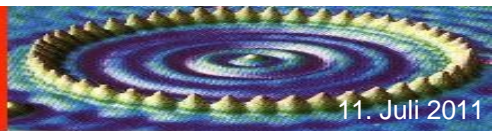
- Begründen Sie anhand der oben angegebenen Beziehung für die Aufenthaltsdauer t_D , dass durch Anlegen einer Wechselspannung mit einer konstanten Frequenz eine schrittweise Erhöhung der Geschwindigkeit möglich ist. (Hinweis: Da die Breite des Spaltes zwischen den Duanten klein gegen ihren Durchmesser ist, kann die Beschleunigungszeit im Spalt dabei vernachlässigt werden.)
- Berechnen Sie begründet – unter Einbeziehung der Einheitenumformung – die Frequenz f der Wechselspannung, wenn die Stärke B des Magnetfeldes 1,5 T beträgt.



12PHG Ernesti



Nachschreibklausur 12/II
Elektromagnetismus



11. Juli 2011

Der elektromagnetische Schwingkreis Der em. Schwingkreis bildet die technische Grundlage für die Erzeugung em. Wellen, die vielfache Anwendungen in der Nachrichten und Informationstechnologie finden.

An einen Kondensator mit der Kapazität $C=500\text{ nF}$ ist zunächst die Spannung $U_0=20\text{ V}$ angelegt. Die Stromquelle wird danach abgetrennt und der Kondensator über eine Spule mit der Induktivität $L=44\text{ mH}$ entladen. Während des Entladens wird der zeitliche Verlauf der Spannung U_C am Kondensator mit einem Oszilloskop dargestellt.

- 2.1. Fertigen Sie eine Schaltskizze zur Durchführung des obigen Versuchs an.
- 2.2. Erläutern Sie die Vorgänge während einer Periode, gehen Sie dabei besonders auf die stattfindenden Energieumwandlungen ein.
- 2.3. Leiten Sie die Thomsonsche Schwingungsgleichung für die Berechnung der Schwingungsdauer des Schwingkreises her: $T=2\pi\sqrt{LC}$
(Tipp: Sie können einen geeigneten Energieansatz verwenden oder mit dem 2. Kirchhoffschen Gesetz („Maschenregel“) eine Differentialgleichung aufstellen oder mit Hilfe der Resonanzbedingung zur Lösung ansetzen.)
- 2.4. Berechnen Sie die Schwingungsdauer T dieses zunächst als ideal angenommenen Schwingkreises.
- 2.5. Geben Sie für den Versuch eine Schwingungsgleichung mit den speziell vorgegebenen Werten an. Skizzieren Sie für mindestens eine Periode das entsprechende $U_C(t)$ -Diagramm.
- 2.6. Berechnen Sie für den Zeitpunkt $t=0,10\text{ s}$ die Momentanspannung U_C .
- 2.7. Geben Sie eine Möglichkeit an, wie durch die Veränderung der gegebenen Größen die Frequenz des Oszillators halbiert werden kann. Begründen Sie Ihre Antwort.
- 2.8. In der Praxis kann die Dämpfung bei Oszillatoren nicht vernachlässigt werden.
 - a) Skizzieren Sie für mindestens zwei Perioden das entsprechende $U_C(t)$ -Diagramm einer gedämpften Schwingung.
 - b) Geben Sie zwei Ursachen für die Dämpfung an.
 - c) Erläutern Sie, wie die Dämpfung kompensiert werden kann.

Konstanten siehe Formelsammlung

&

Einheiten

Viel Spaß und Erfolg!