

## Übungen zu „Kern- und Teilchenphysik I“

(M.P. Heyn, H.-E. Mahnke, R. Püttner)

### Übung 2:

#### Aufgabe 5:

Zeigen Sie explizit mit Hilfe der Lorentz-Transformation, dass  $p \cdot p$  invariant ist

(3 Punkte)

#### Aufgabe 6:

- 1) Die Lorentz-Transformation wird durch die im Skript angegebene Matrix generiert. Zeigen Sie, dass diese Matrizen mit  $\beta$  als Parameter eine kontinuierliche Gruppe bilden. Zeigen Sie, dass wenn zwei Lorentz-Transformationen mit  $\beta_i$  und  $\beta_j$  nacheinander durchgeführt werden, für die kombinierte Lorentz-Transformation gilt

$$\beta_{ij} = (\beta_i + \beta_j) / (1 + \beta_i \beta_j)$$

Ist die Gruppe abelsch?

(3 Punkte)

#### Aufgabe 7:

- 2) In der Vorlesung wurde die Schwellenenergie für die Antiprotonenproduktion für den Fall, dass das Target-Proton in Ruhe ist, hergeleitet. Die Protonen und Neutronen haben aber innerhalb eines Kerns einen nicht zu vernachlässigenden Impuls. Durch diesen s. g. Fermi-Effekt wird die Schwellenenergie erheblich erniedrigt. Zeigen Sie, dass unter Berücksichtigung dieses Effekts die Schwellenenergie  $E'_{SCHW}$  in etwa

$$E'_{SCHW} \approx \left(1 - \frac{p}{m_p c}\right) E_{SCHW}$$

beträgt. Die Schwellenenergie  $E_{SCHW}$  gilt für den Fall eines ruhenden Targets (s. Vorlesung). Der Betrag des mittleren Impulses  $p$  eines Protons innerhalb eines Kerns hat typischerweise einen Wert von 250 MeV/c. Berechnen Sie damit  $E'_{SCHW}$ .

(4 Punkte)

#### Aufgabe 8:

- 3) Ein Strahl von zwei Teilchentypen mit Massen  $m_1$  und  $m_2$  und gemeinsamen Impuls  $p$ , durchläuft eine Strecke  $L$  zwischen zwei Szintillationszählern. Zeigen Sie, dass der Unterschied der Flugzeiten dieser zwei Teilchentypen für große Impulse mit  $p^{-2}$  abnimmt. Berechnen Sie den minimalen erforderlichen Flugweg um Pionen von Kaonen unterscheiden zu können, wenn die Teilchen einen Impuls von 3 GeV/c haben und die Flugzeit mit einer Genauigkeit von 200 ps gemessen werden kann.

(3 Punkte)