Nachklausur zur Experimentalphysik 2

Prof. Dr. M. Rief

Sommersemester 2011

14. Oktober 2011

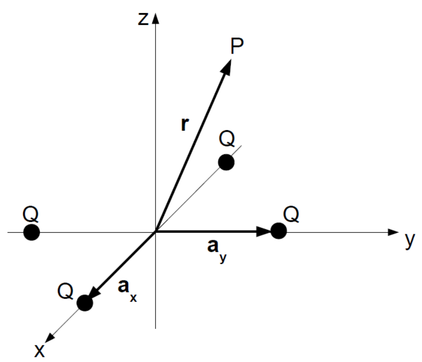
Zugelassene Hilfsmittel:

- 1 beidseitig handbeschriebenes DIN A4 Blatt
- 1 nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Bearbeitungszeit 90 Minuten. Es müssen nicht alle Aufgaben vollständig gelöst sein, um die Note 1,0 zu erhalten.

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Vier positive Punktladungen gleicher Größe Q sitzen in der Ebene $z = 0$ eines kartesischen Koordinatensystems auf den Ecken eines Quadrats, nämlich in den Punkten $\mathbf{a}_x$, $-\mathbf{a}_x$, $\mathbf{a}_y$, $-\mathbf{a}_y$ mit $\mathbf{a}_x = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ und $\mathbf{a}_y = \begin{pmatrix} 0 \\ a \\ 0 \end{pmatrix}$ (siehe Abbildung). Die Anordnung befindet sich im Vakuum, d.h. es sei überall $\epsilon = \epsilon_0$.



a) Geben Sie das Potential der Ladungsverteilung im Punkt P mit dem Ortsvektor $\mathbf{r}$ an.

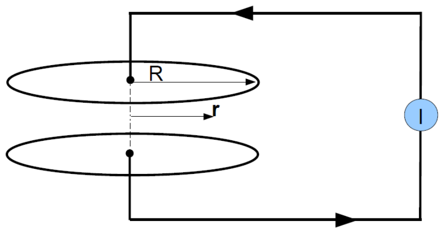
b) Zeigen Sie, dass sich die Ladungsverteilung für große Abstände wie eine Punktladung verhält.

c) Wie groß muss eine Ladung q als Kompensation im Ursprung des Koordinatensystems relativ zu Q sein, damit die Kräfte auf die Ladungen Q verschwinden?

d) Bestimmen Sie das Potential auf der $z-$Achse als Funktion von z.

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Ein sehr großer Kondensator mit Radius R und Plattenabstand d wird langsam mit einem konstanten Strom I geladen. Während der Kondensator geladen wird, erhöht sich das elektrische Feld zwischen den Platten als Funktion der Zeit. Wie in der Abbildung zu sehen ist, sei r der Radialabstand von der Achse des Kondensators.



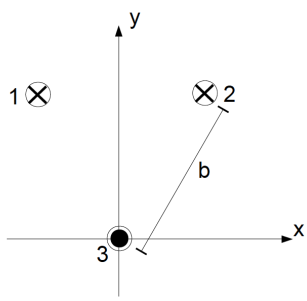
a) Zu einem bestimmten Zeitpunkt t hat die Flächenladungsdichte den Wert σ. Bestimmen Sie das elektrische Feld $\mathbf{E}$ zwischen den Platten zu diesem Zeitpunkt.

b) Bestimmen Sie die Veränderung des E-Feldes zwischen Platten, $\frac{dE}{dt}$ in Abhängigkeit des Stromes I, Radius R und Konstanten.

c) Nahe dem Mittelpunkt der Platten ist das zeitlich variable elektrische Feld im Raum konstant. Bestimmen Sie das Magnetfeld $B(r)$ zwischen den Platten für $r < R$ als abhängig von I, R und anderen Konstanten. Geben Sie die Größe und Richtung des Feldes an.

Aufgabe 3 (6 Punkte)

Drei sehr lange Drähte sind wie in der Abbildung gezeigt in einem gleichseitigen Dreieck mit Seitenlänge b angeordnet. Draht 1 und 2 tragen Strom in die Zeichenebene hinein während Draht 3 Strom aus der Zeichenebene hinaus leitet. Die Beträge der Ströme sind in allen drei Drähten gleich groß. Draht 3 befindet sich im Ursprung des Koordinatensystems.



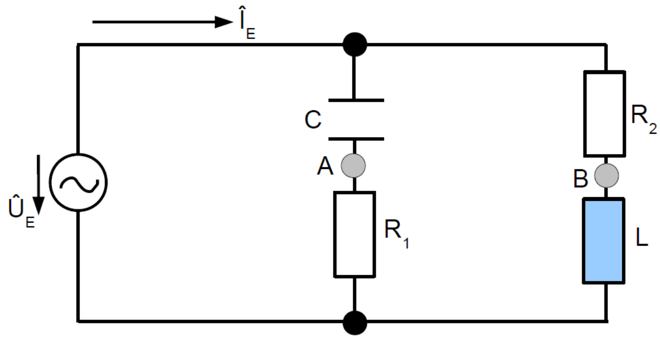
a) Bestimmen Sie das Magnetfeld $\mathbf{B}$ bei Draht 1, das durch die Ströme der beiden anderen Drähte hervorgerufen wird.

b) Berechnen Sie die Kraft pro Längeneinheit auf Draht 1.

Aufgabe 4 (8 Punkte)

Gegeben ist die skizzierte Brückenschaltung, bestehend aus einer Kapazität C, einer Induktivität L und zwei Widerständen R_1 und R_2. Die Schaltung werde von einer idealen Wechselspannungsquelle mit $\hat{U}_e$ und der Kreisfrequenz ω gespeist.

Hinweis: Rechnen Sie im Komplexen.



Leiten Sie eine Beziehung zwischen R_1, R_2, L und C her, für welche die Spannungsdifferenz zwischen den Punkten A und B Null wird.

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Eine linear polarisierte elektromagnetische Welle breitet sich im Vakuum in negativer $y-$Richtung aus. Das magnetische Feld $\mathbf{B}$ ist sinusförmig mit der Amplitude B_0 und ist in der $z-$Richtung ausgerichtet. Die Geschwindigkeit der Welle beträgt $c = \frac{\omega}{k}$. Bei $y = 0$, $t = 0$ ist $\mathbf{B} = B_0\mathbf{e}_z$, wobei $\mathbf{e}_z$ der Einheitsvektor in $z-$Richtung ist.

a) Bestimmen Sie die Vektoren $\mathbf{E}$ und $\mathbf{B}$.

b) Skizzieren Sie eine Wellenlänge der elektrischen und magnetischen Welle im kartesischen Koordinatensystem. Zeichnen Sie wenigstens je ein Beispiel der $\mathbf{E}-$ und $\mathbf{B}-$Vektoren ein.

c) Die Welle trifft auf eine komplett absorbierende glatte Oberfläche mit Fläche A, die senkrecht zur Fortbewegungsrichtung liegt. Ein Beobachter dieser Fläche misst die Energie U, die in einer Zeit $t = 10(2\pi/\omega)$ absorbiert wird. Bestimmen Sie U als Funktion von B_0, A, ω und Konstanten.

Aufgabe 6 (10 Punkte)

Gegeben sei ein beheizbares, nicht isoliertes Zimmer mit dem Volumen 75m^3 und der Anfangstemperatur 14°C. Die Heizung werde nun aufgedreht bis die Endtemperatur 20°C erreicht ist.

a) Wie groß ist die in der Zimmerluft anfänglich enthaltene Energie?

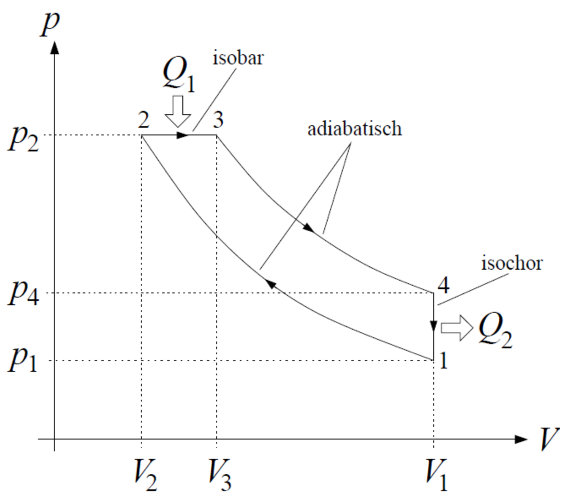
b) Wie groß ist die Energie der Zimmerluft nach Beendigung des Heizvorgangs? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Welche Wärmeenergie hat die Heizung abgegeben?

Hinweis: Betrachten Sie Luft näherungsweise als reinen Stickstoff N_2 und diesen als ideales Gas. Der Luftdruck soll 1013hPa betragen und sich durch das Heizen nicht verändern. Verwenden Sie die aus der Vorlesung bekannten Gleichungen für die innere Energie eines idealen Gases sowie für die Wärmekapazität bei konstantem Druck.

Aufgabe 7 (10 Punkte)

Das folgende Diagramm zeigt das Arbeitsdiagramm eines Dieselmotors.



$a)$ Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad ν_{Diesel} für diesen Dieselmotor geschrieben werden kann als:

$$\nu_{Diesel} = 1 - \frac{r_e r_k}{\kappa} \frac{r_e^{-\kappa} - r_k^{-\kappa}}{r_k - r_e} \tag{1}$$

wobei $\kappa = \frac{C_P}{C_V}$, $r_k = \frac{V_1}{V_2}$ das Kompressionsverhältnis und $r_e = \frac{V_4}{V_3} = \frac{V_1}{V_3}$ das Expansionsverhältnis bezeichnet.

$b)$ Berechnen Sie den Zahlenwert des Wirkungsgrades ν_{Diesel} für ein ideales zweiatomiges Arbeitsgas, indem Sie $r_k = 14$ und $r_e = 5$ annehmen.

Hinweis: Schreiben Sie zunächst den Wirkungsgrad des Dieselmotors als Funktion der im Arbeitsschritt zwischen 2 und 3 zugeführten Wärmemenge Q_1 sowie der zwischen 4 und 1 abgeführten Wärmemenge Q_2 auf. Betrachten Sie nun ein Mol eines idealen zweiatomigen Gases als Arbeitsmedium und bestimmen Sie Q_1 als Funktion von C_P, p und V sowie Q_2 als Funktion von C_V, p und V. Nutzen Sie weiterhin aus, dass der Arbeitsschritt von 1 nach 2 und der von 3 nach 4 adiabatisch ist, also pV^κ =const., $\kappa = \frac{C_P}{C_V}$.

Konstanten

- Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 3 \times 10^8$m/s
- Erdbeschleunigung $g = 9.81$m/s^2
- Gravitationskontante $G = 6.67 \times 10^{-11}$m^3/(kgs^2)
- Elektrische Feldkonstante $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$(As)/(Vm)