

# Klausur Elektrodynamik E2/E2kompakt

## SoSe 2024 Braun

Name:

Matrikelnummer:

- E2  
 E2p (bitte ankreuzen)

Die mit Stern (\*) gekennzeichneten Aufgaben sind für E2 - E2kompakt-Studenten dürfen hier auch Punkte sammeln. Erlaubtes Hilfsmittel: einfacher Taschenrechner.

*Wenn etwas unklar ist, fragen Sie die Tutoren, nicht den Nachbarn !*

1	2	3	4	5	6	7	8	9*	10*	11*	Summe	Note
4	4	2	4	6	13	6	6	4	6	5	45/60*	

### Formelsammlung Elektrodynamik

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

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

Kondensator  $U = Q/C \quad Z = (i\omega C)^{-1}$

Widerstand  $U = RI \quad Z = R$

Induktivität  $U = -LI \quad Z = i\omega L$

#### Magnetfelder

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

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  $\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{I} \times \vec{r}}{2\pi r^2}$

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

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

Energie:  $W = CU^2/2$

Energie:  $W = UQ$

Energie:  $W = LI^2/2$

#### Kirchhoff

$\sum I = 0$  an Knoten

$\sum U = 0$  in Masche

Maxwell-Gesetze

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

In Materie  $\oint (\vec{E} + \vec{P}/\epsilon_0) d\vec{A}$

$\vec{P} = \frac{N}{V} \vec{p}$

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

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

$\oint (\vec{B} - \mu_0 \vec{M}) d\vec{s}$

$\vec{M} = \frac{N}{V} \vec{m}$

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

3.  $\oint \vec{E} d\vec{s} = -\int \dot{\vec{B}} d\vec{A}$

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

$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$

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

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

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

$e_0 = 1.6 \cdot 10^{-19} C$   
 $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} kg$

**0. Lernpotential durch Generationeninduktion.**

**(Großes Dankeschön !)**

Gehen Sie später auf die Homepage der Fachschaft [gaf.fs.lmu.de](http://gaf.fs.lmu.de) und melden sie sich als Tutor für die O-phase an ([ophase@fs.lmu.de](mailto:ophase@fs.lmu.de)) !

**1. Maxwellgleichungen**

Notieren Sie Maxwellgleichungen in Differentialform - die Formelsammlung zeigt sie in Integralform.  
**(4 Punkte)**

**2. E-Felder**

Zeichnen Sie das E-Feld zweier gleicher und zweier entgegengesetzter Punktladungen und markieren Sie Punkte mit verschwindendem E-Feld.

**(4 Punkte)**

**3. Ladung schneller Teilchen (=> Lösung auf der Rückseite)**

Ändert sich die Ladung eines Teilchens mit seiner Geschwindigkeit? Wie ist der Zusammenhang?

**(2 Punkte)**

#### 4. Kapazitäten

Leiten Sie die Formel für die Gesamtkapazität  $C$  zweier seriell geschalteter Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  her.

**(4 Punkte)**

#### 5. Materie im Kondensator (=> Lösung auf der Rückseite)

- a) Zeigen Sie mit einer Skizze, weshalb sich das E-Feld in einem Plattenkondensator durch das Einbringen eines Dielektrikums erniedrigt ( $\epsilon > 1$ ).
- b) Berechnen Sie aus dem E-Feld die Energie und damit die Kapazität des Plattenkondensators mit Materie (Fläche  $A$ , Abstand  $d$ )

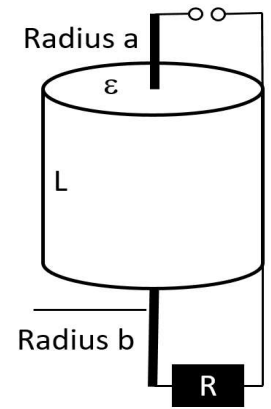
**(2 Punkte)**

**(4 Punkte)**

## 6. Induktivität und Kapazität eines Koaxial-Kabels

Ein Koaxialkabel der Länge  $L$  leitet den Strom entlang eines inneren Drahts mit Radius  $a$  zum Verbraucher. Zurück geht der Strom über eine äußeren, koaxialen, dünnen Leiter bei Radius  $b$ .

- Berechnen Sie aus den Maxwell-Gesetzen die Kapazität im Inneren des Leiters, welcher durch den Zylinderkondensator zwischen Radius  $a$  und  $b$  durch die Dielektrizität  $\varepsilon$  gebildet wird. **(3 Punkte)**
- Beweisen Sie mittels den Maxwell-Gesetzen, dass der Stromfluß in diesem Draht kein B-Feld im äußeren für Radius  $> b$  erzeugt. **(3 Punkte)**
- Was bedeutet dies für die Induktion von Strömen durch veränderliche Magnetfelder im Koaxialkabel? **(2 Punkte)**
- Berechnen Sie das Magnetfeld im Inneren des Kabels und leiten Sie über die magnetische Feldenergiedichte  $W/V$  die Induktivität des Kabels her. **(5 Punkte)**



### 7. Drehmoment

Berechnen Sie die Kräfte und damit den Drehmoment auf eine rechteckigen, stromdurchflossenen Leiter (Breite  $a$ , Tiefe  $b$ ) in einem homogenen Magnetfeld. Zeigen Sie, dass hieraus  $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$  folgt.  
Bei welchem Winkel zwischen Spule und B-Feld entsteht kein Drehmoment? **(6 Punkte)**

### 8. Lange Spule (=> Lösung auf der Rückseite)

Berechnen Sie aus den Maxwellgleichungen das Magnetfeld  $B$  einer langen Spule aus  $N$  Wicklungen und einer Länge  $L$ . Sie Spule wird von einem Strom  $I$  durchflossen.

**(6 Punkte)**

**9. Sprungbedingung B-Feld (\*)**

Leiten Sie aus den Maxwell-Gesetzen die Sprungbedingungen für das B-Feld am Rand eines Magneten her (siehe Formelsammlung).

**(4 Punkte)**

**10. Hochpaßfilter (\*)** (=> Lösung auf der Rückseite)

Geben Sie die Schaltung eines möglichst einfachen Hochpaßfilters an und berechnen Sie seine Übertragungsfunktion  $h(\omega)$ . Bei welcher Frequenz ist dessen Amplitude = 0.5 ?

**(6 Punkte)**

### 11. Verschiebungsstrom (\*)

- a) Für welche Geometrie und mit welchen Argumenten haben wir in der Vorlesung den Verschiebestrom eingeführt? **(2 Punkte)**
- b) Leiten Sie hierfür her, weshalb der zweite Term in  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \iint \mu_0 (\vec{j} + \epsilon_0 \dot{\vec{E}}) \cdot d\vec{A}$  eingeführt werden muß. **(3 Punkte)**