Experimentalphysik V
Kerne und Elementarteilchen

Wintersemester 2011/2012

Prof. Dr. Volker Metag und Prof. Dr. Claudia Höhne
Übungsleitung: Tariq Mahmoud und Stefan Friedrich

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

Übungsblatt 1

26.10.2011

Abgabe: 31.10.2011

Aufgabe 1 *relativistische Kinematik* *(3 Punkte)*

Bei der Wechselwirkung von kosmischer Strahlung mit der Erdatmosphäre in etwa 20 km Höhe entstehen zahlreiche Myonen (schwere Verwandte der Elektronen, näheres später in der Vorlesung). Sie zerfallen mit einer Lebensdauer τ von 2.2 μs in ein Elektron oder Positron, je nach Ladung, sowie ein Neutrino und ein Antineutrino. Die Geschwindigkeit der Myonen beträgt etwa $0.994c$.
Warum ist es aus dem klassischen Bild heraus überraschend, dass viele dieser Myonen noch die Erdoberfläche erreichen? Warum schaffen sie es dennoch?
Berechnen Sie den zurückgelegten Weg der Myonen für $t = \tau$

a) klassisch.
b) relativistisch.

Aufgabe 2 *(4 Punkte)*

a) *Energiegewinnung durch Kernfusion*

Berechnen Sie den Energiegewinn ΔE durch Kernfusion (s. Fusionsprozess in der Sonne):

$$4p + 2e^- \rightarrow \alpha + 2\nu_e + \Delta E$$

Rechnen Sie mit folgenden Energien und Massen:
$1u = 931.5\ MeV/c^2$
Masse des Protons $m_p = 1.00794$ u
Masse des Heliumkerns $m_{He}=4.002602$ u
Vernachlässigen Sie die Masse der Elektronen und Neutrinos.

b) *Energiegewinnung durch Kernspaltung*

Überschlagen Sie den Energiegewinn ΔE der bei der spontanen Spaltung eines Plutoniumkernes (^{240}Pu) in z.B. einen Zinn (^{128}Sn) und einen Ruthenium (^{110}Ru) Kern frei wird:

$$^{240}_{94}Pu \rightarrow ^{128}_{50}Sn + ^{110}_{44}Ru + 2^{1}_{0}n + \Delta E$$

Nutzen Sie folgende Bindungsenergien pro Nukleon für die Abschätzung:
Plutonium: 7.5 MeV
Zinn, Ruthenium: 8.5 MeV

Experimentalphysik V
Kerne und Elementarteilchen

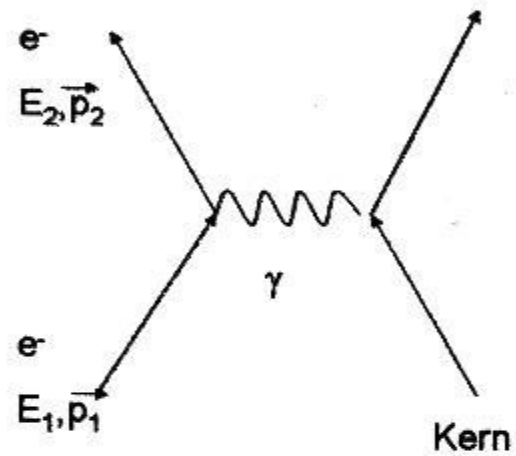
Wintersemester 2011/2012

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

Prof. Dr. Volker Metag und Prof. Dr. Claudia Höhne
Übungsleitung: Tariq Mahmoud und Stefan Friedrich

Aufgabe 3 *Elastische Streuung hochenergetischer Elektronen an Kernen (8 Punkte)*

Stellen Sie sich auf den feldtheoretisch motivierten Standpunkt, die Coulumb-Wechselwirkung würde durch den Austausch eines Feldquants (also eines Photons) vermittelt:



a) Schreiben Sie den Viererimpulsübertrag $Q = ((E_1\text{-}E_2)/c, \vec{q})$ als Funktion des Streuwinkels θ ! Vergleichen Sie mit dem, was Sie sonst über die Relation zwischen Impuls und Energie bei (reellen) Photonen wissen! Was lernt man daraus hinsichtlich des ausgetauschten (virtuellen) Photons ?
Hinweise: Impulsübertrag $\vec{q} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2$, Streuwinkel θ ist der Winkel zwischen $\vec{p}_1$ und $\vec{p}_2$; Kosinussatz; für Elektronen kann meist $E = pc$ gesetzt werden – unter welcher Bedingung?

b) Schreiben Sie q als Funktion des Streuwinkels unter der Annahme, daß der Targetkern gegenüber den Elektronen eine sehr große Masse besitzt (dann ist $E_2 = E_1$). Berechnen Sie aus q die dazugehörige Wellenzahl k und die De-Broglie-Wellenlänge λ. Berechnen Sie q, k und λ explizit für folgende Werte: Elektronen-Energie $E_1 = 0.1$ GeV, 1.0GeV und 10 GeV , Streuwinkel $\theta = 45°$! Welche Schlussfolgerung über das räumliche Auflösungsvermögen (in Analogie zur Optik) können Sie ziehen? Wie viel Energie sollte der Elektronenstrahl mindestens haben, damit Sie Kerne auflösen können?