
Übung zur Kern- Teilchen- und Astrophysik I
Prof. Dr. S. Schönert, Prof. Dr. W. Hollik
Wintersemester 2013/14

Blatt Nr. 1

14. Oktober 2013

Aufgabe 1 : Vierervektoren

Die Schwerpunktsenergie (center of mass energy) E_{cm} eines Systems aus 2 Teilchen ist gegeben durch $E_{\text{cm}}^2 = s = (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2$, wobei \mathbf{p}_1 und \mathbf{p}_2 die Viererimpulse $\mathbf{p} = (E/c, \vec{p})$ der beiden Teilchen sind.

- Zeigen Sie, dass s lorentzinvariant ist.
- Am Beschleuniger HERA werden Protonen mit $E_p = 920 \text{ GeV}$ mit Elektronen mit $E_e = 27.5 \text{ GeV}$ zur Kollision gebracht. Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie des ep -Systems.
- Wie groß müsste die Energie des Elektrons sein, damit bei einem Stoß mit einem ruhenden Proton die gleiche Schwerpunktsenergie vorliegt?

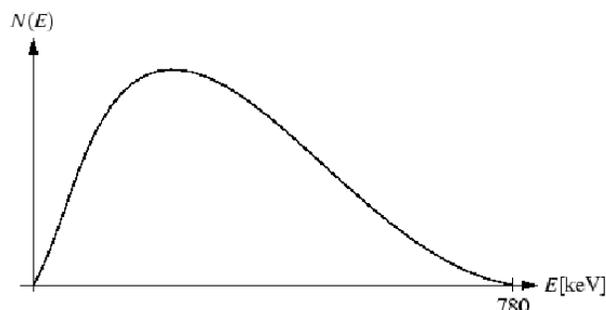
Aufgabe 2 : Masse-Reichweite-Beziehung

Die Wechselwirkung zwischen zwei Teilchen kann durch den Austausch von virtuellen Teilchen, sogenannten Eichbosonen mit Masse M beschrieben werden.

- Leiten Sie aus der Heisenbergschen Unschärferelation $\Delta E \Delta t \geq \hbar$ einen Zusammenhang zwischen der Masse der Austauscheteilchen und der Reichweite der Wechselwirkung her.
- Wie groß ist die Reichweite der Kernkraft unter der Annahme, dass dabei Pionen zwischen den Nukleonen ausgetauscht werden ($m_\pi = 140 \text{ MeV}$)?
- Welche Masse müsste das hypothetische Austauscheteilchen der Gravitationskraft, das Graviton, demnach besitzen?

Aufgabe 3 : Neutronenzerfall

Das gemessene Energiespektrum von Elektronen beim Zerfall des Neutrons hat folgende Form:



- Zeigen Sie, daß diese empirische Tatsache mit einem reinen Zweikörperzerfall $n \rightarrow p + e^-$ nicht zu vereinbaren ist.

-
- b. Bei einer Koinzidenzmessung mit einem ruhenden Proton im Endzustand wird die maximale Energie des Elektrons experimentell zu $E_0 \approx 760 \text{ keV}$ bestimmt. Ermitteln Sie für das Teilchen X die Masse, die sich aus dem Dreikörperzerfall $n \rightarrow p + e^- + X$ ergibt. (Massen: $m_p = 938,27 \text{ MeV}/c^2$, $m_n = 939,57 \text{ MeV}/c^2$, $m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$)
- c. Überlegen Sie sich, wie sich das Energiespektrum qualitativ bei β -Zerfällen in Kernen verändert.

Aufgabe 4 : Zerfallsgesetz

^{137}Cs zerfällt mit einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 30.2 \text{ a}$ zu ^{137}Ba , das mit einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 2.55 \text{ min}$ unter Aussendung von 662 keV Gammas in den Grundzustand zerfällt. Vor 5 Jahren wurde ein reines Caesiumpräparat mit einer Masse $m = 1.1 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$ hergestellt.

- a. Welche Aktivität besaß das Präparat bei der Herstellung?
- b. Wieviele Caesiumatome sind seitdem zerfallen?
- c. Wie groß ist die Aktivität des Präparats heute?