



Ferienkurs

Experimentalphysik 2

Sommersemester 2019

Aufgabenblatt 3

Zeitlich veränderliche Felder und Wechselstromkreise

Korbinian ESCHBAUM

Jakob UNFRIED

1 Regel von Lenz

Betrachten Sie eine quadratische Leiterschleife mit Seitenlänge L , die mit Geschwindigkeit $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_x$ in ein homogenes Magnetfeld $\mathbf{B} = -B\mathbf{e}_z$ eingeführt wird. Der Leiter habe eine Querschnittsfläche von A und die Elektronendichte n sowie die elektrische Leitfähigkeit σ .

- (a) Berechnen Sie die Lorentzkraft, die auf die Elektronen ausgeübt wird, und den unmittelbar daraus resultierenden Strom I , der zu messen ist, sobald die Elektronen sich parallel zum Leiter bewegen.
- (b) Berechnen Sie daraus die Gesamtkraft, die auf den Leiter wirkt. Überlegen Sie sich auch die Orientierung der Induktionsspannung im Leiter.
- (c) Berechnen Sie die Induktionsspannung mit Hilfe des magnetischen Flusses als Funktion der Zeit bis zu dem Punkt, in dem sich die Leiterschleife vollständig im Magnetfeld befindet.
- (d) Vergleichen Sie die Vorzeichen der Induktionsspannungen, die Sie in (b) und (c) erhalten haben, miteinander. Stimmen sie überein?

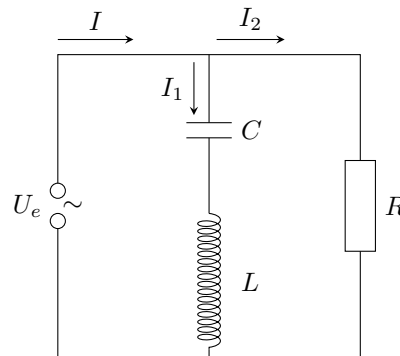
2 Induktion bei inhomogenem Magnetfeld

Betrachten Sie ein Magnetfeld $\mathbf{B}(x, y, z) = -B(x)\mathbf{e}_z$ und eine Leiterschleife in der xy -Ebene, deren linker Rand bei $t = 0$ bei $x = 0$ liegt. Die Leiterschleife wird nun mit Geschwindigkeit $\mathbf{v} = v\mathbf{e}_x$ bewegt.

- (a) Berechnen Sie die induzierte Spannung als Funktion der Zeit für eine quadratische Leiterschleife mit Seitenlänge a , deren Seiten parallel zu den Koordinatenachsen liegen.
- (b) Berechnen Sie die induzierte Spannung als Funktion der Zeit für eine kreisförmige Schleife mit Radius R . Es soll ein Integralausdruck bestimmt werden, dessen Lösung oder Vereinfachung hier nicht nötig ist.

3 Wechselstromkreise

Betrachten Sie folgenden Stromkreis:



Die angelegte Spannung betrage $U_e(t) = U_0 \cos(\omega t)$.

Berechnen Sie die einzelnen Ströme I , I_1 und I_2 , sowie die Spannung am Kondensator U_C und die an der Spule U_L . Nehmen Sie hierfür an, dass $\omega > 1/\sqrt{LC}$. Vernachlässigen Sie Eigenschwingungen.

4 Magnet fällt durch ein Rohr

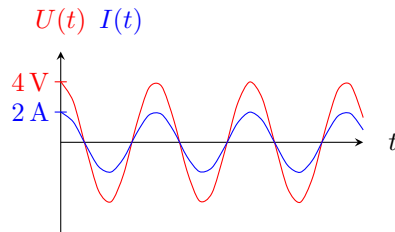
Wenn ein Permanentmagnet durch ein zylindrisches Rohr aus leitendem Material fällt, so ist die Dauer des Falls anders, als bei einem nicht leitendem, aber ansonsten baugleichem Rohr.

- (a) Nach welchem Grundsatz können Sie ohne Rechnung oder längliche Argumentation entscheiden, in welchem Rohr der Fall länger dauert? Welches ist es?
- (b) Skizzieren Sie die Situation mit leitendem Rohr. Lesen Sie zunächst den Rest der Aufgabe, um abzuschätzen, was noch alles eingezeichnet werden soll. Zum leichteren Vergleich mit der Musterlösung falle der Magnet mit dem Südpol nach unten.
- (c) Stellen Sie sich einen Querschnitt des Rohrs ein gutes Stück oberhalb des Magneten als Leiterschleife vor. Wenn sich der Magnet nach unten bewegt, ändert er den magnetischen Fluss durch die Leiterschleife und induziert damit einen Kreisstrom. In welcher Richtung verläuft dieser? Zeichnen Sie ihn ein.
- (d) Der Kreisstrom erzeugt ein magnetisches Feld. Wie ist es orientiert? Zeichnen Sie einige Feldlinien. Wie müsste ein Permanentmagnet orientiert sein, damit er ein solches Feld erzeugt? Zeichnen Sie einen solchen Magneten ein.
- (e) In welche Richtung zeigt also die Kraft, die das erzeugte Magnetfeld auf den fallenden Magneten ausübt?
- (f) Wiederholen Sie die obige Konstruktion für eine Leiterschleife ein gutes Stück unterhalb des Magneten. In welche Richtung zeigt nun die Kraft?
- (g) Überzeugen Sie sich davon, dass die Krafrichtungen die gleichen wären, wenn der Nordpol unten gewesen wäre.

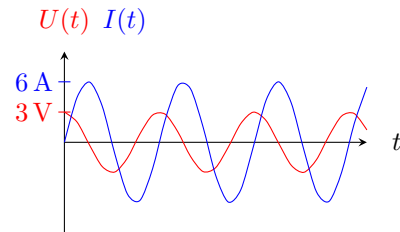
5 Wechselstromkreise und Impedanzen

Gegeben sei ein simpler Stromkreis mit einer Wechselspannungsquelle und einem einzigen unbekanntem Bauteil. Die Wechselspannung $U(t)$ führt zu einem Strom $I(t)$.

- (a) Bestimmen Sie aus den zeitlichen Verläufen in den folgenden Graphen die Impedanz Z des unbekanntem Bauteils. Worum könnte es sich jeweils handeln?



(I)



(II)

- (b) Nun sei die Spannung $U(t) = U_0 \sin(\omega t)$. Skizzieren sie den Verlauf von $I(t)$ wenn das unbekanntem Bauteil

- (i) ein Widerstand R ,
- (ii) ein Kondensator mit Kapazität C
- (iii) eine Spule mit Induktivität L ist.

Geben Sie $I(t)$ explizit an.

- (c) Die Impedanz $Z = |Z|e^{i\varphi}$ ist eine komplexe Zahl. Was ist die Bedeutung von $|Z|$? Was die der Phase φ ?
- (d) Es seien ein Widerstand R , ein Kondensator C und eine Spule L in Reihe geschaltet. Welche Bedingung muss gelten, damit der entstehende Wechselstrom mit einer angelegten Wechselspannung der Frequenz ω in Phase ist?
- (e) Berechnen Sie für die Fälle in Teilaufgabe (b) jeweils die Wirk-, Schein- und Blindleistung.

6 Induktionsbremse

Ein Stück Draht der Länge L mit elektrischem Widerstand R liege auf einer Drahtgabel auf (siehe Skizze). Er kann reibungsfrei auf der Gabel entlangrollen und ist leitend mit ihr verbunden, so dass eine rechteckige Leiterschleife entsteht. Diese sei von einem homogenen magnetischen Feld $B = 3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ durchdrungen. Der bewegliche Draht ist über ein Seil und eine (reibungsfreie) Umlenkrolle mit einem Gewicht der Masse m verbunden, welches ihn nach links zieht.

- (a) Zu einem Zeitpunkt bewege sich das Gewicht mit Geschwindigkeit v nach unten. Welche Kräfte wirken auf den beweglichen Draht? Wie groß sind sie und in welche Richtung zeigen sie?
- (b) Stellen sie die Bewegungsgleichung für die Position des beweglichen Drahts auf. Der Draht sei zum Zeitpunkt $t = 0$ in Ruhe. Leiten sie eine DGL für seine Geschwindigkeit $v(t)$ ab und lösen Sie sie. Skizzieren Sie $v(t)$.