

# Moderne Experimentalphysik III (Teilchenphysik) (SS 18)

<http://ekpwww.physik.uni-karlsruhe.de/~rwolf/teaching/ss18-teilchen.html>

## Übungsblatt 3

Name des Übungsgruppenleiters und Gruppenbuchstabe:

Namen der bearbeitenden Gruppe:

## Aufgabe 7: Entdeckung der Antimaterie

(10 Punkte)

Carl David Anderson gelang mit der Entdeckung des Positrons in der kosmischen Strahlung der experimentelle Nachweis von Antimaterie. In Abbildung 1 ist eine Nebelkammeraufnahme gezeigt, die Anderson 1931 auf dem Mt. Wilson erstellt hat. Die Nebelkammer befindet sich in einem Magnetfeld von 1.5 T, dessen Feldlinien in die Papierebene hinein zeigen. Ein Teilchen der kosmischen Höhenstrahlung tritt, vom unteren Bildrand kommend, in die Nebelkammer ein und hinterlässt eine kreisförmige Spur. In der Nebelkammer befindet sich eine 6 mm dicke Bleiplatte, die in der Abbildung als horizontaler Streifen zu erkennen ist. Der Krümmungsradius der Teilchenbahn beträgt 15,5 cm vor und 5,3 cm nach Durchlaufen der Bleiplatte.

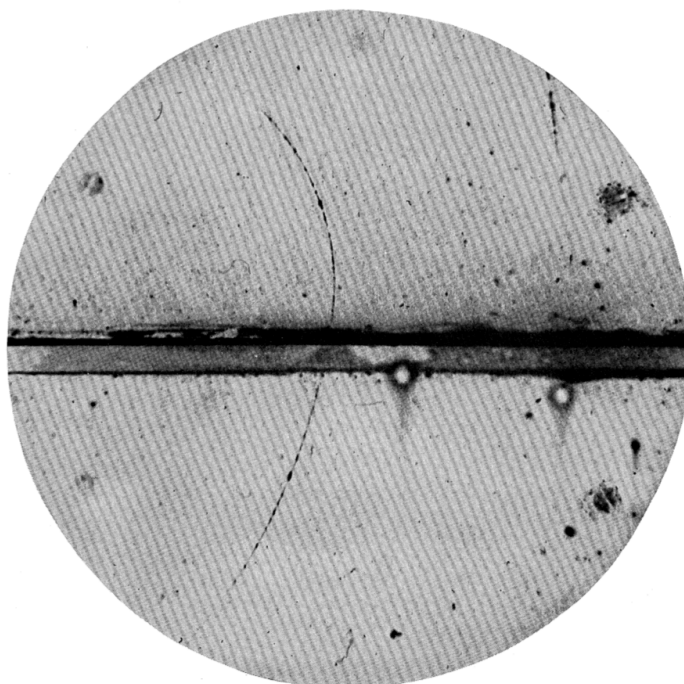


Abbildung 1: Nebelkammeraufnahme eines Positrons auf dem Mt. Wilson, entnommen aus [1],

a)

Schätzen Sie mit Hilfe der gegebenen Krümmungsradien den Impuls des Teilchens vor und nach Durchlaufen der Bleiplatte ab. Welche Ladung hat das Teilchen?

b)

Vergleichen Sie den Energieverlust nach Durchlaufen einer 6 mm dicken Bleiplatte für ein Proton, ein Pion und ein Elektron. Der Energieverlust durch Ionisation kann für diese Aufgabe durch die in der Vorlesung hergeleitete Näherung der Bethe-Formel

$$\left\langle \frac{dE}{dX} \right\rangle_{\text{Ion}} = -4 \pi N_A r_e^2 m_e c^2 z^2 \frac{Z}{A} \cdot \frac{1}{\beta^2} \cdot \ln \left( \frac{m_e \gamma^2 \beta^2 c^2}{I} \right) \quad (1)$$

bestimmt werden, wobei Sie bei der Rechnung zusätzlich annehmen können, dass der Energieverlust konstant ist. Begründen Sie warum dies, für den Ausschluß der Proton- und Pionhypothese zulässig ist? Eine Erklärung der einzelnen Variablen in Gleichung (1) ist in Tabelle 1 gegeben.

Größe	Kommentar/Bedeutung
$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	Avogadrozahl
$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$	Dielektrizitätskonstante
$m_e = 511 \text{ keV}$	Masse des Elektrons
$r_e = \frac{e^2}{(4\pi\epsilon_0) m_e c^2}$	Klassischer Elektronradius
$z(= 1)$	Kernladungszahl Projektil
$Z = 82$	Kernladungszahl Target
$A = 207$	Nukleonenzahl Target (g/mol)
$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$	Lichtgeschwindigkeit
$\beta$	Geschwindigkeit Projektil
$\gamma$	Relativistischer $\gamma$ Faktor Projektil
$I = 820 \text{ eV}$	Ionisationsenergie Blei

Tabelle 1: Bedeutung der Variablen in Gleichung (1).

c)

Um Ihre Hypothese weiter zu stützen berechnen Sie den Energieverlust des Teilchens durch Bremsstrahlung

$$\left\langle \frac{dE}{dX} \right\rangle_{\text{Brem}} = -4 \alpha r_e^2 N_A \frac{Z^2}{A} \cdot \ln \left( \frac{187}{Z^{1/3}} \right) \cdot E = -\frac{E}{X_0},$$

wobei  $\alpha$  der Feinstrukturkonstanten (wie für Blatt-02 eingeführt) entspricht. Verwenden Sie für die Strahlungslänge von Blei  $X_0 = 0.56 \text{ cm} \cdot \rho_{\text{Pb}}$ .

## Literatur

- [1] C. D. Anderson, "The Positive Electron", Phys. Rev. **43** (1933), 491-494.  
doi:10.1103/PhysRev.43.491.