

## Übung 21                      Repetition Akustik, Optik, Wärme

### Aufgaben

#### Akustik

1. Von einer Orgelpfeife kennt man die Frequenzen von drei Oberschwingungen:  
                    369 Hz                      492 Hz                      738 Hz  
Man weiss jedoch nicht, ob die drei Oberschwingungen aufeinander folgende Oberschwingungen sind (z.B. 3./4./5. OS).  
Es ist also möglich, dass es zwischen den drei gegebenen Frequenzen noch Frequenzen von weiteren Oberschwingungen hat.  
  
Begründen Sie, dass es sich bei der Orgelpfeife nicht um eine einseitig offene Pfeife handeln kann, sondern dass sie entweder beidseits geschlossen oder beidseits offen sein muss.
  
2. Eine Trompete ist ein beidseits offenes Rohr, in welchem eine Luftsäule Eigenschwingungen ausführen kann.  
Das Anspielen eines Tones entspricht dem Anregen einer Eigenschwingung. Bei einer bestimmten Länge der Trompete können daher nur bestimmte Töne gespielt werden, nämlich der Grundton und die dazugehörigen Obertöne. Der Grundton entspricht der Grundschiwingung, die Obertöne den Oberschwingungen.
  - a) Von fünf aufeinander folgenden Obertönen weiss man, dass der erste und der fünfte genau eine Oktave auseinander liegen und dass der dritte die Frequenz 698 Hz hat.  
Wenn zwei Töne eine Oktave auseinander liegen, bedeutet dies, dass das Verhältnis ihrer Frequenzen 1:2 beträgt.  
Bestimmen Sie die Länge der Trompete.
  - b) Jemand macht die folgende Behauptung:  
"Die Verlängerung der Trompete um eine bestimmte Anzahl cm bewirkt, dass sich die Frequenzen aller Eigenschwingungen um gleich viele Hz erniedrigen."
    - i) Begründen Sie, warum die Behauptung **falsch** ist.
    - ii) Formulieren Sie eine Aussage, die den Zusammenhang zwischen einer bestimmten Längenänderung der Trompete und den damit verbundenen Frequenzänderungen aller Eigenschwingungen **richtig** wiedergibt.
  
3. Ein als punktförmige Schallquelle betrachteter Lautsprecher strahlt mit einer Schalleistung von 10 W in alle Richtungen gleichverteilt einen Ton der Frequenz 5 kHz ab.  
  
Bestimmen Sie die Lautstärke im Abstand 20 m vom Lautsprecher.  
  
Hinweis:  
Die Grafik, die den Zusammenhang zwischen der Lautstärke und dem Schallpegel angibt, wurde im Unterricht abgegeben.

#### Optik

4. Mit Hilfe einer Sammellinse soll von einem Gegenstand der Grösse 20 mm in 5 m Entfernung ein Bild der Grösse 2 m erzeugt werden.  
  
Bestimmen Sie, wie die Brennweite der Linse sowie der Abstand der Linse vom Gegenstand gewählt werden müssen.

5. Zeigen Sie anhand von geeigneten Zeichnungen mit Strahlengängen, dass die folgende Aussage über die Zerstreuungslinse richtig ist:

"Das Bild bei einer Zerstreuungslinse ist immer virtuell, aufrecht und kleiner als der Gegenstand."

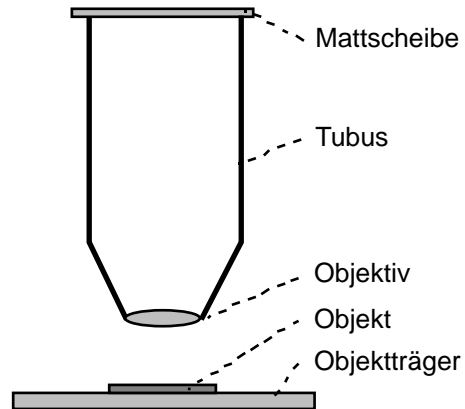
Berücksichtigen Sie in Ihren Zeichnungen alle möglichen Fälle für die Gegenstandsweite  $g$ .

6. Bei einem **Mikroskop** entsteht in der Regel das reelle Zwischenbild am oberen Rand des Tubus. Setzt man dann das Okular auf den Tubus, kann man dieses Zwischenbild wie mit einer Lupe betrachten.

Man kann das Zwischenbild aber auch sichtbar machen, indem man auf den Tubusrand eine Mattscheibe legt (vgl. Skizze).

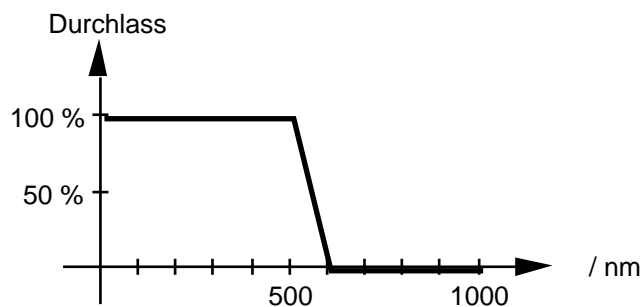
Durch vertikales Verschieben des Objektträgers kann das Zwischenbild auf der Mattscheibe scharf gestellt werden.

Das Objektiv ist mit 40X beschriftet.



- a) Ein Gegenstand der Länge  $G = 0.30 \text{ mm}$  liegt auf dem Objektträger. Bei scharfem Bild wird der Abstand vom Objekt bis zur Mattscheibe mit  $20.0 \text{ cm}$  gemessen, und die Objektivvergrößerung  $A = B/G$  beträgt 40. Bestimmen Sie die Brennweite des Objektivs.
- b) Das Objektiv ist zwar mit 40X beschriftet. Ob die Objektivvergrößerung aber tatsächlich 40 beträgt, hängt nicht nur vom Objektiv selber ab. Beurteilen Sie mit Begründung, welche weitere(n) Eigenschaft(en) des Mikroskopes die Objektivvergrößerung bestimmen.

7. Licht laufe durch ein **Farbfilter** mit dem folgenden Filter-Verhalten:



Unter i) bis v) sind mögliche Farben des Lichtes **vor** dem Filter angegeben.

Geben Sie für alle diese Farben die dazugehörige Farbe des Lichtes **hinter** dem Filter an:

- i) weiss
- ii) spektralreines blau
- iii) spektralreines gelb
- iv) orange-rote Mischfarbe
- v) Mischung aus spektralreinem orange und spektralreinem blau

In der folgenden Tabelle (siehe nächste Seite) sind die Wellenlängen einiger spektralreiner Farben aufgelistet:

| Spektralfarbe | Wellenlänge in nm |
|---------------|-------------------|
| dunkelrot     | 760.8             |
| rot           | 686.7             |
| orange        | 656.3             |
| gelb          | 589.3             |
| grün          | 527.0             |
| blau          | 486.1             |
| indigo        | 430.8             |
| violett       | 396.8             |

### Wärme

8. In einem Kochtopf der elektrischen Leistung 2 kW wird 1.5 kg Eis von  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  so lange erwärmt, bis schliesslich alles geschmolzene Wasser verdampft ist. Der Kochtopf habe einen Wirkungsgrad von 60 %, d.h. nur 60 % der elektrischen Energie wird in Wärmeenergie umgewandelt. Zudem bleibe 10 % der Wärmeenergie wegen Wärmeverlusten etc. ungenutzt. Bestimmen Sie, wie lange der gesamte Erwärmungsprozess dauert.
9. Für ein Laborexperiment braucht man 1 kg Eis von  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Es gibt zwei Möglichkeiten für die Herstellung. Man kann 1 kg Leitungswasser von  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  in einem Behälter in den Gefrierschrank stellen und den Thermostat auf  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  einstellen. Dann wird das Kühlaggregat dem Wasser laufend Wärme entziehen, bis ein Eisblock von  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  entstanden ist. Als zweite Möglichkeit kann man Eis aus dem 3-Stern-Gefrierfach ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) mit Wasser von  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  mischen.
- Berechnen Sie im ersten Fall, wieviel Wärme das Kühlaggregat dem Wasser entziehen muss.
  - Berechnen Sie im zweiten Fall, welche Mengen Wasser von  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  und Eis von  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  gebraucht werden.
10. Ein nicht isoliertes Eisenrohr von 5 m Länge, 5 cm mittlerem Durchmesser und 4 mm Wandstärke führt Wasser von  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Auf der Aussenseite hat das Rohr eine Temperatur von  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Welche Wärmeenergieleistung muss das strömende Wasser aufbringen, damit der genannte Zustand stationär bleibt?

## Lösungen

1. ...
2. a)  $L = 1.48 \text{ cm}$  ( $c = 344 \text{ m/s}$ )  
b)  $f_n = \frac{n+1}{2} \frac{c}{L}$   
 $f_n' = \frac{n+1}{2} \frac{c}{L'}$   
i)  $f_n' - f_n = \frac{n+1}{2} c \left( \frac{1}{L'} - \frac{1}{L} \right)$   
Die Frequenz**differenz** ist abhängig von n.  
ii)  $\frac{f_n'}{f_n} = \frac{L}{L'}$   
Das Frequenz**verhältnis** ist unabhängig von n.
3. 93 dB bei 5 kHz  $\hat{=} 100 \text{ Phon}$
4.  $g = \frac{B+G}{1 + \frac{B}{G}} = 5.0 \text{ cm}$   
 $f = \frac{B+G}{2 + \frac{B}{G} + \frac{G}{B}} = 4.9 \text{ cm}$
5. ...
6. a)  $f = \frac{A \cdot d}{(A+1)^2} = 0.00476 \text{ m}$  ( $A = 40, d = 0.20 \text{ m}$ )  
b)  $g = \frac{f \cdot b}{b-f} \neq b$   
 $A = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$  hängt von b bzw. der Tubuslänge ab
7. i) Mischfarbe aus violett, blau, grün, gelb  
ii) spektralreines blau  
iii) spektralreines gelb  
iv) schwarz  
v) spektralreines blau
8.  $t = 4237 \text{ s} = 1 \text{ h } 10' 37''$
9. a)  $W = 408.2 \text{ kJ}$   
b)  $m_{\text{Wasser}} = 0.063 \text{ kg}$   
 $m_{\text{Eis}} = 0.937 \text{ kg}$
10.  $P = 3.6 \text{ kW}$