

Uebungen zur Experimentalphysik IV

Serie 4, Termin: 17./18./19.Mai 2017

4.1 Positroniumzerfall oder Paarvernichtung und der Dopplereffekt

In einem Bezugssystem S befinde sich ein aus einem Elektron und einem Positron (Antielektron) bestehendes Positronium-‘Atom’ in Ruhe. Es zerfällt über Paarvernichtung innert ca. 10^{-10} Sekunden in zwei Photonen γ_1 und γ_2 . Die beiden Photonen fliegen in entgegengesetzter Richtung davon.

- Warum fliegen γ_1 und γ_2 kollinear in entgegengesetzte Richtungen?
- Bestimmen Sie Impuls, Energie und Wellenlänge λ der beiden Photonen im Bezugssystem S .
- Ein Beobachter fliege entlang der durch die beiden Photonen aufgespannten Richtung mit einer Geschwindigkeit v am Zerfall vorbei (Bezugssystem S'). Welche Wellenlängen haben die beiden Photonen in S' ? Mit dieser Aufgabe leiten Sie übrigens den relativistischen Dopplereffekt her.

4.2 Wasserstoffbrennen

Im Wasserstoffbrennen werden in vielen Sternen netto vier Protonen zu einem ${}^4\text{He}$ -Kern verschmolzen. Wieviel Energie kann so maximal freigesetzt werden? Wieviel Masse verliert die Sonne so pro Jahr? Vergleichen Sie diesen Massenverlust mit dem des Sonnenwindes, der mit ca. 400 km/s von der Sonne wegfließt und dessen Dichte bei der Erde ca. 10 Protonen pro cm^3 beträgt.

4.3 Größe von Kernen

Zeigen Sie, dass δ_0 (Abb. 1) gegeben ist durch

$$\delta_0 = \frac{2Z_1Z_2e^2}{4\pi\epsilon_0mv_0^2}.$$

Wie groß muss die kinetische Energie eines α -Teilchens sein, damit es gerade am ‘Rand’ eines Goldkernes ‘kratzt’? Größen sind in Abb. 1 definiert.

4.4 Bethe-Bloch I

Ein Protonenstrahl mit 100 MeV kinetischer Energie pro Proton trifft auf ein Wassertarget. Wieviel Energie verlieren die Protonen im Mittel im ersten Millimeter?

- Bestimmen Sie β^2 relativistisch und verifizieren Sie, dass das Weglassen der beiden letzten Terme ($\ln(\dots)$ und β^2) in der Bethe-Bloch-Formel gerechtfertigt ist.
- Bestimmen Sie die Elektronendichte n_e von Wasser
- Lösen sie jetzt die Aufgabe. ($\langle E_B \rangle$ für Wasser beträgt 75 eV.)
Tip: Nehmen Sie im ersten Millimeter einen konstanten Energieverlust an.

4.5 Comptonstreuung/-effekt

Ein Röntgenstrahl der Wellenlänge $\lambda_X = 1\text{\AA}$ und ein γ -Strahl mit Wellenlänge

$\lambda_\gamma = 1.88 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$ treffen auf ein Ziel und werden an dessen Elektronen gestreut. Das gestreute Licht werde in einem Winkel $\theta = 90^\circ$ gemessen.

- Wie groß ist die Wellenlängenverschiebung der beiden Strahlen?
- Wie groß ist in beiden Fällen die auf das Elektron übertragene Rückstoßenergie?
- Wie groß ist der relative Energieverlust der Strahlung in beiden Fällen?
- Warum wird der Comptoneffekt für Tageslicht ($\lambda \approx 5500 \text{ \AA}$) nicht beobachtet?

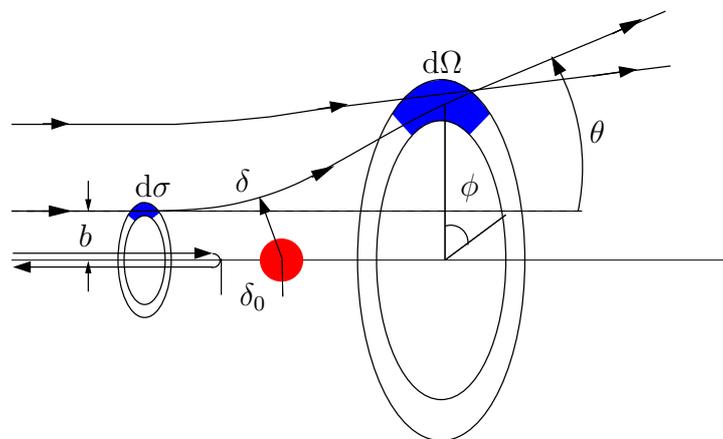


Abbildung 1: Definition der verschiedenen Größen in einem Stoß.