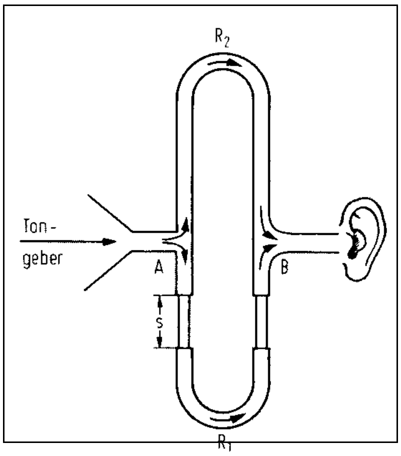
11.09.2001 Klausur 1 Kurs Ph13/43 Physik Lk/Gk

Aufgaben- und Lösungsblatt

Gk nur die Aufgaben 1, 2, 3a, 4a, 4b

Rechnen Sie bei den folgenden Aufgaben bitte immer mit einer Schallgeschwindigkeit von $c_{Schall} = 340\,\frac{m}{s}$ und einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht und elektromagnetischen Wellen von $c_{Licht} = 300000\,\frac{km}{s}$.

1 Versuche mit dem Quinckeschen Interferenzrohr:



a) Leiten Sie Formeln her, die angeben, bei welcher Verlängerung Δl des Quinckeschen Rohres eine maximale Auslöschung des Tons und bei welcher Verlängerung eine maximale Verstärkung des Tons zu hören ist. Die beiden Ergebnisse sind unter folgenden vier „Formeln“ zu finden:

$\Delta l = n \cdot \lambda$ $\quad \Delta l = n \cdot \frac{\lambda}{2}$ $\quad \Delta l = (2n+1) \cdot \lambda$ $\quad \Delta l = (2n+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

b) Das Rohr ist ganz zusammengeschoben. Bei einer fest eingestellten Frequenz des Tongebers hört man ein maximal starkes Signal.
Bei gleicher Frequenz wird das Rohr nun im unteren Teil verlängert. Dabei wird der Ton zunächst leiser und dann wieder lauter. Bei einem Herausziehen um s = 8cm hört man zum ersten Mal wieder ein maximal lautes Signal.
Berechnen Sie die Frequenz des bei diesem Versuch benutzten Tonsignals.

c) Das untere Rohr ist wie in der Zeichnung um die Strecke s ausgelenkt. Bei den Frequenzen 2320 Hz, 3250 Hz, 4180 Hz und 5110 Hz misst man minimale Tonintensität. Berechnen Sie die Länge der Auslenkung s.
Gibt es auch niedrigere Frequenzen als 2320 Hz, bei denen minimale Intensität gemessen werden kann? Wenn ja, berechnen Sie diese Frequenzen.

1a Der Schall verläuft auf zwei getrennten Wegen und überlagert sich (nach kurzer Zeit) auf der gesamten Rohrlänge. Die Messung findet an der Stelle B statt, die zunächst auf beiden Wegen gleich weit von A entfernt ist. Bei B treffen auf Grund des gleichen Weges in beiden Rohrhälften immer Wellenberge und Wellentäler zusammen, d.h. es findet konstruktive Interferenz statt und der Ton wird maximal verstärkt.
Wird nun das Rohr um die Strecke s ausgezogen, verlängert sich der Weg im unteren Rohrteil um Δl=2s.
Maximale Verstärkung bei B ergibt sich, wenn Δl= λ oder 2λ oder 3λ oder .... oder nλ , weil dann bei B jedesmal immer wieder Wellenberg auf Wellenberg und Wellental auf Wellental trifft, d.h. Δl= nλ.
Maximale Auslöschung tritt ein, wenn der Gangunterschied im unteren Rohr λ/2 oder (ein Vielfaches von λ)+λ/2 ist, weil dann immer Wellenberg auf Wellental trifft, d.h. Δl= nλ+λ/2=(2n+1)λ/2.

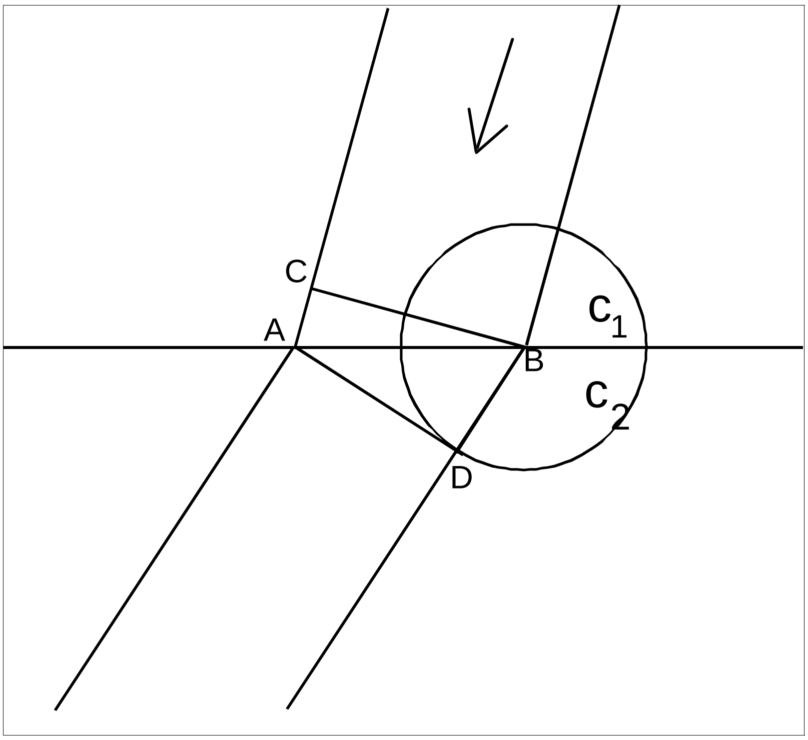
1b Wenn s=8cm ist Δl=16cm. Es gilt also wegen Δl= nλ und n=1: 16cm=1λ . Wegen c=fλ und damit f=c/λ gilt:

$$f = \frac{340\,\frac{m}{s}}{0{,}16m} = 2125\,\frac{1}{s} = 2125Hz$$

.

1c Der Abstand zwischen den angegebenen Frequenzen beträgt 930Hz. Die Formel für die Auslöschung (siehe 1a) lautet
Δl= (2n+1)λ/2. Da zwischen den angegebenen Frequenzen keine weiteren Frequenzen auftauchen, muss immer im Abstand von 930Hz eine Wellenlänge mehr bzw. weniger in das untere Rohrstück passen, damit wieder Wellenberg und Wellental zusammentreffen. Von der niedrigsten angegebenen Frequenz kann man also auch rückwärts zählen und erhält die Frequenzen 2320Hz-930Hz=1390Hz und 1390Hz-930Hz=460Hz als die gesuchten weiteren Frequenzen. Somit ist 930Hz=λ und 460Hz (rechnerisch 465Hz) = λ/2.
Die Verlängerung des unteren Rohres ergibt sich aus Δl= (2n+1)λ/2=(2n+1)c/2f und c=340m/s
n=0 und n=1 werden nicht berücksichtigt, da die entsprechenden Frequenzen nicht gemessen wurden.
n=2 und f=2320Hz: Δl=36,6cm n=3 und f=3250Hz: Δl=36,6cm n=4 und f=4180Hz: Δl=36,6cm
n=5 und f=5110Hz: Δl=36,6cm Wegen Δl=2s gilt s=18,3cm
Das Rohr ist also um 18,3cm ausgezogen worden.

2 Von oben trifft eine Wellenfront, deren Ränder gezeichnet sind, auf die Grenzschicht zu einem anderen Medium.
Man weiß, dass für die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den Medien gilt: $c_1 = \frac{1}{2} \cdot c_2$.
Konstruieren Sie den weiteren Verlauf der Wellenfront.

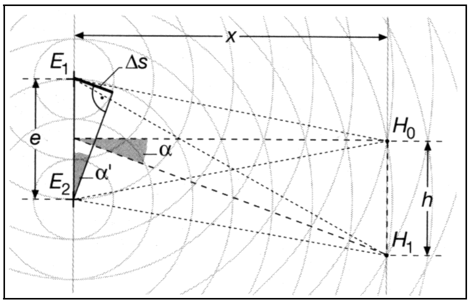


----

2 Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit im unteren Bereich doppelt so groß ist wie oben, muss in der Zeit, in der sich die Welle von C nach A ausgebreitet hat, die Elementarwelle (Radius 2AC) von B aus bis D bewegt haben. Die neue Wellenfront wird durch eine Tangente durch A an den Kreis bei D konstruiert.

---

3 a) Fernsehgeräte strahlen ein Tonsignal der Frequenz 15600 Hz aus (bedingt durch die Ablenkung des Elektronenstrahls), das man als junger Mensch mit gutem Gehör noch hören kann.
Berechnen Sie, wie weit zwei schmale Spalte voneinander entfernt in einer Wand angebracht werden müssen, damit ein solches Tonsignal 10 m hinter den Spalten Maxima der Tonintensität im Abstand von 1 m (parallel zur Wand gemessen) erzeugt.
b) Berechnen Sie außerdem, wie viele Nebenmaxima man hören könnte, wenn die Spalte 50 cm voneinander entfernt angebracht wären.



3a Aus dem Abstand x=10m vom Doppel-Spalt und dem Abstand h=1m von der Mitte ergibt sich tan α=1/10. Weiter gilt sin α= Δs/e. Der Gangunterschied Δs zum 1.Nebenmaximum ist λ. λ ergibt sich aus c=fλ mit λ=c/f=340m/s / 15600Hz = 2,18cm.
Für kleine Winkel (wie auch hier) gilt sin $\alpha \approx$ tan α.
Also hier: 1/10 = 2,18cm/e. Daraus folgt e=21,8cm.

3b Wenn die Spalte 50cm voneinander entfernt sind, kann der Gangunterschied Δs =nλ auch höchstens 50cm betragen. Aus n$\lambda \leq$ 50cm folgt n $\leq$ 50cm/2,18cm = 22,9 , also können maximal 22 Nebenmaxima auf beiden Seiten auftreten. Mit dem Hauptmaximum zusammen sind das also 22+1+22=45 Maxima.

---

4 Es sind folgende Brechzahlen gegeben: $n_{Glas} = 1{,}5$ und $n_{Wasser} = 1{,}3$.

a) Geben Sie mit Begründung an, ob beim Übergang von Glas zu Wasser oder von Wasser zu Glas Totalreflexion eintreten kann.

b) Berechnen Sie, unter welchen Winkeln Totalreflexion auftritt.

c) Erörtern Sie, ob, und wenn ja, wie die Ergebnisse unter a) und b) sich ändern, wenn sich zwischen Glas und Wasser eine dünne Luftschicht befindet.

4a Totalreflexion kann nur beim Übergang von einem optisch dichteren in einen optisch dünneren Stoff auftreten. Da die optische Dichte mit der Brechzahl eines Stoffes wächst, ist Glas also optisch dichter als Wasser. Es kann also nur beim Übergang von Glas nach Wasser Totalreflexion auftreten.

4b Sind beim Übergang zwischen Luft (L) und einem Stoff (S) die Winkel α_L und α_S, so gilt für die Brechzahl n_S des Stoffs : $\sin \alpha_L / \sin \alpha_S = n_S$

Hier gilt: $\sin \alpha_L / \sin \alpha_G = n_G = 1{,}5$ und $\sin \alpha_L / \sin \alpha_W = n_W = 1{,}3 \Rightarrow \sin \alpha_L = 1{,}5 \sin \alpha_G = 1{,}3 \sin \alpha_W$

Für $\alpha_W = 90°$ gilt dann $\sin \alpha_G = 1{,}3/1{,}5 = 0{,}87 \Rightarrow \alpha_G = 60°$.

Für Winkel, die größer sind als 60° gibt es also Totalreflexion.

4c Es gibt jetzt Totalreflexion sowohl beim Übergang von Wasser nach Luft als auch von Glas nach Luft. Wenn das Licht aus dem Glas kommt, ist der Grenzwinkel auch kleiner: $\sin \alpha_G = 1/1{,}5 \Rightarrow \alpha_G = 41{,}8°$

Ein Lichtleiter sollte also nicht nass werden, da die Lichtverluste sonst größer werden.

5

Häufig erzeugt die Netzwechselspannung eine störende elektromagnetische Welle der Frequenz 50 Hz.
Jemand behauptet, er habe vor einer metallenen Wand eine stehende elektromagnetische Welle dieser Frequenz erzeugt und habe dann durch Ausmessen des Abstandes zwischen einem Schwingungsknoten und einem benachbarten Schwingungsbauch die Wellenlänge bestimmen können.
Erörtern Sie den Wahrheitsgehalt dieser Aussage.

---

5 Eine elektromagnetische Welle ($c=3 \cdot 10^8$m/s) der Frequenz 50Hz hat nach $c=f \cdot \lambda$ eine Wellenlänge von $\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 \text{m/s} / 50\text{Hz} = 6000000\text{m} = 6000\text{km}$. Da bei einer stehenden Welle zwischen Schwingungs-Knoten und benachbartem Schwingungs-Bauch die Strecke $\lambda/4$ liegt, sind das in diesem Fall 1500km. Eine Messung über diese Distanz dürfte wohl nicht durchführbar sein.

6

Licht wird bei der Brechung und der Reflexion an einer Wasserfläche am stärksten polarisiert, wenn das im Wasser verlaufende Lichtbündel und das in die Luft reflektierte Lichtbündel einen Winkel von 90° einschließen.
Berechnen Sie den Winkel, unter dem Licht vom Einfallslot aus gemessen aus der Luft auf die Wasserfläche treffen muss, damit es maximal polarisiert wird. Es gilt für die Brechzahl: $n_{Wasser} = 1{,}3$.

---

6 Nebenstehende Skizze zeigt die Winkel bei maximaler Polarisierung. Es lässt sich leicht ablesen:

$\alpha + \beta = 90° \Rightarrow \beta = 90° - \alpha$

$\sin \alpha / \sin \beta = 1{,}3$.

Da $\sin(90° - \alpha) = \cos \alpha$,

gilt $\sin \alpha / \cos \alpha = \tan \alpha = 1{,}3 \Rightarrow \alpha = 52{,}4°$.

Das Licht muss also unter dem Winkel 52,4° auf die Wasserfläche treffen, damit maximale Polarisation eintritt.