Grundlagen der Physik IIa
Aufgabenbeispiele (schriftliche Prüfung)

<u>Bei der Prüfung:</u> Dokumentenechter Stift! Keine Formelsammlung! Kein Taschenrechner! Kein selbst mitgebrachtes Papier! (zusätzliche Blätter werden bei Bedarf ausgeteilt)

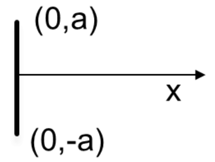
1. Elektrostatik

1.1 Coulomb Gesetz; 1.2 Elektrisches Feld, Fluss; 1.3 Elektrisches Potential

Zeigen Sie, dass das Coulombgesetz aus dem Gauß'schem Gesetz hergeleitet werden kann.
a) Beschreiben Sie kurz die Aussagen des Gaußschen Gesetzes der Elektrostatik.
b) Ausgehend vom Coulomb Gesetz zeigen Sie, dass das Gaußsche Gesetz nicht **nur** für eine Kugeloberfläche, sondern auch für jede beliebige geschlossene Oberfläche gilt.

Berechnen Sie das elektrische Feld und das Potential eines unendlich langen, homogen geladenen Stabes mit Radius **R** und Ladungsdichte ρ (Volumendichte):
a) im Innenraum
b) im Außenraum
c) Skizzieren Sie das Feld und das Potential (kurze Begründung)
d) Diskutieren Sie die Symmetriebedingungen für die Feldkonfiguration

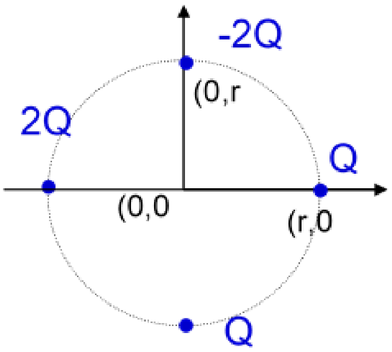
Ein dünner geladener Stab (Linienladungsdichte λ [C/m]) der Länge *2a* befindet sich symmetrisch zum Koordinatenursprung parallel zu y-Achse (Bild). Bestimmen Sie das elektrische Feld entlang der x-Achse (Symmetrieachse).



Thomsonsches Atommodell. Eine negative Ladung -q ist homogen über das Volumen einer Kugel mit Radius R verteilt. In der Mitte der Kugel befindet sich außerdem eine positive punktförmige Ladung +q.
a) Berechnen Sie das elektrische Feld und das Potenzial des Systems im gesamten Raum.
b) Berechnen Sie die (Bindungs-)Energie dieses Atoms.

Berechnen Sie die potentielle Energie von drei Ladungen Q_1, Q_2 und Q_3, die sich im Abstand $\mathbf{r}_{12}$, $\mathbf{r}_{13}$, bzw. $\mathbf{r}_{23}$ befinden. Geben sie die Gesamtkraft auf die Ladung Q_3 an und zeichnen sie schematisch die Überlagerung der Kräfte zur Gesamtkraft auf die Ladung Q_3.

Geben sie das Potential und das elektrische Feld im Mittelpunkt eines Kreises mit Radius ***r*** an, wenn die Ladungen Q, -2Q, 2Q und Q bei den Koordinaten ***(r,0), (0,r), (-r,0)*** und ***(0,-r)*** angeordnet sind.



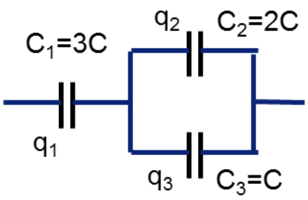
In drei Ecken (A,B,C) eine Quadrats ABCD mit der Seitenlänge **a** befinden sich drei gleiche Ladungen **+Q**. Finden Sie das elektrische Feld und das Potential im Punkt D sowie in der Mitte des Quadrats.

Ein Ring aus dünnem Draht mit Radius R ist homogen geladen mit Linienladung λ.
a) Berechnen Sie das elektrische Feld entlang der Symmetrieachse (z-Achse).

b) Besprechen Sie explizit die Symmetriebedingungen für das Feld.
c) Berechnen Sie zwei ersten Terme der Taylorreihe in 1/z in der Entwicklung E(1/z) für z>>R.
Zwei Ladungen befinden sich auf der (**x,y**) Ebene: Erste Ladung **Q**, Koordinaten (**0**, **a**); Zweite Ladung -**Q**, Koordinaten (**0**, **-a**).
a) Berechnen Sie das elektrische Feld entlang der **x**-Achse:
a1) Graphisch (Amplitude und Richtung) a2) Koordinatenweise
b) Berechnen Sie das Potential dieses Dipols entlang der **y**-Achse in der Näherung |**y**|>> **a**. (Ersten von Null abweichenden Term in der Reihenentwicklung in **1/y**).

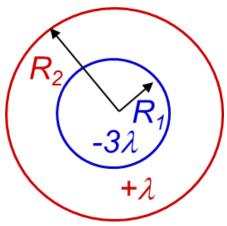
a) Geben Sie das das elektrische Feld im Koordinatenursprung (0,0) für ein System aus zwei Ladungen an: 1. Ladung 2Q, Koordinaten (R, 2R); 2. Ladung Q, Koordinaten (-2R, R).
b) Berechnen Sie das elektrische Potential entlang der x-Achse: (x,0).

Drei Kondensatoren sind angeordnet wie in der Abbildung. Das System ist an einer Batterie der Spannung ***U*** angeschlossen. Berechnen Sie die Ladungen an allen Kondensatoren (q_1, q_2, q_3).

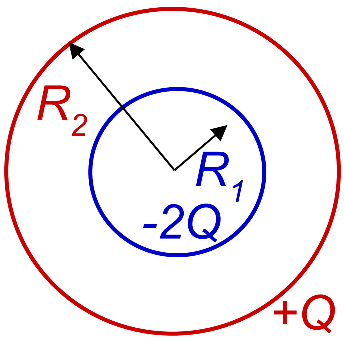


Elektrostatisches Feld eines geladenen Rings (Flächenladungsdichte σ; alternativ: Raumladungsdichte ρ; Linienladungsdichte λ) mit Innenradius R1 und Außenradius R2 in der xy-Ebene konzentrisch um den Ursprung. **(genauso Scheibe/Platte/Hohl-/Vollkugel/Stab/Hohl-/Vollzylinder, etc.)**
a) Skizzieren Sie die Anordnung.
b) Wie groß ist das elektrische Feld im Ursprung?
c) Berechnen Sie das elektrische Feld in einem Abstand h entlang der z-Achse.

Zylinderkondensator. Gegeben sind zwei koaxiale, unendlich lange, dünnwandige und geladene Metallzylinder der Radien R_1 (Ladungsdichte -3λ [C/m]) und $R_2 > R_1$ (Ladungsdichte $+\lambda$ [C/m]). Berechnen Sie und zeichnen Sie das elektrische Feld und Potential dieser Ladungsverteilung im gesamten Raum
a) Innenbereich
b) Zwischenbereich
c) Außenbereich

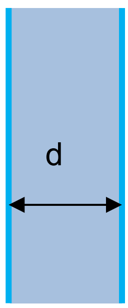


Kugelkondensator. Gegeben sind zwei konzentrische, dünnwandige und geladene Metallkugeln der Radien R_1 (Ladung $-2Q$) und $R_2 > R_1$ (positive Ladung $+Q$).
a) Berechnen Sie und zeichnen Sie das elektrische Feld dieser Ladungsverteilung im gesamten Raum (Innenbereich, Außenbereich, Zwischenbereich).
b) Berechnen Sie und zeichnen Sie das elektrische Potential im gesamten Raum.
c) Berechnen Sie die Kapazität eines solchen Kugelkondensators.

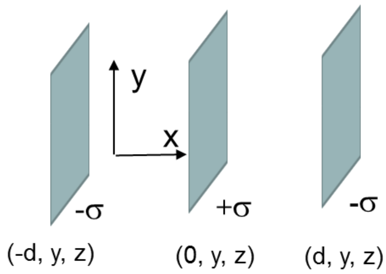


Berechnen Sie (im Innenraum und im Außenraum)
a) das elektrische Feld
b) den Potentialverlauf

einer unendlich breiten, homogen geladenen Platte mit Dicke **d** und Ladungsdichte ρ (Volumendichte):
c) Skizzieren Sie das Feld und das Potential
d) Diskutieren Sie die Symmetriebedingungen für die Feldkonfiguration



Drei zueinander parallele große dünne Ebenen tragen die Oberflächenladungen wie abgebildet. Berechnen Sie und zeichnen Sie das elektrische Feld und das Potential (Potential nur zeichnen) im gesamten Raum.
(zur Herleitung nur Coulomb + Gauss Gesetze erlaubt)



a) Welche Eigenschaften treffen auf elektrostatische Felder zu: konservativ, quellenfrei, wirbelfrei? Wann können elektrische Felder ohne Ladungen existieren? (2 Pt)
b) Skizzieren Sie elektrischen Feldlinien und Äquipotenziallinien eines **Plattenkondensators/elektrischen Dipols/Punktladung/geladenen Stabs, etc.**

Eine isoliert aufgehängte Metallkugel ($r_1 = R$) wird in Luft solange aufgeladen, bis die Potentialdifferenz zur Umgebung U_0 beträgt.
a) Welche Ladung ist dazu notwendig?
Anschließend wird diese Kugel mit einer zweiten ebenfalls isoliert aufgehängten Metallkugel ($r_2 = R/2$) durch einen feinen Draht kurzzeitig verbunden, sodass sich die Ladung auf beide Körper aufteilen kann.
b) Wie groß sind nun die einzelnen Ladungen und die jeweiligen Potentiale?

Warum ist ein statisches elektrisches Feld nicht in der Lage, ein geladenes Teilchen in einem stabilen Gleichgewicht zu halten?

1.3 Poisson Gleichung; 1.4 Multipole; 1.5 Leiter im elektrischen Feld; 1.6 Energie des elektrischen Feldes

Beschreiben Sie das elektrische Feld und Potential im Inneren sowie an der Oberfläche eines Metalls.

Elektrostatisches Potential und Energie eines Kondensators: Änderung von Ladung/Spannung/Abstand/Dielektrikum

In den Hohlraum einer leitenden Kugel mit der Ladung Q wird in den Mittelpunkt eine Ladung -q eingebracht. Wie groß ist dann die Ladung an der Oberfläche der äußeren Kugel?

Zeigen Sie, dass im Hohlraum umgeben von einem Metall (keine Kugel!) das elektrische Feld verschwindet (Faradaykäfig).

Zeigen Sie, dass an der Spitze eines geladenen Metallgegenstandes das elektrische Feld sehr groß sein kann (Spitzeneffekt).

Ein elektrischer Dipol mit $p_1 \| z$-Achse befindet sich im Koordinatenursprung. Ausgehend vom Coulomb Gesetz berechnen Sie die potentielle Energie eines zweiten Dipols $\mathbf{p_2}$ an, der sich im (großen) Abstand auf der x-Achse befindet und beliebig ausgerichtet ist. Bei welcher Ausrichtung der Dipole zueinander ist die potentielle Energie minimal bzw. maximal?

Ein elektrischer Dipol mit **p**||z-Achse befindet sich im Koordinatenursprung. **Ausgehend vom Coulomb Gesetz** leiten Sie das elektrische Potenzial dieses Dipols entlang der:

a) X-Achse
b) Y-Achse
c) Z-Achse

1.7 Dielektrika; 1.8. Atomare Grundlagen; 1.9 Elektrostatik in der Natur und Technik

Ein realer Plattenkondensator (dielektrische Konstante des Dielektrikums ε) wird bis zu einer Spannung U geladen und von der Batterie getrennt. Nach einer Zeit τ wird am Kondensator nur die Hälfte der Spannung gemessen. Berechnen Sie den spezifischen Rest-Widerstand des Dielektrikums. Mit kurzer Herleitung, Ladungsverluste über die Kontakte vernachlässigen.

Leiten Sie explizit die Formel für die Parallel- und Serien-Schaltung von Kondensatoren her.

Die parallel geschalteten Kondensatoren werden von der Batterie getrennt und in einen Kondensator wird ein Dielektrikum mit $\varepsilon = 3$ eingebracht (ohne Luftspalt).
1.1) Bestimmen sie a) die Spannung an den beiden Kondensatoren, b) die Ladung auf jedem Kondensator und c) die gespeicherte Gesamtenergie nachdem das Dielektrikum vollständig eingebracht worden ist.
1.2) Einbringen des Dielektrikums ($\varepsilon = 3$) in einen der beiden parallel geschalteten Kondensatoren bei angeschlossener Batterie (10V).
Bestimmen sie die Ladung auf jedem Kondensator, b) die Gesamtenergie.
Diskutieren sie die unterschiedlichen Energien von 1.1) und 1.2)

a) Aus welchen Beziehungen ergibt sich die Stetigkeit der Tangential- bzw. der Normalkomponenten von **D** und **E**? (Schematische Zeichnung)
b) welche Komponenten sind stetig?
c) Leiten sie die Brechung von **D** und **E** an einer Grenzfläche von zwei Materialien mit $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ her.

a) Berechnen Sie die Kapazität eines Zylinderkondensators mit dem Innenradius $\boldsymbol{R_1}$ und Außenradius $\boldsymbol{R_2}$. Der Kondensator ist vollständig mit einem Dielektrikum ausgefüllt (dielektrische Konstante $\boldsymbol{\varepsilon}$).
b) Leiten Sie die Formel für die Energie dieses Kondensators als Funktion von $\boldsymbol{Q}$ (Ladung) und $\boldsymbol{U}$ (Spannung)
c) Wie hoch ist der Wert der dielektrischen Konstante eines Metalls aus Sicht der Elektrostatik (Begründung!)?

Ein unendlich langer dielektrischer Stab (Dielektrizitätskonstante ε) mit Radius **R** trägt eine Oberflächenladung $\boldsymbol{\sigma}$ [C/m^2]. Berechnen Sie das elektrische Feld und das Potential:
a) im Innenraum
b) im Außenraum
c) Skizzieren Sie das Feld und das Potential
d) Begründen Sie die Symmetriebedingungen für die Feldkonfiguration

In der Mitte einer dielektrischen Kugel (Radius $\boldsymbol{R_0}$, diel. Konstante $\boldsymbol{\varepsilon}$) befindet sich eine „externe" Ladung $\boldsymbol{Q}$. (d.h. vor dem Einbringen der Ladung war die Kugel ungeladen). Finden Sie und zeichnen Sie das elektrische Feld und das Potential im gesamten Raum.

2. Strom

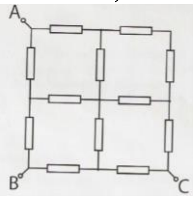
2.1 Strom als Ladungstransport; 2.2 Ohmsches Gesetz; 2.3 Stromleistung; 2.4 Kirchhoffsche Regeln; 2.5 Messverfahren für Ströme

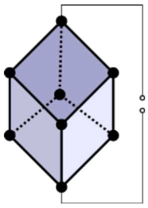
Aus welchen fundamentalen Beziehungen ergeben sich die Kirchhoffschen Regeln und wie lauten diese?

Wie lautet die Kontinuitätsgleichung für die Ladung in integraler Form? Leiten Sie daraus die Gleichung in differenzieller Form her.

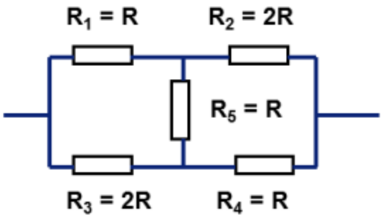
Berechnen Sie die Leitfähigkeit eines Metalls mit mittlerer freier Weglänge τ, Ladungsdichte n, und Elektronenmasse m. (Herleitung des Ohm'schen Gesetzes)

Bestimmen Sie den Gesamtwiderstand R zwischen A und C (A und B) des Netzwerks aus Einzelwiderständen R_0. (Genauso für Induktivitäten L_0 / Kapazitäten C_0 oder andere Anordnungen: Isokaeder, Würfel, etc.)





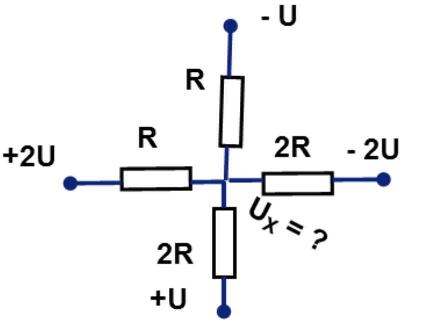
Kirchhoff Regeln. Gegeben ist folgende Widerstandskonfiguration. Erstellen Sie zunächst ein allgemeines Gleichungssystem, das zur Berechnung des effektiven Gesamtwiderstands notwendig ist. Lösen Sie das System unter den Annahmen $I_1 = I_4$ und $I_2 = I_3$. Begründen Sie diese Annahmen.

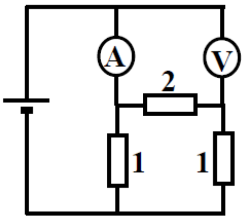


Zeigen Sie, wie man ein Strommessgerät als Voltmeter verwenden kann.

Zeigen Sie, wie man ein Spannungsmessgerät als Amperemeter verwenden kann.

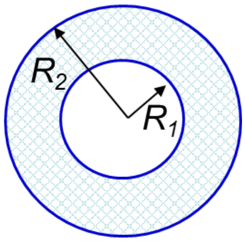
Gegeben ist eine Kreuzförmige Widerstands- und Spannungs-Konfiguration wie abgebildet. Berechnen Sie die Spannung in der Mitte des Kreuzes, U_X.





Das Voltmeter im angegebenen Schaltkreis zeigt den Wert U = 6V. Welcher Strom wird vom Amperemeter angezeigt? Wiederstände sind in Ohm angegeben. Die Messgeräte können als ideal angenommen werden.

Ein offenes Koaxialkabel mit Durchmessern R_1/R_2 und Länge L wird an die konstante Spannung U angeschlossen. Berechnen Sie:
a) die Menge der statischen Ladung, die sich im Kabel befindet (Dielektrizitätskonstante des Dielektrikum ε, Formeln aus Formelsammlung sind nicht erlaubt)



In diesem Experiment wird gleichzeitig ein (extrem geringer) Strom I gemessen. Berechnen Sie:
b) Spezifischen Widerstand des Dielektrikums.

3. Statische Magnetfelder

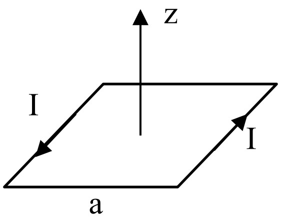
3.1 Magnetfeld, Fluss; 3.2 Magnetfeld stationäre Ströme

Geben Sie die Definition des Vektorpotentials. Wie kann man das Vektorpotential aus gegebenen Verteilung der Stromdichte berechnen? (Herleitung der Integralgleichung)

a) Welche Eigenschaften treffen auf statische Magnetfelder zu: konservativ, quellenfrei, wirbelfrei? Gibt es Monopole?
b) Skizzieren Sie die Magnetfeldlinien einer **Spule, eines geraden stromdurchflossenen Leiters, einer Kompassnadel, eines Dipols, einer Stromschleife, etc.**

Berechnen sie das Feld einer langen Spule mit N gleichmäßig aufgewickelten Windungen im Mittelpunkt der Spule.

Ausgehend vom Biot-Savartschen Gesetz finden Sie das magnetische Feld in der Mitte einer quadratischen (alternativ: dreieckigen) Stromschleife mit Strom **I** und Kantenlänge **a**



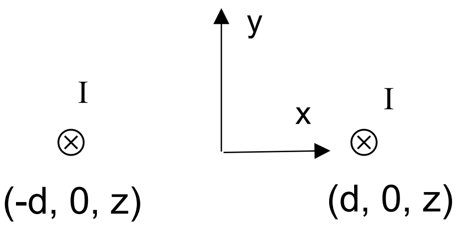
Ausgehend vom Biot-Savartschen Gesetz finden Sie das magnetische Feld einer quadratischen Stromschleife mit Strom **I** und Kantenlänge **a** entlang der **z**-Achse (Symmetrieachse) für **z** >> **a**. Nennen Sie 2 physikalische Merkmale dieser Formel.

Zwei lange koaxiale Aluminiumzylinder sind mit Potentialdifferenz U aufgeladen. Der äußere Zylinder ruht, der innere rotiert um seine Achse konstant mit der Winkelgeschwindigkeit ω. Beschreiben Sie das dabei entstehende Magnetfeld und bestimmen Sie seine Größe.

Ein Stab der Länge L rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit ω um eines seiner Enden in einer Ebene senkrecht zum Magnetfeld B. Welche Spannung wird zwischen den Stabenden induziert?

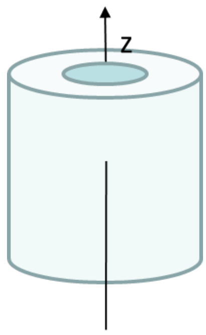
Berechnen sie das Magnetfeld einer kreisförmigen Leiterschleife mit dem Biot-Savartschen Gesetz (a) im Mittelpunkt der Leiterschleife und entlang einer Symmetrieachse (z-Achse); zeichnen sie schematisch den Feldverlauf.

Zwei zueinander parallele unendlich lange Stromleitungen tragen gleichen Strom I (siehe Abb.).
a) Berechnen Sie das magnetische Feld entlang der x-Achse (x,0,0) und der y-Achse (0,y,0)
b) Berechnen Sie den ersten nicht-verschwindenden Term der Taylor-Entwicklung beider Formeln für 1/x,1/y << 1/d

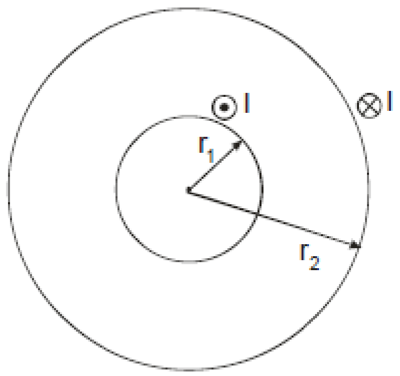


Zwei zueinander parallele unendlich lange Stromleitungen tragen gleichen Strom I und befinden sich im Abstand d voneinander. Berechnen Sie explizit die die Kraft zwischen beiden Leitungen.

Ein langer magnetischer Zylinder (Symmetrieachse z, Permeabilität μ) trägt im Volumen einen Kreisstrom mit der variablen Stromdichte ***j(r)=*** $\boldsymbol{\alpha \cdot r}$ [A/m^2], siehe Bild. Hier ***r*** ist der Abstand von der z-Achse.
Berechnen Sie das Magnetfelfim gesamten Raum.



Eine lange Spule ist homogen zwischen Innenradius $\boldsymbol{R_i}$ und Außenradius $\boldsymbol{R_a}$ mit Draht gewickelt und wird mit konstantem Strom $\boldsymbol{I}$ betrieben. Die Drahtdichte ist σ [Drähte/m^2]. Das Innere des Zylinders ($r < R_i$) ist außerdem mit Material mit magnetischer Permeabilität μ gefüllt.
Berechnen Sie das magnetische Feld im gesamten Raum (innen-, zwischen-, außen-).



Eine idealisierte Induktivität bestehe aus zwei sehr langen, dünnen konzentrischen Zylinderschalen mit den Radien r_1 und r_2 sowie der Höhe *h*. Der innere Zylinder sei vom Strom I_1 durchflossen, der äußere von I_2. Beide Ströme seien gleich groß, I_2 zeige in die Papierebene, I_1 zeige aus der Papierebene (siehe Skizze). Die Ströme sind gleichmäßig über die Zylinderwände verteilt.

a) Berechnen Sie das magnetische Feld dieses Systems. Zeichnen Sie die Richtung des Magnetfeldes in der Skizze ein.

b) Berechnen Sie die Induktivität des Systems

Berechnen Sie die Gegeninduktivität zweier runder Stromschleifen (Radien: R_1 und R_2) im großen Abstand ($z >> R_{1,2}$) voneinander. Beide Schleifen sind symmetrisch senkrecht zur z-Achse ausgerichtet.

Berechnen Sie die Induktivität einer Doppelleitung (Abstand d, Radien R, Ströme antiparallel) unter der Annahme, dass das Magnetfeld im Inneren der Leitungen vernachlässigt werden kann. (Welche Stromverteilung ist dazu notwendig?)

3.3 Kraft auf bewegte Ladungen; 3.4 Elektrodynamik bewegter Körper; 3.5 Materie im Magnetfeld

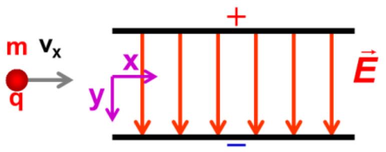
Zeigen Sie, dass die Lorenzkraft auf einen Stromleiter im Magnetfeld aus der Kraft auf eine Einzelladung folgt.

Welches Drehmoment wirkt auf einen magnetischen Dipol (Stromschleife) im homogenen Magnetfeld? Berechnen Sie daraus die Energie des magnetischen Dipols im Magnetfeld für einfache Geometrie.

Zeigen Sie, dass die kinetische Energie eines Teilchens im Magnetfeld konstant bleibt.
Aus welchen Beziehungen ergibt sich die Stetigkeit bzw. Unstetigkeit der entsprechenden Komponenten von **B** und **H** (bzw. **D** und **E**) an Grenzflächen**?**
Leiten sie das Brechungsgesetz für das elektrische und magnetische Feld ab.

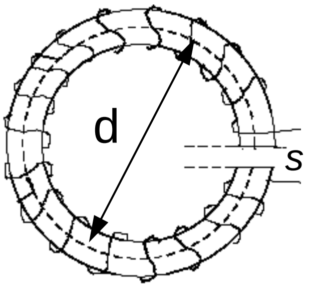
Leiten sie das Brechungsgesetz für **B** und **H** an einer Grenzfläche von zwei Materialien mit $\mu_1 > \mu_2$ ab; welche Komponenten sind stetig und welche sind unstetig.? (Schematische Zeichnung) Wie lauten die analogen Beziehungen in der Elektrostatik?

Eine Ladung q fliegt horizontal in einen Kondensator der Breite L und mit vertikalen elektrischen Feld (siehe Bild). Berechnen Sie die Auslenkung dieser Ladung nach beim Austritt aus dem Kondensator.



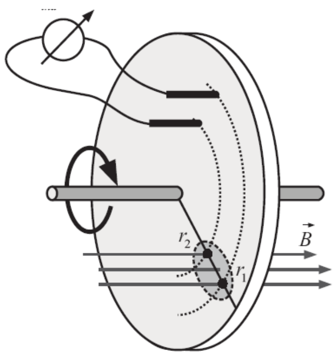
a) Geben Sie die Bewegungsgleichungen eines geladenen Teilchens in gleichzeitigen elektrischen $\mathbf{E}=(0,0,E_0)$ und magnetischen Feldern $\mathbf{B} = (0,0,B_0)$ an, wenn das Teilchen die Anfangsgeschwindigkeit $\boldsymbol{\upsilon} = (\upsilon_0, \upsilon_0, \upsilon_0)$ hat.
b) Berechnen Sie die <u>Geschwindigkeit</u> des Teilchens unter <u>Berücksichtigung</u> der Anfangsbedingungen.

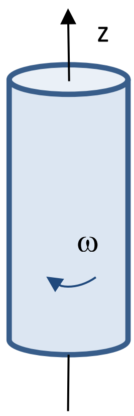
a) Geben Sie die Bewegungsgleichungen eines geladenen Teilchens im magnetischen Feld $\mathbf{B} = (0,B,B)$ an, wenn das Teilchen die Anfangsgeschwindigkeit $\mathbf{v} = (v_0, 0, 0)$ hat.
b) Finden Sie allgemeine Lösung der Bewegungsgleichungen (nur Geschwindigkeiten).
c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Teilchens unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen.



Ein torusförmiger Eisenkern (magnetische Permeabilität μ) mit dem mittleren Durchmesser ***d*** und dem Luftspalt ***s*** ist gleichmäßig mit ***N*** Windungen bewickelt. Wie groß ist das Magnetische Feld im Spalt wenn durch die Windungen ein Strom ***I*** fließt? (Detaillierte Berechnung)

Eine Aluminiumscheibe dreht sich im Magnetfeld (B) mit Winkelgeschwindigkeit ω (siehe Bild). Zwischen Kontakten im Abstand r_1 und r_2 wird Spannung gemessen. Berechnen Sie diese Spannung.



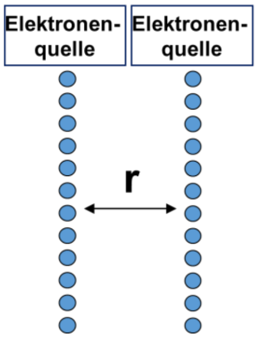


Ein langer homogen geladener Zylinder (R - Radius, ρ - Ladungsdichte) dreht sich um seine Achse mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω (siehe Skizze). Berechnen Sie das magnetische Feld entlang der z-Achse.

Beschreiben Sie den Hall Effekt (schematische Zeichnung, Rechnung), welche mikroskopische Größen können mit dem Halleffekt bestimmt werden?

Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Massenspektrometers (mit Formeln)

Zeichnen Sie die Magnetisierungskurven, M(B), eines Para- Dia- und Ferromagneten sowie eines Supraleiters. Was ist ein Supraleiter?

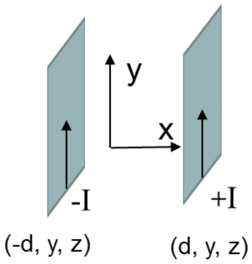


Zwei Elektronenstrahlen (lineare Ladungdichte λ[C/m], Abstand r) bewegen sich parallel zueinander mit konstanter Geschwindigkeit ***v***.

a) Berechnen Sie elektrische und magnetische Kraft zwischen den Strahlen (pro Längeneinheit).
b) Vergleichen Sie die beiden Kräfte (F_E/F_M = ?)
c) Berechnen Sie die beiden Kräfte im Bezugsystem, das sich mit gleicher Geschwindigkeit ***v*** bewegt. Erklären Sie den Unterschied zu Fall a).

Zwei geladene Teilchen (Ladung q, Abstand d) bewegen sich parallel zueinander mit konstanter Geschwindigkeit v.

a) Berechnen Sie elektrische und magnetische Kraft zwischen den Teilchen.
b) Vergleichen Sie die beiden Kräfte (F_E/F_M = ?)
c) Berechnen Sie die beiden Kräfte im Bezugsystem, dass sich mit gleicher Geschwindigkeit v bewegt. Erklären Sie den Unterschied zu Fall a).

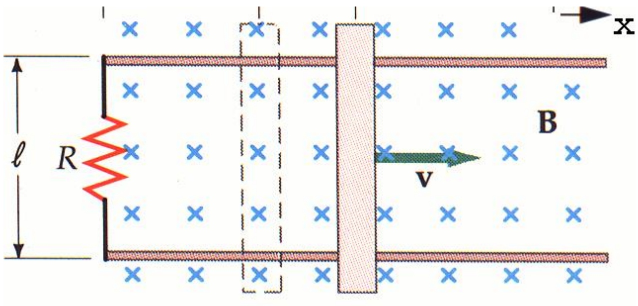


Zwei planparallele Ebenen befinden sich im Abstand *2d* voneinander und tragen Stromdichten +**I** [A/m] und –**I** [A/m] parallel zu der y-Achse (siehe Bild).

a) Begründen Sie die Symmetrie und die Richtung des Magnetfeldes
b) Berechnen Sie das magnetische Feld im gesamten Raum.

4. Zeitlich veränderliche Felder

4.1, 4.2 Magnetische Induktion; 4.3 Induktivität; 4.4 Energie des Magnetfeldes; 4.5 Verschiebungsstrom; 4.5 Maxwell Gleichungen

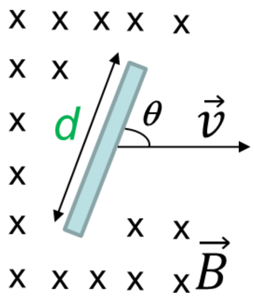


Eine Drahtschleife umschließt eine Fläche, die senkrecht zu den Feldlinien eines Magneten steht (Skizze). Der Bügel bewegt sich reibungsfrei mit der Geschwindigkeit **v** in die **x**-Richtung. Berechnen Sie:

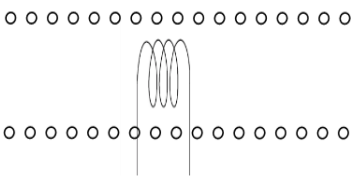
a) In der Schleife induzierten Strom.
b) Am Widerstand R erzeugte Joulesche Wärme.
c) Auf den Bügel wirkende Kraft.
d) Mechanische Leistung, die angewendet werden muss um den Bügel mit konstanter Geschwindigkeit zu bewegen.
e) Vergleichen Sie und diskutieren Sie die Ergebnisse in b) und d)

In einem homogenen Magnetfeld B befindet sich eine quadratische Spule der Seitenlänge a und der Windungszahl N. Die Spule dreht sich mit der Winkelgeschwindigkeit ω um eine Achse, die senkrecht zum Feld steht und parallel zu einer Seite des Quadrates durch die Spulenmitte läuft. Welche Stromstärke fließt in der Spule, die den Widerstand R hat?

Ein metallischer Stab bewegt sich im Magnetfeld (siehe Bild). Berechnen Sie die Spannungsdifferenz an den Enden des Stabes.



Zur Messung eines von der Netzspannung (Frequenz f **= 50 Hz**) herrührenden Magnetischen Störfeldes befindet sich eine Spule der Fläche $\boldsymbol{A}$ und Windungszahl $\boldsymbol{N}$ an dem zu untersuchenden Ort. Durch Verändern der Orientierung der Spule im Raum findet man diejenige Richtung heraus, bei der die induzierte Wechselspannung ihren größten gemessenen Effektivwert U_0 hat. Welchen Wert hat die Amplitude der magnetischen Feldstärke H_0?

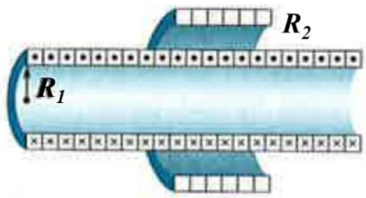


Innerhalb einer langen großen Spule der Länge ℓ und Radius R_1 mit N_1 Windungen befindet sich eine kurze kleine Messspule mit dem Radius $R_2 < R_1$ mit N_2 Windungen. Die Achsen der Spulen sind parallel angeordnet. Die Große Spule wird mit einer Spannung $U_0 exp(i\omega t)$ betrieben. Finden Sie die Spannung an der Messspule. (Randeffekte vernachlässigen)

Eine lange Spule der Länge ℓ, Radius R_1 und mit N_1 Windungen befindet sich innerhalb einer kurzen Spule mit dem Radius R_2 und mit N_2 Windungen. Die Achsen der Spulen sind parallel angeordnet (Bild). Die Spule R_1 wird mit linear ansteigender Spannung $U_1 = X \cdot t$ betrieben. Berechnen Sie:

a) Magnetisches Feld in der Spule R_1.

b) An der Spule R_2 gemessene Spannung



Ein unendlicher zylindrischer Leiter der Radius R trägt den Strom der Dichte j [A/m^3] entlang der z-Richtung (homogen verteilt, Bild). Der Zylinder ist außerdem magnetisch mit der Suszeptibilität χ. Berechnen Sie die magnetischen Felder $\boldsymbol{B}$, $\boldsymbol{H}$ im gesamten Raum.

Ausgehend von den Maxwell Gleichungen leiten sie die **Wellengleichung her in Vakuum / einem Dielektrikum / paramagnetischen Isolator / etc**. …. den **Skin-Effekt in einem Metall** her, etc.

5. Elektrotechnische Anwendungen; 6. Elektromagnetische Schwingungen

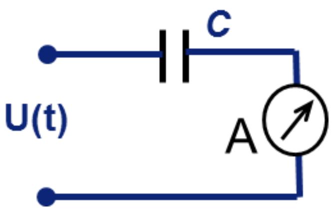
Beschreiben Sie die Funktionsweise eines unbelasteten Transformators

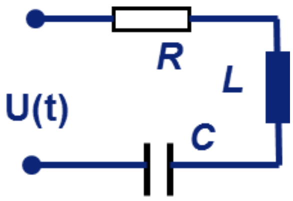
a) Skizzieren Sie den Transport elektrischer Energie vom Kraftwerk zum Verbraucher mittels Transformatoren und einer Hochspannungsleitung. Kennzeichnen Sie, welche Spule eine größere/kleinere Windungszahl hat.
b) Wieso verwendet man Hochspannung für den Stromtransport über lange Distanzen?
c) Die Durchschlagfestigkeit von Luft beträgt 0.1 kV/mm. Wie hoch muss eine 220 kV Leitung mindestens über dem Boden hängen, damit es nicht zum Überschlag kommt? Wird dieser Mindestabstand größer oder kleiner wenn man Glas verwendet? Hinweis: $\varepsilon_{Glas} > \varepsilon_{Luft}$
d) In einem Umspannwerk soll die Spannung von 220 kV auf haushaltsübliche 220 V transformiert werden. Wie verhalten sich die Windungszahlen der Spulen?

Leiten Sie die komplexen Widerstände her für:
a) einen ideellen Kondensators
b) eine reelle Spule mit internem Ohm'schen Widerstand

Berechnen Sie die Leistung im Wechselstromkreis, wenn Strom und Spannung eine Phasenverschiebung von φ haben (über eine Periode gemittelt).

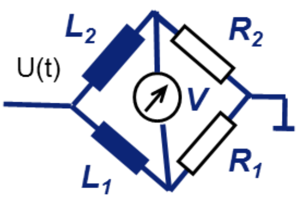
Ein Kondensator C ist an eine *AC* Spannung $U(T)= U_0\exp(i\omega t)$ angeschlossen (Bild). Der Strom wird mithilfe des Strommessgeräts A (mit internem Widerstand R) gemessen.
a) Welcher Effektivwert wird in diesem Experiment angezeigt?
b) In welchem Frequenzbereich ist dem Wert zu trauen?



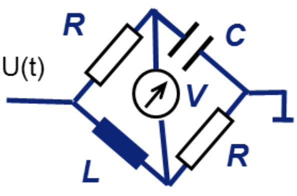


Ein Serienschwingkreis wird mit Spannung $U(t) = U_1e^{i\omega t} + U_2e^{2i\omega t}$ betrieben. Berechnen Sie den Strom durch den Widerstand. (Einschwingvorgang vernachlässigen)

Eine Wheatstonesche Brücke wird aus 4 Elementen und einem idealen Voltmeter aufgebaut wie abgebildet. Die Brücke wird mit einer Wechselspannung $U(t)=U_0\exp(i\omega t)$ betrieben.
a) Welche (komplexe) Spannung wird vom Voltmeter angezeigt?
b) Wann ist diese Spannung Null?



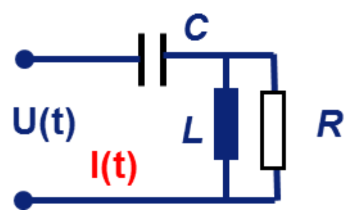
Eine Wheatstonesche Brücke wird aus 4 Elementen und einem idealen Voltmeter aufgebaut wie abgebildet. Die Brücke wird mit einer Wechselspannung $U(t)=U_0\exp(i\omega t)$ betrieben.
a) Welche (komplexe) Spannung wird vom Voltmeter angezeigt?
b) Wann ist diese Spannung Null?

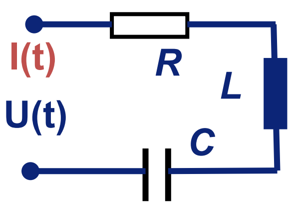


Stellen sie die Schwingungsgleichung für den gedämpften Serienresonanzkreis mit C, R und L auf. Behandlung mit den Lösungen Kriechfall, aperiodischer Grenzfall und gedämpfte Schwingung.

Ein serieller RLC-Serienschwingkreis wird durch die Wechselspannung $U(t) = U_0 e^{i\omega t}$ zu erzwungenen Stromschwingungen $I(t) = I_0 e^{i(\omega t - \varphi)}$ angeregt, wobei φ der Phasenwinkel zwischen U(t) und I(t) ist.
a) Wie lautet die allgemeine Differentialgleichung dieses Systems?
b) Finden Sie die Lösung dieser Gleichung für $U(t) = U_0 e^{i\omega t}$(Einschwingvorgang vernachlässigen).
c) Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ, sowie das Amplitudenverhältnis U_0/I_0.

Ein gemischter RLC-Schwingkreis wird mit der **Wechselspannung** *$U(t)=U_0 exp(i\omega t)$* angetrieben. Berechnen Sie:
a) die Spannung am Kondensator $U_C(t)$
b) den Strom durch den Widerstand
(Einschaltvorgang vernachlässigen, Berechnung mit komplexen Zahlen).

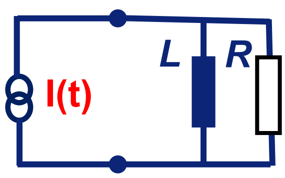




a) Ein RLC Serien-Schwingkreis ist an eine **Stromquelle** I(t) angeschlossen. Stellen Sie die Differenzialgleichung auf und berechnen Sie die Gesamtspannung U(t≥0) für folgenden Strom:

$$I(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ I_0 \cdot t/\tau, \quad t \geq 0 \end{cases}$$

b) Der Schwingkreis wird nun mit der **Wechselspannung** *$U(t)=U_0 exp(i\omega t)$* angetrieben. Berechnen Sie die **Amplitude** der Spannung **an der Spule** $U_L(t)$ (Einschaltvorgang vernachlässigen).

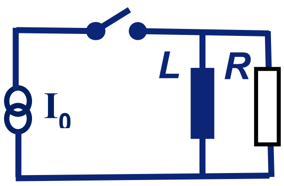


a) Ein RL Schwingkreis ist an eine Stromquelle I(t) **(!)** angeschlossen. Stellen Sie die Zeitgleichung für die am Widerstand gemessene Spannung U(t) auf.
b) berechnen Sie den Einschaltvorgang U(t≥0) für folgenden Strom:

$$I(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ I_0, \quad t \geq 0 \end{cases}$$

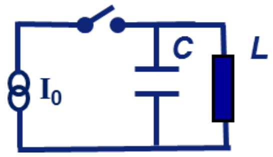
c) Berechnen Sie die Amplitude sowie die relative Phase der Spannung *U(t)* für den Wechselstrom ***$I(t)=I_0 exp(i\omega t)$*** (Einschaltvorgang vernachlässigen)

a) Ein RL Schwingkreis wird eine lange Zeit an eine Stromquelle I_0 angeschlossen (Schalter an). Zum Zeitpunkt *t=0* wird dieser von der Quelle getrennt (Schalter aus).



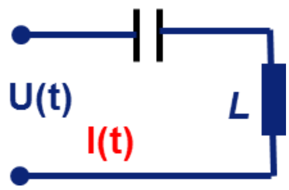
a) Beschreiben Sie qualitativ die Ströme in R,L direkt vor ($t = 0^-$) und direkt nach dem Ausschalten ($t = 0^+$).
b) Stellen Sie die Zeitgleichung für die an der Spule gemessene Spannung $U_L(t>0)$ auf. (Herleitung!)
c) Finden Sie die Lösung dieser Gleichung unter Berücksichtigung der Anfangsbedingungen.
d) Wie hoch ist die am Widerstand erzeugte Gesamtwärme für *t>0* ?

Ein LC-Kreis wird lange Zeit mit konstanten Strom I_0 angetrieben (Schalter an).
Bei t=0 wird der Strom unterbrochen (Schalter aus).
a) Wie hoch sind die Ströme und Spannungen am Kondensator
und der Spule für $t = 0^+$
b) Berechnen Sie die Spannung am Kondensator für t>0.



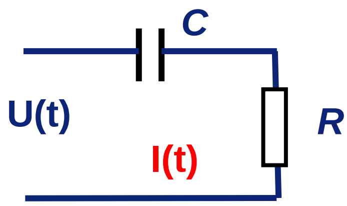
a) Stellen Sie die Differentialgleichung für den LC Serienschwingkreis auf (Verluste können vernachlässigt werden).
b) berechnen Sie den Strom I(t>0) für folgende Spannung:

$$U(t)=\begin{cases}0, t<0\\ U_0, t\geq 0\end{cases}$$



a) Stellen Sie die Differentialgleichung für den abgebildeten RC Schwingkreis auf :
b) berechnen Sie den Einschaltvorgang I(t≥0) für folgende Spannung:

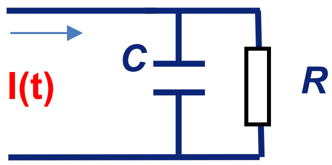
$$U(t)=\begin{cases}0, t<0\\ U_0, t\geq 0\end{cases}$$



c) Berechnen Sie den Strom für die Wechselspannung $\boldsymbol{U(t)=U_0 exp(i\omega t)}$ (Einschaltvorgang vernachlässigen)

a) Ein RC Schwingkreis ist an eine Stromquelle I(t) angeschlossen. Stellen Sie die Zeitgleichung für die am Widerstand gemessene Spannung U(t) auf.
b) berechnen Sie den Einschaltvorgang U(t≥0) für folgenden Strom:

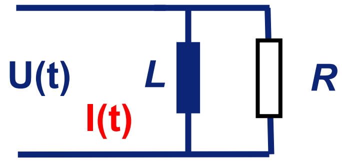
$$I(t)=\begin{cases}0, t<0\\ I_0, \quad t\geq 0\end{cases}$$



c) Berechnen Sie die Amplitude sowie die relative Phase der Spannung *U(t)* für den Wechselstrom $\boldsymbol{I(t)=I_1 exp(i\omega t)}$ (Einschaltvorgang vernachlässigen)

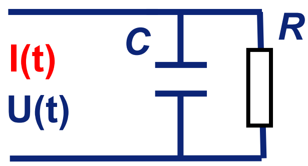
a) Stellen Sie die Differentialgleichung für den abgebildeten RL Schwingkreis auf:
b) Berechnen Sie den Einschaltvorgang I(t≥0) für folgende Spannung:

$$U(t)=\begin{cases}0, t<0\\ U_1, t\geq 0\end{cases}$$



c) Berechnen Sie die Amplitude sowie die relative Phase des Stroms *I(t)* für die Wechselspannung $\boldsymbol{U(t)=U_2 exp(i\omega t)}$ (Einschaltvorgang vernachlässigen)

a) Ein RC Schwingkreis ist an eine Stromquelle *I(t)* (!) angeschlossen. Stellen Sie die Zeitgleichung für die am Widerstand gemessene Spannung U(t) auf.

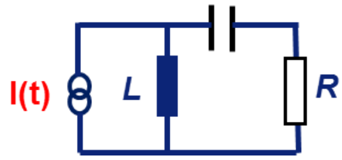


b) berechnen Sie den Einschaltvorgang U(t≥0) für folgenden Strom:

$$I(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ I_0, \quad t \geq 0 \end{cases}$$

c) Berechnen Sie die Amplitude sowie die relative Phase der Spannung U(t) für den Wechselstrom $I(t)=I_0 exp(i\omega t)$ (Einschaltvorgang vernachlässigen)

Ein gemischter RLC-Schwingkreis (Bild) wird mit der Wechsel-Strom $I(t)=I_0\exp(i\omega t)$ getrieben. Berechnen Sie die Spannung am Widerstand $U_R(t)$. (Einschaltvorgang vernachlässigen, Berechnung mit komplexen Zahlen).



Wie funktionieren Hoch- und Tiefpassfilter? (RC, RL)

Wie funktioniert ein RC – Integrator?

Wie funktioniert ein RC – Differenziator?