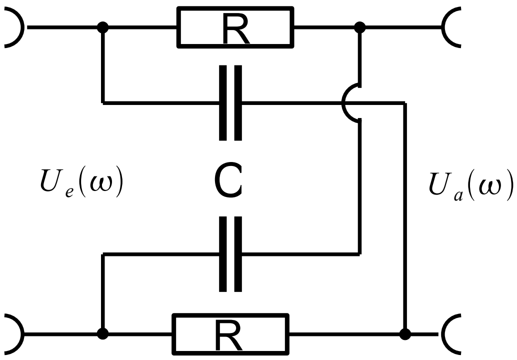
Physik II

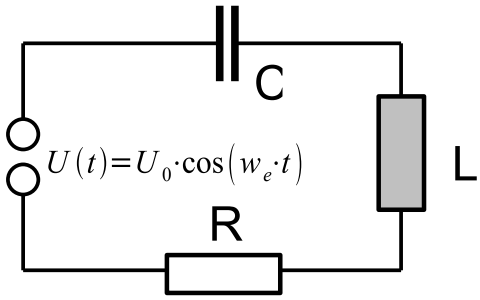
Übungsaufgaben, Blatt 7

24. In der rechten Abbildung ist ein Allpass skizziert. Mit diesem Netzwerk wird frequenzabhängig die Phase, jedoch nicht die Amplitude eines Eingangssignals verändert. Berechenen Sie die Übertragungsfunktion $G(i\omega)=\frac{U_a}{U_e}$ und weisen sie mit ihr das beschriebene Verhalten nach.



25. Eine rechtwinklige Spule mit 60 Windungen, Querschnittsfläche $0.1{\cdot}0.2\ \mathrm{m}^2$ und einem Lastwiderstand von 10.0 Ω rotiert mit einer Winkelgeschwindigkeit von 30 rad/s um die y-Achse. Die Spule befindet sich in einem Magnetfeld (1.0 T), das parallel zur x-Achse gerichtet ist. Zu Beginn der Rotation, bei t = 0, steht die Spule senkrecht auf dem Magnetfeld. Berechnen Sie
   (a) die maximale Induktionsspannung U_{ind},
   (b) U_{ind} zum Zeitpunkt $t = 0.050$s,
   (c) das Drehmoment, das das magnetische Feld auf die Spule ausübt, wenn die Induktionsspannung U_{ind} maximal ist!

26. Ein Schwingkreis wird die durch ein harmonisches Eingangssignal $U(t)$ permanent angeregt. Numerische Vorgaben: U_0 = 12V, sowie C = 1µF, L = 10mH und R = 70Ω.
   (a) Bei welcher Frequenz des Eingangssignal nimmt die Spannung am Widerstand ein Maximum an?
   (b) Bestimmen Sie zusätzlich den maximal möglichen Strom in dieser Masche.



27. Nach kurzer Rechnung kann mit Hilfe der Maxwellschen Gleichungen gezeigt werden, dass im Vakuum die elektrodynamischen Potentiale $\phi_{el}(x,y,z,t)$ und $\boldsymbol{A}(x,y,z,t)$ die Wellengleichungen

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\phi_{el}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\phi_{el} \quad \text{bzw.} \quad \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\boldsymbol{A}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\boldsymbol{A} \qquad (1)$$

erfüllen, wobei c die Geschwindigkeit der elektromagnetischen Welle (also die Lichtgeschwindigkeit) bezeichnet. Wir betrachten nun die Koordinatentransformation (Lorentz-Transformation)

$$x' = \gamma(x - v \cdot t)$$
$$y' = y$$
$$z' = z$$
$$t' = \gamma\left(t - \frac{v \cdot x}{c^2}\right) \quad mit \quad \gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} .$$

(a) Zeigen Sie mit Hilfe der Kettenregel, dass die Potentiale $\phi_{el}(x', y', z', t')$ und $\boldsymbol{A}(x',y',z',t')$ invariant unter Lorentz-Transformationen sind, d.h. es gilt

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2}{\partial z'^2}\right)\phi_{el} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t'^2}\phi_{el} \quad \text{bzw.} \quad \left(\frac{\partial^2}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2}{\partial z'^2}\right)\boldsymbol{A} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t'^2}\boldsymbol{A}$$

Starten Sie dazu mit Gleichung (1) für $\phi_{el}(x, y, z, t)$, fassen sie die ungestrichenen Koordinaten als Funktion der gestrichenen Koordinaten auf (z.B. $x = x(x', y', z', t')$ und wenden Sie die Kettenregel auf alle partiellen Ableitungen an. Finden Sie ein Argument, warum es genügt, die Invarianz für $\phi_{el}(x, y, z, t)$ zu zeigen.

(b) Gilt diese Invarianz auch für eine Galilei-Transformation:

$$x' = x - v \cdot t, \; y' = y, \; z' = z, \; t' = t \quad ?$$

(c) Was ist die physikalische Konsequenz der Aussagen von a) und b) ?