2007-06-21 Klausur 4 Kurs 12Ph2 Physik-e

Lösung Version 2007-07-03

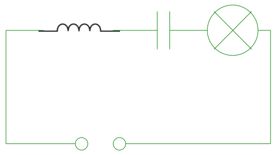
1 Erläutern Sie, warum bei der Wechselspannung die Scheitelspannung immer größer als die effektive Spannung ist und berechnen Sie die Scheitelspannung für $U_{eff}=110\,V$.

Bei der Wechselspannung ändern sich die Spannungswerte in der Zeit mit einer Sinusfunktion. Die Scheitelspannung bezeichnet dabei den maximalen Spannungswert, der nur angenommen wird, wenn der Sinus die Werte 1 oder -1 annimmt. Die effektive Spannung ist ein (über die elektrische Leistung ermittelter) Mittelwert. Es gilt: $\hat{U}=\sqrt{2}\cdot U_{eff}=\sqrt{2}\cdot 110\,V\approx 155{,}6\,V$

---

2 Aus einer Vielzahl von Wechselspannungen mit verschiedenen Frequenzen soll die Spannung mit der Frequenz 7500 Hz heraus gefiltert werden. Sie haben einen Kondensator von 0,5 µF zur Verfügung. Die benötigte Spule müssen Sie sich selbst bauen.

a) Zeichnen Sie ein Schaltbild der zu verwendenden Schaltung.



Es handelt sich um einen Siebkreis, bei dem der Kondensator und die Spule in Reihe geschaltet sind.

b) Die Spule, die Sie bauen müssen, hat eine Querschnittsfläche von A = 20 cm² und eine Länge von l = 10 cm. Berechnen Sie, wie viele Windungen Sie wickeln müssen.

Der Widerstand eines Siebkreises berechnet sich aus $R_{ges}=\sqrt{(R_L-R_C)^2+R_\Omega^2}$. *Minimal wird der Widerstand, wenn* $R_L=R_C$. *Die Frequenz f, die bei dieser Bedingung herausgefiltert wird, sorgt für einen maximalen Stromfluss. Es gilt:* $R_L=R_C \;\Rightarrow\; \omega\cdot L=\frac{1}{\omega\cdot C} \;\Rightarrow\; \omega^2=4\cdot\pi^2\cdot f^2=\frac{1}{L\cdot C} \;\Rightarrow\; f=\frac{1}{2\cdot\pi\cdot\sqrt{L\cdot C}}$

Nach L aufgelöst ergibt sich $L=\frac{1}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot C}$ *und mit* $L=\frac{\mu_0\cdot A\cdot n^2}{l}$ *bzw.* $n^2=\frac{L\cdot l}{\mu_0\cdot A}$

$$n=\sqrt{\frac{l}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot C\cdot\mu_0\cdot A}}=\sqrt{\frac{0{,}1}{4\cdot\pi^2\cdot 7500^2\cdot 0{,}5\cdot 10^{-6}\cdot\mu_0\cdot 20\cdot 10^{-4}}}\approx 189{,}3$$

Man muss also etwa 190 Windungen auf der Spule wickeln, damit die Frequenz 7500 Hz gefiltert wird.

---

3 Eine Welle breitet sich nach dem Gesetz $s=s_m\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right)$ aus.

Die Amplitude beträgt $s_m=20\,cm$, die Frequenz ist $f=5\,Hz$ und die Welle breitet sich mit der Geschwindigkeit $c=2\frac{m}{s}$ aus.

Berechnen Sie, zu welcher Zeit t sich an der Stelle $x=70\,cm$ die Auslenkung $s=10\,cm$ ergibt.

Aus der Frequenz f ergibt sich T zu $T=\frac{1}{f}$. *λ ergibt sich aus der Formel* $c=f\cdot\lambda$ *zu* $\lambda=\frac{c}{f}$.

Alle anderen Größen bis auf t sind gegeben, sodass man t berechnen kann:

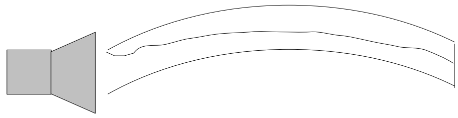
$$s=s_m\cdot\sin\left(2\cdot\pi\cdot\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right) \;\Rightarrow\; \frac{s}{s_m}=\sin\left(2\cdot\pi\cdot\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right) \;\Rightarrow\; 2\cdot\pi\cdot\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)=\arcsin\left(\frac{s}{s_m}\right) \;\Rightarrow$$

$$\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}=\frac{\arcsin\left(\frac{s}{s_m}\right)}{2\cdot\pi} \Rightarrow \frac{t}{T}=\frac{\arcsin\left(\frac{s}{s_m}\right)}{2\cdot\pi}+\frac{x}{\lambda} \Rightarrow t\cdot f=\frac{\arcsin\left(\frac{s}{s_m}\right)}{2\cdot\pi}+\frac{x\cdot f}{c} \Rightarrow t=\frac{\arcsin\left(\frac{s}{s_m}\right)}{2\cdot\pi\cdot f}+\frac{x}{c} \Rightarrow$$

$t=\left(\frac{\arcsin\left(\frac{10}{20}\right)}{2\cdot\pi\cdot 5}+\frac{0{,}7}{2}\right)s\approx 0{,}37\,s$ *Zur Zeit t = 0,37 s misst man die geforderte Auslenkung.*

---

4 In einem an einer Seite verschlossenen Glasrohr ist ein dünner Draht frei schwebend aufgehängt. Er wird von einem so starken Strom durchflossen, dass er glüht. Wird nun vor dem offenen Ende des Rohres durch einen Lautsprecher ein starker hoher Ton erzeugt, so verlöscht das Glühen des Drahtes an Stellen, die etwa 1,2 cm voneinander entfernt sind.
Erklären Sie das Zustandekommen dieses Effektes und berechnen Sie die Wellenlänge der vom Lautsprecher ausgesendeten Schallwelle.



Der vom Lautsprecher erzeugte Ton erzeugt in dem Rohr eine stehende Welle.

Links liegt übrigens ein offenes Ende vor und rechts ein geschlossenes Ende. Das hat aber auf die Lösung der Aufgabe keinen Einfluss.

An Schwingungsbäuchen der stehenden Welle bewegt sich die Luft so schnell, dass sie den Draht kühlt: Er glüht nicht mehr. An den Schwingungsknoten bewegt sich die Luft fast nicht; der Draht wird deshalb auch nicht gekühlt und er glüht weiter.

Der Abstand zwischen den Schwingungsknoten beträgt $\frac{\lambda}{2}$. *Da die Schwingungsknoten den Abstand 1,2 cm voneinander haben, gilt* $\frac{\lambda}{2}=1{,}2\,cm \Rightarrow \lambda=2\cdot 1{,}2\,cm=2{,}4\,cm$.

Die Wellenlänge der ausgesandten Welle beträgt also 2,4 cm.

---

5 Sie fahren auf einer Bundesstraße mit 1/20 der Schallgeschwindigkeit (also $v=\frac{1}{20}\cdot c$).

Ihnen kommt ein Wagen entgegen, der ebenfalls mit $v=\frac{1}{20}\cdot c$ fährt. Der entgegenkommende Fahrer gibt Ihnen ein lautes Hupsignal der Frequenz 950 Hz.
Berechnen Sie die Frequenz des Tones, den Sie hören.

Es gilt $f_{Sender}=950\,Hz$. *Wenn Sie stehen würden, würden Sie nach der Formel* $E \quad \overleftarrow{S}:\ f'=f\cdot\frac{c}{c-v}$ *den Ton mit der Frequenz* $f_{Empfänger\,\mathrm{in}\,Ruhe}=f_{Sender}\cdot\frac{c}{c-\frac{1}{20}\cdot c}=f_{Sender}\cdot\frac{1}{\frac{19}{20}}=f_{Sender}\cdot\frac{20}{19}$ *hören.*

Da Sie sich aber auch bewegen, hören Sie statt der Frequenz $f_{Empfänger\,\mathrm{in}\,Ruhe}$ *nach der Formel* $\overrightarrow{E} \quad S:\ f'=f\cdot\frac{c+v}{c}$ *die Frequenz* $f_{Empfänger}=f_{Empfänger\,\mathrm{in}\,Ruhe}\cdot\frac{c+\frac{1}{20}\cdot c}{c}=f_{Empfänger\,\mathrm{in}\,Ruhe}\cdot\frac{21}{20}=$

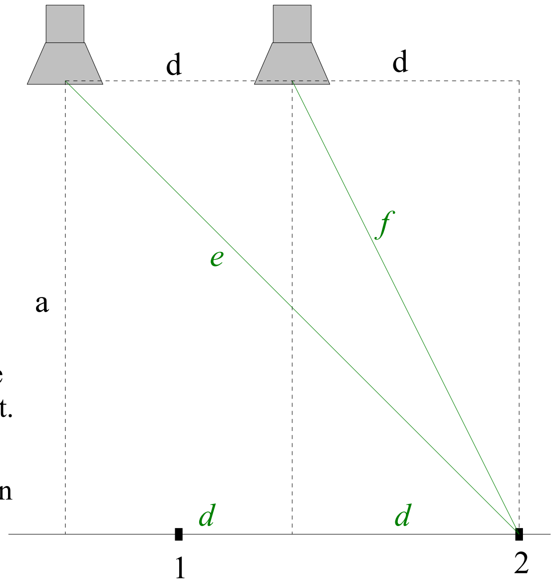
$f_{Sender}\cdot\frac{20}{19}\cdot\frac{21}{20}=f_{Sender}\cdot\frac{21}{19}=\frac{21}{19}\cdot 950\,Hz=1050\,Hz$ *. Sie hören also einen um 100 Hz angehobenen Ton.*

6 Zwei Lautsprecher senden phasengleich Töne der gleichen Frequenz f aus. Zwischen den Lautsprechern besteht der Abstand d = 20 cm.
Im Abstand a = 2d vor den Lautsprechern befindet sich eine Schiene, auf der ein Mikrophon verschoben werden kann. Man stellt fest, dass an verschiedenen Stellen das überlagerte Signal unterschiedlich laut registriert wird.

a) Begründen Sie, warum an verschiedenen Stellen das Signal unterschiedlich laut ist.

b) Begründen Sie, dass im Messpunkt 1 immer maximale Lautstärke empfangen wird, ganz gleich, wie groß a ist.

c) Fährt man von Messstelle 1 aus das Mikrophon nach rechts, so misst man erst wieder an der Messstelle 2 ein maximales Signal.
Berechnen Sie die Frequenz des Signals.



zu a):

Die von den Lautsprechern phasengleich ausgesandten Töne gelangen auf unterschiedlich langen Wegen zum Mikrophon, sodass sie dort mit verschiedenen Phasen ankommen und sich durch Interferenz mehr oder weniger gegenseitig auslöschen.

zu b):

Der Messpunkt 1 ist von jedem Lautsprecher gleich weit entfernt. Die Wellen treffen also gleichphasig ein und verstärken sich, und das unabhängig von der Entfernung a.

zu c):

Im Messpunkt 1 ist der Gangunterschied der beiden Wellenzüge gleich 0. Da erst am Messpunkt 2 wieder maximale Intensität gemessen wird, beträgt der Gangunterschied hier λ. Es gilt also: $e = f + \lambda$

Nach dem Satz des Pythagora gilt $e^2 = a^2 + (2\mathrm{d})^2 = a^2 + 4\mathrm{d}^2 \Rightarrow e = \sqrt{a^2 + 4\mathrm{d}^2}$ *und* $f^2 = a^2 + d^2 \Rightarrow f = \sqrt{a^2 + d^2}$.

Aus $e = f + \lambda$ *folgt:* $\lambda = e - f = \sqrt{a^2 + 4\mathrm{d}^2} - \sqrt{a^2 + d^2} = \sqrt{(2\mathrm{d})^2 + 4\mathrm{d}^2} - \sqrt{(2\mathrm{d})^2 + d^2} = \sqrt{8\mathrm{d}^2} - \sqrt{5\mathrm{d}^2} =$

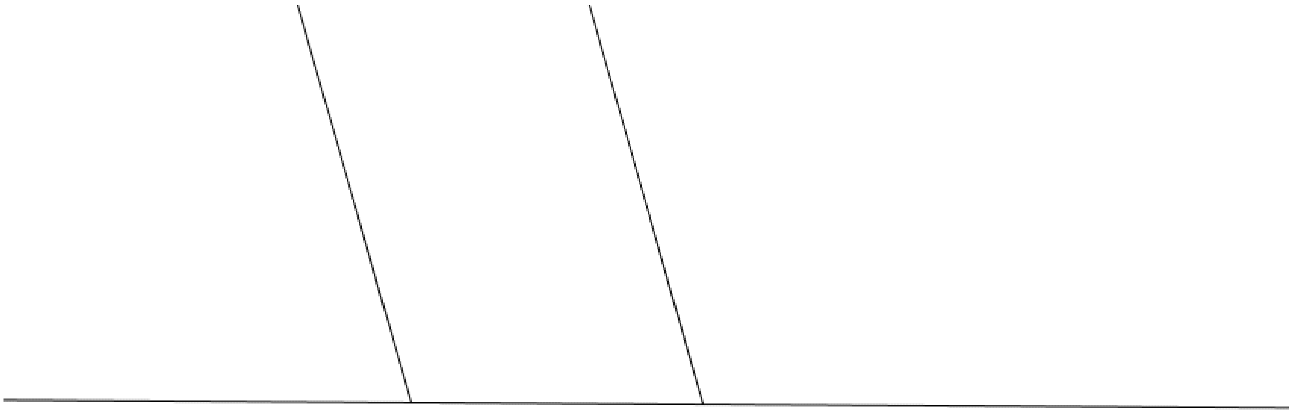
$(\sqrt{8} - \sqrt{5}) \cdot d = (\sqrt{8} - \sqrt{5}) \cdot 0{,}2\, m \approx 0{,}118\, m$

Die Wellenlänge der Schallwelle beträgt also etwa 11,8 cm.

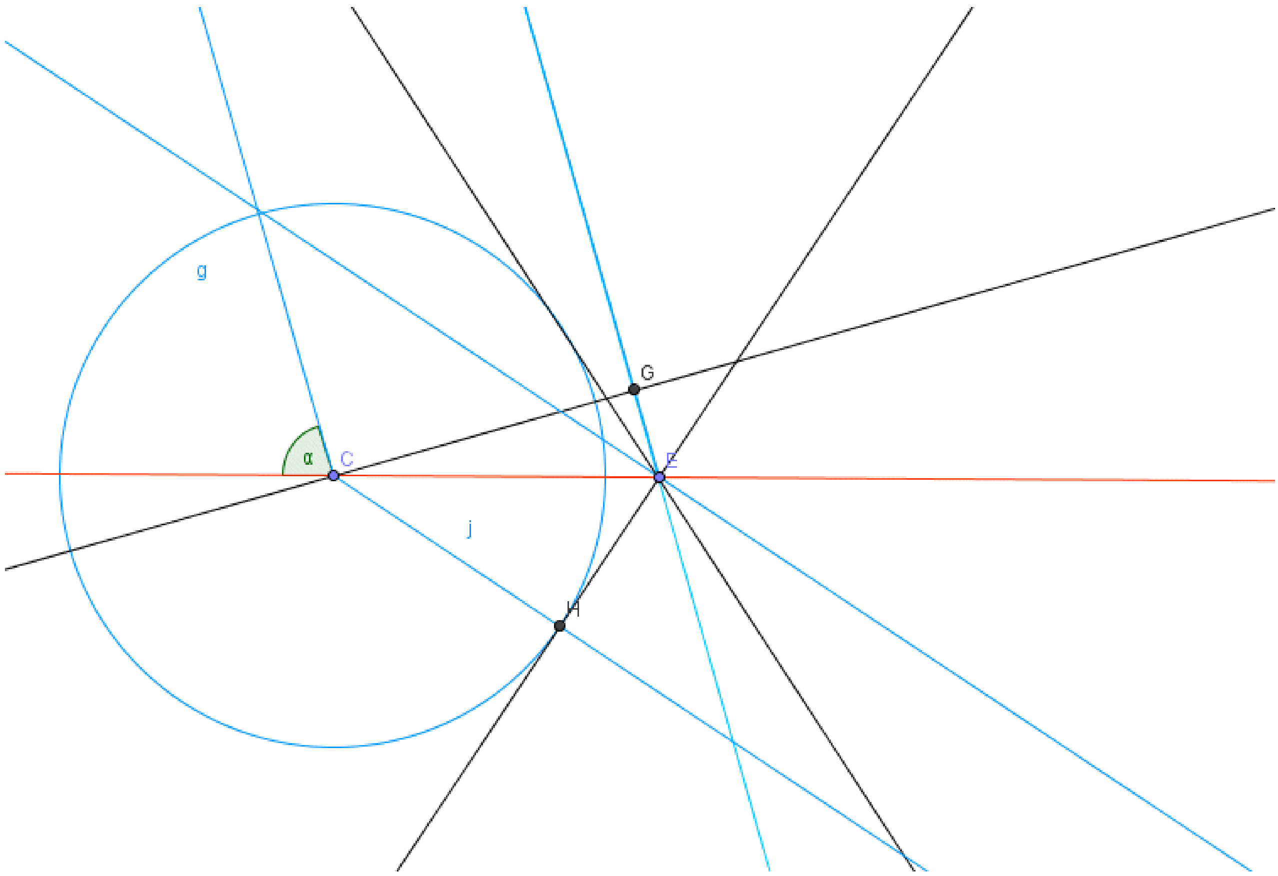
$c = f \cdot \lambda \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{340 \frac{m}{s}}{0{,}118\, m} \approx 2870\, Hz$ *Die Frequenz beträgt etwa 2870 Hz.*

7 Konstruieren Sie mit Hilfe des Huygensschen Prinzips den weiteren Verlauf der Welle.
Die Wellenfront kommt auf dem Papier von oben, trifft auf eine Grenzschicht zwischen zwei Medien und bewegt sich dann im unteren Medium 3-mal so schnell weiter wie im oberen Medium.

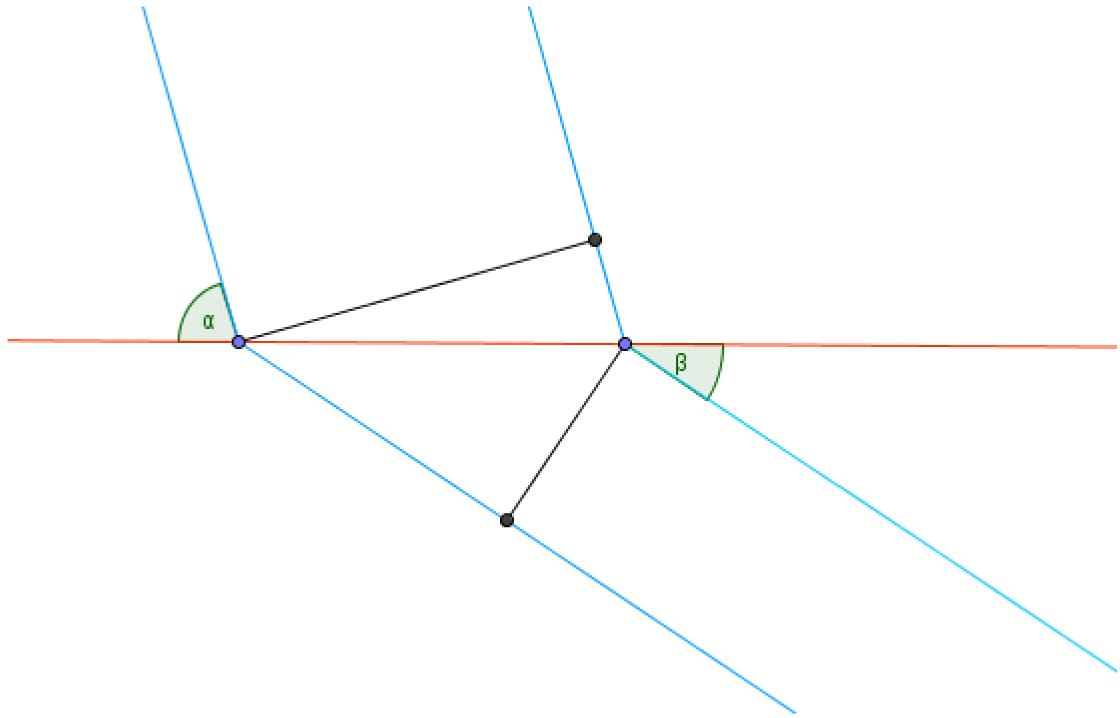
Aufgabe:



Arbeitsblatt (GeoGebra)



Ergebnis:



Formeln zur Physikarbeit

$U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}$ $R_{ges} = \sqrt{R_C^2 + R_\Omega^2}$ $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $U_{ind} = -L \cdot \dot{I}$ $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega \cdot t)$ $v = a \cdot t$ $\hat{P} = \hat{U} \cdot \hat{I}$

$R_L = \omega \cdot L$ $R_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ $a_z = \frac{v^2}{r}$ $R_{ges} = \sqrt{R_L^2 + R_\Omega^2}$ $\Phi = A \cdot B$ $\tan\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_\Omega}$ $s = v \cdot t$

$R_{ges} = \sqrt{(R_L - R_C)^2 + R_\Omega^2}$ $s = s_m \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$ $P_{eff} = \frac{\hat{P}}{2}$ $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ $f = \frac{1}{T}$

$F = m \cdot a$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ $W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$ $L = \frac{\mu_0 \cdot A \cdot n^2}{l}$ $F = -D \cdot s$ $c = f \cdot \lambda$

$\vec{E}$ S: $f' = f \cdot \frac{c+v}{c}$ $\overleftarrow{E}$ S: $f' = f \cdot \frac{c-v}{c}$

E $\vec{S}$: $f' = f \cdot \frac{c}{c+v}$ E $\overleftarrow{S}$: $f' = f \cdot \frac{c}{c-v}$

$\sin\alpha \approx \tan\alpha$ für kleine Winkel (bis etwa 10°)

Viel Erfolg bei der Bearbeitung der Aufgaben!