

## Übung Nr. 2

### Diskussionsthemen:

- Wie kann man Teilchen „katalogisieren“?
- Welche Elementarteilchen gibt es (nach heutigem Wissen)?

### Aufgabe 3. Review of Particle Physics

Suchen Sie auf <http://pdg.lbl.gov> (oder in der Papier-Version der Review) nach den folgenden Daten:

- Was ist die Masse des Protons? die Masse des Elektrons?
- Was ist die Masse des Myons ( $\mu$ )? In welche Teilchen zerfällt es hauptsächlich? Nach wieviel Zeit (in dessen Ruhesystem)?
- Gleiche Fragen für die geladenen Pionen ( $\pi^\pm$ ).

### Aufgabe 4. Energie, Masse, Impuls

- Wie schnell (in natürlichen Einheiten) ist ein Proton (die Masse kennen Sie aus Aufgabe 3), dessen im Labor gemessener Impuls  $|\vec{p}| = 0,1 \text{ GeV}$  ist? Und mit  $|\vec{p}| = 10 \text{ GeV}$ ?
- Welchen Impuls hat ein Elektron der Energie  $1 \text{ GeV}$ ?

### Aufgabe 5. Strahlung aus der Atmosphäre

In etwa 8 km Höhe werden (durch kosmische Strahlen) in der Atmosphäre geladene Pionen erzeugt. Diese bewegen sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit (nehmen Sie  $v = 0,998c$  an) auf die Erde zu.

*Hinweis:* Für die folgenden Fragen können Ergebnisse aus Aufgabe 3 nützlich sein.

- Auf welcher Höhe würden Sie einen Pion-Detektor aufstellen?
- Welche Teilchen lassen sich auf der Erdoberfläche nachweisen?

### Aufgabe 6. Mandelstam-Variablen

Betrachten Sie den Streuprozess  $a + b \rightarrow 1 + 2$ , wobei  $\{a, b, 1, 2\}$  Teilchen mit jeweiligen Viererimpulsen  $\mathbf{p}_a, \mathbf{p}_b \dots$  bzw. Massen  $m_a, m_b \dots$  bezeichnen. Dabei sind Energie und Impuls erhalten.

Die *Mandelstam-Variablen* seien durch

$$s \equiv (\mathbf{p}_a + \mathbf{p}_b)^2/c^2 \quad , \quad t \equiv (\mathbf{p}_a - \mathbf{p}_1)^2/c^2 \quad \text{und} \quad u \equiv (\mathbf{p}_a - \mathbf{p}_2)^2/c^2$$

definiert. Warum sind sie Lorentz-invariant? Zeigen Sie, dass  $s$ ,  $t$  und  $u$  nicht unabhängig sind:

$$s + t + u = m_a^2 + m_b^2 + m_1^2 + m_2^2.$$

---

Bitte lösen Sie die angegebenen Aufgaben so, dass Sie diese in den Übungen erklären können.