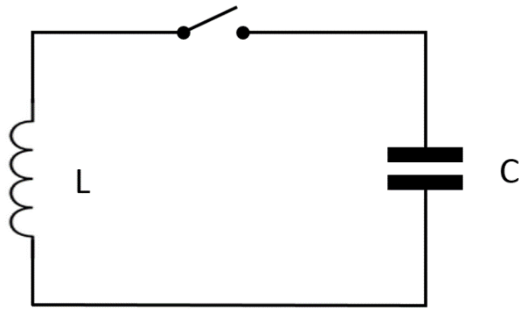
Sommersemester 2016	Blatt 1 (von 4)
Studiengang: TIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Gesamtpunktzahl: 81

<u>Aufgabe 1:</u> **LC-Stromkreis** **(26 Punkte)**



Ein Kondensator (C = 1 µF), eine Spule (L = 10 µH) und ein Schalter sind entsprechend des Schaltbildes miteinander verbunden (siehe Abbildung). Zu Beginn (t = 0 s) ist der Kondensator auf die Spannung $U(0)$ = 10 V geladen und der Schalter ist offen. Durch Schließen des Schalters entlädt sich der Kondensator über die Spule.

a) Welche Ladung Q_m ist zu Beginn auf dem Kondensator gespeichert?

b) Geben Sie die Formel für die Spannung $U_C(t)$ an, die über dem Kondensator abfällt.

c) Geben Sie die Formel für die Spannung $U_L(t)$ an, die über der Spule abfällt.

d) Stellen Sie die Gleichung für die zeitabhängige Ladung auf. (*Hinweis*: Es handelt sich um eine Differentialgleichung!)

e) Wählen Sie einen geeigneten Ansatz um diese Gleichung zu lösen. Berechnen Sie die Kreisfrequenz ω_0.

f) Vergleichen Sie den elektrischen LC-Schwingkreis mit dem mechanischen Feder-Masse-Schwinger, indem Sie die analogen elektrischen Größen für die mechanischen Größen Masse m, Federkonstante k, Ort x, Geschwindigkeit v, kinetische Energie E_{kin} und elastische Energie E_{elast} angeben.

g) Berechnen Sie die maximale Stromstärke I_m.

h) Geben Sie die Formel für die Zeitabhängigkeit der im Kondensator gespeicherten elektrischen Energie E_{elek} an.

i) Geben Sie die Formel für die Zeitabhängigkeit der in der Spule gespeicherten magnetischen Energie E_{magn} an.

j) Skizzieren Sie in einem Diagramm die Zeitabhängigkeit der elektrischen und magnetischen Energie.

k) Berechnen Sie die Gesamtenergie in diesem LC-Stromkreis.

l) Mit welcher Maßnahme können Sie die auftretenden Schwingungen dämpfen?

Lösungsvorschlag Aufgabe 1: LC-Stromkreis

a) Die Ladung Q_m ist zu Beginn (t = 0):

$$Q_m = C \cdot U(t=0) = 1 \cdot 10^{-5}\,As$$

b)

$$U_C(t) = \frac{1}{C} Q(t)$$

c)

$$U_L(t) = L \frac{dI(t)}{dt} = L \frac{d^2 Q(t)}{dt^2}$$

d) Unter Berücksichtigung der Maschenregel erhalten wir die Differentialgleichung:

$$L \frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{1}{C} Q = 0 \quad bzw. \quad \frac{d^2 Q}{dt^2} + \frac{1}{LC} Q = 0$$

e)

$$Q(t) = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 3{,}16 \cdot 10^5 / s$$

f)

mechanisch	**elektrisch**
m	*L*
k	1/*C*
x(t)	*Q(t)*
v(t)	*I(t)*
E_{kin}	E_{magn}
E_{elast}	E_{elekt}

g)

$$I_m = \omega_0 Q_m = 3{,}16 A$$

h)

$$E_{elek}(t) = \frac{1}{2C} Q_m^2 \cos^2(\omega_0 t)$$

i)

$$E_{magn}(t) = \frac{1}{2} L \omega_0^2 Q_m^2 \sin^2(\omega_0 t) = \frac{1}{2C} Q_m^2 \sin^2(\omega_0 t)$$

j) *E(t)*-Diagramm mit den phasenverschobenen Energien E_{elek} und E_{magn}

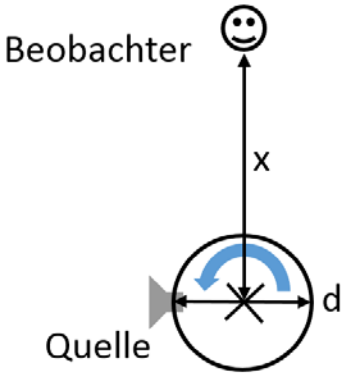
k)

$$E_{ges} = \frac{1}{2C} Q_m^2 = 5 \cdot 10^{-5} J$$

l) Z.B. durch Reihenschaltung eines zusätzlichen ohmschen Widerstands

Sommersemester 2016		Blatt 2 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 2: **Hupe auf Drehscheibe** **(22 Punkte)**



Eine elektrische Hupe sendet Schallwellen (Schallgeschwindigkeit in trockener Luft bei T = 20°C: c = 344 m/s) mit einer Frequenz f_Q = 400 Hz aus. Sie ist auf dem Umfang einer Drehscheibe mit dem Durchmesser d = 40 cm befestigt und bewegt sich mit der Winkelgeschwindigkeit ω = 25/s. Der ruhende Beobachter hört die Hupe im Abstand x = 8 m.

a) Bestimmen Sie die maximale Schallfrequenz f_{max}, die der Beobachter hört.

b) Bestimmen Sie die minimale Schallfrequenz f_{min}, die der Beobachter hört.

Der Beobachter verfügt darüber hinaus über ein elektronisches Schallmeßgerät, das eine Frequenzauflösung Δf_{mess} = 12 Hz hat, d.h es kann gerade noch zwei unterschiedliche Frequenzen mit dem Abstand Δf_{mess} trennen.

c) Kann das ebenfalls ruhende elektronische Schallmeßgerät die von der Hupe ausgesendeten Schallfrequenzen auflösen?

d) Was müsste am Experiment verändert werden, um die Differenz der Schallfrequenzen $\Delta f = f_{max}\text{-}f_{min}$ zu vergrößern?

e) Welche minimalen und maximalen Schallfrequenzen berechnen Sie bei einer Frequenz der Hupe f_Q = 5000 Hz unter ansonsten identischen Bedingungen? Wie groß ist die resultierende Differenz der Schallfrequenzen $\Delta f = f_{max}\text{-}f_{min}$? Kann das elektronische Schallmeßgerät diese Differenz auflösen?

f) Ab welcher Winkelgeschwindigkeit ω_c sollte ein Überschallknallen hörbar werden? Wieviel Prozent dieser Überschall-Winkelgeschwindigkeit hatte die anfängliche Winkelgeschwindigkeit ω = 25/s?

g) Allerdings ist dieser Fall wohl eher hypothetisch, denn welche Zentrifugalbeschleunigung a_c wirkt beim Überschallknallen auf die Hupe? Um wieviel ist a_c somit größer als die Erdbeschleunigung g?

<u>Lösungsvorschlag Aufgabe 2:</u> **Hupe auf Drehscheibe**

a) Die Hupe bewegt sich auf einem Kreis mit dem Radius $R = d/2 = 0{,}2$ m. Die Bahngeschwindigkeit v bei $\omega = 25/s$ ist: $v = R\cdot\omega = 5$ m/s

Mit dieser Geschwindigkeit kommt die Hupe auf den ruhenden Beobachter zu bzw. entfernt sich von ihm. Die beim Beobachter gemessene Schallfrequenz resultiert aus dem Dopplereffekt:

$$\Rightarrow bei\ Annäherung: \quad f_{B,\max} = f_Q \frac{1}{1-v/c} = 405{,}9Hz$$

b)

$$\Rightarrow bei\ Entfernung: \quad f_{B,\min} = f_Q \frac{1}{1+v/c} = 394{,}3Hz$$

c) Nein, denn $\Delta f = f_{max}-f_{min} = 11{,}6$ Hz < 12 Hz = Δf_{mess}

d) Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit ω, Erhöhung der Frequenz f, Verringerung der Schallgeschwindigkeit c oder Beobachter bewegt sich auf Quelle zu

e)

$$\Rightarrow bei\ Annäherung: \quad f_{B,\max} = f_Q \frac{1}{1-v/c} = 5073{,}75Hz$$

$$\Rightarrow bei\ Entfernung: \quad f_{B,\min} = f_Q \frac{1}{1+v/c} = 4928{,}4Hz$$

$\Rightarrow \Delta f = f_{max}-f_{min} = 145$ Hz > 12 Hz = Δf_{mess} $\Rightarrow$ Ja, das ist auflösbar.

f) Wenn die Bahngeschwindigkeit v die Schallgeschwindigkeit c überschreitet, hört der Beobachter ein Überschallknallen, d.h.:

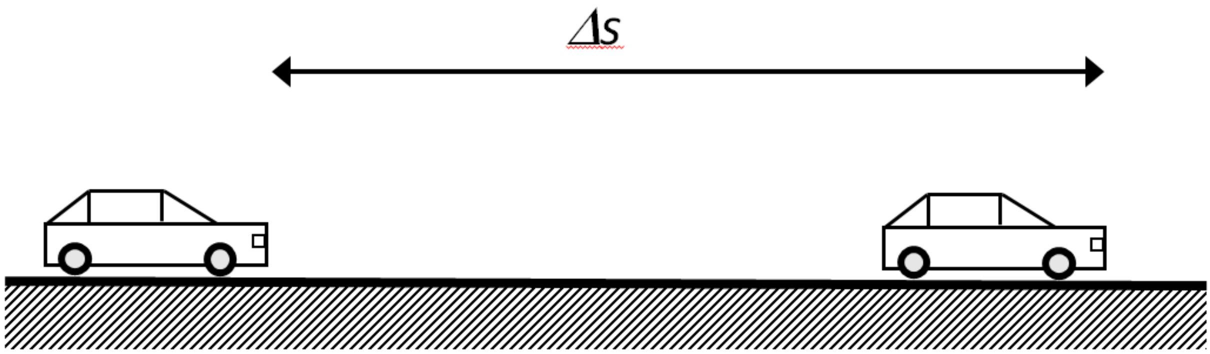
$$\omega_c = \frac{v}{R} = \frac{c}{R} = 1720/s \qquad \Rightarrow \frac{\omega}{\omega_c} = 1{,}45\%$$

g)

$$a_c = R\omega_c^2 = 592\cdot 10^3 \frac{m}{s^2} = 60300\cdot g$$

Sommersemester	2016	Blatt 3 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 3: **Straßenkreuzung** **(14 Punkte)**



An einer Straßenkreuzung rauscht der Verkehr vorbei. Der zeitlich gemittelte Schallpegel L ergibt sich aus der Zahl der Fahrzeuge ΔN, die pro Zeiteinheit Δt die Kreuzung passieren. Der mittlere Schallpegel steigt von L_1 = 68 dB bei normalem Verkehr auf L_2 = 80 dB zur Spitzenverkehrszeit.

a) Bestimmen Sie die damit verbundene Zunahme des Fahrzeugstromes $I = \Delta N/\Delta t$. Nehmen Sie dabei vereinfachend an, daß jedes Fahrzeug die gleiche Schallintensität emittiert.

An der Straßenkreuzung wird nun eine Baustelle eingerichtet, wodurch die Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h reduziert wird. Nehmen Sie hierbei an, daß sich die Schallintensität eines einzelnen Fahrzeugs durch die Geschwindigkeitsreduktion nicht ändert, aber der mittlere Abstand Δs der Fahrzeuge sich um 40% reduziert.

b) Welchen Schallpegel L_3 berechnen Sie an der Baustelle bei normalem Verkehr?

c) Welchen Schallpegel L_4 berechnen Sie an der Baustelle zur Spitzenverkehrszeit?

Lösungsvorschlag Aufgabe 3: **Straßenkreuzung**

a) Der Lautstärkepegel nimmt um $\Delta L = L_2 - L_1 = 12$ dB zu, wenn die Schallintensität von I_1 auf $I_2 = n \cdot I_1$ steigt, d.h.:

$$\Delta \mathrm{L} = 12\mathrm{dB} = 10 \cdot \lg(\frac{I_2}{I_0}) dB - 10 \cdot \lg(\frac{I_1}{I_0}) dB \quad (mit \quad I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2})$$

$$\Rightarrow n = \frac{I_2}{I_1} = 10^{1,2} = 15,85$$

Oder einfacher:

Bei Verdoppelung der Zahl der Fahrzeuge steigt der Pegel um ca. 3 dB, d.h. bei einem Pegelanstieg um 12 dB = 4·3 dB steigt der Fahrzeugstrom um den Faktor:

$$2^4 = 16$$

Der Fahrzeugstrom I ist proportional zur Geschwindigkeit v und umgekehrt proportional zum mittleren Abstand Δs:

$$\mathrm{I} = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta s} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{\Delta s} \cdot v$$

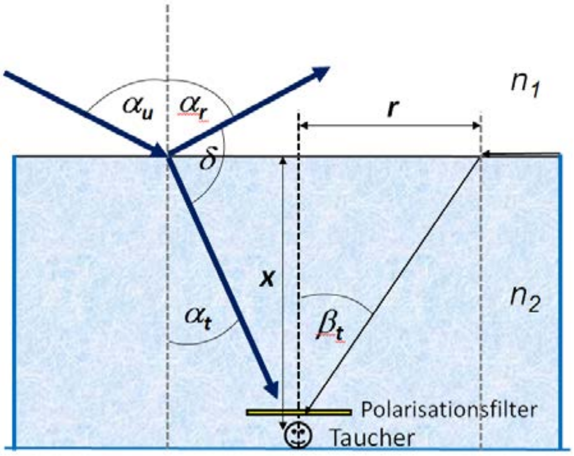
Der Fahrzeugstrom nimmt durch die Geschwindigkeitsreduktion von 50 km/h auf 30 km/h um 40% ab. Der Fahrzeugstrom wird bei reduziertem mittleren Abstand aber auch um 40% wieder größer, so daß sich in beiden Fällen der Schallpegel im Vergleich zu a) nicht ändert, d.h.:

b) $L_3 = 68$ dB

c) $L_4 = 80$ dB

Sommersemester 2016		Blatt 4 (von 4)
Studiengang:	TIB2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 1052010
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 90 Minuten

Aufgabe 4: **Was sieht der Taucher?** **(19 Punkte)**



Ein Taucher ist bei Sonnenschein auf den Boden eines Swimmingpools hinabgetaucht (siehe Abbildung). Beim Blick nach oben sieht er die Poolwände und direkt über sich in einem Kreis mit dem Radius r = 2,5 m den Taghimmel bzw. Objekte außerhalb des Wassers.

a) Bestimmen Sie den Winkel der Totalreflexion β_t. Nehmen Sie dabei eine Brechzahl von Wasser n_2 = 1,33 bzw. Luft n_1 = 1,00 an.

b) In welcher Tiefe x befindet sich der Taucher?

Der Taucher verfügt darüber hinaus über ein Polarisationsfilter, das er vor der Taucherbrille dreht. Dabei stellt er fest, daß das direkte Sonnenlicht im Wasser polarisiert ist. Danach taucht er auf und verläßt das Wasser. Nun mißt er durch Drehen des Polarisationsfilters die Polarisation des an der Wasseroberfläche reflektierten direkten Sonnenlichts als Funktion des Sonnenstands, d.h. des Winkels α_r.

c) Unter welchem Winkel α_r ist das an der Wasseroberfläche reflektierte direkte Sonnenlicht vollständig (linear) polarisiert?

d) Wie groß ist dabei der Einfallswinkel α_u des direkten Sonnenlichts?

e) Unter welchem Winkel α_t würde der Taucher dabei am Poolboden den transmitterten Sonnenstrahl beobachten? Ist dieser Strahl auch vollständig (linear) polarisiert?

f) Wie groß ist dabei der Winkel δ zwischen transmittertem (α_t) und reflektiertem Sonnenstrahl (α_r)?

g) Welche Ausbreitungsgeschwindigkeiten c_2 bzw. c_1 hat das Licht in Wasser bzw. in Luft?

<u>Lösungsvorschlag Aufgabe 4:</u> **Was sieht der Taucher?**

a) Das Brechungsgesetz lautet:

$$n_1 \sin\alpha = n_1 \sin 90° = n_2 \sin\beta_t \Rightarrow \sin\beta_t = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \beta_t = 48{,}8°$$

b)

$$\tan\beta_t = \frac{r}{x} \Rightarrow Tauchtiefe \quad x = \frac{r}{\tan\beta_t} = 2{,}19m$$

c) Brewsterwinkel α_r:

$$\tan\alpha_r = \frac{n_2}{n_1} = 1{,}33 \Rightarrow \alpha_r = 53{,}06°$$

d) Nach dem Reflexionsgesetz gilt:

$$\alpha_u = \alpha_r = 53{,}06°$$

e) Nach dem Brechungsgesetz beobachtet der Taucher den transmittierten Sonnenstrahl unter dem Winkel α_t:

$$n_1 \sin\alpha_u = n_2 \sin\alpha_t \Rightarrow \alpha_t = 36{,}94°$$

Nein, dieser Strahl ist nur teilweise polarisiert.

f) Der Winkel δ ist ein rechter Winkel und beträgt δ = 180°- α_t - α_r = 90°.

g) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium berechnet sich über die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit $c_0 = 2{,}9979 \cdot 10^8$ m/s:

$$c_1 = \frac{c_0}{n_1} = 2{,}9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad und \quad c_2 = \frac{c_0}{n_2} = 2{,}254 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$