

## 11. Übungsblatt zur Theoretischen Physik II: Elektrodynamik Dielektrika, Spezielle Relativitätstheorie

**Abgabe:** 14.07.2004

### **Aufgabe 1** (5 Punkte): *Kraft auf Dielektrikum*

In einen Plattenkondensator, bestehend aus zwei parallelen, quadratischen Leiterplatten mit Kantenlänge  $a$  und Plattenabstand  $d$ , ist ein genau passendes Dielektrikum bis zu einer Tiefe  $h < a$  eingeschoben. Die Kondensatorplatten seien mit der Ladung  $Q > 0$  bzw.  $-Q < 0$  geladen.

1. Berechnen Sie unter Vernachlässigung von Randeffekten das elektrische Feld  $\mathbf{E}(\mathbf{x})$ , die dielektrische Verschiebung  $\mathbf{D}(\mathbf{x})$  und das Potential  $\phi(\mathbf{x})$  im gesamten Spalt des Kondensators. Geben Sie von einem homogen-isotropen Medium mit Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  aus.

2. Berechnen Sie die Kapazität  $C$  der Anordnung, die elektrostatische Feldenergie  $W_{el}$  und daraus die Kraft  $\mathbf{K}(\mathbf{x})$ , welche auf das Dielektrikum wirkt. (2,5 Punkte)

### **Aufgabe 2** (4 Punkte): *Raum(und)Zeit*

1. Erläutern Sie den Begriff *Inertialsystem* und geben Sie Beispiele für Inertialsysteme. (2 Punkte)

2. Vergleichen Sie die Begriffe von *Raum* und *Zeit* in der Newtonschen Mechanik mit denen in der Speziellen Relativitätstheorie. (2 Punkte)

### **Aufgabe 3** (5 Punkte): *Zeitdilatation*

1. Betrachten Sie eine Anordnung von zwei zur  $x$ -Achse parallelen Spiegeln, die mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v$  in  $x$ -Richtung gegenüber einem externen Beobachter bewegt werden. Berechnen Sie nun die Zeit, die das Licht braucht, um einen Rundweg zwischen den Spiegeln zurückzulegen, im Ruhesystem der bewegten Spiegel ( $\{x'\}$ ) sowie im Ruhesystem des externen Beobachters ( $\{x\}$ ) durch rein geometrische Methoden. Zeigen Sie, daß der Zusammenhang zwischen den gemessenen Zeitintervallen durch

$$\Delta t' = \sqrt{1 - (v/c)^2} \Delta t$$

gegeben ist.

(2 Punkte)

2. Der energiereiche Teil der sekundären kosmischen Strahlung, der aus höheren Schichten der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche gelangt, besteht hauptsächlich aus schnellen Myonen. Ruhende Myonen haben eine mittlere Lebensdauer von etwa  $\tau_0 = 2,2 \times 10^{-6} \text{s}$ . Betrachten Sie nun einen Strom von Myonen, welcher aus einer Höhe  $h = 10 \text{km}$  mit konstanter Geschwindigkeit  $v = 0,98c$  relativ zur Erde senkrecht auf die Erdoberfläche niedergeht. Die Intensität des Stromes in der Höhe  $h$  sei  $I_h$  bzw. an der Erdoberfläche  $I_0$ .

Berechnen Sie das Verhältnis  $I_0/I_h$  unter der Annahme, daß unterwegs nur durch den spontanen Zerfall Myonen verloren gehen. Welches Ergebnis würde eine nichtrelativistische Rechnung liefern? (3 Punkte)

### **Aufgabe 4** (6 Punkte): *Lorentz-Kontraktion*

1. Betrachten Sie in Anlehnung an die vorige Aufgabe den Weg, welchen ein Lichtstrahl in einem Rundweg zurücklegt, der sich zwischen zwei, gegenüber einem externen Beobachter mit der konstanten Geschwindigkeit  $v$  in  $x$ -Richtung bewegten, senkrecht zur  $x$ -Achse positionierten, parallelen Spiegeln bewegt. Leiten Sie wieder aus geometrischen Überlegungen den Zusammenhang zwischen der Wegstrecke im Ruhesystem der bewegten Spiegel ( $\{x'\}$ ) und der im Ruhesystem des externen Beobachters ( $\{x\}$ ) her, und zeigen Sie, daß dieser durch

$$\Delta x' = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \Delta x$$

gegeben ist.

(2 Punkte)

2. Mit welcher Geschwindigkeit muß ein Stab der Ruhelänge  $S_0$  in eine Garage der Ruhelänge  $G_0 < S_0$  getragen werden, wenn man die Garagentür schließen will, bevor sich ein Anstoß des Stabes an seinem hinteren Ende bemerkbar macht? Diskutieren Sie das Problem im Ruhesystem der Garage sowie im Ruhesystem des Stabes. Zeichnen Sie jeweils die Weltlinien der Stabenden sowie der Garagentür und -wand in ein entsprechendes Raumzeit-Diagramm ein. (4 Punkte)