



Serie 33, Musterlösung

Datum: FS 21

1. Bestimmung der Erdbeschleunigung

17KFD1

Ein Fadenpendel hat die Länge $l = 37.1$ cm. An einem bestimmten Ort wird die Frequenz des Pendels mit $f = 0.819$ Hz gemessen. Wie gross ist die Erdbeschleunigung g an diesem Ort? **Lösung:**

Wir lösen die Frequenzgleichung $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ nach g auf:

$$g = (2\pi f)^2 l$$

Einsetzen der Werte:

$$g = (2\pi \cdot 0.819)^2 \cdot 0.371 \approx 9.824 \text{ m/s}^2$$

2. Wellenlänge

4DRE3R

In Luft ist $c = 340$ m/s. Berechnen Sie die Wellenlängen bzw. die Ausbreitungsgeschwindigkeit.

- (a) Wellenlänge Basston $f = 21$ Hz in Luft?
- (b) Wellenlänge obere Hörgrenze $f = 17$ kHz in Luft?
- (c) In Eisen $f = 21$ Hz, $\lambda = 246.19$ m. $c = ?$

Lösung:

- (a) Basston $\lambda = c/f = 16.2$ m.
- (b) obere Hörgrenze $\lambda = c/f = 0.02$ m.
- (c) in Eisen $c = 5170$ m/s

3. Wellenlänge und Frequenz

MLTDY6

Eine Wasserwelle breitet sich mit einer Geschwindigkeit von $v = 2.0$ m/s aus. Die Wellenlänge beträgt 0.4 m. Berechnen Sie die Frequenz der Welle und die Schwingungsdauer einer Welle.

- (a)

Lösung:

Die Frequenz f einer Welle kann durch die Gleichung

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2.0 \text{ m/s}}{0.4 \text{ m}} = 5 \text{ Hz.}$$

Schwingungsdauer

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ s}$$

4. Interferenz und Knotenpunkte**18B749**

Wir betrachten eine Saite einer Geige, deren Länge $l = 32.5$ cm beträgt.

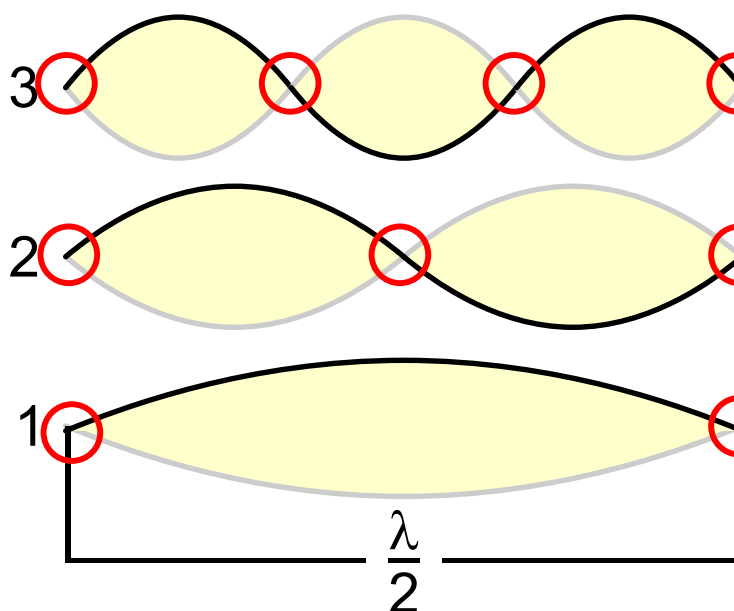
- Berechne die Wellenlänge der ersten drei möglichen stehenden Wellen.
- Gib ausserdem die Positionen der Knotenpunkte für diese Schwingungen an.
- Die frei schwingende Saite ertönt mit der Frequenz 435 Hz (Kammerton). Was ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen auf der Saite?

Lösung:

- Wellenlängen

$$\lambda_1 = \frac{2l}{1} = 0.65 \text{ m}, \quad \lambda_2 = \frac{2l}{2} = 0.325 \text{ m}, \quad \lambda_3 = \frac{2l}{3} = 0.216 \text{ m},$$

- Knotenpunkte rot markiert



- Wir formen um aus $T \cdot c = \lambda$ erhalten wir

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f = 282.75 \text{ m/s}$$

5. Bassgeige**53GA46**

Wir betrachten eine Saite der Länge $l = 1.5$ m. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle auf der Saite beträgt $c = 60$ m/s.

- Bestimmen Sie die Frequenz der Grundschwingung.
- Bestimmen Sie die Frequenz nächsten Oberwelle.

Lösung:

- (a) Grundschiwingung. Die Frequenzen der Schwingungen auf einer Saite sind durch

$$f_n = \frac{n \cdot c}{2l}$$

gegeben. Hier

$$f_1 = \frac{1 \cdot c}{2l} = 20 \text{ Hz.}$$

- (b) Nächste Oberwelle (Oktave):

$$f_2 = \frac{2 \cdot c}{2l} = 40 \text{ Hz.}$$

6. Elektromagnetische Welle

DB7BB3

Heinrich Hertz erzeugte 1887 elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz von 1 GHz.

- (a) Berechne die Wellenlänge dieser Wellen.
(b) Geben Sie die charakteristischen Größen (c , λ , f) für Welle mit einer Frequenz von $f = 5 \times 10^9$ Hz (5 GHz).
(c) Vergleichen Sie die Wellen aus den Aufgaben. Was ist bei ihnen gleich? Was ist verschieden?

Rechnen Sie mit $c = 3 \times 10^8$ m/s. **Lösung:**

- (a) Wellenlänge 1 GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = 0.3 \text{ m}$$

- (b) Wellenlänge 5 GHz

$$\lambda = \frac{c}{f} = 0.06 \text{ m}$$

- (c) Es verändert sich die Frequenz und die Wellenlänge, nicht die Ausbreitungsgeschwindigkeit.

7. Mikrowellenherd

FXGA97

- (a) Wir betrachten Mikrowellen im Mikrowellenherd mit $f = 2.45$ GHz. Was ist die Wellenlänge der Grundschiwingung?
(b) Wieso wird die Speise in einem Mikrowellenofen erwärmt? Recherchieren Sie.
(c) Wie reagieren verschiedene Materialien, wie Aluminium, Wasser oder Plastik, auf Mikrowellen?

Lösung:

(a) Wellenlänge der Grundschiwingung:

$$\lambda = \frac{c}{f} = 12.2 \text{ cm}$$

wobei $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist und $f = 2.45 \times 10^9 \text{ Hz}$ die Frequenz der Mikrowellen.

(b) Erwärmung:

Mikrowellenöfen verwenden elektromagnetische Wellen im Mikrowellenbereich, die mit Wassermoleküle in Lebensmitteln wechselwirken. Wassermoleküle sind Dipole, was bedeutet, dass sie einen positiven und einen negativen elektrischen Pol haben. Mikrowellen erzeugen ein oszillierendes elektrisches Feld, das die Wassermoleküle dazu bringt, sich mit der Frequenz des Feldes zu drehen.¹ Diese Rotation führt zu Bewegung der Moleküle, also zu Temperaturanstieg. Die Wassermoleküle stossen dann an ihre Nachbarmoleküle und bringen so auch diese in Bewegung, d.h. die wird auf die gesamte Speise übertragen. Lebensmittel, die viel Wasser enthalten, wie Gemüse, erwärmen sich daher schneller als trockene Speisen.

(c) Reaktion verschiedener Materialien auf Mikrowellen

- In Metall wie **Aluminium** verursachen Mikrowellen Ströme. Die Elektronen werden bis an die Ränder des Werkstücks gezogen, was dort zu elektrischer Aufladung führt. Bei genügend hoher Ladung, entstehen Entladungen in der Luft, also Funken.
Die elektrischen Ströme im Metall führen auch dazu, dass ein grosser Teil der Mikrowellen reflektiert wird an der Oberfläche und nicht absorbiert.
- **Wasser** absorbiert Mikrowellen gut, da es ein Dipol ist, wie oben beschrieben. Diese Absorption führt zu einer Erwärmung durch die Molekülrotation.
- **Plastik** absorbiert Mikrowellen meist nicht stark, was bedeutet, dass es beim Erhitzen in der Mikrowelle nicht heiss wird (sofern es mikrowelleneignet ist). Vereinzelt besteht Plastik aus Molekülen, die Dipole enthalten, wie Wasser. Diese Materialien erwärmen sich im Mikrowellenofen und sind deshalb nicht mikrowelleneignet. Ausserdem können verschiedene Arten von Plastik zersetzen oder schmelzen, wenn sie hohen Temperaturen ausgesetzt werden.

¹Die Drehbewegung von Wassermoleküle kann bei verschiedenen Frequenzen im Mikrowellenbereich stattfinden, 0.5 - 3 GHz. Es ist ein hartnäckiger Mythos, dass Wassermoleküle bei 2.45 GHz eine Resonanz hätten im Anregungsspektrum.