
Nachholklausur zur Experimentalphysik 2

Prof. Dr. F. Simmel

Sommersemester 2009

8.10.2009

Aufgabe 1: (3 Punkte)

Ein Block aus Kupfer rutscht eine schiefe Ebene mit einer Länge von 10 m und einem Gefälle von 30° hinunter. Der Reibungskoeffizient zwischen Kupfer und dem Material der Ebene betrage $\mu_R = 0.2$. Wie stark erwärmt sich der Kupferblock, wenn man davon ausgeht, dass die gesamte Reibungsarbeit in eine gleichmäßige Erwärmung des Kupferblocks übergeht? Die spezifische Wärmekapazität von Kupfer ist $c = 386 \text{ J/kg K}$.

Aufgabe 2: (6 Punkte)

Ein Mol eines 2atomigen idealen Gases expandiert adiabatisch vom Anfangszustand bei 340 K und 5000 hPa in einen Endzustand mit verdoppeltem Volumen. Wie groß sind die Endtemperatur des Gases, die bei der Expansion verrichtete Arbeit sowie die Entropieänderung des Gases

(a) wenn die Expansion reversibel abläuft,

(b) wenn es sich um eine freie Expansion in einen leeren Raum handelt?

Die universelle Gaskonstante hat den Wert $R = 8.31 \text{ J/mol K}$.

Aufgabe 3: (10 Punkte)

(a) Benennen Sie die Schritte, aus denen der Carnot-Prozess besteht und zeichnen Sie ein entsprechendes pV -Diagramm.

(b) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses als

$$\eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_h}$$

geschrieben werden kann. Geben Sie die genaue Definition von Q_c und Q_h an, damit die Gleichung in dieser Form gilt.

(c) Betrachten Sie nun eine Carnot-Maschine, die mit Photonengas als Arbeitsmedium läuft. Dieses hat die Zustandsgleichung

$$p = \frac{1}{3}bT^4$$

und die innere Energie

$$U = bT^4V$$

Berechnen Sie die am Photonengas bei einer isothermen Volumenänderung verrichtete Arbeit und daraus die bei einer isothermen Volumenänderung zugeführte Wärme.

(d) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad der Carnot-Maschine mit Photonengas gegeben ist durch

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

(Hinweis: Die Adiabatangleichung des Photonengases lautet $T^3V = \text{const.}$)

Aufgabe 4: (7 Punkte)

Ein Plattenkondensator mit Plattenabstand d und Plattenfläche A ist mit einer Spannungsquelle U verbunden.

(a) Welche Ladungsmenge befindet sich auf den Kondensatorplatten und wie groß ist das elektrische Feld im Kondensator?

(b) Eine isolierende Platte der Dielektrizitätszahl ε_r derselben Fläche A und der Dicke $d_D \leq d$ wird zwischen die Kondensatorplatten geschoben. Wie groß ist nun das elektrische Feld im Dielektrikum und im Zwischenraum?

(c) Nun wird der Kondensator von der Spannungsquelle getrennt und das Dielektrikum wieder entfernt. Wie groß ist danach die Spannung zwischen den Kondensatorplatten?

(Hinweis: Randeffekte können vernachlässigt werden.)

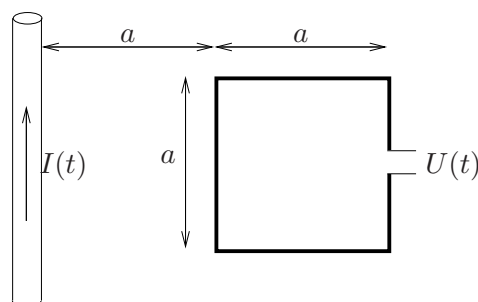
Aufgabe 5: (7 Punkte)

In einem kartesischen Koordinatensystem ist der Halbraum $z < 0$ mit einem magnetisierbaren Material der Permeabilitätszahl μ_r gefüllt, der Halbraum $z > 0$ ist leer. Auf der Oberfläche des magnetisierbaren Materials verläuft entlang der y -Achse ein unendlich langer gerader Draht mit vernachlässigbarem Querschnitt, durch den ein konstanter Strom der Stärke I in positive y -Richtung fließt. Bestimmen Sie die Beträge von \mathbf{H} , \mathbf{B} und \mathbf{M} im Leerraum und im magnetisierbaren Material.

(Hinweis: Nehmen Sie an, dass \mathbf{H} , \mathbf{B} und \mathbf{M} die Form $\mathbf{H}(\mathbf{r}) = H_a(r)\mathbf{e}_\varphi$ im Außenraum bzw. $\mathbf{H}(\mathbf{r}) = H_i(r)\mathbf{e}_\varphi$ im Innenraum haben etc., wobei r der Abstand zum Draht und φ der Winkel um die y -Achse ist, und gehen Sie aus von $\int_{\partial A} d\mathbf{r} \cdot \mathbf{H} = \int_A d\mathbf{S} \cdot \mathbf{j}$.)

Aufgabe 6: (8 Punkte)

Betrachten Sie die abgebildete Anordnung, bestehend aus einem unendlich langen geraden Draht mit vernachlässigbarem Querschnitt und einer flachen quadratischen Leiterschleife, die sich in der Ebene des Drahtes befindet. Im Draht fließt für $t > 0$ der Strom $I(t) = I_0(1 - e^{-\gamma t})$.



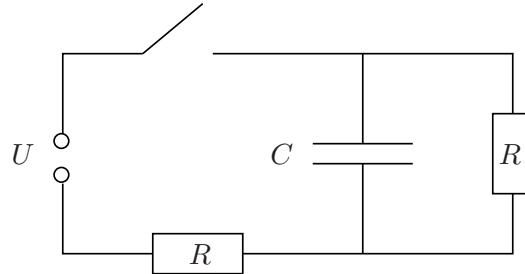
(a) Geben Sie das Magnetfeld des Drahtes an.

(b) Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung $U(t)$ für $a = 5 \text{ cm}$, $I_0 = 10 \text{ A}$ und $\gamma = 0.2/\text{s}$. Sie brauchen sich über die Vorzeichen hier keine Gedanken zu machen. Die magnetische Feldkonstante ist $\mu_0 = 12.57 \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$.

(c) Geben Sie Richtung und Betrag der Kraft an, die auf die Leiterschleife wirkt. Nehmen Sie dabei an, dass die Leiterschleife den ohmschen Widerstand R besitzt und ihre Selbstinduktivität zu vernachlässigen ist. (Sie brauchen keine Zahlenwerte einzusetzen.)

Aufgabe 7: (8 Punkte)

Betrachten Sie die skizzierte Schaltung aus einem Kondensator C und zwei identischen Widerständen R . Für $t < 0$ sei der Schalter geöffnet und der Kondensator ungeladen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter geschlossen und die Schaltung mit der Spannungsquelle der konstanten Spannung U verbunden.



- (a) Wie groß ist der Gesamtstrom im Stromkreis unmittelbar nach dem Schließen des Schalters? Wie groß ist die Ladung des Kondensators und der Gesamtstrom im Stromkreis für sehr große Zeiten?
- (b) Berechnen Sie für $t > 0$ den Gesamtstrom im Stromkreis und die Ladung des Kondensators als Funktionen der Zeit, indem Sie eine geeignete Differentialgleichung aufstellen und lösen.

Aufgabe 8: (9 Punkte)

Der Sendedipol einer Mondlandefähre erzeugt elektromagnetische Wellen, deren maximale elektrische Feldstärke im Abstand $r_1 = 400$ m senkrecht zur Dipolachse $E_1 = 0.7$ V/m beträgt.

- (a) Für die elektrische und magnetische Energiedichte einer elektromagnetischen Welle gilt

$$u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{2\mu_0} B^2 = u_B$$

Was folgt daraus für das Verhältnis E/B , und wie groß ist die maximale magnetische Feldstärke B_1 im Abstand r_1 senkrecht zur Dipolachse?

- (b) Wie groß ist die mittlere Strahlungsintensität in einem Abstand r_2 unter einem Winkel ϑ zur Dipolachse, ausgedrückt durch E_1 und r_1 ?
- (c) Welche Werte haben die mittleren Strahlungsintensitäten senkrecht zur Dipolachse im Abstand r_1 und auf der Erde ($r_2 = 384000$ km)? Welche mittleren Intensitäten erhält man unter einem Winkel von 45° zur Dipolachse?
- (d) Der Empfänger auf der Erde benötigt als Mindestfeldamplitude $0.5 \mu\text{V/m}$. Kann er Signale vom Mond unter einem Winkel von 45° zur Dipolachse empfangen?