

Probeklausur 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 12 Aufgaben und einem Formelblatt.

Aufgaben mit (*) sind für E2-Kandidaten vorgesehen

- sie dürfen auch von E2p-Kandidaten gelöst werden.

Hilfsmittel: Taschenrechner, KEINE zusätzliche Formelsammlung !

Wenn etwas unklar ist, lieber den Tutor fragen als den Nachbarn !

Maximale Punktzahl: 60 für E2; (45 für E2p)
Mindestpunktzahl ca. 20 für E2 (ca. 15 für E2p);
Sehr gut ab ca. 40 für E2 (ca. 30 für E2p)

Bearbeitungszeit: 1.5 Stunden

0. Lernpotential durch Generationeninduktion. (0 Punkte, aber ein großes Dankeschön)

Gehen Sie auf die Homepage der Fachschaft www.fs.lmu.de/gaf und melden sie sich als Tutor für die Ophase an!

1. Dipole

- Definieren Sie einen elektrischen und einen magnetischen Dipol. **(3 Punkte)**
- Was passiert mit einem magnetischen Dipol im (i) homogenen und (ii) inhomogenen Magnetfeld ? **(3 Punkte)**

2. Kondensator

- Warum steigt die Kapazität eines Kondensators, wenn man ein Dielektrikum einbringt? **(2 Punkte)**
- Was passiert mit der Spannung an einem elektrisch isolierten Kondensator, wenn man ein Dielektrikum einbringt? Was mit der Ladung, wenn die Spannung konstant gehalten wird? **(2 Punkte)**
- Kann eine Substanz eine negative elektrische Suszeptibilität ϵ haben? Begründung! **(2 Punkte)**
- Bestimmen Sie die gespeicherte Energie in einem elektrostatischen Feld, das zwischen zwei konzentrischen Metallzylindern mit Ladungen q und $-q$ und den Radien R und $2R$ herrscht. Die Länge der Zylinder sei $L = 10R$ und die Randeffekte vernachlässigbar. **(6 Punkte)**

3. Induktion

Ein Flugzeug fliege mit 1000 km/h genau nach Norden. Die vertikale Komponente des Erdmagnetfeldes betrage $0.7 \text{ Gau\ss} = 0.7 \times 10^{-4} \text{ Tesla}$ und sei nach unten gerichtet. Welche elektrische Feldstärke mißt der Pilot außerhalb des Faraday-Käfigs seines Cockpits ? Werden die Flügelspitzen gegenseitig elektrisch aufgeladen ? Wenn ja, welcher Flügel wird positiv aufgeladen? **(4 Punkte)**

4. Vermischtes

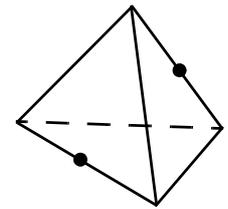
- Was versteht man unter Feldlinien ? **(2 Punkte)**
- Was bedeutet: "Die Ladung ist relativistisch invariant" ? **(2 Punkte)**
- Wie mißt man elektrische Ströme ? **(2 Punkte)**

5. Magnetismus

Führen Sie die wesentlichen Unterschiede zwischen (i) Dia- (ii) Para- und (iii) Ferromagnetismus auf. **(3 Punkte)**

6. Widerstände

Sechs identische Drahtstücke jeweils 15 cm lang, 0.5 mm im Durchmesser und mit einem spezifischen Widerstand von $0.2 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ sind zu einem Tetraeder verschweißt. In der Mitte zweier gegenüberliegenden Drahtstücke legt man nun eine Spannung von 10 mV an. Berechnen Sie den Gesamtwiderstand und den Gesamtstrom der Schaltung! (Zuleitungen und Schweißstellen seien ideal leitend, d.h. $R=0$) **(4 Punkte)**



7. Ladungen

- a) Was ist der physikalische Hintergrund der sogenannten Reibungselektrizität? **(2 Punkte)**
- b) Erklären Sie den piezoelektrischen Effekt und nennen Sie mindestens eine Anwendung. **(2 Punkte)**

8. Potentiale

Zeigen Sie, daß ein Gradientenfeld (z.B. $E = -\text{grad}\phi$) wirbelfrei ist. **(2 Punkte)**

9. Felder an Metallspitzen

Was ist der Grund für die hohen elektrischen Felder an Metallspitzen? **(2 Punkte)**

10. Erdmagnetfeld

Eine Spule mit 1000 Windungen, deren Fläche (100cm^2) senkrecht zum Erdmagnetfeld steht, wird in einer Sekunde um 90° gedreht. Die mittlere während dieser Zeit erzeugte Elektromotorische Kraft in der Spule beträgt 0.6 mV. Welche Feldstärke hat das Erdmagnetfeld? **(3 Punkte)**

11. Elektrisches Feld im Wasserstoffatom (*)

Das Wasserstoffatom besteht aus einem Proton und einem Elektron. Wenn das Proton im Ursprung ruht, kann die durch das Elektron im Grundzustand hervorgerufene Ladungsverteilung durch die Ladungsdichte

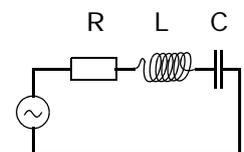
$$\rho = \frac{-e_0}{\pi a} e^{-2r/a}$$

beschrieben werden ($a = \text{Bohrscher Radius} = 0.53\text{\AA}$).

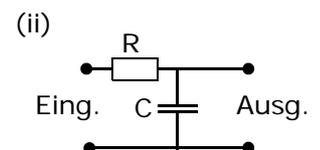
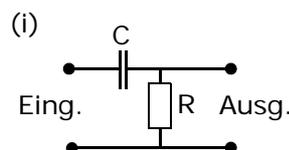
- a) Berechnen Sie die elektrische Feldverteilung im Wasserstoffatom und stellen Sie sie graphisch dar. (Schlagen Sie die nötigen Integrale nach - in der 'echten' Klausur würden wir die nötigen Integrale angeben) **(4 Punkte)**
- b) Wie groß ist die elektrische Feldstärke und der Feldgradient auf der ersten Bohrschen Bahn (Kreisbahn mit Radius a) ? **(2 Punkte)**

12. Wechselstromkreise (*)

a) Für die in der untenstehenden Abbildung dargestellte Schaltung sind Strom und Spannung angegeben: $U(t) = 707 \text{ V} \cos(3000t/\text{s} - 10^\circ)$ und $I(t) = 25 \text{ A} \cos(3000t/\text{s} - 55^\circ)$. Die Spule hat eine Induktivität von $L = 0.01 \text{ H}$. Bestimmen Sie R und C . **(4 Punkte)**



b) Berechnen Sie für die angegebenen Beispiele die Verstärkung (Verhältnis von Ausgangs- und Eingangsspannung) als Funktion der Frequenz. Welche Schaltung ist ein Hochpaß, welche ein Tiefpaß ? **(5 Punkte)**



Formelsammlung

Elektrische Felder

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

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

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$

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

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

Drehmoment $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$

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

Magnetfelder

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

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

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

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

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

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

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

Drehmoment $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$

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

Kondensator	U = Q/C	Z = (i wC) ⁻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 wL	Energie: W = LI ² /2	$\sum U = 0$ in Masche

Maxwell-Gesetze

1. $\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oiint \vec{E} d\vec{A} = \iiint \frac{\rho}{\epsilon_0} dV$	Linke Seite in Materie: $\oiint (\vec{E} + \vec{P}/\epsilon_0) d\vec{A} \quad \vec{P} = \frac{N}{V} \vec{p}$
2. $\text{div } \vec{B} = 0$	$\oiint \vec{B} d\vec{A} = 0$	
3. $\text{rot } \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$	$\oint \vec{E} d\vec{s} = -\iint \dot{\vec{B}} d\vec{A}$ (ruhender Leiter)	$U = -\frac{d}{dt} \iint \vec{B} d\vec{A}$ (Induktionsgesetz)
4. $\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \epsilon_0 \dot{\vec{E}})$	$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 I$ $\oint \vec{B} d\vec{s} = \iint \mu_0 (\vec{j} + \epsilon_0 \dot{\vec{E}}) d\vec{A}$	Linke Seite in Materie: $\oint (\vec{B} - \mu_0 \vec{M}) d\vec{s} \quad \vec{M} = \frac{N}{V} \vec{m}$

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

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