

1. Aufgabe

Vergleichen Sie die Intensität einer Schallwelle mit Amplitude $\chi_0 = 0,11 \text{ \AA}$ an der Hörschwelle bei $\nu = 1 \text{ kHz}$ mit der Intensität der Schallwelle, die aufgrund der Brownschen Bewegung des Trommelfells bei $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ entsteht. Die mittlere Bewegungsenergie ist $E \sim kT$, die Fläche des Trommelfells beträgt $A = 0,5 \text{ cm}^2$. Die Schallgeschwindigkeit beträgt $c = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, die Dichte der Luft $1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Die Schmerzgrenze bei 120 dB liegt. Um welchen Faktor ist dort die Intensität höher? Um welchen Faktor variiert die Auslenkung χ und die Druckamplitude Δp ?

2. Aufgabe

Was versteht man unter Schallkennimpedanz und wie setzt sich diese aus relevanten Stoffeigenschaften zusammen? Wie lautet das Ohmsche Gesetz der Akustik?

- Angenommen, das Ohr ließe sich als ein zylindrisches Rohr beschreiben, welches zu einem Teil mit Luft (ρ_L) und zum anderen mit Endolymphe gefüllt sei (Grenzschicht orthogonal zur Symmetrieachse). Die Endolymphe soll hier als Wasser (mit ρ_{H_2O}) angenommen werden. Bestimmen Sie für plane Schallwellen, die senkrecht auf den Gas-Flüssigkeits-Übergang treffen, den Reflektionsfaktor r .
- Zwischen der Luft und dem Wasser ein zusätzlicher Bereich eingebracht werden, der aus einem anderen Material besteht und das Mittelohr darstellen soll. Dieser Stoff habe die Impedanz Z_M . Berechnen Sie für das neue System die gesamte Reflexion und Transmission. Vernachlässigen Sie dabei Mehrfachreflexionen, d.h. betrachten Sie nur Wellen, welche maximal einmal reflektiert wurden. Für welchen Wert der Schallimpedanz Z_M wird die Reflexion minimal?

[Dichten: Luft $\rho_L = 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; Wasser $\rho_{H_2O} = 998,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, Schallgeschwindigkeiten: Luft $c_L = 343 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; Wasser $c_{H_2O} = 1241 \frac{\text{m}}{\text{s}}$]

3. Aufgabe

Die Echoortung ist eine Form sensorischer Wahrnehmung, die von Tieren, wie Fledermäusen, Walen und Tümmlern verwendet wird. Die Tiere senden ein Wellenpaket aus, das von den Objekten der Umgebung reflektiert wird. Das reflektierte Signal wird von den Tieren erkannt. Von Walen ausgesandte Wellen zur Echoortung haben Frequenzen von ungefähr 200 kHz. Wie groß ist die Wellenlänge und wie lange dauert es, bis ein Wal das reflektierte Signal eines Hindernisses bemerkt, das sich in 100 m Entfernung von ihm befindet?

[Kompressibilität κ für Salzwasser ist $2 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$; Dichte ρ von Salzwasser ist 1025 kg]

4. Aufgabe

Ein bekanntes Sprichwort lautet: "In ein Ohr rein, aus dem anderen Ohr raus". Aber auch für diesen Grenzfall gibt es aus physikalischer Sicht eine Mindestverweilzeit der Information im Kopf. Man bestimme diese unter der Bedingung, dass sich die Schallwelle von Ohr zu Ohr ausschließlich als Körperschall über den Schädelknochen ausbreitet.

[Elastizitätsmodul $E = 18 \text{ GPa}$ und Dichte von Knochen $\rho = 1,85 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]