
Übungen zur Vorlesung Physik IV

– Kern- und Teilchenphysik –

Frank Ellinghaus

Sommersemester 2019

Universität Wuppertal

BLATT VI

ABGABE BIS DONNERSTAG, DEN 23. MAI UM 18:00
(IN DAS POSTFACH VON F. ELLINGHAUS IN GEBÄUDE D, EBENE 9)

1. Kettenreaktion

(6 Punkte)

Betrachten Sie eine homogene Kugel aus reinem ^{235}U . Die Dichte sei $\rho = 10 \text{ g cm}^{-3}$. Nehmen Sie an, der Wirkungsquerschnitt sei $\sigma_\gamma = 0.5 \text{ b}$ für den Einfang eines Neutrons mit anschließendem γ -Zerfall und $\sigma_f = 5 \text{ b}$ für den Einfang eines Neutrons mit anschließender Kernspaltung. Im Mittel werden 2.6 Neutronen bei einer Kernspaltung frei.

- (a) Wie gross ist die mittlere freie Weglänge λ für Neutronen ?
- (b) Vernachlässigen Sie die Abbremsung (Moderation) von Neutronen durch Stösse mit den Atomkernen. Nehmen Sie an, dass Neutronen innerhalb einer freien Weglänge vom Rand die Kugel mit einer Wahrscheinlichkeit $p = \frac{2}{3}$ verlassen, während alle anderen Neutronen absorbiert werden. Die kritische Masse, ist die Masse, welche nötig ist, um eine Kettenreaktion in Gang zu halten. Wie gross ist die kritische Masse von ^{235}U unter den gegebenen Annahmen?

2. EM-Übergänge

(4 Punkte)

Geben Sie die dominanten EM-Übergänge für folgende Kernübergänge an:

- (a) $(3/2)^+ \rightarrow (1/2)^+$
- (b) $2^+ \rightarrow 0^+$
- (c) $2^- \rightarrow 0^+$
- (d) $2^+ \rightarrow 2^+$
- (e) $0^+ \rightarrow 0^-$

3. Luminosität “collider” Experiment

(6 Punkte)

Der LHC Beschleuniger am CERN ist ein 26.7 km langer Speicherring, in dem pro Umlaufrichtung 2808 Pakete (bunches) von jeweils 1.1×10^{11} Protonen gespeichert werden können. Die Protonen kollidieren auf einer Fläche mit einem Radius von $50 \mu\text{m}$.

- (a) Wie gross ist die Luminosität L .
- (b) Die Luminosität lag bei den ersten Kollisionen im Jahr 2011, bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$, bei $10^{27} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ und nur ein bunch pro Richtung wurde zur Kollision gebracht. Wieviele Protonen enthielt jeder bunch?
- (c) Der Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung des Higgs-Bosons mit einer Masse von 125 GeV beträgt 15.3 pb bei $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$. Wieviele Higgs-Ereignisse wären bei der anfänglichen (siehe Teil b) Luminosität und Schwerpunktsenergie innerhalb eines Jahres erzeugt worden ?
- (d) Am 4. Juli 2012 wurde die Entdeckung des Higgs-Bosons bekanntgegeben. Hierzu wurde ein Datensatz mit einer integrierten Luminosität von $\int L dt = 4.8 \text{ fb}^{-1}$ bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ und $\int L dt = 5.8 \text{ fb}^{-1}$ bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ verwendet. Der Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung des Higgs-Bosons mit einer Masse von 125 GeV beträgt 20 pb bei $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$. Wie lange hätte man bei der anfänglichen Luminosität und Schwerpunktsenergie für die Entdeckung benötigt?

4. Luminosität “fixed target” Experiment

(4 Punkte)

In einem Experiment soll die Produktion eines seltenen Teilchens untersucht werden. Dazu wird ein Protonenstrahl (10^8 Teilchen /s) auf ein zylindrisches, mit flüssigem Wasserstoff (H_2) gefülltes “fixed target” (Durchmesser 5 cm, Länge 50 cm) gelenkt. Der Wirkungsquerschnitt für die Produktion des Teilchens betrage 1 nb . Der eingesetzte Detektor kann die gesuchten Teilchen mit einer Effizienz von 25% nachweisen. Wie lange dauert es, bis eine Million Ereignisse dieses Typs registriert sind?

Hinweis: Andere Reaktionskanäle der Protonen sollen keine Rolle spielen. Die Dichte von flüssigem Wasserstoff beträgt 71 kg/m^3 .