

Name: .....

Bitte die Gruppe ankreuzen und dieses Blatt mit abgeben (bitte tackern):

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Gruppe 1<br>Bierweiler Anastasia | <input type="checkbox"/> Gruppe 7<br>Husnik Martin   | <input type="checkbox"/> Gruppe 13<br>Rogal Mikhail     |
| <input type="checkbox"/> Gruppe 2<br>Davidkov Momchil     | <input type="checkbox"/> Gruppe 8<br>Kleine Jonas    | <input type="checkbox"/> Gruppe 14<br>Rzehak Heidi      |
| <input type="checkbox"/> Gruppe 3<br>Gansel Justyna       | <input type="checkbox"/> Gruppe 9<br>Marquard Peter  | <input type="checkbox"/> Gruppe 15<br>Schnitter Karsten |
| <input type="checkbox"/> Gruppe 4<br>Gerhard Lukas        | <input type="checkbox"/> Gruppe 10<br>Prausa Mario   | <input type="checkbox"/> Gruppe 16<br>Wayand Stefan     |
| <input type="checkbox"/> Gruppe 5<br>v.Hodenberg Janine   | <input type="checkbox"/> Gruppe 11<br>Redlof Martin  |   |
| <input type="checkbox"/> Gruppe 6<br>Hofer Lars           | <input type="checkbox"/> Gruppe 12<br>Rittinger Jörg |   |

*Aufgabe 1: Addition von Geschwindigkeiten, Rapidity*

4 Punkte

Eine Lorentztransformation  $(x, t) \xrightarrow{\beta} (x', t')$  sei gegeben durch

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x - \beta ct), \\ ct' &= \gamma(ct - \beta x) \end{aligned}$$

mit  $\gamma = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$  und  $\beta = v/c$ .

i) Zeigen Sie, daß die sukzessive Anwendung zweier Lorentztransformationen

2P

$$(x, t) \xrightarrow{\beta_1} (x', t') \quad \text{und} \quad (x', t') \xrightarrow{\beta_2} (x'', t'')$$

wieder als Lorentztransformation dargestellt werden kann:

$$(x, t) \xrightarrow{\beta_{1+2}} (x'', t'').$$

Bestimmen Sie  $\beta_{1+2}$  als Funktion von  $\beta_1$  und  $\beta_2$ .

(bitte wenden)

- ii) Zeigen Sie, daß sich die Lorentztransformation alternativ in folgender Form darstellen läßt: 2P

$$\begin{aligned} x' &= x \cosh \eta_1 - ct \sinh \eta_1, \\ ct' &= ct \cosh \eta_1 - x \sinh \eta_1. \end{aligned}$$

Berechnen Sie die Rapidity  $\eta_1$  aus  $\beta_1$ . Was ergibt sich für  $\eta_{1+2}$  ausgedrückt durch  $\eta_1$  und  $\eta_2$ .

**Aufgabe 2: Teilchenzerfälle**

3 Punkte

- i) Ein Pion ( $M_\pi = 139.6 \text{ MeV}/c^2$ ) zerfalle in ein Myon ( $m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$ ) und ein Neutrino ( $m_\nu \simeq 0$ ). Berechnen Sie die Energie und den Impuls des Myons und des Neutrinos im Ruhesystem des Pions unter Verwendung der relativistischen Energie-Impuls Beziehung und der Erhaltung des Viererimpulses. 1P
- ii) Ein Z-Boson mit Masse  $M_Z = 91,2 \text{ GeV}/c^2$  zerfalle in zwei Tauonen  $Z \rightarrow \tau^+ \tau^-$  mit Masse  $m_\tau = 1.8 \text{ GeV}/c^2$ . Berechnen Sie die Energie und den Impuls der Tauonen im Ruhesystem des zerfallenden Teilchens. 2P

Die mittlerer Lebensdauer ruhender  $\tau$ -Leptonen beträgt  $\tau_\tau = 2,91 \times 10^{-13} \text{ s}$ . Wie weit fliegen die  $\tau$ -Leptonen im Mittel im Ruhesystem des Z-Bosons?

**Aufgabe 3: Lorentztransformation des elektromagnetischen Feldes**

4 Punkte

- i) Leiten Sie aus dem Transformationsverhalten des Feldstärketensors 2P

$$F'^{\mu\nu} = \Lambda^\mu_\rho \Lambda^\nu_\sigma F^{\rho\sigma}$$

das Transformationsverhalten der Felder  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  unter einer Lorentztransformation entlang der  $z$ -Achse her.

- ii) Berechnen Sie die Komponenten des dualen Feldstärketensors 1P

$$\tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} F_{\rho\sigma}$$

- iii) Berechnen Sie die Größen  $F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$ ,  $F^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu}$ ,  $F_{\mu\nu} \tilde{F}^{\mu\nu}$  und  $\tilde{F}^{\mu\nu} \tilde{F}_{\mu\nu}$ . 1P

Wie verhalten sich diese unter Lorentztransformationen?