2011 A II Angabe

BE

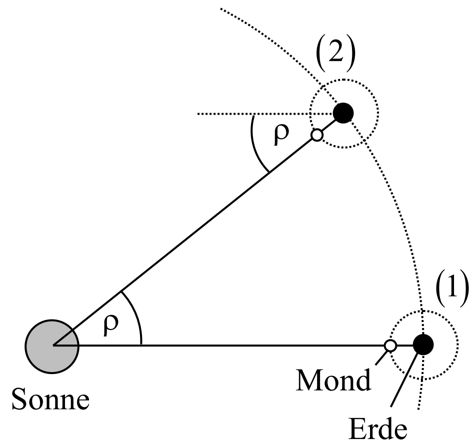
1.0 Ein Satellit bewegt sich antriebslos auf einer Kreisbahn mit dem Radius R um die Erde. Für einen Umlauf benötigt der Satellit die Zeit T.
Die Erde hat den Äquatorradius $r_E = 6{,}368 \cdot 10^6\ \text{m}$ und die Masse $m_E = 5{,}977 \cdot 10^{24}\ \text{kg}$.
Die Gravitationskonstante hat den Wert $G = 6{,}673 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$.

4 | 1.1 Leiten Sie aus dem Gravitationsgesetz eine Formel her, mit der die Umlaufdauer T aus der Gravitationskonstanten G, der Masse m_E und dem Bahnradius R berechnet werden kann.

4 | 1.2.1 Erläutern Sie, was man unter einem Synchronsatelliten der Erde versteht, und geben Sie an, welche Bedingungen die Bewegung eines antriebslos fliegenden Satelliten erfüllen muss, damit dieser sich als Synchronsatellit um die Erde bewegt.

6 | 1.2.2 Ein Synchronsatellit umkreist die Erde in der Höhe h über der Erdoberfläche und besitzt dabei eine Bahngeschwindigkeit mit dem Betrag v.
Berechnen Sie h und v.

1.3.0

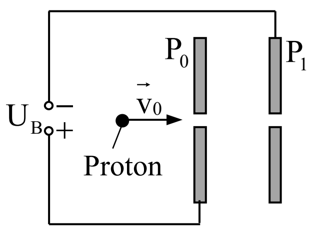


Die Erde besitzt nur einen natürlichen Satelliten, nämlich den Mond (Erdmond). Für die folgenden Aufgaben soll die Umlaufbahn, auf der sich der Mond um die Erde bewegt, eine Kreisbahn sein, deren Mittelpunkt der Massenmittelpunkt der Erde ist. Für einen Umlauf auf dieser Kreisbahn benötigt der Mond die Zeit $T_M = 27{,}32\,\text{d}$.
Die Erde bewegt sich auf einer Kreisbahn mit dem Radius $R_E = 149{,}6 \cdot 10^9\ \text{m}$ um die Sonne und benötigt für einen Umlauf die Zeit $T_E = 365{,}25\,\text{d}$.

4 | 1.3.1 Berechnen Sie für die Bewegung des Mondes um die Erde die Winkelgeschwindigkeit ω_M und den Radius R_M der Umlaufbahn.

5 | 1.3.2 Die Skizze unter 1.3.0 zeigt die Konstellationen von Sonne, Erde und Mond für zwei aufeinander folgende Neumondphasen (1) und (2). Bei der in der Skizze dargestellten Sicht sind der Umlaufsinn der Erde und der Umlaufsinn des Mondes entgegen dem Uhrzeigersinn gerichtet.
Berechnen Sie die Zeit t_N, die zwischen diesen beiden Neumondphasen vergeht.

2.0



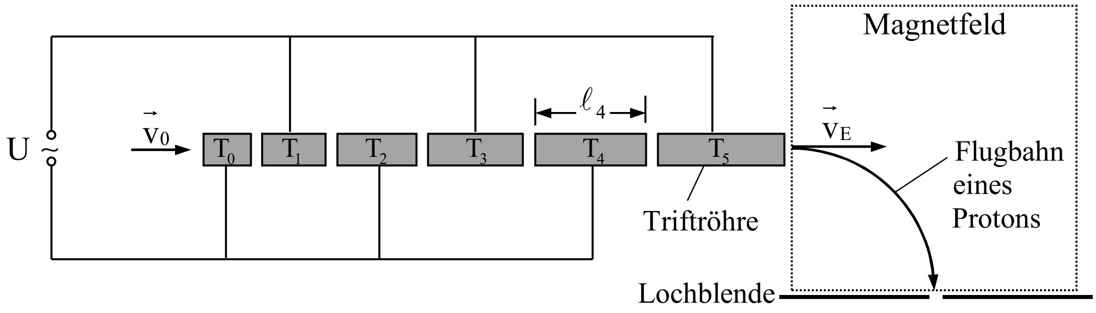
Zwischen den Platten P_0 und P_1 eines Kondensators liegt die Spannung $U_B = 0{,}80\,\text{MV}$. Durch ein kleines Loch in der Platte P_0 treten Protonen mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_0$, die den Betrag $v_0 = 4{,}8 \cdot 10^6\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat, in das homogene elektrische Feld des Plattenkondensators ein. Bei der ungestörten Bewegung (Vakuum) durch das elektrische Feld nimmt die kinetische

Energie des Protons um ΔE_{kin} zu.
Ein Proton besitzt die Masse $m_P = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}$ und trägt die Ladung $q_P = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\,\text{C}$.
Die auf die Protonen wirkenden Gravitationskräfte können vernachlässigt werden.

2 2.1 Berechnen Sie die kinetische Energie $E_{kin,0}$, die ein Proton beim Eintritt in das elektrische Feld besitzt. $\left[\text{mögliches Ergebnis: } E_{kin,0} = 0{,}12\,\text{MeV}\right]$

3 2.2 Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen U_B und ΔE_{kin} und geben Sie diesen Zusammenhang in Form einer Gleichung an.

2.3.0



Die oben stehende Skizze zeigt das Schema eines Linearbeschleunigers für Protonen. Der Linearbeschleuniger besteht aus einer Reihe von röhrenförmigen Elektroden (siehe *Triftröhren* $T_0, T_1, \ldots$), die mit den Polen eines Hochfrequenzgenerators verbunden sind, dessen Wechselspannung U den Scheitelwert $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ und die Frequenz $f = 50\,\text{MHz}$ hat.
Bei der Bewegung innerhalb der Triftröhren bleibt die kinetische Energie der Protonen unverändert. Nur bei der Bewegung in den schmalten Spalten zwischen den Triftröhren nimmt die kinetische Energie der Protonen zu (siehe auch 2.0). Die Laufzeit der Protonen in einem Spalt zwischen zwei Triftröhren ist gegenüber der Laufzeit in einer Triftröhre vernachlässigbar klein.
Ein Proton fliegt durch die Triftröhre T_0 mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v}_0$, die den Betrag $v_0 = 4{,}8 \cdot 10^6\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat. Mit dieser Geschwindigkeit $\vec{v}_0$ verlässt das Proton die Triftröhre T_0, und zwar bevor die Wechselspannung U ihren Scheitelwert $\hat{U}$ erreicht, sodass das Proton im Spalt zwischen den Triftröhren T_0 und T_1 eine Beschleunigungsspannung durchläuft, die praktisch den Wert $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ hat.

4 2.3.1 Erläutern Sie qualitativ, warum bei richtiger Abstimmung der Längen der Triftröhren T_1, T_2, T_3 und T_4 das Proton in jedem der Spalte zwischen zwei aufeinander folgenden Triftröhren eine Beschleunigungsspannung durchläuft, deren Betrag praktisch gleich dem Scheitelwert $\hat{U} = 0{,}80\,\text{MV}$ der Wechselspannung ist.

6 2.3.2 In der Triftröhre T_4 besitzt das Proton die Geschwindigkeit $\vec{v}_4$ mit dem Betrag v_4.
Berechnen Sie v_4 und die Länge ℓ_4, die man für eine optimale Abstimmung (siehe 2.3.1) für die Triftröhre T_4 wählen muss. $\left[\text{Teilergebnis: } v_4 = 2{,}5 \cdot 10^7\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

2.4.0 Da die Protonenquelle Protonen unterschiedlicher Geschwindigkeiten liefert und nicht alle Protonen optimal beschleunigt werden, sind die Geschwindigkeiten der Protonen beim verlassen der Triftröhre T_5 nicht gleich groß. Mithilfe eines Magnetfeldes und einer Lochblende (siehe Skizze unter 2.3.0) lassen sich Protonen herausfiltern, deren Geschwindigkeit einen bestimmten Betrag v_E hat.

3 2.4.1 Geben Sie an, welche Eigenschaften das Magnetfeld haben muss, damit die Protonen sich im Magnetfeld auf einem Kreisbogen nach unten bewegen.

5 2.4.2 Der Betrag der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ wird auf den Wert $B = 700\,\text{mT}$ eingestellt. Berechnen Sie den Betrag v_E der Geschwindigkeit $\vec{v}_E$ derjenigen Protonen, die sich im Magnetfeld auf einem Viertelkreis mit dem Radius $r = 40\,\text{cm}$ bewegen und durch die Blende gelangen.

4 2.4.3 Was geschieht mit Protonen, deren Geschwindigkeit beim Eintritt in das Magnetfeld größer oder kleiner als v_E ist? Begründen Sie Ihre Antwort.

50