

Repetitorium zu

Experimentalphysik 2

**Ferienkurs am Physik-Department der
Technischen Universität München**

Gerd Meisl

5. August 2008

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--------------------------|----------|
| 1 | Übungsaufgaben | 2 |
| 1.1 | Übungsaufgaben | 2 |

1 Übungsaufgaben

1.1 Übungsaufgaben

Aufgabe 1 (Binnendruck und Kovolumen) Für CO_2 ($M = 44 \text{ g/mol}$) ist die kritische Temperatur $T_k = 304,2\text{K}$ und der kritische Druck $p_k = 7,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, seine Dichte am kritischen Punkt $\rho_k = 46 \text{ kg/m}^3$. Berechnen Sie den Binnendruck und das Eigenvolumen und vergleichen Sie die Werte mit dem Druck und Volumen bei Normalbedingungen ($p=10^5 \text{ Pa}$, $T = 273\text{K}$)!

Aufgabe 2 (reales Gas) 1. 9 g Helium (Molmasse 4 g/mol) besitzen bei 101 kPa ein Volumen von 10l. Welche Temperatur hat das Gas, wenn sie die Gleichung für ein reales Gas mit $a = 3,45 \frac{\text{l}^2 \text{ kPa}}{\text{mol}^2}$ und $b = 0,0237 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$ verwenden. Das Gas wird jetzt aufgeheizt, bis das Volumen 20 l beträgt, berechnen Sie die Endtemperatur. Schließlich wird das Gas bei konstantem Volumen auf 350K erwärmt, wie groß ist jetzt der Druck?

2. Berechnen Sie P_2 für ein ideales Gas und für Wasser ($a = 551 \frac{\text{l}^2 \text{ kPa}}{\text{mol}^2}$ und $b = 0,0305 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$) und vergleichen sie die Ergebnisse.

Aufgabe 3 (homogen geladene Kugel) Berechnen sie das elektrische Felder einer homogen geladenen Kugel mit Radius R und

$$\rho(r) = \begin{cases} \frac{Q}{\frac{4\pi}{3}R^3} & r < R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

Aufgabe 4 (Potential und elektrisches Feld) Berechnen Sie das Potential und daraus, durch Berechnung des Gradienten, das Elektrische Feld am Ursprung für ein Teilchen mit $-e$ bei $\vec{r}_1 = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

und ein Teilchen mit $3e$ bei $\vec{r}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$! Welche Arbeit muss man Aufwenden um die Ladungen zu trennen?

Aufgabe 5 (elektrischer Fluss) Berechnen Sie explizit den Elektrischen Fluss durch eine Kugel mit ein Ladung Q im Mittelpunkt.

Aufgabe 6 (Kugelfelder) Gegeben sei eine geladene Kugel mit Radius a . Berechnen und skizzieren Sie die elektrischen Felder und Potentiale sowohl innerhalb als auch außerhalb der Kugel für den Fall

- einer leitenden Kugel.
- einer Kugel mit sphärischer Ladungsverteilung, mit $\rho \propto r^n$, $n > -3$ variiert. Skizzieren Sie die Fälle $n = -2$ und $n = +2$.

Aufgabe 7 (Wassermolekül im homogenen elektrischen Feld) Das Sauerstoffatom eines Wassermoleküls befinde sich im Ursprung. Eines der beiden Wasserstoffatome liegt bei $x_1 = 0,077\text{nm}$, $y_1 = 0,058\text{nm}$ und das andere bei $x_2 = -0,077\text{nm}$, $y_2 = 0,058\text{nm}$.

- Berechnen sie das Dipolmoment des H_2O -Moleküls unter der Annahme, dass die H-Atome ihre Elektronen ganz an das O-Atom abgeben.
- Der Wasserdipol befindet sich nun in einem homogenen elektrischen Feld der Stärke $4 \cdot 10^4 \text{V/m}$. Welchen Betrag hat das Drehmoment auf den Dipol, wenn er parallel, senkrecht oder in einem Winkel von 30° zum E-Feld liegt?
- Berechnen Sie für die drei Fälle von b) jeweils die potenzielle Energie des Dipols.

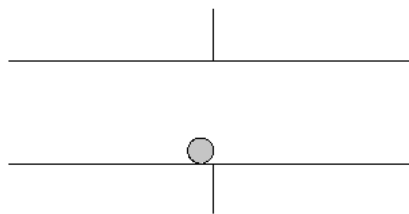
Aufgabe 8 (Plattenkondensator) Ein Plattenkondensator ohne Dielektrikum hat eine Fläche $A = 600\text{cm}^2$. Die Platten haben einen Abstand $d_1 = 3\text{mm}$ und sind zunächst mit den Polen einer Spannungsquelle mit $U_1 = 300\text{V}$ verbunden.

- Berechnen Sie die Kapazität C_1 des Kondensators, seine Ladung Q_1 , elektrische Feldstärke E_1 , Feldenergie W_1 und die Kraft F_1 , mit der sich die Platten anziehen.
- Nun wird bei angeschlossener Spannungsquelle der Plattenabstand auf $d_2 = 10\text{mm}$ erhöht. Wie groß sind jetzt $U_2, C_2, Q_2, E_2, W_2, F_2$?
- Vom Zustand in a) ausgehend wird diesmal die Verbindung zur Spannungsquelle unterbrochen und erst dann der Abstand auf $d_3 = 10\text{mm}$ vergrößert. Wie groß sind jetzt U_3, C_3, Q_3, E_3, W_3 und F_3 ?
- Vom Zustand a) ausgehend wird nach Trennung von der Spannungsquelle ein Dielektrikum ($\epsilon_r = 8$) eingefügt. Berechnen Sie U_4, C_4, Q_4, E_4, W_4 und F_4 !

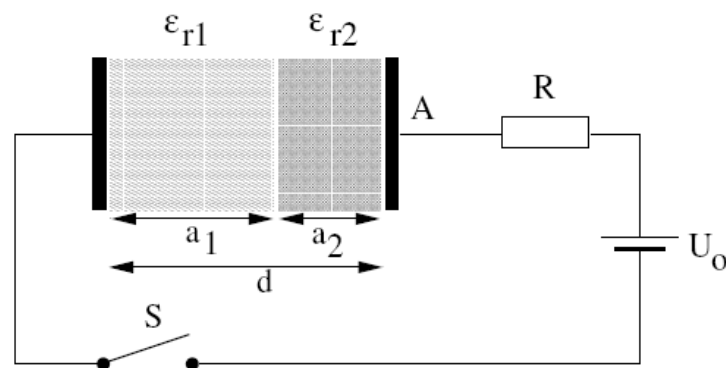
1 Übungsaufgaben

Aufgabe 9 (Kapazität Zylinderkondensator) Berechnen Sie die Kapazität von 2 konzentrischen, dünnen, leitenden Zylinderflächen der Länge L mit Radien a, b , wobei gilt $L \gg b > a$.

Aufgabe 10 (Ping-Pong) Eine Kugel der Masse 1 g und Durchmesser 2 cm mit einem Metallüberzug liegt wie in der Abbildung zu sehen in einem Kondensator ($A = 60\text{ cm}^2$, $d = 4\text{ cm}$). Welche Spannung muss angelegt werden, damit sich die Kugel vom Boden löst? Wie lange braucht sie bei einer Spannung von 25 kV bis zur oberen Platte? Welche Ladung ist dann auf der Kugel und wie viele Elektronen sind das? Berechnen Sie die Ladung auf der Kugel mit Hilfe der Kapazität eines Kugelkondensators und nehmen sie eine homogene Verteilung der Ladung auf Kugel und Platten an.



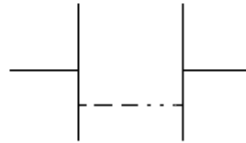
Aufgabe 11 (Kondensator mit Dielektrika) Zwischen den Platten eines Plattenkondensators sind zwei 2 Schichten verschiedener Dielektrika mit der Dicke $a_1 = 0,1\text{ mm}$ und $a_2 = 0,05\text{ mm}$ mit den Dielektrizitätszahlen $\epsilon_{r1} = 2$ bzw $\epsilon_{r2} = 6$. Die Kondensatorfläche ist $A = 10\text{ cm}^2$ und der Abstand $d = 0,15\text{ mm}$.



Zeigen sie, dass für die Kapazität gilt: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ und berechnen sie C .

Aufgabe 12 (Kondensator im Wasser) Gegeben sei ein Plattenkondensator mit Plattenfläche $10 \times 10\text{ cm}^2$ im Abstand von 10 cm . Der Kondensator sei mit der Ladung $Q = 885\text{ pC}$ geladen.

- a) Berechnen Sie die Spannung U und das D -Feld zwischen den Platten!
- b) Wie hoch steigt die Flüssigkeitssäule im Kondensator, wenn man ihn in einen großen Behälter mit reinem Wasser (Isolator, $\epsilon_{H_2O} = 81$) hält? Was passiert (qualitativ) bei konstanter Spannung?
- c) Der Kondensator wird nun bei konstanter Ladung (885 pC) zu einer festen Füllhöhe von 1 cm mit reinem Wasser gefüllt. Berechnen Sie nun die Spannung zwischen den Platten (Hinweis: Die Anordnung kann als Parallelschaltung betrachtet werden).

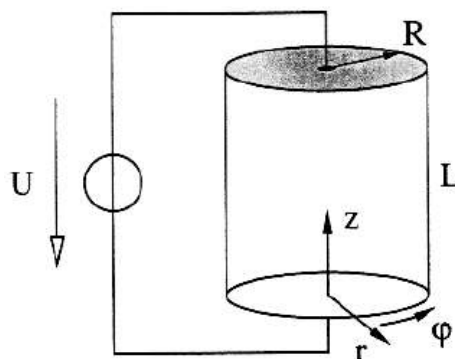


- d) Berechnen sie das D -Feld im Kondensator (Hinweis: $E_1 = E_2$ wegen „Stetigkeit der Tangentialkomponente“ des E -Feldes).
- e) Nun wird $0,1 \mu\text{mol}$ Kochsalz zum Zeitpunkt $t=0$ im Wasser gelöst. Die Lösung sei sofort gleichmäßig durchmischt und das Salz dissoziiert vollständig in einfach positiv geladene Natriumionen ($\frac{\tau}{m} = 2,88 \cdot 10^{11} \frac{\text{m}^2}{\text{AVC}}$) und einfach negativ geladene Chloridionen ($\frac{\tau}{m} = 4,31 \cdot 10^{11} \frac{\text{m}^2}{\text{AVC}}$). Nach welcher Zeit wird die Ladung auf dem Plattenkondensator auf $\exp(-2)Q_0$ reduziert?

Aufgabe 13 (elektrischer Strom) Gegeben ist ein zylinderförmiger ohmscher Leiter mit dem Radius R und der Länge L . An diesen ist über die ideal leitende Deck- und Bodenfläche eine ideale Spannungsquelle mit der Spannung U angeschlossen (siehe Abbildung). Im Leiter verteilt fließt ein elektrischer Strom entgegen der z -Richtung. Der Betrag der Stromdichte $\vec{j}(\vec{r}) = -j(r)\vec{e}_z$ im Leiter lautet in Zylinderkoordinaten:

$$j(r) = \begin{cases} j_0(2 - (\frac{r}{R})^2) & r \leq R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

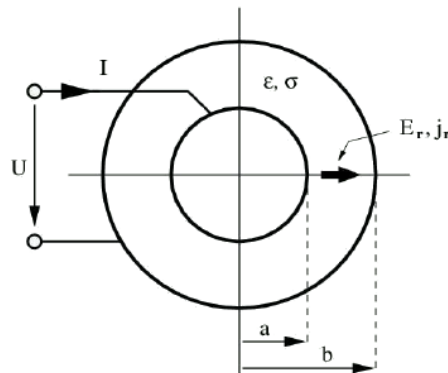
In dem Leiter tragen nur Elektronen mit der konstanten Beweglichkeit $\mu_e = \frac{q\tau}{m} > 0$ zum Stromtransport bei.



1 Übungsaufgaben

- Das elektrische Feld \vec{E} im Inneren des Zylinders sei konstant. Bestimmen Sie Betrag und Richtung von E ?
- Berechnen Sie den Strom I , der durch die gesamte Anordnung fließt.
- Wie groß ist die in dem Leiter abfallende Leistung $P(=U I)$?
- Bestimmen Sie die spezifische elektrische Leitfähigkeit $\sigma(r)$.
- Berechnen Sie Betrag und Richtung der Driftgeschwindigkeit \vec{v}_e der Elektronen.
- Wie groß ist die Teilchendichten $n(r)$ der Elektronen, die zum Stromtransport beitragen?

Aufgabe 14 (Kugelkondensator) Gegeben ist ein Kugelkondensator. Der Radius der Innenelektrode beträgt $a=5 \text{ mm}$, der Radius der Außenelektrode $b= 15 \text{ mm}$. Der Raum zwischen den Elektroden ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, die eine relative Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r =4$ und eine spezifische Leitfähigkeit $\sigma = 10^{-3} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ besitzt. An den Elektroden liegt eine Spannung U und es fließt ein Strom I .



- Bestimmen Sie die Stromdichteverteilung $\vec{j}(r) = j_r(r)\vec{e}_r$ in Abhängigkeit von I
- Ermitteln Sie daraus die Feldstärke $E_r(r)$
- Berechnen Sie damit die Spannung U in Abhängigkeit von I
- Berechnen Sie den Widerstand R der Anordnung
- Welche Kapazität besitzt die Anordnung?