

Der Schall

Aufgabennummer: B_067

Technologieeinsatz:

möglich ☐

erforderlich ☒

Als Schalldruck p werden die Druckschwankungen eines kompressiblen Schallübertragungsmediums (üblicherweise Luft) bezeichnet, die bei der Ausbreitung von Schall auftreten. Eine für das Hörempfinden relevante Größe ist der Schalldruckpegel L_p .

$$L_p = 20 \cdot \lg\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

L_p ... Schalldruckpegel in Dezibel (dB)

p ... Schalldruck in Pascal (Pa)

p_0 ... Bezugswert für Luftschall ($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$)

- a) – Stellen Sie den Schalldruckpegel L_p in Abhängigkeit vom Schalldruck p für das Intervall $[p_0; 0,1 \text{ Pa}]$ grafisch dar.
– Zeigen Sie mithilfe der Rechenregeln für Logarithmen und der angegebenen Formel, dass eine Verdoppelung des Schalldrucks p eine Erhöhung des Schalldruckpegels L_p um etwa 6 dB bewirkt.
- b) Das nachstehende Diagramm zeigt die Abhängigkeit des Schalldruckpegels vom Schalldruck nach obiger Formel. Ab einem Schalldruck p von etwa 20 Pa können bereits bei kurzfristiger Einwirkung Gehörschäden auftreten.



- Ermitteln Sie aus der Grafik den Schalldruckpegel L_p für diesen Schalldruck.

In der Grafik ist der Abstand zwischen 1 Pa und 10 Pa auf der horizontalen Achse 5 cm.

- Berechnen Sie den Abstand zwischen 10 Pa und 50 Pa in cm auf der logarithmisch skalierten horizontalen Achse.

- c) Ein einzelner Ton kann durch eine Sinusschwingung dargestellt werden. Die Hörbarkeit eines Tones für den Menschen hängt von der Lautstärke (Amplitude A) und von der Tonhöhe (Frequenz f) ab. Je größer die Amplitude ist, desto lauter ist der Ton. Je höher die Frequenz ist, desto höher ist der Ton.

Die folgende Funktion gibt die Schwingung einer Schallwelle für den Kammerton a mit einer Frequenz $f = 440$ Hz wieder:

$$y(t) = A \cdot \sin(2\pi \cdot 440 t)$$

$y(t)$... Auslenkung in Längeneinheiten zum Zeitpunkt t

t ... Zeit in Sekunden (s)

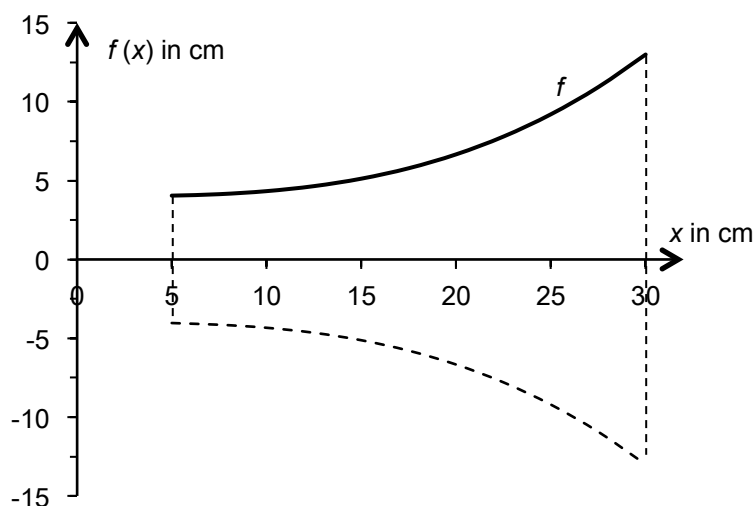
A ... Amplitude in Längeneinheiten

- Stellen Sie eine Funktionsgleichung der Schwingung für den Kammerton a mit doppelter Lautstärke auf.

Als *Hörgränze* bezeichnet man diejenige Frequenz, bei der ein Ton einer bestimmten Lautstärke gerade noch hörbar ist. Die Hörgränze bei einem Menschen im Alter von 35 Jahren beträgt etwa 15 kHz.

- Stellen Sie eine Funktionsgleichung der Schwingung für diese Frequenz auf.

- d) Ein Megafon ist ein trichterförmiges Gerät, das die Ausbreitung von Schall beeinflusst und die Verständlichkeit und Reichweite von Sprache verbessert. Die nachstehende Abbildung stellt näherungsweise den inneren Querschnitt eines Megafons dar.



Die Begrenzungslinie der Querschnittsfläche wird im relevanten Intervall durch die Funktion f beschrieben: $f(x) = \frac{x^3}{3\,000} + 4$.

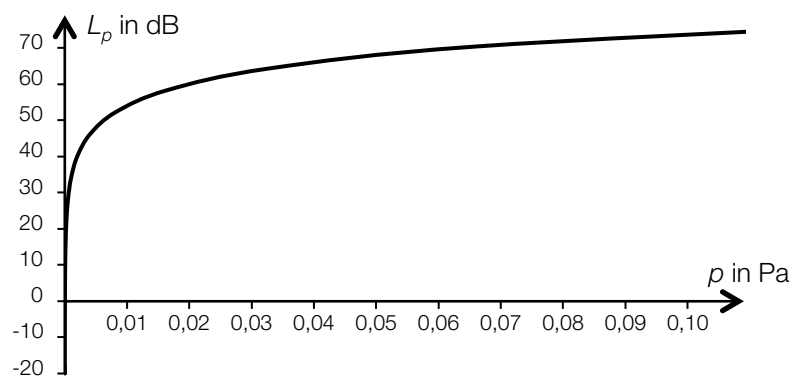
– Berechnen Sie das Innenvolumen des Megafons.

Hinweis zur Aufgabe:

Lösungen müssen der Problemstellung entsprechen und klar erkennbar sein. Ergebnisse sind mit passenden Maßeinheiten anzugeben. Diagramme sind zu beschriften und zu skalieren.

Möglicher Lösungsweg

a)



$$L_{p,2} = 20 \cdot \lg\left(\frac{2p}{\rho_0}\right) = 20 \cdot \lg(2) + 20 \cdot \lg\left(\frac{p}{\rho_0}\right) \approx 6,02 \text{ dB} + L_p$$

b) Ablesen von L_p bei $p = 20 \text{ Pa}$: $L_p \approx 120 \text{ dB}$ Berechnen des Abstands: $\lg(50) \cdot 5 \text{ cm} - \lg(10) \cdot 5 \text{ cm} \approx 3,495 \text{ cm}$ c) $y(t) = 2A \cdot \sin(2\pi \cdot 440 t)$

$$y(t) = \sin(30\,000 \pi \cdot t)$$

*Schwingungen mit anderer Amplitude sind ebenfalls korrekt.*d) $V_x = \pi \cdot \int_5^{30} f^2(x) dx$

$$V_x = \pi \cdot \int_5^{30} \left(\frac{x^3}{3000} + 4 \right)^2 dx$$

$$V_x \approx 4\,042 \text{ cm}^3$$

Klassifikation

☐ Teil A

☒ Teil B

Wesentlicher Bereich der Inhaltsdimension:

- a) 3 Funktionale Zusammenhänge
- b) 3 Funktionale Zusammenhänge
- c) 3 Funktionale Zusammenhänge
- d) 4 Analysis

Nebeninhaltsdimension:

- a) —
- b) 2 Algebra und Geometrie
- c) —
- d) —

Wesentlicher Bereich der Handlungsdimension:

- a) B Operieren und Technologieeinsatz
- b) C Interpretieren und Dokumentieren
- c) A Modellieren und Transferieren
- d) B Operieren und Technologieeinsatz

Nebenhandlungsdimension:

- a) A Modellieren und Transferieren
- b) B Operieren und Technologieeinsatz
- c) —
- d) A Modellieren und Transferieren

Schwierigkeitsgrad:

- a) mittel
- b) mittel
- c) leicht
- d) leicht

Punkteanzahl:

- a) 3
- b) 3
- c) 2
- d) 2

Thema: Physik

Quellen: —