

Kern- und Teilchenphysik, Monobachelor Physik

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2013,
Prof. Dr. H. Lacker, Dr. E. Bergeaas-Kuutmann, Dr. A. Nikiforov

Übung 1

Vorbemerkung

Alle Angaben zu Teilcheneigenschaften, Naturkonstanten, Detektoren sowie alle wichtigen Tabellen finden Sie online im **Particle Physics Book** unter der folgenden Netz-Adresse <http://pdg.lbl.gov/>.

Aufgabe 1: Massen der fundamentalen Fermionen und Bosonen

Schauen Sie im Review of Particle Physics (<http://prd.aps.org/pdf/PRD/v86/i1/e010001>) der Particle Data Group oder in der reduzierten Version als Booklet, das in der Vorlesung ausgegeben wurde, bzw. unter http://pdg.lbl.gov/2012/tables/contents_tables.html nach, welche Massen

1. die verschiedenen Quarks
2. die verschiedenen geladenen Leptonen
3. das Photon, W^\pm , Z und die Gluonen

haben.

Aufgabe 2: Natürliche Einheiten und Größenordnungen

In den folgenden Abschätzungen soll immer das in der Teilchenphysik gebräuchliche Heavyside-Lorentz (HL)-Einheitensystem verwendet werden ($\hbar = c = \epsilon_0 = 1$).

1. Rechnen Sie die Größe $\hbar \cdot c$ in $\text{MeV} \cdot \text{fm}$ aus.
2. Wirkungsquerschnitte werden in der Kern- und Teilchenphysik in Einheiten einer Fläche angegeben, die in etwa der Querschnittsfläche eines Kernes entsprechen, dem **barn**:

$$1b = 10^{-28} \text{ m}^2 = (10 \text{ fm})^2$$

Es sei ein Wirkungsquerschnitt in HL-Einheiten der Größe

$$\sigma = 0,129 \text{ GeV}^{-2}$$

gegeben. Rechnen Sie dies in SI-Einheiten und in barn um.

3. Parapositronium ist ein instabiler, gebundener Zustand eines Elektrons und eines Positrons. Seine Lebensdauer ist in HL-Einheiten durch die Relation

$$\tau = \frac{2}{m_e \cdot \alpha^5}$$

gegeben, wobei $m_e = 511 \text{ keV}$ die Elektronenmasse und α die Feinstrukturkonstante sind. Bestimmen Sie die Lebensdauer τ in Sekunden.

Aufgabe 3: Pionen: Massen, Ausdehnung

Nach dem Quarkmodell besteht ein positiv (negativ) geladenes Pion, π^+ (π^-), aus einem $u(\bar{u})$ -Quark (mit elektrischer Ladung $Q_u e = +\frac{2}{3}e$, $Q_{\bar{u}} e = -\frac{2}{3}e$) und einem $\bar{d}(d)$ -Quark ($Q_{\bar{d}} e = +\frac{1}{3}e$, $Q_d e = -\frac{1}{3}e$).

Ein neutrales Pion, π^0 , besteht zu gleichen Anteilen aus einer Mischung aus $u\bar{u}$ und $d\bar{d}$.

Die Massen dieser Quarks sind $m_u = m_{\bar{u}} \approx 2$ MeV bzw. $m_d = m_{\bar{d}} \approx 5$ MeV.

1. Schauen Sie in Ihrem Particle Data Group Booklet bzw. in http://pdg.lbl.gov/2012/tables/contents_tables.html unter Mesons nach, welche Masse das π^\pm bzw. das π^0 hat und vergleichen Sie mit einer naiven Abschätzung, in der die Pionmassen im wesentlichen durch die Summe der Quarkmassen berechnet und somit kinetische und potentielle Energien vernachlässigt werden: $m_{\pi^\pm} = m_u + m_d$, $m_{\pi^0} = \frac{1}{2}(2m_u + 2m_d) = m_u + m_d$.
2. Ein Pion hat einen Radius von etwa 0,66 fm. Verwenden Sie die Ort-Impuls-Unschärfe, um einen typischen Quarkimpuls im Pion in MeV abzuschätzen. ($\hbar \cdot c = 197$ MeV·fm!).
3. Wenn Sie (extrem vereinfacht) annehmen, dass sich das Quark und Antiquark statisch in einem Abstand von 0,3 fm befinden, welchen Massenunterschied in MeV erwarten Sie zwischen einem π^\pm - und einem π^0 -Meson aufgrund der unterschiedlichen Coulomb-Wechselwirkung?
(Hinweis: Die Abschätzung ist leicht, wenn Sie sich klar machen, dass Sie das Coulomb-Potential wie folgt schreiben können: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_q Q_{\bar{q}} e^2}{r} = \frac{Q_q Q_{\bar{q}} \hbar c \alpha}{r}$.)