INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr. W. Brenig
Dipl.-Phys. F. Heidrich-Meisner

KLASSISCHE FELDTHEORIE SoSe 2003

5. Übungsblatt Abgabe: **Freitag, den 2.5.2003, 12.00 Uhr**

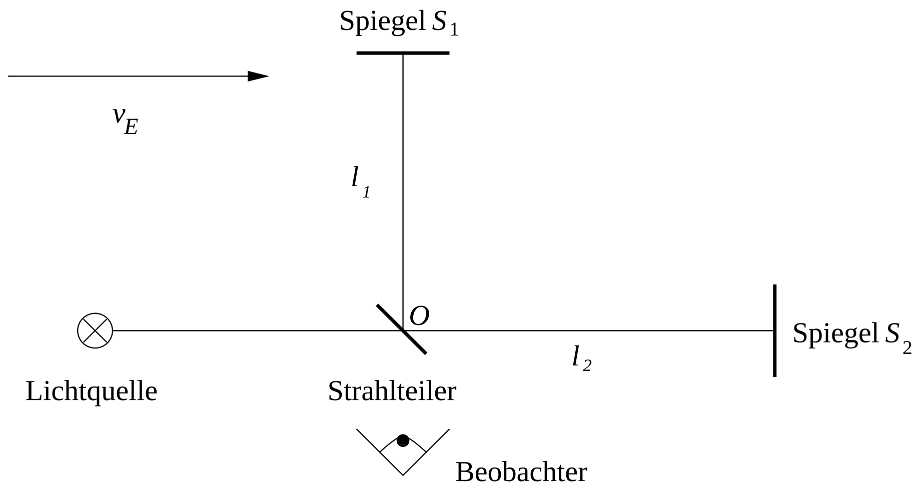
Fragen zu den Übungsaufgaben: F. Heidrich-Meisner, Raum A 313, Tel. 391-5184

Bearbeiten Sie als Hausaufgabe die **Aufgaben 6 b,c** und:

11. **Michelson-Morley Experiment**
Ursprünglich nahm man an, dass sich das Licht (analog zur Schallausbreitung) in einem besonderen Medium, dem *Äther*, ausbreitet. Die Lichtgeschwindigkeit c, die ein relativ zum Äther bewegter Beobachter mißt, müßte dann von seiner Bewegungsrichtung abhängen.
Im Michelson-Morley-Experiment (siehe Skizze) wird ausgenutzt, dass die Bahngeschwindigkeit v_E der Erde annähernd konstant ist. Wir nehmen im folgenden an, dass die Erde sich mit v_E relativ zum Äther bewegt.

(a) Welchen Gangunterschied s haben zwei Lichtstrahlen, von denen einer den Weg OS_1O und der andere die Strecke OS_2O zurückgelgt hat? Verwenden Sie die Galilei-Transformation. Entwickeln Sie Ihr Ergebnis für s bis zur Ordnung $(v_E/c)^2$.

(b) Wenn man das Interferometer um 90° dreht, ändert sich der Gangunterschied und das Interferenzmuster bei O verschiebt sich um Δn Interferenzstreifen. Berechnen Sie Δn. Verwenden Sie als Zahlenbeispiel: $v_E/c = 10^{-4}, l_1 = l_2 = 25\text{m}, \lambda = 5 \cdot 10^{-5}\text{cm}$. Vergleichen Sie mit dem experimentellen Wert von $\Delta n \approx 10^{-3}$.



12. **Lorentztensoren**

(a) Zeigen Sie: die Spur eines Lorentztensors zweiter Stufe ist ein Skalar.

(b) Die Beziehung $A^\mu = C^{\mu\nu} B_\nu$ gelte in jedem Inertialsystem, wobei A^μ, B^μ die kontravarianten Komponenten von Lorentzvektoren sind. Folgern Sie, dass $C^{\mu\nu}$ die kontravarianten Komponenten eines Lorentztensors zweiter Stufe sind.

13. **Transformation von Beschleunigungen**
Aus der Sicht eines Inertialsystems Σ bewege sich ein Teilchen mit der konstanten Beschleunigung $\vec{a} = a_0\vec{e}_1$. Welche Beschleunigung $\vec{a}\,'$ misst ein Beobachter aus einem relativ zu Σ mit $\vec{v} = v\,\vec{e}_1$ bewegtem Inertialsystem Σ'?
Hinweis: Bestimmen Sie zunächst dt', dx'_i und ermitteln Sie dann $u'_i = dx'_i/dt'$ und $a'_i = du'_i/dt'$.

14. **Relativistische Bewegungsgleichung**
    (a) Folgern Sie aus der relativistischen Bewegungsgleichung (4. Komponente!) für den Fall der Bewegung eines Teilchens mit der Ruhemasse m_0 unter dem Einfluß einer konstanten Kraft $\vec{K} = K\vec{e}_1$, dass $\gamma m_0 c^2 - Kx_1$ mit $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ eine Erhaltungsgrösse ist. Welche Bedeutung haben die auftretenden Größen?

    (b) Lösen Sie die relativistische Bewegungsgleichung durch direkte Integration für die Bewegung eines geladenen Teilchens in einem konstanten elektrischen Feld $\vec{E} = E\vec{e}_1$ mit den Anfangsbedingungen $\vec{r}(t = 0) = \vec{0}, \vec{v}(t = 0) = \vec{0}$. Vergleichen Sie mit der nicht-relativistischen Lösung dieses Problems. Skizzieren Sie $v_1(t), x_1(t)$ sowie deren nicht-relativistische Grenzfälle. Geben Sie die relativistische Gesamtenergie und die (relativistische) kinetische Energie an und skizzieren Sie letztere als Funktion von $|\vec{v}|$ und t.

15. **Teilchenzerfall**
Ein Σ^0-Teilchen bewegt sich auf einen Detektor zu und zwar mit der Geschwindigkeit $c/3$ aus der Sicht des Ruhesystems des Detektors. Das Teilchen zerfällt in ein Λ-Teilchen und ein Photon, bevor es den Detektor erreicht. Das Photon bewege sich nach dem Zerfall auf den Detektor zu.

    (a) Informieren Sie sich anhand geeigneter Literatur, was ein Σ^0- bzw. ein Λ-Teilchen ist und geben Sie Größen wie Masse und Lebensdauer an.

    (b) Welche Energie hat das Σ^0-Teilchen im Ruhesystem des Detektors?

    (c) Welche Energie hat das Photon im Ruhesystem des Σ^0-Teilchens?

    (d) Welche Energie (des Photons) wird im Detektor gemessen?

Geben Sie Ihre Ergebnisse in Abhängigkeit der Ruhemassen der Teilchen an. Sie können $c = 1$ setzen.