

## Übungen zur Elektrodynamik

Abgabe Mittwoch, den 13.6.2001, 12:00 Uhr (Übungskästen)

**Aufgabe 16:** a) Zeigen Sie mittels geometrischer Überlegungen, dass beim Übergang von einem Medium 1 zu einem Medium 2 mit  $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$  die Feldlinien an der Grenzfläche vom Lot *weg* gebrochen werden. 4 Punkte

b) Welche Beziehung gilt für die Lotwinkel?

Hinweis: Nutzen Sie die Randbedingungen der Felder.

**Aufgabe 17:** Gegeben sei ein Kondensator, in den bis zur Höhe  $h$  ein Dielektrikum (Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon$ , Gesamtmasse  $M$ ) hineinragt und der durch eine Batterie auf konstanter Spannung  $U$  gehalten wird. Das Dielektrikum sei auf einer Feder der Federkonstanten  $k$  gelagert, siehe Abb. 1. 8 Punkte

a) Berechnen Sie die (freie) Flächenladungsdichte und Gesamtladung auf den Kondensatorplatten (Normalkomponente von  $\vec{D}$ , Randeffekte sind zu vernachlässigen).

b) Berechnen Sie die Änderungen  $\delta Q$  der Ladung und  $\delta W_F$  der Feldenergie im Kondensator, wenn  $h$  um  $\delta h$  geändert wird. Bestimmen Sie die Arbeit  $\delta W_B$ , die die Batterie leisten muss, um diese Ladungsänderung zu bewirken.

c) Berechnen Sie die Änderung  $\delta W_{pot}$  der potentiellen Energie des Dielektrikums (Feder, Schwerfeld). Nehmen Sie dafür an, dass sich das Dielektrikum für  $U = 0$  bei  $h = 0$  im mechanischen Gleichgewicht befindet. Für welches  $h$  gilt bei  $U \neq 0$  die Gleichgewichtsbedingung  $\delta W_B + \delta W_F + \delta W_{pot} = 0$ ?

**Aufgabe 18:** *Helmholtz-Spulen* sind eine einfache Vorrichtung, mit der in einem vorgegebenen Raumgebiet ein annähernd konstantes Magnetfeld erzeugt werden kann. Dazu sind zwei identische kreisförmige Leiterschleifen vom Radius  $r$  parallel zur  $x - y$ -Ebene angeordnet, die Mittelpunkte seien  $(0, 0, \pm a/2)$  mit  $a = r$ , siehe Abb. 2. Durch beide Kreise fließe in gleicher Richtung der Strom  $I$ . 6 Punkte

a) Bestimmen Sie das magnetische Feld entlang der  $z$ -Achse.

b) Entwickeln Sie diesen Ausdruck bis zur vierten Ordnung in  $z$ . Zeigen Sie insbesondere, dass die ersten drei Ableitungen verschwinden.

**Zusatzaufgabe:** Eine *Gradientenspule* dient der Erzeugung von Magnetfeldern, die möglichst linear vom Ort abhängen. Ihre Anordnung ist ähnlich der der Helmholtz-Spulen mit einem Schleifenabstand  $a \neq r$ . Die Leiterschleifen werden jetzt in entgegengesetzter Richtung von Strömen  $\pm I$  durchflossen. 4 Punkte

a) Bestimmen Sie das Magnetfeld auf der  $z$ -Achse.

b) Für welchen Wert von  $a$  ist das Feld in der Nähe von  $z = 0$  nahezu linear? Um welchen Prozentsatz weicht für dieses  $a$  das Feld bei  $z = \pm 0.7a$  von einem linearen Feld ab?

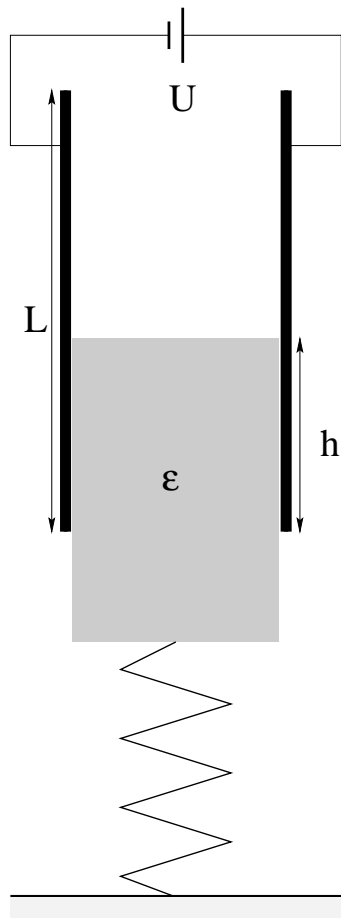


Abbildung 1: Plattenkondensator mit Dielektrikum

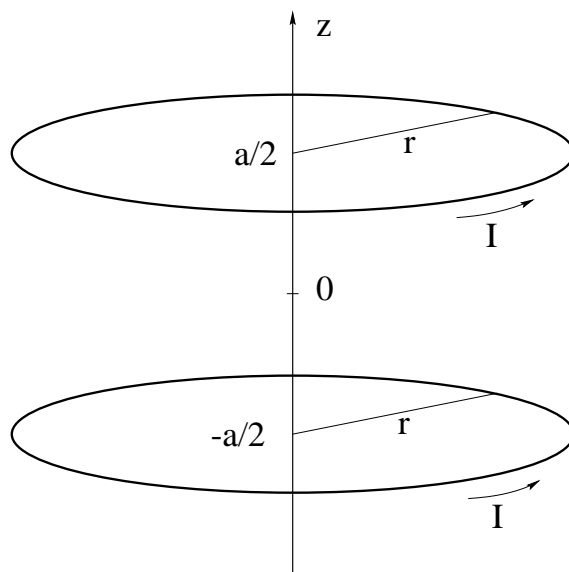


Abbildung 2: Helmholtz-Spulen