



① **Ionenantrieb (Abitur BY 2000 GK A1-1)**

Seit Herbst 1998 verwendet die NASA eine Raumsonde mit Ionenantrieb. Dabei werden einfach positiv geladene Xenon-Ionen zwischen zwei Gittern beschleunigt, die wie ein Plattenkondensator wirken. Die über den ganzen Gitterabstand beschleunigten Ionen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit verlassen die Raumsonde und erzeugen dabei den nötigen Rückstoß. Die Spannung zwischen den Gittern beträgt 1280V, ihr Abstand ist 5,0cm. Ein Xenon-Ion hat die Masse  $2,18 \cdot 10^{-25}$ kg und die Raumsonde hat die Masse 486kg.

- Mit welcher Geschwindigkeit verlassen die Ionen die Sonde? (4 BE)
- Berechnen Sie die elektrische Kraft auf die  $2,2 \cdot 10^{13}$  Ionen, die jeweils gleichzeitig zwischen den Gittern sind! [zur Kontrolle: 90mN] (5 BE)
- Wie viele Stunden würde es dauern, um die Raumsonde von 0 auf  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  zu beschleunigen, wenn keine weiteren Kräfte wirken? Der Masseverlust durch das Austreten der Ionen ist zu vernachlässigen. (6 BE)

② **Linearbeschleuniger am LHC**

Der Large Hadron Collider (LHC) ist ein Teilchenbeschleuniger am Europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf. In einem 26,659km langen Ringtunnel, der sich in 50 – 175m Tiefe unter der Erde befindet, bewegen sich Protonen mit unvorstellbar hohen Geschwindigkeiten. Auf diese Geschwindigkeiten werden die Protonen auch durch elektrische Felder in Linearbeschleunigern gebracht.

In der Protonenquelle werden Protonen durch Ionisation von Wasserstoff isoliert und anschließend in einem elektrischen Feld beschleunigt. Die angelegte Spannung beträgt 90000V, das Feld soll vereinfacht als homogen angesehen werden.

- Erläutere, wie die Anordnung gepolt sein muss, um die Protonen beschleunigen zu können.
- Berechne den Betrag der Elektrischen Feldstärke  $E$ , wenn der Abstand von Anode und Kathode 30cm beträgt.
- Berechne den Betrag der Kraft, die auf ein Proton während der Beschleunigung wirkt.  
Berechne auch die Beschleunigung, der das Proton dabei ausgesetzt ist.
- Berechne die Geschwindigkeit, die das Proton beim Austritt aus der Protonenquelle erreicht. Gib diese Geschwindigkeit auch in der Einheit  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ , sowie in Prozent der Lichtgeschwindigkeit an.

Nach dem Austritt aus der Protonenquelle treten die Protonen in den nächsten Linearbeschleuniger, den sogenannten RFQ ein. Diesen verlassen sie mit einer Geschwindigkeit von 4,0% der Lichtgeschwindigkeit.

- Berechne die kinetische Energie der Protonen beim Austritt aus dem RFQ.
- Berechne, welche Spannung die Protonen im RFQ durchlaufen müssen, um auf diese Endgeschwindigkeit zu kommen.

Lösungen

