

12. Übung zur Medizinphysik I

SS 2015

Ausgabe: 22.06.2015

Abgabe: 29.06.2015, 10:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Disco (3 Punkte)

Die Beschallung in Diskotheken erfolgt in der Regel durch Beschallungsanlagen bestehend aus leistungsstarken Verstärkern und Lautsprechern. Die Anlagen erreichen dabei oft Lautstärken, bei denen sich die akustische Wahrnehmung in eine physische Wahrnehmung, insbesondere der Bässe, auflöst. Dabei können sehr hohe Schalldruckpegel von über 100 dB erreicht werden, bei denen eine Schädigung des Gehörs möglich ist. 20 m frontal vom DJ-Pult entfernt wird ein Schallpegel von 100 dB gemessen. Neben diesem stehen zur Beschallung an beiden Seiten je ein Lautsprecher in einer Entfernung von 10 m. Nehmen Sie nachfolgend vereinfacht an, dass die Musikwiedergabe ausschließlich über die beiden Frontlautsprecher erfolgt.

- Fertigen Sie eine Skizze an, die alle relevanten Größen für Aufgabenteil b) enthält.
- Stellen Sie je einen Ausdruck auf, der die Positionen auf der Tanzfläche in Abhängigkeit der Wellenlänge beschreibt, an denen die größtmögliche, sowie die minimale Musikintensität wahrgenommen wird. Wo tanzen Sie, um den Bass besonders deutlich zu spüren?
- Die Schädigungsgrenze wird mit dem vorliegenden Schallpegel überschritten. Sie erinnern sich an Ihren letzten unangenehmen Tauchkurs. Ist der akustisch erzeugte Schmerz der gleiche, den man beim Tauchen ohne Druckausgleich empfinden würde? Bestimmen Sie dazu die zu erreichende Tauchtiefe, bei der der Druckzuwachs im Wasser dem Effektivwert des Schalldrucks in der Disco entspricht.

Aufgabe 2: Echoortung (2 Punkte)

Echoortung bei Tieren, auch Biosonar genannt, ist eine von Tieren angewandte Sonderform der Echoortung. Sie dient der Orientierung eines Tieres im Raum, indem es aktiv Schallwellen aussendet und anschließend das Echo aufnimmt und auswertet. Diese Fähigkeit ist besonders ausgeprägt bei Fledermäusen, die so Insekten orten, ebenso bei Zahnwalen, die mit der Echoortung Fischen nachstellen. Die dabei ausgesendeten Schallwellen besitzen eine Frequenz von 40 kHz. ($\kappa_{\text{Luft}} = 1.41 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $\kappa_{\text{Wasser}} = 2.08 \cdot 10^9 \text{ Pa}$, $\rho_{\text{Luft}} = 1.3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

- Wie groß ist die Wellenlänge der Schallwelle?
- Ein Fisch ruht in einer Entfernung von 50 m zum Zahnwal. Wie lange dauert es, bis der Wal das am Fisch reflektierte Signal erkennt?
- Welche Zeit benötigt eine Fledermaus zur Wahrnehmung eines gleich weit entfernten Insekts unter der Annahme, dass diese Schallwellen der gleichen Frequenz aussendet?

Aufgabe 3: Membranmodell (4 Punkte)

Für die Untersuchung des Nervensystems ist es nötig, die Zellmembran bezüglich ihrer passiven elektrischen Eigenschaften zu modellieren. Stellen Sie sich einen kleinen Teil einer solchen vor. Sie besitzt eine spezifische Leitfähigkeit von $\sigma_M = 10^{-10} \frac{1}{\Omega\text{cm}}$, eine Dielektrizitätszahl $\varepsilon_M = 8$ und ist 7.5 nm dick. Die innen und außen an der Membran anliegenden Grenzschichten besitzen die spezifische Leitfähigkeit $\sigma_{\text{ausseu,innen}} = 10^{-10} \frac{1}{\Omega\text{cm}}$ und sind $d_{\text{ausseu}} = 50$ nm, sowie $d_{\text{innen}} = 100$ nm. Vernachlässigen Sie zur Vereinfachung die Kapazitäten der Grenzschichten und Randeekte.

- a) Modellieren Sie ein Ersatzschaltbild, welches die passiven elektrischen Eigenschaften beschreibt. Verwenden Sie hierzu Kondensatoren und Widerstände.
- b) Berechnen Sie für eine Membranfläche von $1\mu\text{m}^2$ die Größen der verwendeten elektrischen Bauelemente.