

# Einführung in Theoretische Teilchenphysik

Vorlesung: Prof. Dr. M.M. Mühlleitner – Übung: Dr. D. López-Val, Dr. M. Sekulla

## Übungsblatt 1

Abgabe: Fr, 28.10.16, 12:00 – Besprechung: Mo, 31.10.16 11:30 Raum 12/1  
Mi, 02.11.16 9:45 Raum 10/1

### Aufgabe 1: Reichweite der Kräfte

**3 P**

Kräfte (Wechselwirkungen) zwischen zwei Teilchen werden in der Teilchenphysik als ständiger Austausch von Bosonen beschrieben. Diese Austauschbosonen können im Allgemeinen massiv sein, und ihre Ruhemasse muss, zumindest während des Austauschs, kurzfristig erzeugt werden. Klassisch ist dies nicht möglich, aber die Heisenbergsche Unschärferelation bietet hier einen Ausweg.

- (a) Die Kraft zwischen Nukleonen ist typischerweise von der Größenordnung 1 fm, und wird durch Pionen (gebundene Quark-Antiquark-Zustände) vermittelt. Was folgt daraus für die Masse der Pionen?
- (b) Berechnen Sie die typische Reichweite, unter der Annahme, dass sich die Austauschteilchen mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, für die
  - (i) schwache Wechselwirkung  
(Austauschteilchen:  $W$  und  $Z$  mit  $M_W \approx 80 \frac{\text{GeV}}{c^2}$ ,  $M_Z \approx 91 \frac{\text{GeV}}{c^2}$ ).
  - (ii) elektromagnetische Wechselwirkung
  - (iii) starke Wechselwirkung. Was ist am Ergebnis der starken Wechselwirkung besonders?

**Aufgabe 2: Preonen****2 P**

Eine vor allem in den 1970er und 1980er Jahren diskutierte Theorie ist die Annahme, dass auch die heute als fundamental angenommenen Fermionen, Leptonen oder Quarks ihrerseits zusammengesetzt sind, aus sogenannten Preonen.

Die experimentelle Obergrenze für einen nicht-verschwindenden Radius des Elektrons liegt momentan bei  $10^{-18}$  m. Berechnen Sie daraus die Impulsunsicherheit für die Preonen. Welche Größenordnung erwarten Sie folglich für die Masse des Elektrons? Lässt sich dies trotzdem mit dem experimentell bestimmten Wert in Einklang bringen?

**Aufgabe 3: Rechnen mit natürlichen Einheiten****5 P**

In der Teilchenphysik rechnet man in einem Einheitensystem mit  $\hbar = c = 1$ . Das bedeutet, dass Geschwindigkeiten in Einheiten der Lichtgeschwindigkeit und Wirkungen in Einheiten des Planckschen Wirkungsquantums (dividiert durch  $2\pi$ ) angegeben werden.

- (a) Welche Beziehungen folgen daraus zwischen den Einheiten Meter, Sekunde und MeV ?

Hinweis:  $c \approx 2,99 \times 10^8$  m/s, und  $\hbar = 6,58 \times 10^{-22}$  MeV s.

- (b) Welcher Masse in Kilogramm entspricht 1 MeV?

Hinweis:  $1\text{eV} = 1,60 \times 10^{-19}$  J.

- (c) Myonen  $\mu^\pm$  besitzen eine Masse  $m_{\mu^\pm} = 1,88 \times 10^{-28}$  kg und mittlere Lebensdauer  $\tau_\nu = 2,2 \times 10^{-6}$ . Andererseits gilt  $m_W = 1,43 \times 10^{-25}$  kg und  $\tau_W = 3,1 \times 10^{-25}$  s für die  $W^\pm$  Bosonen. Drücken Sie für jedes dieser beiden Elementarteilchen die Masse sowie die totale Zerfallsbreite  $\Gamma = 1/\tau$  in MeV aus. Vergleichen Sie jeweils die Masse mit der Zerfallsbreite. Welches ist das instabilere Teilchen?