

## Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 7

### Aufgabe 1: Wellengleichung

4 Punkte

Zeigen Sie explizit, dass  $\Psi(x, t) = e^{i(\omega t - kx)}$  eine Lösung der Wellengleichung ist. Gilt dies auch für  $\Psi(x, t) = (\omega t - kx)^3$ ,  $\Psi(x, t) = \ln(\omega t - kx)$  und  $\Psi(x, t) = \sin(\omega t - kx) \cdot \cos(\omega t + kx)$ ? Kommentieren Sie jeweils Ihr Ergebnis.

### Aufgabe 2: Orgelpfeifen

7 Punkte (4 + 2 + 1)

- Zeichnen Sie für eine an beiden Seiten offene Orgelpfeife (= Rohr) die Grundschiwingung ( $n = 1$ ) und die erste Oberschiwingung ( $n = 2$ ). Verallgemeinern Sie dies zu einer allgemeinen Formel, welche die Wellenlänge  $\lambda$  und die Rohrlänge  $l$  verknüpft. Wiederholen Sie nun beides für eine einseitig geschlossene Orgelpfeife.
- Eine an beiden Enden offene Orgelpfeife besitze eine Grundfrequenz von 110 Hz. Ihr erster Oberton sei identisch mit dem ersten Oberton einer anderen Orgelpfeife, die an einem Ende geschlossen ist. Wie lang sind beide Pfeifen? (Schallgeschwindigkeit  $v_s = 343$  m/s)
- Hält man eine offene Orgelpfeife während des Spielens an ihrem oberen Ende zu, ändert sich ihre Tonlage. Welches Frequenzverhältnis (musikalisches Intervall) nimmt man zwischen
  - dem Grundton vor und während des Zuhaltens wahr?
  - dem ersten Oberton vor und während des Zuhaltens wahr?

### Aufgabe 3: Dopplereffekt

10 Punkte (2 + 2 + 2 + 2 + 2)

Leiten Sie allgemein die Formeln zum Dopplereffekt beim Schall her:

- Quelle bewegt sich auf den Beobachter zu (Medium ruht relativ zum Beobachter) mit der Geschwindigkeit  $v_Q$ .
- Beobachter bewegt sich auf die Quelle zu (Medium ruht relativ zur Quelle) mit der Geschwindigkeit  $v_B$ .
- Beobachter und Quelle bewegen sich aufeinander zu (beide bewegen sich relativ zum Medium).

In einem Vorlesungsversuch befindet sich am Ende eines rotierenden Seils (Länge  $r$ , Kreisfrequenz  $\omega$ ) ein Lautsprecher, der einen Ton (Frequenz  $\nu$ ) aussendet. Sie befinden sich in der Rotationsebene in der Entfernung  $R \gg r$  vom Rotationszentrum.

- Skizzieren Sie die Versuchsanordnung. Berechnen Sie den zeitlichen Frequenzverlauf.
- Wie groß ist die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Ton für  $r = 2,0$  m,  $\omega = 2\pi \text{ s}^{-1}$ ,  $\nu = 2000$  Hz und  $v_{\text{Schall, Luft}} = 343$  m/s? Machen Sie geeignete Näherungen.

(bitte wenden)

#### Aufgabe 4: Snelliussches Brechungsgesetz

4 Punkte

Skizzieren Sie das Brechungsgesetz von Snellius und leiten Sie es mit Hilfe des Fermatschen Prinzips her. Benutzen Sie dazu die Abbildung 21 im Skript-Teil 6. Zeigen Sie mit Hilfe Ihrer Überlegungen anschließend die Gültigkeit des Reflektionsgesetzes (Einfallswinkel = Ausfallswinkel). Machen Sie dazu auch eine passende Skizze, vergleichbar der o.g. Abbildung.

**Allgemeiner Hinweis:** Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein.