

### Allgemeine Hinweise:

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

**Erlaubte Hilfsmittel:** Taschenrechner, Formelsammlung, Schreibutensilien

**Aufgabe 1: Der elektromagnetische Schwingkreis** Schwingkreise sind die Grundlage für die Erzeugung elektromagnetischer Wellen. Im einfachsten Fall besteht ein Schwingkreis aus einer Spule und einem Kondensator, zwischen denen Energie periodisch ausgetauscht wird. Im idealen elektromagnetischen Schwingkreis haben die Spule und alle leitenden Verbindungen keinen ohmschen Widerstand.

1.1.

- a) Leite für die Ladung  $Q(t)$  auf dem Kondensator die Differentialgleichung der ungedämpften Schwingung

her:  $L \cdot \ddot{Q}(t) + \frac{1}{C} \cdot Q(t) = 0$

- b) Leite her, welcher Zusammenhang zwischen den Größen  $L$ ,  $C$  und  $\omega$  bestehen muss, damit

$$Q(t) = \hat{Q} \cdot \cos(\omega t)$$

eine Lösung der Differentialgleichung ist.

- 1.2. System 1 ist ein vertikaler Federschwinger, der aus einer Feder mit der Federkonstanten  $D = 2,5 \text{ N/m}$  und einem Hakenkörper mit der Masse  $m = 0,10 \text{ kg}$  besteht. Der Abstand zwischen den Umkehrpunkten des schwingenden Hakenkörpers beträgt  $s = 10 \text{ cm}$ .

System 2 ist ein geschlossener Schwingkreis, der aus einem Kondensator mit der Kapazität  $C = 500 \text{ nF}$  und einer Spule mit der Induktivität  $L = 44 \text{ mH}$  besteht. Die Ladespannung des Kondensators beträgt  $U = 20 \text{ V}$ .

- a) Erläutere die Vorgänge während einer Periode, gehe dabei besonders auf die stattfindenden Energieumwandlungen in den Systemen ein.
- b) Gib für beide Beispiele die Schwingungsgleichung mit den speziell vorgegebenen Werten an. Skizziere für mindestens eine Periode das  $U(t)$ -Diagramm.
- c) Berechne für den Zeitpunkt  $t = 0,10 \text{ s}$  die Elongation  $y$  bzw. die Momentanspannung  $U$ .
- d) Gib eine Möglichkeit an, wie durch die Veränderung der gegebenen Größen die Frequenz des Oszillators halbiert werden kann. Begründe deine Antwort.

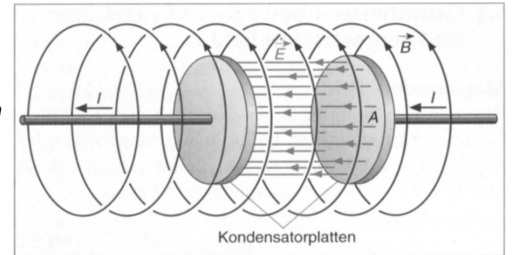
Natürlich darf nicht bei allen Berechnungen der ohmsche Widerstand vernachlässigt werden. In der Regel fasst man alle ohmschen Widerstände im Schwingkreis zu einem mit Kondensator und Spule in Reihe befindlichen (ohmschen) Ersatzwiderstand zusammen, der im Folgenden  $R = 10 \Omega$  sei.

- e) Berechne mittels des Gesamtwiderstandes  $X_{\text{LCR}}$  die Maximalstromstärken für Frequenzen von 1020 bis 1120 Hz in 15 Hz-Schritten und trage diese in ein  $\hat{I}(f)$ -Diagramm ein ( $1 \text{ cm} \triangleq 15 \text{ Hz}$ ,  $1 \text{ cm} \triangleq 0,5 \text{ A}$ ).
- f) Interpretiere das Diagramm, schätze das Maximum ab, überlege dir, wie sich das Maximum berechnen lässt und vergleiche die Werte miteinander.

**Aufgabe 2: Die Maxwellschen Gleichungen** Die Maxwellschen Gleichungen stellen die Krönung der Elektrodynamik, der Theorie der bewegten Ladungen und den damit verbundenen elektrischen und magnetischen Feldern, dar. Trotz ihrer Komplexität sind sie auch in einfachen Situationen anwendbar, z.B. liefert das Amperesche auf einfache Weise Aufschluß über das magnetische Feld eines Drahtes, einer langen Spule etc. Aus den Maxwell-Gleichungen läßt sich ebenfalls die Existenz elektromagnetischer Wellen herleiten, wobei die Vorhersage des sogenannten Verschiebungsstromes ( $\epsilon_0 \frac{d(\vec{E} \cdot \vec{A})}{dt}$ ) zeigt, dass sich solche Wellen auch im Vakuum, also in Abwesenheit von „materiellen“ Ladungen, ausbreiten.

- 2.1. Leite mit Hilfe des Ampereschen Gesetzes her, dass das elektrische Wechselfeld eines Plattenkondensators von einem Magnetfeld umgeben sein muss.

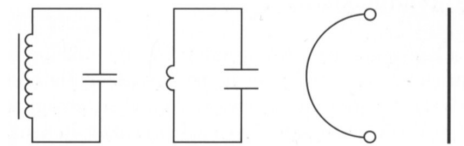
(Tipp: Zeichne in der Abb. einen Integrationsweg, der sowohl den Leiter, als auch den ladungsfreien Innenraum teilweise umschließt und auf dem  $\oint B ds = 0$  gilt.)



257.1 Durch den bei der Aufladung eines Kondensators fließenden Strom wird ein magnetisches Feld erregt. Auch das sich ändernde elektrische Feld im Kondensator ist von einem Magnetfeld umgeben.

- 2.2. Ein Metallstab, in dem elektrische Schwingungen erzeugt werden, heißt Hertzscher Dipol. Man bezeichnet ihn auch als offenen oder entarteten Schwingkreis (vgl. Abb.).

- a) Ein Mittelwellenempfänger soll Radiosignale im Frequenzbereich von 530 kHz bis 1600 kHz empfangen. Begründe durch eine Rechnung, dass selbst bei der kürzesten in Frage kommenden Wellenlänge die benötigten Empfangsdipole bei Resonanzanregung auf Grund ihrer Länge in der Praxis nicht geeignet sind.



Statt eines Empfangsdipols verwendet man im Mittelwellenbereich sogenannte Ferritantennen. Diese sind im Wesentlichen Spulen mit Eisenkern, die mit einem Kondensator einen Schwingkreis bilden. Der Schwingkreis wird in Resonanz mit der zu empfangenden elektromagnetischen Welle abgestimmt. Die im Empfänger benutzte Ferritantenne hat eine Induktivität von 0,22 mH. Die Kapazität ist ein Drehkondensator und damit variabel.

- b) Zwischen welchen Kapazitätswerten muss der Drehkondensator variiert werden können, damit über den gesamten oben genannten Frequenzbereich Resonanz möglich ist?

- siehe Formelsammlung