

# Aufgabenblatt 1 (TP) - Physik V - WS 2013/2014

Diskussion/Abgabe: 24/25. 10. 2013 in den Übungsgruppen

## Aufgabe 1.1: Teilchenzoo (1 Punkt)

- a) Geben Sie eine eindeutige Definition und jeweils zwei Beispiele für die folgenden Teilchenklassen an: Meson, Hadron, Boson, Fermion, Baryon.
- b) Welchen Quarkinhalt und welche Masse haben die folgenden Hadronen:  $K^+$ ,  $\bar{K}^0$ ,  $D^0$ ,  $B^+$ ,  $\Lambda_c^+$ .

Hinweis: Benutzen Sie für Aufgabenteil b) die Online-Version von *The Review of Particle Physics* <http://pdg.lbl.gov/>

## Aufgabe 1.2: Abschätzung von Größenordnungen (1 Punkt)

- a) Schätzen Sie die mittlere kinetische Energie folgender Teilchen unter Verwendung der Heisenbergschen Unschärferelation ab:
  - 1) für Nukleonen in einem Bleikern ( $A=207$ ),
  - 2) für Quarks in Nukleonen (vernachlässigen Sie die Quarkmasse).
- b) Am Elektron-Proton-Beschleuniger HERA, der bis 2007 am DESY (Hamburg) betrieben wurde, wurden Impulsüberträge zwischen Elektronen und Protonen von bis zu 150 GeV/c gemessen. Wie groß sind die kleinsten Strukturen, die im Proton bei diesem Impulsübertrag noch aufgelöst werden können?

## Aufgabe 1.3: Proton-Proton-Kollisionen am LHC (1 Punkt)

Am LHC wurden im Jahr 2012 Protonen mit einer Energie von jeweils 4 TeV frontal zur Kollision gebracht.

- a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit der Protonen in Einheiten der Lichtgeschwindigkeit, also  $\beta = v/c$ .
- b) Wie groß ist die Schwerpunktsenergie zweier aufeinander prallender Protonen?
- c) In der kosmischen Strahlung, die auf die Erdatmosphäre trifft, befinden sich Protonen mit Energien bis zu  $10^{11}$  GeV. Welche Energie muss ein Proton der kosmischen Höhenstrahlung haben, damit bei einem Stoß mit einem ruhenden Proton der Erdatmosphäre die gleiche Schwerpunktsenergie wie am LHC erreicht wird. (Zur kosmischen Strahlung siehe auch PDG (<http://pdg.lbl.gov/>), Kapitel 26, Bild. 26.8.)

#### Aufgabe 1.4: Entdeckung des Antiprotons (1 Punkt)

1955 wurde das Antiproton in einem *Fixed-Target-Experiment*, bei dem ein Protonstrahl auf Protonen eines ruhenden Targets geschossen wurde, über die Reaktion

$$p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$$

nachgewiesen. Bestimmen Sie die minimale Energie (Schwellenenergie) des einfallenden Protons, die nötig ist, um diese Reaktion zu ermöglichen.

Hinweis: Formulieren Sie zunächst die Schwellenenergie ( $E_{CMS}$ ) im Schwerpunktsystem der beiden stoßenden Protonen. Bestimmen Sie dann die Protonenergie im Laborsystem unter Ausnutzung der Lorentzinvarianz des Skalarproduktes von Vierervektoren.

#### Verständnisfragen / Fragen zur Diskussion

- a) Warum empfinden wir die Gravitationskraft als eine so starke Kraft, wobei wir alle anderen Kräfte nur wenig (elektromagnetische Kraft) oder gar nicht wahrnehmen?
- b) Statt des Planckschen Wirkungsquantums  $h$  merken sich Teilchenphysiker die Größe  $\hbar c = 197 \text{ MeV} \cdot \text{fm} \approx 200 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$  mit  $\hbar = h/(2\pi)$ . Schätzen Sie damit den Impuls eines Quarks in einem Proton ab (s. Aufgabe 1.2).
- c) Stehgreif-Abschätzung: Wie groß sind  $\beta = v/c$  und  $\gamma$  eines Myons ( $m = 106 \text{ MeV}/c^2$ ), das eine Energie von 100 GeV besitzt?
- d) Prinzipiell sind in der starken Wechselwirkung auch sogenannte Pentaquark(Fünfquark)-Systeme erlaubt. Argumentieren Sie mittels der Farbladung, dass diese Systeme eine Baryonzahl von  $\pm 1$  besitzen müssen. Bemerkung: Pentaquarks sind bisher nicht beobachtet worden.
- e) Aufgrund welcher Wechselwirkung verläuft eine Reaktion, wenn dabei ein Photon (Neutrino) frei wird?