Probeklausur zur Experimentalphysik 2

Prof. Dr. F. Simmel

Sommersemester 2009

14.7.2009

Bitte beachten Sie: Die Probeklausur enthält – wie die eigentliche Klausur auch – mehr Aufgaben als in 90 Minuten bearbeitet werden können. Man kann daher in der Klausur die Note 1,0 auch erhalten, *ohne* alle Aufgaben zu bearbeiten.

Aufgabe 1: (XX Punkte)

(a) Was versteht man unter dem Carnot-Prozess?

(b) Welchen Wert hat der Wirkungsgrad einer idealen Wärmekraftmaschine, die auf dem Carnot-Prozess beruht?

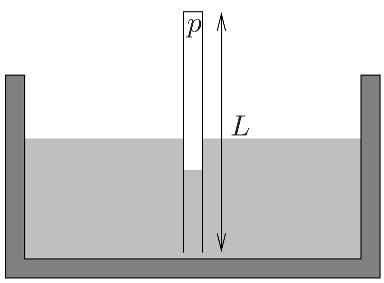
(c) Leiten Sie den Carnotschen Wirkungsgrad her, indem Sie sich rein auf Entropiebetrachtungen stützen, d.h. *ohne* konkrete Annahmen über das Arbeitsmedium und den Arbeitszyklus zu machen.

Aufgabe 2: (XX Punkte)

Betrachten Sie ein 1atomiges ideales Gas, das in einem Zylinder mit beweglichem Kolben eingeschlossen ist. Das Volumen des Gases sei V_1, sein Druck p_1 und seine Temperatur sei gleich der Umgebungstemperatur T_u. Nun wird der Kolben in den Zylinder bewegt und das Gas isotherm auf das Volumen V_2 komprimiert. Um wieviel hat sich die Entropie des Gases durch die Kompression verändert? Um wieviel hat sich die Entropie der Umgebung dabei verändert? Ist die Kompression reversibel oder irreversibel? (Diese Fragen sollen beantwortet werden, *ohne* die fertige Formel für die Entropie des idealen Gases zu verwenden.)

Aufgabe 3: (XX Punkte)

Die Wassertiefe in einem Becken soll bestimmt werden, indem man ein einseitig verschlossenes Rohr der Länge L mit der offenen Seite nach unten senkrecht in das Becken taucht bis es den Grund fast berührt (siehe Skizze). Durch die Kompression der im Rohr befindlichen Luft erhöht sich ihr Druck, der sofort nachdem das Rohr in Position ist mit einem Sensor am verschlossenen Ende gemessen wird. Wie tief steht das Wasser im Becken, wenn der Drucksensor den Wert p anzeigt? Behandeln Sie die Luft als ein 2atomiges ideales Gas und vernachlässigen Sie die Änderung des Wasserspiegels durch das Eintauchen des Rohres.



Aufgabe 4: (XX Punkte)

In einem Volumen, das durch zwei konzentrische kugelförmige Flächen der Radien R_1 und R_2 mit $R_1 < R_2 < 2R_1$ begrenzt ist, befindet sich eine Ladungsverteilung mit Raumladungsdichte $\rho = a/r^2$.

(a) Wie groß ist die gesamte Ladung zwischen den Flächen?

(b) Berechnen und skizzieren Sie die elektrische Feldstärke im gesamten Raum, d.h. für alle r zwischen 0 und ∞.

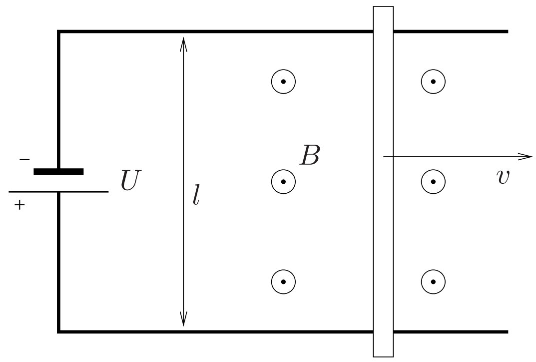
(c) Wie lautet das Integral mit dem Sie das elektrische Potential aus der Feldstärke in Teil (b) berechnen könnten? Skizzieren Sie das Potential im gesamten Raum, d.h. für alle r zwischen 0 und ∞.

Aufgabe 5: (XX Punkte)

Berechnen Sie das statische Magnetfeld zweier konzentrischer unendlich langer Rohre mit Innenradien r_1 und r_2 und Wandstärke d, die in entgegengesetzter Richtung jeweils vom Strom der Stärke I durchflossen werden. Bestimmen und skizzieren Sie $B(r)$ für $0 < r < \infty$. Die jeweilige Stromdichte in den Rohren sei räumlich konstant. (Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass das Magnetfeld die Form $\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = B_\varphi(r)\boldsymbol{e}_\varphi$ hat.)

Aufgabe 6: (XX Punkte)

Ein Metalldraht mit Masse m und Widerstand R gleitet reibungsfrei auf zwei parallelen Metallschienen mit vernachlässigbarem Widerstand in einem zeitlich konstanten homogenen Magnetfeld B (siehe Abbildung). Die Batterie liefert die konstante Spannung U.



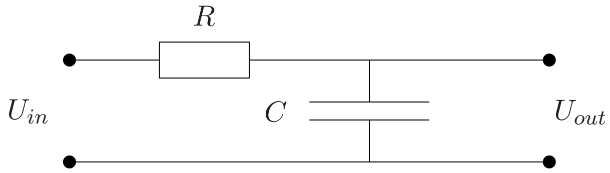
(a) Zu einem bestimmten Zeitpunkt habe die Geschwindigkeit des Drahtes entlang der Schienen den Wert v. Wie groß sind zu diesem Zeitpunkt die im Draht induzierte Spannung und der Strom im Draht?

(b) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Draht auf und bestimmen Sie $v(t)$, wenn der Draht anfänglich ruht. Was geschieht für $t \to \infty$?

(c) Bestimmen Sie den Grenzwert des Stroms für $t \to \infty$.

Aufgabe 7: (XX Punkte)

Betrachten Sie die in der folgenden Abbildung dargestellte Schaltung.



(a) Stellen Sie die Differentialgleichung für die Ausgangsspannung $U_{out}(t)$ auf, wenn die Eingangsspannung $U_{in}(t)$ eine bekannte Funktion der Zeit ist.

(b) Lösen Sie die Differentialgleichung für den Fall $U_{in}(t) = U_0 \sin \omega t$, indem Sie für die spezielle Lösung den Ansatz $A \sin(\omega t + \varphi)$ machen und die allgemeine homogene Lösung addieren.

(c) Geben Sie die Amplitude der Ausgangsspannung als Funktion von ω und U_0 an, nachdem sich das System eingeschwungen hat. Warum bezeichnet man diese Anordnung als „Tiefpassfilter“?

(Hinweis: $\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$, $\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$)

Aufgabe 8: (XX Punkte)

Die mittlere abgestrahlte Leistung eines Hertzschen Dipols der Länge L, in dem der Strom $I(t) = I_0 \sin \omega t$ oszilliert, ist gegeben durch

$$\bar{P} \;=\; \frac{I_0^2 L^2 \omega^2}{12\pi\varepsilon_0 c^3}$$

Der Strahlungswiderstand eines Senders ist nun definiert als der Wert eines hypothetischen Ohmschen Widerstandes, dessen Energiedissipation genau so groß wie die abgestrahlten Leistung des Senders ist, wenn man beide an denselben Wechselstrom anschließt. Zeigen Sie, dass der Strahlungswiderstand des Hertzschen Dipols

$$R \;=\; 791\,\Omega \cdot \left(\frac{L}{\lambda}\right)^2$$

beträgt. ($\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{As/Vm}$, $c = 2.99 \cdot 10^8\,\mathrm{m/s}$)