

Übung 2 zur Vorlesung Physik V

Aufgabe 1: Schwerpunktsenergie

- a) Am HERA-Beschleuniger in Hamburg wurden von 1992 bis 2007 Elektronen mit einer Energie von 27,5 GeV mit 920 GeV Protonen zur Kollision gebracht. Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie. 1 (A)
- b) Der am CERN in Genf gelegene Large Hadron Collider (LHC) erlaubt es, zwei Protonstrahlen mit gleicher Energie zur Kollision bringen. Der LHC wurde bei verschiedenen Schwerpunktsenergien von 900 GeV (2009), 7 TeV (2010), 8 TeV (2012), 13 TeV (2015-letzte Woche) betrieben. Geben Sie jeweils die Energie der Protonen an. 1 (A)
- c) Der LHC wurde auch dafür gebaut, ^{208}Pb Ionen mit einer Energie von 2.76 TeV pro Nukleon zur Kollision zu bringen. Wie hoch müsste die Energie eines Bleikerns sein, wenn in einer Reaktion mit einem ruhenden Bleikern die selbe Schwerpunktsenergie erreicht werden soll? 2 (B)

Aufgabe 2: Schwellenenergie für die Erzeugung neuer Teilchen

In der kosmischen Strahlung werden permanent Myonen erzeugt, die mit einer Rate von ca. 100 Myonen pro m^2 und Sekunde auf die Erdoberfläche treffen.

- a) Wie groß muss die Schwerpunktsenergie für den Prozess

$$e^- p \rightarrow e^- p \mu^+ \mu^-$$

mindestens sein ?

1 (A)

- b) Ein Elektron aus dem Kosmos trifft in der Atmosphäre auf ein ruhendes Proton. Wie groß muss die Energie des einlaufenden Elektrons im System des Protons mindestens sein, um ein $\mu^+ \mu^-$ -Paar zu erzeugen ? 2 (B)
- c) Nehmen Sie jetzt an ein Proton aus dem Kosmos trifft in der Atmosphäre auf ein ruhendes Elektron. Wie groß muss jetzt die Energie des einlaufenden Protons für den gleichen Prozess sein? Wodurch entsteht der Unterschied zur vorherigen Aufgabe? 2 (B)
- d) Wie groß ist der Impuls $|\vec{P}|$ und die Geschwindigkeit β der 4 Teilchen nach der Reaktion in diesem Fall mindestens? 2 (B)

Aufgabe 3: Differentieller Wirkungsquerschnitt**3 (B)**

Der differentielle Wirkungsquerschnitt für die Annihilation $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ in natürlichen Einheiten ist:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2}{4s}(1 + \cos^2 \theta)$$

Hier ist \sqrt{s} die Schwerpunktsenergie, α die Feinstrukturkonstante, θ der Polarwinkel des Myons relativ zur Elektronrichtung und $d\Omega$ das dazugehörige Raumwinkelement.

Berechnen Sie den totalen Wirkungsquerschnitt. Wie groß ist dieser für 5.5 GeV frontal kollidierende Elektron-Positron-Strahlen?

Aufgabe 4: Luminosität

a) Am 26.7 km langen LHC Ring werden in beiden Umlaufrichtungen 2808 Pakete (Bunches) von jeweils $1.1 \cdot 10^{11}$ Protonen gespeichert. Die Pakete kollidieren bei der Design-Schwerpunktsenergie von 14 TeV auf einer Fläche mit einem Radius von $33\mu\text{m}$. Berechnen sie anhand der angegebenen Größen, wie groß die Luminosität ist.

2 (B)

b) Vor einigen Wochen erreichte der LHC eine Luminosität von $1.37 \cdot 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Wieviele Ereignisse erwartet man innerhalb einer Stunde für eine Reaktion mit einem Wirkungsquerschnitt von 0.852 pb?

1 (A)**Aufgabe 5: Top-Zerfall****3 (B)**

Das top-Quark zerfällt fast ausschließlich in ein bottom-Quark und ein W-Boson. Das W-Boson kann hadronisch (in Quarks) oder leptonisch (in ein Lepton und ein Neutrino) zerfallen. Wir betrachten nur der leptonische Zerfall und nehmen $m_{\text{neutrino}} = 0$ an. Bei einer Messung wird im Ruhesystem des top-Quarks die Lepton-Energie $E_l = 50 \text{ GeV}$ und die Neutrino-Energie $E_\nu = 55 \text{ GeV}$ festgestellt. Welche Größe hat die rekonstruierte top-Masse?