

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 eine Formelsammlung zum Stoff der Vorlesungen der letzten Woche und dieser Übung, damit Sie vor der Klausur am 4.2.19 schon eine Übersicht über den behandelten Stoff haben. Geben Sie die Formelsammlung auf einem separaten Blatt zusammen mit den Lösungen zu den anderen Aufgaben ab. Vergessen Sie bitte auf allen Zetteln nicht, Ihren Namen, die Matrikelnummer und Ihre Übungsgruppe anzugeben.

Aufgabe 2: 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 ($r_p \approx 0,8 \text{ fm}$)
- Preonen (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 ?

Aufgabe 3: 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 4: Relativistische Energie-Impuls-Beziehung

a) Entwickeln Sie eine Näherung der relativistischen (Einsteinschen) Energie-Impuls-Beziehung, $E = \sqrt{m^2 + P^2}$, für $P/m \ll 1$. Geben Sie die ersten zwei Terme an, die sich mit dieser Näherung für die relativistische kinetische Energie $E_{kin} = E - m$ ergeben. 3

b) Skizzieren Sie die Dispersionsrelation $E(P)$ für ein Photon und ein Elektron für Impulse bis 2 MeV in natürlichen Einheiten. Zeichnen Sie in das gleiche Diagramm die Linien für die relativistische kinetische Energie, für die nicht-relativistische kinetische Energie und für die erste Näherung der relativistischen Energie des Elektrons ($E \approx m + \frac{P^2}{2m}$) ein. 4

Aufgabe 5: Geladenes Teilchen im Magnetfeld 3

Ein relativistisches Teilchen mit Ladung e bewege sich in einem Magnetfeld B auf einer Kreisbahn senkrecht zur Feldrichtung mit Radius r . Zeigen Sie, dass der Impuls des Teilchens $P = 0,3Br$ mit P in GeV, B in Tesla und r in Metern ist.