

Klausur E2 + E2p Elektrodynamik

Name:

Matrikelnummer:

Schein für

E2 E2p (ankreuzen, Notenausgabe für beides möglich)

Bitte Vornamen und Namen auf jedes Blatt schreiben.

Die Klausur besteht aus zwei Aufgabenblättern und einem Formelblatt.

Aufgaben mit (*) sind für E2-Kandidaten vorgesehen, sie dürfen auch von E2p-Kandidaten bearbeitet werden.

Hilfsmittel: Taschenrechner, KEINE zusätzliche Formelsammlung !

Bearbeitungszeit: 1.5 Stunden. Maximale Punktzahl: 60 für E2 (45 für E2p)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 *	13 *	14 *	Σ	Bonus	E2	E2p
2	3	4	2	9	4	4	3	7	5	2	5 *	4 *	6 *	60* (45)			

1. Widerstände

An zwei Glühlampen mit 100 bzw. 60 Watt Nennleistung wird die gleiche Spannung angelegt. Welche von ihnen hat den kleineren Widerstand? (Begründung!) **(2 Punkte)**

2. Durchbruchfeld

Setzt man trockene Luft einem elektrischen Feld aus, dessen Stärke größer als 10^6 N/C ist, werden rasch Elektronen gebildet, so daß die Luft leitend wird. Geladene Körper werden dadurch entladen. Welche Ladung kann auf einer Kugel mit (i) einem Radius 1 cm und (ii) einem Radius 1 m gespeichert werden? **(3 Punkte)**

3. Feldbeziehungen

a) Erklären Sie anschaulich in Worten die 1. Maxwell'sche Gleichung in Integralform

(siehe Formelsammlung) **(2 Punkte)**

b) Warum folgt hieraus, daß im Inneren eines elektrisch leitenden Körpers $Q = 0$ ist? **(2 Punkte)**

4. Teilchen in Feldern

Unter welchen Bedingungen ist die Bewegung eines geladenen Teilchens in einem homogenen Magnetfeld eine Gerade? **(2 Punkte)**

5. Magnetischer Dipol eines Wasserstoffatoms

a) Berechnen Sie das magnetische Dipolmoment eines Wasserstoffatoms, dessen Elektron sich auf der ersten Bohrschen Bahn bewegt, d.h. die Hauptquantenzahl ist $n = 1$. Für das Bohrsche Atommodell gelten die folgenden Gleichungen für Bahnradius r_n und Bahngeschwindigkeit v_n :

$$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e_0^2} n^2 \quad v_n = \frac{e_0^2}{2 \epsilon_0 h n} \quad \text{(3 Punkte)}$$

b) Welches Drehmoment wirkt in einem homogenen B-Feld mit $B = 1$ Tesla auf obiges H-Atom, wenn sein Dipolmoment mit dem B-Feld einen Winkel von 90° einschließt? **(2 Punkte)**

c) Integrieren Sie den exakten Wert für das Magnetfeld B am Kernort. **(4 Punkte)**

6. Feldlinien

- Skizzieren Sie die elektrischen Feldlinien für einen elektrischen Dipol. (2 Punkte)
- Skizzieren Sie die magnetischen Feldlinien für einen magnetischen Dipol. (2 Punkte)

7. Magnetismus

- Zeigen Sie mit den Maxwellgesetzen, daß der magnetische Fluß durch eine geschlossene Oberfläche immer gleich 0 ist. (2 Punkte)
- Welche magnetische Eigenschaft sollte Eisen haben, um (i) einen möglichst guten Permanentmagnet zu ergeben oder (ii) ein möglichst gutes Transformatormaterial zu ermöglichen? (2 Punkte)

8. Induktion

Am Ende einer Spule wird ein leitender Ring befestigt. Das Magnetfeld wird angeschaltet. Skizzieren Sie die Richtung des induzierten Stroms im leitenden Ring und argumentieren Sie, ob der Ring von der langen Spule angezogen oder abgestoßen wird. (3 Punkte)

9. Kondensator und Dielektrikum

In einen Kondensator wird ein Dielektrikum mit Dielektrizitätskonstante ϵ eingebracht.

- Es wird die Spannung U konstant gehalten. Wie ändert sich die aufgebrauchte Ladung Q ? (2 Punkte)
- Es wird die Ladung Q konstant gehalten. Wie ändert sich die Spannung U ? (2 Punkte)
- Wie verhält sich in beiden Fällen (a) und (b) das elektrische Feld E ? (3 Punkte)

10. Barlow'sches-Rad

Eine kreisrunde Kupferscheibe mit dem Radius $r = 10$ cm ist auf einer horizontalen Achse so gelagert, daß ihr äußerer Rand gerade in ein Quecksilberbad eintaucht. Das Quecksilber im Gefäß und ein Kontakt auf der Achse der Scheibe sind mit einer Stromquelle verbunden. Durch den so geschaffenen Stromkreis fließe ein Strom der Stärke 1 A. Die Scheibe befindet sich in einem senkrecht zur Scheibe orientierten homogenen Magnetfeld mit der Flußdichte $B = 2$ Tesla. Wie groß ist das Drehmoment der auf die Scheibe wirkenden Kräfte? (5 Punkte)

11. Potentiale

Zeigen Sie, daß ein Wirbelfeld (z.B. $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$) keine Quellen oder Senken hat. (2 Punkte)

12. Kugelkondensator (*)

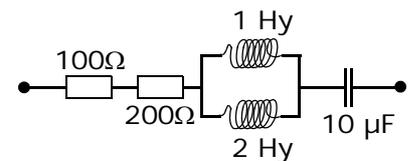
Bestimmen Sie die gespeicherte Energie in einem elektrostatischen Feld, das zwischen zwei mit Luft gefüllten konzentrischen Metallkugeln mit Ladungen q und $-q$ und den Radien R und $2R$ herrscht. (5 Punkte)

13. Wechselstromkreis (*)

a) Bestimmen Sie für die angegebene Schaltung die Gesamtimpedanz Z , wenn die Frequenz $f = 50$ Hz beträgt. (2 Punkte)

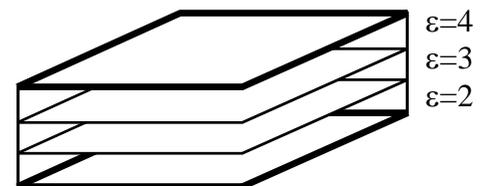
b) Welche effektive Stromstärke I_{eff} fließt, wenn die effektive Klemmenspannung $U_{\text{eff}} = 230$ V beträgt? (1 Punkt)

c) Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ mit welchem die Spannung dem Strom vorausleitet. (1 Punkt)



14. Multischichtkondensator (*)

Ein Plattenkondensator mit einer Plattenfläche von 0.5 m^2 ist mit vier jeweils 1 mm dicken dielektrischen Schichten mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten ϵ gefüllt (siehe Abb.). Die äußeren Kondensatorplatten sind auf $Q = \pm 4 \text{ } \mu\text{C}$ aufgeladen.



a) Berechnen Sie das elektrische Feld E in jeder Schicht. (2 Punkte)

b) Bestimmen Sie die Kapazität des Kondensators! (2 Punkte)

c) Wie groß ist die Spannung zwischen den äußeren Kondensatorplatten? (2 Punkte)

Formelsammlung

Elektrische Felder

$$\vec{E} = -\text{grad}\phi \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

Sprungbedingung $\Delta E_{\perp} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Mit Materie: $\epsilon_1 E_{1\perp} - \epsilon_2 E_{2\perp} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Coulomb $|\vec{E}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$

Plattenkond. (Vakuum) $E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

Dipol $\vec{p} = q\vec{d} \quad W = -\vec{p}\vec{E}$
Drehmoment $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$

Magnetfelder

$$\vec{B} = \text{rot}\vec{A} \quad \frac{\vec{F}}{L} = \vec{l} \times \vec{B} \quad \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Sprungbedingung $\Delta B_{||} = \mu_0 \frac{N}{L} I$

Mit Materie: $\frac{B_{1||}}{\mu_1} - \frac{B_{2||}}{\mu_2} = \mu_0 \frac{N}{L} I$

Biot-Savart $\vec{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$

Ampère-Gesetz $\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{l} \times \vec{r}}{2\pi r^2}$

Lange Spule (Vakuum) $B = \mu_0 \frac{N}{l} I \quad L = \mu_0 \frac{N^2}{l} A$

Dipol $\vec{m} = I \vec{A} \quad W = -\vec{m}\vec{B}$
Drehmoment $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$

Kondensator $U = Q/C$

$Z = (i\omega C)^{-1}$

Energie: $W = CU^2/2$

Kirchhoff

Widerstand $U = RI$

$Z = R$

Energie: $W = UQ$

$\sum I = 0$ an Knoten

Induktivität $U = -LI'$

$Z = i\omega L$

Energie: $W = LI^2/2$

$\sum U = 0$ in Masche

Maxwell-Gesetze

1. $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

$$\oint\oint\oint \vec{E} d\vec{A} = \iiint \frac{\rho}{\epsilon_0} dV$$

Linke Seite in Materie:

$$\oint\oint (\vec{E} + \vec{P}/\epsilon_0) d\vec{A} \quad \vec{P} = \frac{N}{V} \vec{p}$$

2. $\text{div} \vec{B} = 0$

$$\oint\oint\oint \vec{B} d\vec{A} = 0$$

3. $\text{rot} \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$

$$\oint\oint \vec{E} d\vec{s} = -\iint \dot{\vec{B}} d\vec{A}$$

(ruhender Leiter)

$$U = -\frac{d}{dt} \iint \vec{B} d\vec{A}$$

(Induktionsgesetz)

4. $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \epsilon_0 \dot{\vec{E}})$

$$\oint\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I$$

Linke Seite in Materie:

$$\oint\oint \vec{B} d\vec{s} = \iint \mu_0 (\vec{j} + \epsilon_0 \dot{\vec{E}}) d\vec{A}$$

$$\oint (\vec{B} - \mu_0 \vec{M}) d\vec{s} \quad \vec{M} = \frac{N}{V} \vec{m}$$

Energiedichte $\frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}$

Poynting $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{B}$

Elektrische Feldkonstante $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{AS}{Vm}$

Magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Planck'sches Wirkungsquantum $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \frac{kgm^2}{s}$

Elementarladung $e_0 = 1.6 \cdot 10^{-19} C$

Elektronenmasse $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} kg$