nr1
Seite 1 of 1

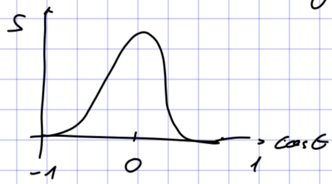
Σ 24

1

Sheet 1 Dominik Wawrzinek, Angelo Brade 14.10.2024

Exercise 1: Σ 5

1) Man würde eine Gaußverteilung erwarten ✓ da es keinen festen Kern gibt, ? an dem die α-Teilchen streuen können.



Vielfachstreuung an vielen leichten e^-

1/2

2)

$$\frac{p^2}{2m} = E$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad | \; E = 6\,MeV, \; m = 3{,}7\,GeV/c^2$$

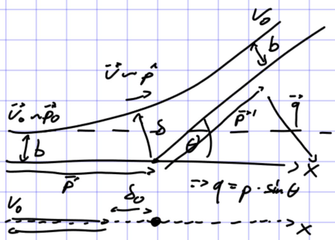
$$\Rightarrow \frac{v}{c} = 5{,}70\,\%$$

$T \ll M$ Rückstreuung?

1/2

Angenommen, dass relativistische Effekte erst ab $\sim 10\%$ signifikant sind, kann man in diesem Fall, bei $5{,}70\%$ der Lichtgeschwindigkeit, ignorieren ✓

3)



Energieerhaltung: $\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{4\pi\varepsilon_0 \delta_0}$

Drehimpulserhaltung: $m v \delta = m v_0 b$

Impulserhaltung: $|\vec{p}| = |\vec{p}\,'| \Rightarrow \vec{q} = \vec{p} - \vec{p}\,'$

$q =$

?

$$\Rightarrow E_{kin} = \frac{m v_0^2}{2} = \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{4\pi\varepsilon_0 \delta_0}$$

Aus Vorl.

$$\Rightarrow \delta_0 = \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{4\pi\varepsilon_0 E_{kin}}$$

0/6

4)

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right) = \frac{b}{\sin\theta}\left|\frac{db}{d\theta}\right| \qquad \left| \; \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{\delta_0}{2b} \Leftrightarrow b = \frac{\delta_0}{2\tan(\frac{\theta}{2})}\right.$$

$$= \frac{\delta_0}{2\sin\theta\tan\frac{\theta}{2}} \; \frac{\delta_0}{2} \; \frac{1}{\tan^2\frac{\theta}{2}} \; \frac{1}{\cos^2\frac{\theta}{2}} \cdot \frac{1}{2}$$

$$= \frac{\delta_0^2}{8} \; \frac{\cos\frac{\theta}{2}}{\sin\theta \cdot \sin\frac{\theta}{2}} \; \frac{\cos^2\frac{\theta}{2}}{\sin^2\frac{\theta}{2}} \; \frac{1}{\cos^2\frac{\theta}{2}}$$

$$= \frac{\delta_0^2}{8} \; \frac{\cos\frac{\theta}{2}}{\sin\theta} \; \frac{1}{\sin^2\frac{\theta}{2}}$$

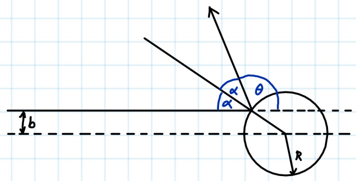
? ✓

$$\cos\frac{\theta}{2} = \frac{\sin\theta}{2\sin\frac{\theta}{2}}$$

3/4

Nr. 2 a)

$\Sigma\, 8$



$\Rightarrow b = R\sin\alpha \qquad | \theta = \pi - 2\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2}(\pi - \theta)$

$= R\sin(\frac{1}{2}(\pi - \theta))$

$= R\cos(\frac{1}{2}\theta)$

Aus der Vorlesung: $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{b}{\sin\theta}\left|\frac{db}{d\theta}\right| = \frac{R\cos(\frac{1}{2}\theta)}{\sin\theta} \cdot \frac{1}{2}R\sin(\frac{1}{2}\theta) \qquad | \cos(\frac{1}{2}\theta)\cdot\sin(\frac{1}{2}\theta) = \frac{1}{2}\sin\theta$

$= \frac{R^2}{4}$

In diesem Fall kann für jedes Punktteilchen der Ausgangswinkel θ mit $\theta = 180° - 2\alpha$ berechnet werden.

Der Wirkungsquerschnitt ist dabei Energieunabhängig.

u. Winkel

5/5

b)

$\sigma_{tot} = \int_0^{4\pi} \frac{R^2}{4}\, d\Omega = \pi R^2$

Der totale Wirkungsquerschnitt entspricht der Querschnittsfläche der Kugel, welche $\frac{1}{4}$ der Gesamtoberfläche der Kugel beträgt.

3/3

Exercise 3:

$\Sigma\, 3$

1) $E = \frac{p^2}{2m}$ rel. $E^2 = p^2 + m^2$

$= \frac{v^2 m^2}{2m}$

$\Rightarrow \quad = \frac{1}{2} m v^2 \qquad | [v] = 1$

$\Rightarrow [E] = [m]$

Die Masse hat die Einheit der Energie: J bzw. eV.

$v \cdot m = p \qquad | [v] = 1$

$\Rightarrow [m] = [p]$

1/2

Der Impuls hat über die Masse ebenfalls die Einheit der Energie: J bzw. eV.

2)

$\frac{1}{2} m v^2 = \hbar\omega$

$\Rightarrow [m] = [\omega] \Rightarrow [t] = J^{-1}$ bzw. $\frac{1}{eV}$

$v = \frac{s}{t}$

$\Rightarrow [s] = J^{-1}$ bzw. $\frac{1}{eV}$

2/2

Nr. 4 a) $\Sigma\ 8$

Maximaler Weg, den ein $W^\pm$ Teilchen in Δt zurücklegen könnte:

$r = c \cdot \Delta t = \frac{\hbar}{2mc}$ $\quad | \, m_{W^\pm} = 1{,}433 \cdot 10^{-25}\,kg$ $\quad \hbar : ?$

$\approx 1{,}23 \cdot 10^{-18} \frac{m}{s}$

$\frac{\Delta E \cdot \Delta t \cdot c}{2} = \frac{\hbar \cdot c}{2}$ nat. Einheiten

2/2

b)

$e \to \gamma + e$

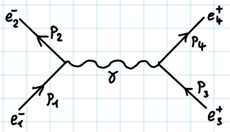
$\Rightarrow E_e = E_e + E_\gamma$ ↯, da $E_e = E_e$ und $E_\gamma \neq 0$

$\Rightarrow p_e = p_e' + p_\gamma$ Plausibel, da Impuls sich verändern kann

Die Reaktion ist für reelle Teilchen nicht erlaubt, da die Energieerhaltung verletzt ist. 2/2

c)

e^+-e^--Streuung:



$p_\gamma^2 = (p_1 - p_2)^2$

$p_\gamma^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1p_2$ $\quad | \, p^2 = E^2 - \vec{p}^{\,2} = \tilde{m}^2$

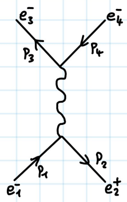
$\tilde{m}_\gamma^2 = \tilde{m}_1^2 + \tilde{m}_2^2 - 2(E_1E_2 - \vec{p}_1\vec{p}_2)$ $\quad | \, m_1 = m_2 = m_e, \; E = \sqrt{\tilde{m}^2 + \vec{p}^{\,2}}$

$\tilde{m}_\gamma^2 = 2\tilde{m}_e^2 - 2\left(\sqrt{\tilde{m}_e^2 + \vec{p}_1^{\,2}} \cdot \sqrt{\tilde{m}_e^2 + \vec{p}_2^{\,2}} - \vec{p}_1\vec{p}_2\right)$ $\quad | \,$ Im Ruhesystem von e_1^- ist $\vec{p}_1 = 0$

$\tilde{m}_\gamma^2 = 2\tilde{m}_e^2 - 2\tilde{m}_e \cdot \sqrt{\tilde{m}_e^2 + \vec{p}_2^{\,2}}$

$\tilde{m}_\gamma^2 = 2\tilde{m}_e^2 \left(1 - \underbrace{\sqrt{1 + \frac{\vec{p}_2^{\,2}}{\tilde{m}_e^2}}}_{>1}\right) < 0$ 2/2

e^+-e^--Annihilation:



$p_\gamma^2 = (p_1 + p_2)^2$ $\quad | \, p^2 = E^2 - \vec{p}^{\,2} = \tilde{m}^2, \; m_1 = m_2 = m_e$

$\tilde{m}_\gamma^2 = \tilde{m}_e^2 + \tilde{m}_e^2 + 2p_1p_2$ $\quad | \, E = \sqrt{\tilde{m}^2 + \vec{p}^{\,2}}$

$\tilde{m}_\gamma^2 = 2\tilde{m}_e^2 + 2\left(\sqrt{\tilde{m}_e^2 + \vec{p}_1^{\,2}} \cdot \sqrt{\tilde{m}_e^2 + \vec{p}_2^{\,2}} - \vec{p}_1\vec{p}_2\right)$ $\quad | \,$ Im Ruhesystem von e_1^- ist $\vec{p}_1 = 0$

$\tilde{m}_\gamma^2 = 2\tilde{m}_e^2 \left(1 + \underbrace{\sqrt{1 + \frac{\vec{p}_2^{\,2}}{\tilde{m}^2}}}_{>1}\right) > 0$

CMS $m_\gamma^2 = (E_1^+ + E_2^-)^2$ ✓

2/2