Sommersemester 2018, Holger Dau

Übungen zur Experimentalphysik II

Serie 8

Abgabe am Montag / Dienstag den 3. / 4. Juli in der Übungsgruppe

---

Die folgenden acht Aufgaben adressieren „alte“ Themen. Sie dienen nicht nur der Wiederholung sondern auch unmittelbar als „Training“ für die Abschlussklausur. Die Abschlussklausur wird jedoch zusätzlich mindestens eine Aufgabe aus dem Bereich EM-Wellen/Optik enthalten. **Üben Sie bitte, die Aufgaben möglichst zeiteffizient zu lösen**, aber ohne auf kurze erläuternde Kommentare zum Lösungsweg zu verzichten.

AUFGABE 1 – Coulomb-Wechselwirkungsenergie (4 Pkt)

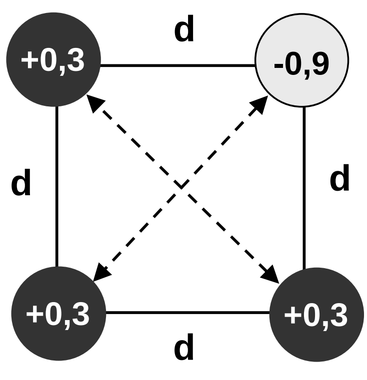
a) Die Coulomb-Wechselwirkungsenergie zwischen zwei Punktladungen, q_1 und q_2, die sich im Abstand *r* zueinander befinden, wird durch die folgende Beziehung gegeben:

$$W_{Coulomb} = 14{,}3..\,eV\,\frac{\left(\frac{q_1}{e}\right)\left(\frac{q_2}{e}\right)}{\varepsilon_r\left(\frac{r}{\text{Å}}\right)}\,, \qquad \text{(Glg. 1)}$$

wobei *e* die Elementarladung und ε_r die relative Dielektrizitätskonstante angibt (1 Å = 100 pm). Leiten Sie obige Gleichung her und geben Sie den Zahlenwert (14,3..) auf zwei Stellen hinter dem Komma genau an. (2 Pkt)

Hinweis: Ausgehend von der bekannten Beziehung für die Coulomb-*Kraft* erhalten Sie die Wechselwirkungs*energie*, in dem Sie den Übergang vom Abstand *r* zu einem unendlich großen Abstand vollziehen, bei dem die Wechselwirkungs*energie* null wird.

b) Drei positive Partialladungen und eine negative Partialladung sind an den Eckpunkten eines Quadrats angeordnet, wie in der nebenstehenden Abbildung gezeigt. Hierbei sind in der Abbildung die Ladungen in Vielfachen der Elementarladung angegeben. Die Seitenlänge d des Quadrats beträgt 10 Å; die Ladungen befinden sich in einem Medium mit der relativen Dielektrizitätskonstante $\varepsilon_r = 10$. (Die Partialladungen werden als punktförmig angenommen.)



Berechnen Sie die potentielle Energie der Ladungsverteilung, in dem Sie die sechs Coulomb-Wechselwirkungsenergien (sechs Terme für W_{Coulomb} nach Glg. 1) vorzeichenrichtig aufsummieren. Geben Sie potentielle Energie in der Einheit Elektronenvolt (eV) an. (2 Pkt)

AUFGABE 2 – Feldstärkeverlauf und Kapazität eines Kondensators (3 Pkt.)

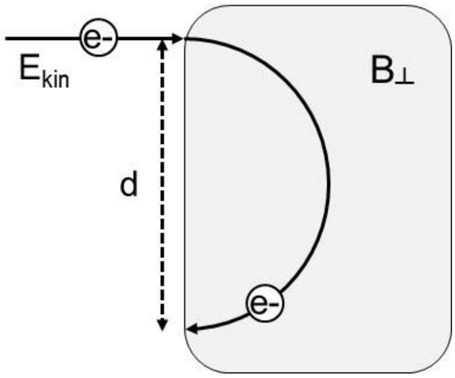
Bestimmen Sie unter Nutzung des *Gaußschen Satzes* den Feldstärkeverlauf im Inneren eines Kugelkondensators sowie dessen Kapazität.

Die innere Metallkugel und habe den Radius a, die äußere Metallkugel den Radius b. Es wird eine Spannung der Größe U_C zwischen den beiden Kugeln angelegt (positiv an der äußeren Kugel). Fertigen Sie auch eine Querschnittsskizze zu der Geometrie der Aufgabe an; zeichnen Sie elektrische Feldlinien und Äquipotentialinien ein. Erwähnen Sie auch, wie die Integrationsfläche bei Anwendung des Gaußschen Satzes gewählt worden ist.

AUFGABE 3 – *Felder in Anwesenheit von Materie (statt Vakuum)* (2 Pkt)

Wir nehmen an, dass ein Dielektrikum den Innenraum eines Plattenkondensators vollständig ausfüllt und sich seine Kapazität durch Einbringen eines Dielektrikums von 100 pF (mit Luftfüllung) auf 400 pF (mit Dielektrikum) erhöht. Geben Sie an, wie für diesen Kondensator die elektrische Feldstärke (E), die elektrische Verschiebungsdichte (D) und die Polarisation (P) jeweils von der Flächenladungsdichte (σ = Q/A) abhängen!

AUFGABE 4 – Elektron im Vakuum und Lorentzkraft (2 Pkt.)



Gesucht ist die kinetische Energie des Elektrons, das in ein Magnetfeld eintritt und durch die Lorentzkraft auf eine Kreisbahn gezwungen wird. Die Situation ist durch die nebenstehende Skizze beschrieben; das Magnetfeld der Stärke B stehe senkrecht auf der Papierebene. Der Durchmesser des Kreises wird mit d bezeichnet. Wie groß ist die kinetische Energie des Elektrons (in eV) für B = 1,75 T und d = 40 cm?

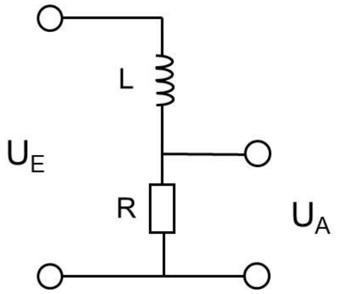
AUFGABE 5 – Gespeicherte Energie (1 Pkt.)

Eine Spule mit der Induktivität L wird durch einen Strom der Stärke I durchflossen. Wie groß ist die Energie, E_L, die in dem Spulenstrom gespeichert ist?

Gefragt ist nach der Herleitung von E_L ausgehend von U_L=L(dI/dt).

(Hinweis auf eine besonders einfachen Lösungsweg: Multiplikation der rechten und linken Seite der obigen Gleichung mit I und Integration bezüglich der Zeit t ergibt schnell die gesuchte Beziehung für die gespeicherte Energie.)

AUFGABE 6 – Wechselstromwiderstand & komplexe Übertragungsfunktion (4 Pkt.)

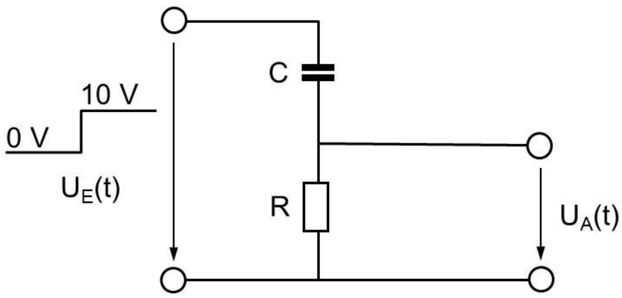


a) Skizzieren Sie für die Serienschaltung von Spule und Kondensator die Ortskurve in der komplexen Impedanzebene. Markieren Sie an der Ortskurve das Verhalten für sehr hohe ($\omega \rightarrow$unendlich) und niedrige Frequenzen ($\omega \rightarrow 0$) sowie den Punkt, bei dem der Phasenwinkel 45° wird. (2 Pkt)

b) Geben Sie für die nebenstehende Schaltung die komplexe Übertragungsfunktion an ($H(\omega) = U_A/U_E$) und diskutieren Sie das Verhalten von Betrag und Phase für $\omega \rightarrow$*unendlich* sowie $\omega \rightarrow 0$. Handelt es sich um einen Hochpass oder um einen Tiefpass? Wie ist die Grenzfrequenz definiert und welcher Wert der Grenzfrequenz ergibt sich für R = 0,4 kΩ und L = 20 mH. (2 Pkt)

AUFGABE 7 – Einschaltverhalten (2 Pkt.)

Die Eingangsspannung $U_E(t)$ wird zum Zeitpunkt $t = 0$ schlagartig von 0 V auf 10 V erhöht. Ermitteln Sie die entsprechenden Differentialgleichung sowie den Zeitverlauf von $U_A(t)$ für R = 20 kΩ und C = 500 pF.



AUFGABE 8 – Modulation und Frequenzmischung (2 Pkt.)

Erklären Sie, warum bei der Amplitudenmodulation (wie Sie beim Radiobetrieb im Mittelwellenbereich angewandt wird) sogenannte *Seitenbänder* entstehen. Folgende Punkte sollen dabei angesprochen werden: Modulation durch Multiplikation der Signale, Summen- und Differenzfrequenzen, Seitenbänder bei Übertragung von Tonfrequenzen von 20 Hz bis 10 kHz. Skizzieren Sie dazu auch qualitativ über einer Frequenzachse den Tonfrequenzbereich, die Trägerfrequenz und die beiden Seitenbändern.