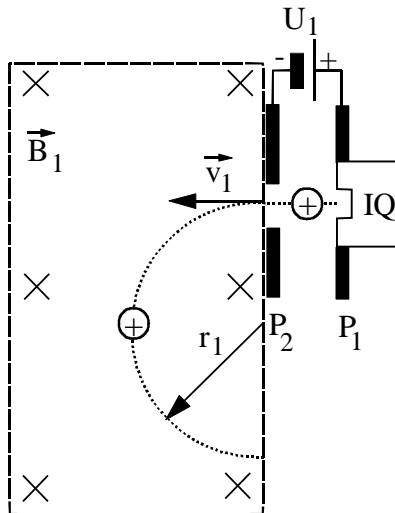


BE 1.0

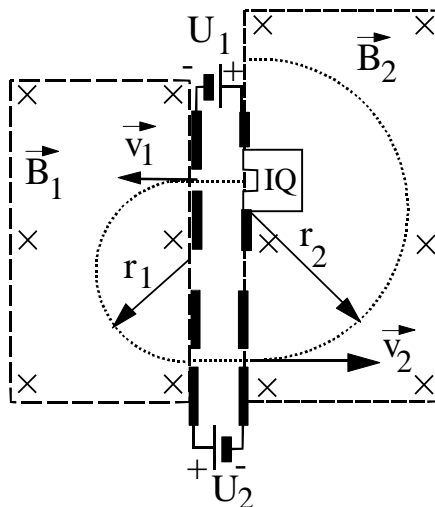


Die Ionenquelle IQ sendet Protonen (Masse m_p , Ladung $Q = +e$) mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit aus. Diese Protonen werden im elektrischen Feld zwischen den Platten P_1 und P_2 eines Kondensators beschleunigt. Nach dem Durchlaufen der Beschleunigungsspannung $U_1 = 18,0 \text{ kV}$ dringen die Protonen mit der Geschwindigkeit \vec{v}_1 in das zeitlich konstante, homogene Magnetfeld der Flussdichte \vec{B}_1 ein. Dort bewegen sich die positiven Teilchen auf einem Halbkreis mit dem Radius r_1 . Die Anordnung befindet sich im Vakuum. Gravitationskräfte sind zu vernachlässigen. Im Folgenden wird ein Proton betrachtet.

3 1.1 Berechnen Sie den Betrag der Geschwindigkeit \vec{v}_1

5 1.2 Begründen Sie, warum sich das Proton im Magnetfeld der Flussdichte \vec{B}_1 auf einer Halbkreisbahn bewegt.

1.3.0



Mit dem Verlassen des Magnetfeldes der Flussdichte \vec{B}_1 tritt das Proton in das elektrische Feld der Spannung $U_2 = 18,0 \text{ kV}$ ein. Die Spannungsquelle ist so gepolt, dass das Proton erneut beschleunigt wird. Im zeitlich konstanten, homogenen Magnetfeld der Flussdichte \vec{B}_2 wird das Proton auf eine Halbkreisbahn mit dem Radius r_2 gelenkt, wobei $r_2 > r_1$. Es gilt: $\vec{B}_2 = \vec{B}_1 = \vec{B}$.

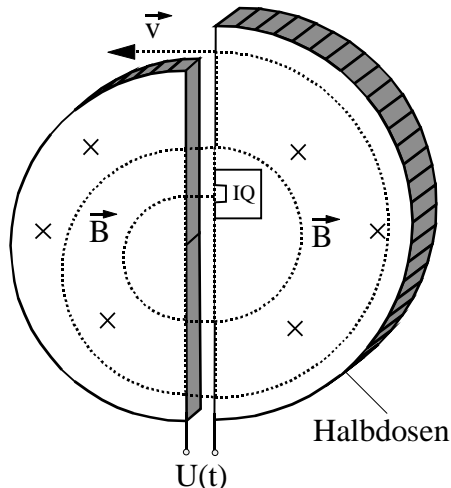
5 1.3.1 Berechnen Sie die kinetische Energie E_{kin} des Protons und den Betrag v_2 seiner Geschwindigkeit \vec{v}_2 , nachdem es die Spannung U_1 und die Spannung U_2 durchlaufen hat.

[Teilergebnis: $E_{\text{kin}} = 5,77 \cdot 10^{-15} \text{ J}$]

3 1.3.2 Der Radius r einer Halbkreisbahn ist vom Betrag v der Bahngeschwindigkeit abhängig. Zeigen Sie durch allgemeine Herleitung, dass gilt: $r = \frac{m_p}{e \cdot B} \cdot v$.

5 1.3.3 Bestätigen Sie durch allgemeine Rechnung, dass die Laufzeit Δt des Protons auf einer Halbkreisbahn in einem Magnetfeld der Flussdichte \vec{B} vom Radius r und vom Betrag v der Bahngeschwindigkeit unabhängig ist.

1.4.0 Die nachfolgende Skizze zeigt eine Anordnung, in der ein Proton mehrmals die Beschleunigungsspannung $U = 18,0 \text{ kV}$ durchläuft. Dadurch erreicht dieses Proton eine sehr hohe kinetische Energie.



Die Anordnung besteht im Wesentlichen aus zwei flachen Halbdosen. Die beiden halbkreisförmigen Metall Dosen werden an die sinusförmige Wechselspannung $U(t) = 18,0 \text{ kV} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ angeschlossen.

Im engen Spalt zwischen den Halbdosen wird die Bewegung des Protons durch das elektrische Feld, innerhalb der Halbdosen durch das Magnetfeld der Flussdichte \vec{B} mit $B = 800 \text{ mT}$ bestimmt.

Die Frequenz der Wechselspannung $U(t)$ wird so eingestellt, dass das Proton bei jedem Umlauf zwei Mal zwischen den Dosen die Beschleunigungsspannung $U = 18,0 \text{ kV}$ durchläuft.

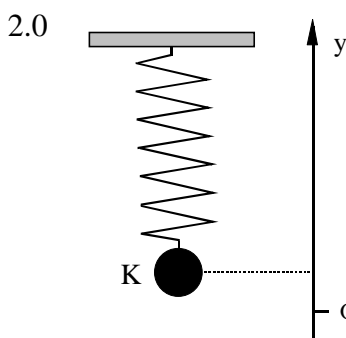
3 1.4.1 Berechnen Sie die Laufzeit Δt eines Protons auf einer Halbkreisbahn.

[Ergebnis: $\Delta t = 4,10 \cdot 10^{-8} \text{ s}$]

3 1.4.2 Die Laufzeit des Protons im engen Spalt ist so klein, dass sie gegenüber der Laufzeit Δt auf den Halbkreisbahnen vernachlässigt werden kann.

Bestimmen Sie eine geeignete Frequenz f für die Wechselspannung $U(t)$.

3 1.4.3 Berechnen Sie die Zahl der Umläufe, die das Proton mindestens benötigt, um die kinetische Energie $E_{\text{kin, Ende}} = 2,00 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ zu erreichen.



Eine vertikal aufgehängte Schraubenfeder (Federkonstante $D = 25,1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$) und ein Körper K (Masse $m = 0,407 \text{ kg}$) bilden ein Federpendel.

Der Pendelkörper K wird aus der Gleichgewichtslage O um $4,0 \text{ cm}$ nach oben ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ aus der Ruhe heraus losgelassen.

Reibungsverluste und Masse der Feder sind zu vernachlässigen.

4 2.1 Berechnen Sie die Periodendauer T der harmonischen Schwingung und geben Sie die Zeit-Elongations-Gleichung mit eingesetzten Größenwerten an.

3 2.2 Ermitteln Sie die Gleichung für den zeitlichen Verlauf der kinetischen Energie E_k des Pendelkörpers mit eingesetzten Größenwerten.

7 2.3 Stellen Sie den zeitlichen Verlauf der kinetischen Energie E_k für $0 \leq t \leq T$ in einem Diagramm graphisch dar.

Stellen Sie in diesem Diagramm auch den zeitlichen Verlauf der potentiellen Energie E_p

	und der Gesamtenergie E_g des Systems dar.
6	2.4 Berechnen Sie den Zeitpunkt t_1 , in dem die Elongation zum ersten Mal den Wert 2,1 cm annimmt, und ermitteln Sie die kinetische Energie des Körpers K für den Zeitpunkt t_1 .
50	