

Abgabe Übung 1

Übung zur Einführung in die Beschleunigerphysik

Jonathan Pieper

20. Oktober 2013

Aufgabe 1.1 Coulomb Barriere

Die Goldfolie hat eine Dichte von $n = 19.3 \text{ g/cm}^3 = 19\,300 \text{ kg/m}^3$. Mit $\frac{1}{2}m_p v_0^2 = 3.5 \text{ MeV}$ folgt für $v_0 = \sqrt{\frac{7 \text{ MeV}}{m_p}} = 2.589 \cdot 10^7 \text{ m/s} \approx 0.086c$.

Solved by Wolframalpha:

$$\begin{aligned} P(\theta \in [29.5^\circ, 30.5^\circ]) &= \int_{\frac{29.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}}^{\frac{30.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}} \frac{Z^2 q^4 dn}{(4\pi\epsilon_0 m v_0^2)^2 \sin^4(\theta/2)} d\theta \\ &= \int_{\frac{29.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}}^{\frac{30.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}} \frac{79^2 (1.602177 \cdot 10^{-19})^4 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 19300}{(4\pi \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot 1.672622 \cdot 10^{-27} (2.589 \cdot 10^7)^2)^2 \sin^4(\theta/2)} d\theta \\ &= 2.55036 \cdot 10^{-29} \int_{\frac{29.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}}^{\frac{30.5^\circ \cdot 2 \cdot \pi}{360}} \frac{d\theta}{\sin^4(\theta/2)} \\ &= 2.55036 \cdot 10^{-29} \cdot 3.89298 = 9.92848 \cdot 10^{-29} \end{aligned}$$

Oder:

$$\begin{aligned} P(\theta = 30^\circ, d\Theta = \pm 0.5^\circ) &= \int_{-\frac{\pi}{360}}^{\frac{\pi}{360}} \frac{Z^2 q^4 dn}{(4\pi\epsilon_0 m v_0^2)^2 \sin^4(30^\circ\pi/360)} d\Theta \\ &= 2.55036 \cdot 10^{-29} \int_{-\frac{\pi}{360}}^{\frac{\pi}{360}} \frac{d\Theta}{\sin^4(30^\circ\pi/360)} \\ &= 2.55036 \cdot 10^{-29} \cdot 3.88949 = 9.92848 \cdot 10^{-29} \end{aligned}$$

Aufgabe 1.2 Teilchenenergien im Synchrotron

Für den Impuls p eines Teilchens im Synchrotron gilt:

$$p = qB\rho$$

dabei ist q die Ladung des Teilchens und ρ der Radius der Kreisbahn. Der LHC am CERN hat einen Umfang von 26659 m. Also folgt (mit $q = e$ und $m = m_p$):

$$\frac{p}{q} = 8.5 \text{ T} \cdot \frac{26659 \text{ m}}{2\pi} = 36064.75 \text{ Tm} \quad \text{magnetische Steifigkeit}$$

$$E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} = 1.732308 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 10.8122 \text{ TeV} \quad \text{Energie}$$

Aufgabe 1.3 Auflösung von Teilchenstrahlen

Für die Untersuchung des Gitters mit γ Quanten muss die Wellenlänge $\lambda < d = 5.75 \text{ \AA}$ kleiner als die Gitterkonstante sein. Die Energie der Photonen muss demnach

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h \cdot c}{E} < 5.75 \cdot 10^{-10} \text{ m} \\ \Rightarrow E &> \frac{1.986446 \cdot 10^{-25} \text{ Jm}}{5.75 \cdot 10^{-15} \text{ m}} = 1.142 \cdot 10^{-9} \text{ J} = 7.128 \text{ GeV} \end{aligned}$$

Demnach wird zum Erzeugen der Photonen mittels Elektronen über Bremsstrahlung eine Mindestenergie von

$$E_{el} = e \cdot U = 7.128 \cdot 10^9 \text{ eV}$$

und demzufolge eine Spannung von $U = 7.128 \cdot 10^9 \text{ V}$ benötigt.