Nachklausur zur Experimentalphysik 2

Prof. Dr. M. Rief

Sommersemester 2010

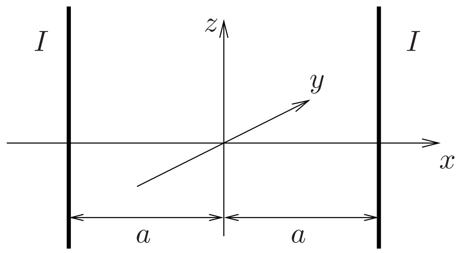
1.10.2010

Aufgabe 1: (4 Punkte)

An jeder Ecke eines Quadrats der Seitenlänge $s = 12\,\text{cm}$ befindet sich ein Teilchen mit der Ladung $q = 1\,\text{nC}$. Berechnen Sie die Arbeit, die man verrichten musste, um die geladenen Teilchen nacheinander aus dem Unendlichen an ihre Orte an den Ecken des Quadrates zu bringen. (Die elektrische Feldkonstante hat den Wert $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\text{As/Vm}$.)

Aufgabe 2: (6 Punkte)

In einem kartesischen Koordinatensystem befinden sich zwei unendlich lange Drähte parallel zur z-Achse, die vom selben Strom (nach Betrag und Richtung!) I durchflossen werden. Die Drähte sind von der z-Achse in positive bzw. negative x-Richtung um den Abstand a versetzt.



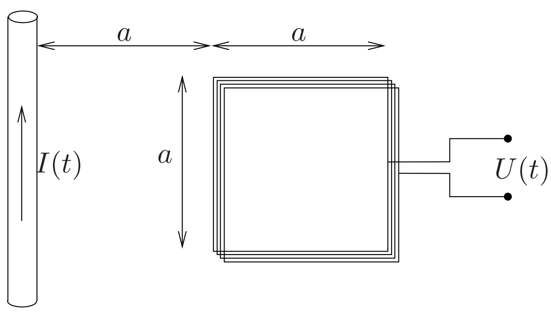
(a) Bestimmen Sie, ob sich die beiden Drähte anziehen oder abstoßen.

(b) Geben Sie das $\boldsymbol{B}$-Feld in allen Punkten auf der x-Achse an.

(c) Nun sei ein weiterer unendlich langer Draht vorhanden, der mit der z-Achse zusammenfällt und in dem der Strom I_0 fließt. Bestimmen Sie I_0 (nach Betrag und Richtung) so, dass auf alle Drähte keine Gesamtkraft wirkt.

Aufgabe 3: (6 Punkte)

Betrachten Sie die abgebildete Messanordnung, bestehend aus einem geraden Leiterdraht und einer flachen quadratischen Spule, die sich in der Ebene des Drahtes befindet. Im Draht fließt der Wechselstrom $I(t) = I_0 \sin \omega t$. Berechnen Sie $U(t)$ für $a = 6\,\text{cm}$, $N = 1500$ Windungen, $I_0 = 5\,\text{A}$ und $f = 50\,\text{Hz}$. Nehmen Sie an, dass der Draht unendlich lang ist und verschwindenden Querschnitt hat. Sie brauchen sich über die Vorzeichen keine Gedanken zu machen. Die magnetische Feldkonstante ist $\mu_0 = 12.57 \cdot 10^{-7}\,\text{Vs/Am}$.



Aufgabe 4: (7 Punkte)

(a) Leiten Sie den komplexen Widerstand eines Kondensators der Kapazität C her.

Betrachten Sie im Folgenden eine Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand R und einem Kondensator der Kapazität C, die an eine Wechselspannungsquelle der Amplitude $\hat{U}$ und Frequenz ω angeschlossen ist. Das System befinde sich im eingeschwungenen Zustand.

(b) Wie lautet die Übertragungsfunktion $Y(\omega)$ zwischen der (o.B.d.A. reellen) Spannungsamplitude $\hat{U}$ und der komplexen Stromamplitude $\hat{I}$? Schreiben Sie $Y(\omega)$ in einer Form, aus der man Real- und Imaginärteil ablesen kann.

(c) Geben Sie den zeitlichen Mittelwert der Wärmeerzeugungsrate im Widerstand als Funktion von $\hat{U}, \omega, R$ und C an.

Aufgabe 5: (6 Punkte)

(a) Ein elektrisches Feld im Vakuum ist gegeben durch

$$\boldsymbol{E}(t, \boldsymbol{r}) \; = \; \frac{1}{\sqrt{2}}(\boldsymbol{e}_x + \boldsymbol{e}_y) E_0 \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(z - ct)\right]$$

Berechnen Sie mit Hilfe einer geeigneten Maxwell-Gleichung das zugehörige $\boldsymbol{B}$-Feld.

(b) Die kosmologische Mikrowellenstrahlung erfüllt das Universum mit einer Energiedichte von $4 \cdot 10^{-14}\,\mathrm{J/m^3}$. In welcher Entfernung von einem Radiosender, der Kugelwellen mit einer Leistung von $1\,\mathrm{kW}$ abstrahlt, würde man dieselbe Strahlungsintensität finden?

Aufgabe 6: (6 Punkte)

Gliese 581 ist ein 20 Lichtjahre entfernter roter Zwergstern mit einer Oberflächentemperatur von $3480\,\mathrm{K}$ und einem Durchmesser von $400000\,\mathrm{km}$. Einer seiner Planeten, Gliese 581 d, hat einen mittleren Bahnradius von $30 \cdot 10^6\,\mathrm{km}$.

(a) Berechnen Sie die Helligkeit auf Gliese 581 d bei senkrechtem Lichteinfall im Vergleich zur Helligkeit auf der Erde. Nehmen Sie dafür näherungsweise an, dass die Helligkeit proportional zur gesamten empfangenen Strahlungsintensität ist. Die entsprechende Intensität auf der Erde ist $1\,\mathrm{kW/m^2}$.

(b) Berechnen Sie, ob sich Gliese 581 d in der „habitablen Zone“ seines Sterns befindet, ob also die Temperatur der Planetenoberfläche größer als die Gefriertemperatur und kleiner als die Siedetemperatur von Wasser (unter Normaldruck) ist.

Hinweise: Gehen Sie davon aus, dass die Oberflächentemperatur des Planeten räumlich und zeitlich konstant ist. Nehmen Sie an, dass es sich bei aller relevanten Strahlung um Schwarzkörperstrahlung handelt. Es ist $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2K^4}$.

Aufgabe 7: (9 Punkte)

Betrachten Sie den folgenden Kreisprozess: Ein ideales Gas der Anfangstemperatur T_h expandiert adiabatisch vom Volumen V_1 auf das Volumen V_2. Dann wird es isochor in Kontakt mit einem kalten Wärmereservoir der Temperatur T_c gebracht bis sich seine Temperatur der des Reservoirs angeglichen hat. Anschließend wird das Gas adiabatisch auf das Anfangsvolumen V_1 komprimiert. Im letzten Schritt wird das Gas isochor in Kontakt mit einem heißen Wärmereservoir der Temperatur T_h gebracht, bis es sich wieder im Anfangszustand befindet.

(a) Zeichnen und beschriften Sie das zugehörige pV-Diagramm.

(b) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad des Kreisprozesses durch

$$\eta \;=\; 1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1}$$

gegeben ist, wobei $TV^{\kappa-1} = \text{const.}$ die Adiabatengleichung des idealen Gases ist.

(c) Was können Sie ohne jede Rechnung über das Verhältnis des Wirkungsgrades des betrachteten Kreisprozesses zum Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses zwischen denselben Wärmereservoirs T_h und T_c aussagen?