# Probeklausur zur Experimentalphysik 2

**Prof. Dr. M. Rief**

**Sommersemester 2010**

**20.7.2010**

## Aufgabe 1: (5 Punkte)

Betrachten Sie ein beheizbares Zimmer mit dem Volumen $75\,\mathrm{m}^3$ und der Anfangstemperatur $14°\mathrm{C}$. Die Heizung werde nun aufgedreht bis die Endtemperatur $20°\mathrm{C}$ erreicht ist. Das Zimmer ist bis auf die in ihm enthaltene Luft leer.

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

(b) Wie groß ist die Energie der Zimmerluft nach Beendigung des Heizvorgangs?

(c) Welche Wärmemenge hat die Heizung abgegeben?

Betrachten Sie Luft näherungsweise als reinen Stickstoff. Der Luftdruck im Zimmer und außerhalb sei konstant $1013\,\mathrm{hPa}$.

## Aufgabe 2: (10 Punkte)

(a) Benennen Sie die Schritte, aus denen der Carnot-Prozess besteht und zeichen 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

$$p = \frac{1}{3} b T^4$$

und die innere Energie

$$U = b T^4 V$$

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 Adiabatengleichung des Photonengases lautet $T^3 V = \mathrm{const.}$)

## Aufgabe 3: (5 Punkte)

Auf zwei konzentrischen leitenden Kugelflächen mit den Radien $R_1$ und $R_2$ befinden sich die Ladungen $Q$ und $-Q$.

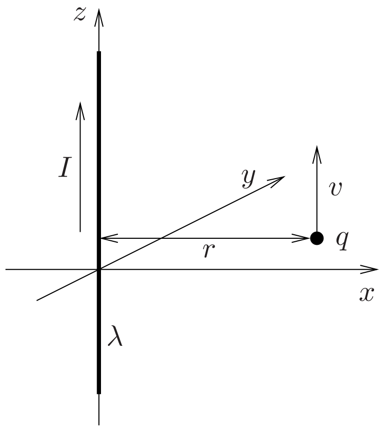
(a) Bestimmen Sie die Feldstärke zwischen den beiden Kugeln als Funktion von $r$.

(b) Berechnen Sie vorzeichenrichtig die Potentialdifferenz zwischen innerer und äußerer Kugelschale.

(c) Wie groß ist die Kapazität dieses Kugelkondensators?

## Aufgabe 4: (4 Punkte)

(4 Punkte) Gegeben sei ein langer dünner Draht mit Längenladungsdichte $\lambda$. Im Draht fließe außerdem ein Strom der Stärke $I$.




(a) Zeigen Sie, dass elektrisches und magnetisches Feld des Drahtes gegeben sind durch

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{x}) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\,\boldsymbol{e}_r \quad , \quad \boldsymbol{B}(\boldsymbol{x}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\,\boldsymbol{e}_\varphi$$

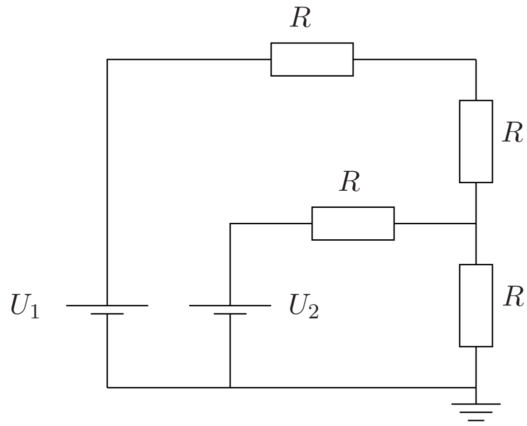
(b) Mit welcher Geschwindigkeit $v$ muss ein Teilchen mit Masse $m$ und Ladung $q$ parallel entlang des Drahtes fliegen, damit der Abstand $r$ zwischen Ladung und Draht konstant ist?

## Aufgabe 5: (7 Punkte)

In einem kartesischen Koordinatensystem ist der Halbraum $z < 0$ mit einem magnetisierbaren Material der Permeabilitätszahl $\mu_r$ 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 $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{B}$ und $\boldsymbol{M}$ im Leerraum und im magnetisierbaren Material.
(Hinweis: Nehmen Sie an, dass $\boldsymbol{H}$, $\boldsymbol{B}$ und $\boldsymbol{M}$ die Form $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = H_a(r)\boldsymbol{e}_\varphi$ im Außenraum bzw. $\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) = H_i(r)\boldsymbol{e}_\varphi$ im Innenraum haben etc., wobei $r$ der Abstand zum Draht und $\varphi$ der Winkel um die $y$-Achse ist, und gehen Sie aus von $\int_{\partial A} d\boldsymbol{r}\cdot\boldsymbol{H} = \int_A d\boldsymbol{S}\cdot\boldsymbol{j}$.)

## Aufgabe 6: (5 Punkte)

Betrachten Sie das abgebildete Widerstandsnetzwerk und bestimmen Sie das Verhältnis der beiden Eingangsspannungen $U_1$ und $U_2$ so, dass durch den oberen Widerstand kein Strom fließt.




## Aufgabe 7: (8 Punkte)

(a) Das Fernfeld eines Hertzschen Dipols der Länge $L$ in dem ein Strom $J(t) = J_0 \sin \omega t$ oszilliert, hat in Kugelkoordinaten die Komponenten

$$E_\vartheta = \frac{J_0 L \omega}{4\pi\varepsilon_0 c^2 r} \sin\vartheta \, \sin(\omega t - kr) \quad , \quad B_\varphi = -\frac{J_0 L \omega}{4\pi\varepsilon_0 c^3 r} \sin\vartheta \, \sin(\omega t - kr)$$

(Alle anderen Komponenten verschwinden.) Zeigen Sie, dass die mittlere abgestrahlte Leistung gegeben ist durch

$$\bar{P} = \frac{J_0^2 L^2 \omega^2}{12\pi\varepsilon_0 c^3}$$

Hinweis: $\int_0^\pi d\vartheta \, \sin^3\vartheta = 4/3$

(b) Der Strahlungswiderstand eines Senders ist definiert als der Wert eines hypothetischen Ohmschen Widerstandes, dessen Energiedissipation 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. ($\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ As/Vm , $c = 2.99 \cdot 10^8$ m/s)