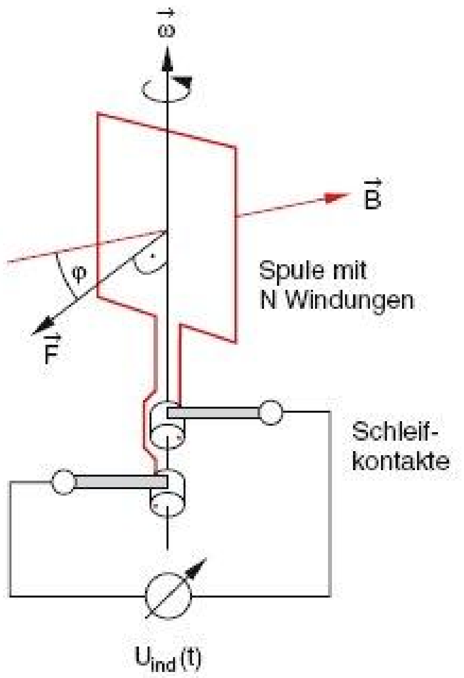
Felicitas Thorne

Übungsaufgaben für Donnerstag, den 26.2.2008

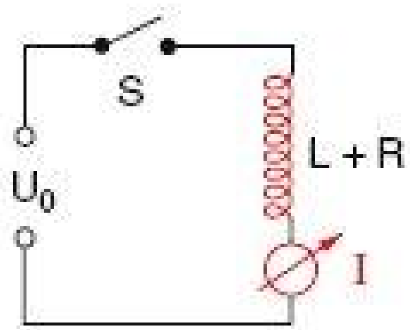
1 Übungen zum Stoff der Donnerstagsvorlesung

1.1 Aufgabe 1



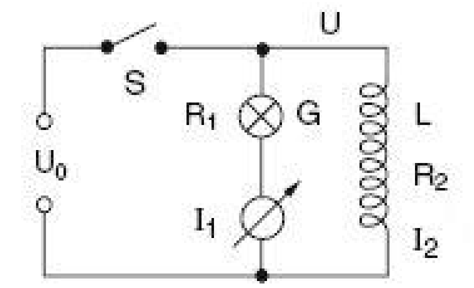
Eine Rechteckspule (N Windungen, Fläche A) wird in einem konstanten Magnetfeld gedreht (vgl. Abbildung)
Berechnen Sie die Induktionsspannung.

1.2 Aufgabe 2



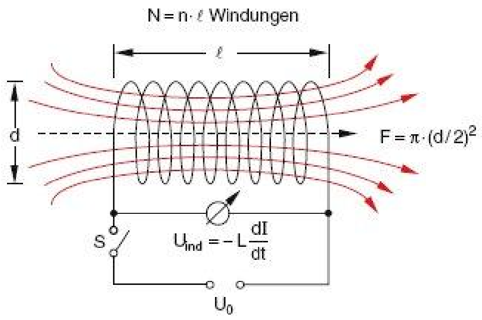
Durch schließen des Schalters S zum Zeitpunkt $t = 0$ wird an den nebenstehenden Schaltkreis eine konstante Spannung U_0 angelegt.
a) Berechnen Sie den Strom, der durch den Schaltkreis fließt.
b) Nach welcher Zeit ist der Strom auf 63% seines Endwertes angestiegen?

1.3 Aufgabe 3



a) Berechnen Sie die Induktionsspannung die durch das Öffnen des Schalters in der Spule entsteht.
b) In welchem Fall wird die Induktionsspannung größer als die angelegte Spannung, so das die Gefahr besteht, dass die Glühbirne durchbrennt?

1.4 Aufgabe 4



Berechnen Sie den Selbstinduktionskoeffizienten der gezeigten Spule.

1.5 Aufgabe 5

a) Zeigen Sie, dass für zeitabhängige Felder die Verallgemeinerung des Ampèreschen Durchflutungsgesetzes gegeben ist durch

$$\int \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{r} = \int \vec{j} \cdot \mathrm{d}\vec{A} + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}\vec{A}$$

b) Zeigen Sie, dass der Maxwellsche Verschiebungsstrom eine Konsequenz der Ladungserhaltung darstellt.

1.6 Aufgabe 6

Leiten Sie aus den Maxwellgleichungen die Beziehung (5) aus der Vorlesung und die Wellengleichung für die Potentiale her.

1.7 Aufgabe 7

Gegeben seien zwei konzentrische Leiterrohre für Hin- und Rückführung des Stromes mit den Radien R_1 und R_2, wobei $R_1 < R_2$ ist. Nehmen Sie an, dass die Wanddicke der Rohre vernachlässigt werden kann.
a) Berechnen Sie die Selbstinduktion pro Meter Kabellänge.
b) Berechnen Sie die Energiedichte und daraus die magnetische Energie zwischen den Rohren.
c) Was muss beachtet werden, wenn die Rohrwände nicht mehr vernachlässigt werden können?

1.8 Aufgabe 8

Leiten Sie die Formel für die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises her, wie er in Abbildung (8) der Vorlesung gezeigt ist.

1.9 Aufgabe 9

a) Zeichnen Sie den Schaltplan für einen Hochpassfilter.
b) An den Eingang des Hochpasses werde eine sinusförmige Wechselspannung angelegt. Bestimmen Sie die Amplitude der Ausgangsspannung nachdem sich das System eingeschwungen hat. Machen Sie dazu in der relevanten Differentialgleichung den Ansatz $A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ und verwenden Sie die Additionstheoreme $\sin(x+y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$ und $\cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$

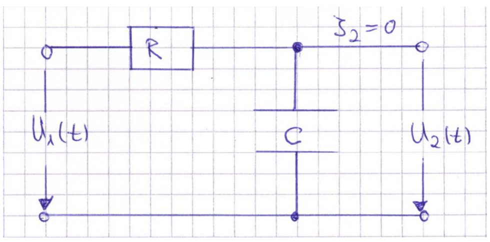
1.10 Aufgabe 10

Ein Metalldraht der Masse m habe den ohmschen Widerstand R und gleite reibungsfrei auf zwei parallelen Metallschienen in einem zeitlich konstanten homogenen Magnetfeld B. An die Metallschienen sei eine Batterie angeschlossen, welche die konstante Spannung U liefert.
a) Skizzieren Sie das Problem.
b) Bestimmen Sie die im Draht induzierte Spannung und den Strom, wenn sich der Draht mit der Geschwindigkeit v entlang der Schienen bewegt.
c) Stellen Sie die Bewegungsglichung für den Draht auf und Bestimmen Sie $v(t)$, wenn der Draht zu Anfang ruht. Was geschieht für $t \to \infty$?
d) Bestimmen Sie den Grenzwert des Stromes für $t \to \infty$.

1.11 Aufgabe 11

EIne Spule mit $L = 2{,}2\mathrm{H}$ wird zur Zeit $t = 0$ über einen Widerstand $R = 470\Omega$ mit einer Batterie $U = 9V$ verbunden.
a) Stellen Sie die Differentialgleichung auf, die den Stromfluss durch die Spule beschreibt. Lösen Sie sie mit der korrekten Anfangsbedingung.
b) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung und der Stromstärke an der bzw. durch die Spule.
c) Wieviel Energie wird in Wärme umgewandelt bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Stromstärke 90% ihres Maxiamalwertes erreicht?

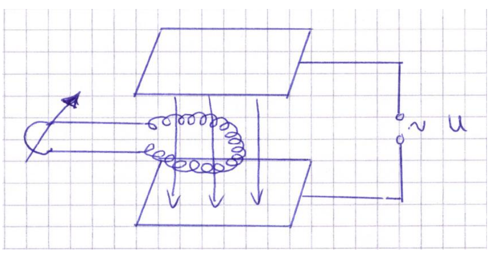
1.12 Aufgabe 12



Gegeben sei die skizzierte Schaltung, die jeweils ausgangsseitig im Leerlauf ($I_2 = 0$) betrieben wird und eingangsseitig mit sinusförmiger Wechselspannung $U_1(t)$ gespeist wird. Die Schaltelemente R, L und C sowie die Kreisfrequenz ω seien gegeben. Rechnen Sie im Komplexen!

a) Zeichnen Sie in der komplexen Ebene, relativ zum Strom, sämtliche Spannungen.
b) Berechnen Sie das komplexe Verhältnis $\frac{U_2(t)}{U_1(t)}$.
c) Berechnen Sie aus b) das Amplitudenverhältnis und die relative Phase als Funktion von R, C und ω.
d) Skizzieren Sie das Ergebnis von c) als Funktion von $\frac{\omega}{\omega_0}$ mit $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.

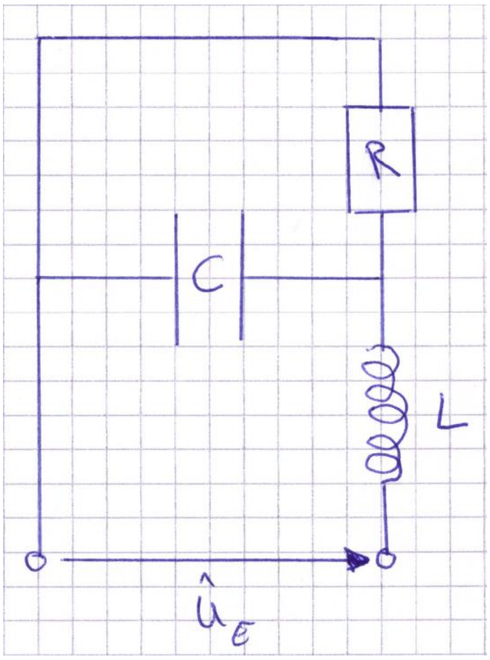
1.13 Aufgabe 13



An einem Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 2cm$ und $\epsilon = \epsilon_0$ wird einen sinusförmige Wechselspannung von $\nu = 50\mathrm{Hz}$ und $U = 40k\mathrm{V}$ Amplitude angelegt. Im homogenen Feldbereich zwischen den Platten befindet sich eine torusförmige, parallel zu den Platten liegende Luftspule mit $n = 5000$ Windungen (Windungsdurchmesser $1cm$, Torusdurchmesser $80cm$).

a) Leiten Sie aus den integralen Maxwellschen Gleichungen die zeitabhängige Beziehung für die magnetische Feldstärke H im Torus ab.
b) Welche Spannung wird zwischen den Enden der Luftspule gemessen?

1.14 Aufgabe 14



Die gezeichnete Schaltung wird mit eingeprägter Wechselspannung mit der Kreisfrequenz ω betrieben. Die Kapazität C ist variabel. Rechnen Sie im komplexen.

Gegeben sind:
$\hat{U}_E = 15$V eff., reell
$\omega = 10^6$Hz
$L = 2 \cdot 10^{-4}$H
$R = 666,6\Omega$

a) Ermitteln Sie zunächst allgemein den Eingangswiderstand $Z_E = \frac{U_E}{I_E}$ der Schaltung.
b) Für welche Werte von C kann erreicht werden, dass die Schaltung am Eingang keine Blindleistung aufnimmt?
c) Wie groß ist in diesen Fällen die in R umgesetzte Wirkleistung?
d) Ermitteln Sie den allgemeinen Ausdruck für den Strom im Widerstand R.
e) Für welchen Wert von C ist die in R umgesetzte Wirkleistung maximal?
f) Wie groß ist diese Leistung?

2 Übungen zum Stoff der Feitagsvorlesung

2.1 Aufgabe 15

Leiten Sie aus den Maxwellgleichungen die Wellengleichung für das magnetische Feld her.

2.2 Aufgabe 16

Auf welchen Bruchteil des Maximalwertes ist die Leistungsresonanzkurve eines Serienschwingkreises, deren Maximum bei ω_0 liegt, bei $\omega_1 = \omega_0 \pm \frac{R}{L}$ gesunken? Was fällt an den Ergebnissen auf?

2.3 Aufgabe 17

Die Sonne strahlt eine Gesamtleistung von $P \approx 4 \cdot 10^{26}$W ab. Der Abstand der Sonne zur Erde beträgt etwa $a \approx 150 \cdot 10^6 km$, der Durchmesser der Erde sei $D \approx 12500 km$.
a) Wie groß ist die mittlere Bestrahlungsstärke auf der Erde unter Vernachlässigung der Atmosphäre?
b) Wie groß ist der Strahlungsdruck auf die Erde, wenn Sie annehmen, dass die Strahlung vollständig absorbiert wird?
c) Welche Kraft wirkt dadurch auf die Erde?