

Prof. Dr. Johannes Haller, Prof. Dr. Peter Schleper

Institut für Experimentalphysik

10.11.2020

Abgabe: 17.11.2020

Blatt 1**Naturkonstanten und Zahlenwerte zur Teilchenphysik:**

<http://pdg.lbl.gov/> und dem Link "pdgLive - Interactive Listings" folgen, oder Tabellen in den Notizen zur Vorlesung.

Aufgabe 1: Formelsammlung**1**

Erstellen Sie jede Woche eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung. Diese wöchentlichen Formelsammlungen sollen Grundlage ihrer Klausurvorbereitung sein.

Aufgabe 2: Natürliche Einheiten

a) Zeigen Sie:

$$\begin{aligned} 1\text{m} &= 5,068 \cdot 10^{15} \text{ GeV}^{-1} \\ 1 \text{ GeV}^{-2} &= 0,389 \text{ mb (Flächeneinheit Barn: } 1\text{b} = 10^{-28}\text{m}^2) \\ 1\text{s} &= 1,5 \cdot 10^{24} \text{ GeV}^{-1} \end{aligned}$$

3

b) Drücken Sie die Energiewerte des Elektrons im Wasserstoffatom $E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{e^4 m_e}{32\pi^2 \epsilon_0 \hbar^2}$ in natürlichen Einheiten und mit der Feinstrukturkonstante α_{em} aus. Welcher Energiewert in eV ergibt sich für den Grundzustand?

2**Aufgabe 3: Geladenes Teilchen im Magnetfeld****3**

Ein relativistisches Teilchen mit Ladung $q = Ze$ bewege sich in einem Magnetfeld B auf einer Spiralbahn mit Radius R . Zeigen Sie, dass die Impulskomponente des Teilchens senkrecht zum Magnetfeld gegeben ist durch

$$P_{\perp} \approx 0,3 \cdot Z \cdot \frac{R}{\text{m}} \cdot \frac{B}{\text{T}} \frac{\text{GeV}}{c} \quad (1)$$

und geben Sie eine Formel für den Faktor 0,3 an.

Aufgabe 4: Muon-Speicherring

Beim $g - 2$ Experiment am Fermilab (<https://muon-g-2.fnal.gov/>) werden Zerfälle von Myonen untersucht, die in einem Magneten ($B = 1,45 \text{ T}$) auf einer Kreisbahn mit Radius $R = 7,11 \text{ m}$ laufen.

- a) Wie groß ist der Impuls der Teilchen? 1
- b) Die gemessene Umlaufzeit auf der Kreisbahn ist $t \approx 0,149 \mu\text{s}$. Welcher Geschwindigkeit entspricht das? Begründen Sie, warum der Vergleich von a) und b) zeigt, dass der Impuls nicht $p = mv$ ist. (Die Masse des Muons finden Sie in den Tabellen im Skript) 1

Aufgabe 5: Bindungsenergien 4

Schätzen Sie aus der Unschärferelation den Impuls und damit die (kinetische) Energie der folgenden Systeme ab:

- Elektron im Wasserstoffatom
- masseloses Quark im Proton ($r_p \approx 0,8 \text{ fm}$)
- masseloses Preon (falls existent) im Elektron ("Radius" des Elektron $r_e < 10^{-19} \text{ m}$).

Vergleichen Sie die Ergebnisse mit der Gesamtenergie des jeweiligen Systems. Was schließen Sie daraus?