

Vorbereiding toelatingsexamen arts/tandarts

Fysica: Geluid

4 oktober 2023

Brenda Casteleyn, PhD



Keu6
Coaching & Onderzoek

Met dank aan:
Atheneum van Veurne,
Leen Goyens (<http://users.telenet.be/toelating>)

1. Inleiding

Dit oefeningenoverzicht is opgebouwd vanuit de vragen van de vorige examens, gerangschikt per thema.

De vragen komen van diverse sites. Vooral de site van Leen Goyens was handig en het atheneum van Veurne heeft een prachtige website met uitgewerkte antwoorden en extra oefeningen.

2. Belangrijkste begrippen

Geluidsgolven: ontstaan, toonhoogte, geluidssterkte, toonklank¹

Geluid wordt voortgebracht door een trillend lichaam. Geluid wordt waargenomen, als er zich een elastische middenstof bevindt, tussen ons oor en een trillend voorwerp. In het luchtledige is er dus geen geluid. Geluiden kunnen zich ook in gassen, vloeistoffen en vaste stoffen voorplanten.

Geluiden voortgebracht door een stemvork of een orgelpijp noemt men tonen. Ze worden gekenmerkt door hun periodiciteit, dwz die geluidsbronnen voeren periodieke trillingen uit. Ook gezongen of gesproken klinkers zijn tonen. Geluiden, die men gewoonlijk aanduidt met benamingen zoals knal, geruis, geritsel, gedruis en dergelijke worden voortgebracht door niet-periodiek trillende bronnen

Aan elke toon kan men een toonsterkte of intensiteit toekennen. Deze kan men opvatten als de hoeveelheid trillingsenergie, die per tijdseenheid door het oor of de microfoon wordt opgevangen.

Aan elke toon kan men een toonhoogte toekennen, die gekenmerkt wordt door de frequentie van de periodieke trilling, die het geluid voortbrengt.

Als men met verschillende instrumenten eenzelfde toon voortbrengt, is de sterkte en hoogte van die toon wel gelijk maar de 'klank' of het 'timbre' verschilt. Dat is omdat alle tonen door periodieke trillingen van dezelfde frequentie worden voortgebracht, maar het verloop van die trillingen, gedurende een periode, kan van instrument tot instrument verschillen. Zo hebben we een enkelvoudige toon, dit is een zuivere sinusoïde, dus een harmonische trilling.

¹ Bron: PERGOOT I. Thys; VAN DERSTAPPEN E., Natuurkunde 6. Periodieke verschijnselen, Brugge, 1978

Geluidsniveau, decibelschaal, decibelmeter²

De decibel, afgekort tot dB, is geen eenheid, maar is een verhouding op een logaritmische schaal. Daarbij betekent 0 dB een verhouding 1, dus gelijkheid. Elke verhoging met 10 decibel betekent een vergroting in vermogen of energie met een factor 10. Een verhoging met 20 dB betekent dus een factor 100, een verhoging met 30 dB een factor 1000 enz. Vooral verhoudingen van vermogens worden uitgedrukt in dB.

De decibel dankt zijn naam aan de bel (meervoud bels, genoemd naar Alexander Graham Bell). Eén decibel is namelijk één tiende van een bel. De bel is echter een weinig gebruikte aanduiding.

Het bereik in geluidsdruk van ons oor loopt van ca. 2×10^{-5} pascal tot 2×10^2 pascal. In decimale cijfers dus vanaf de gehoordrempel 0,00002 Pa tot circa 200 Pa. In decibel wordt echter met een bereik van 0 dB tot 140 dB = $20 \times \log(10 \text{ miljoen})$, de verhouding overzichtelijker uitgedrukt.

Geluidssterkte wordt op verschillende manieren weergegeven:

- Als geluidsvermogen W (Watt)
- Als geluidsintensiteit: I (Watt/m²)
- Als geluidsdruk: P (Pa)

Bij het rekenen met niveaus (in dB's) moet men altijd uitgaan van een referentieniveau ten opzichte waarvan alle andere niveaus gelden.

Als referentie-geluidsdruk P_0 is de geluidsdruk gedefinieerd van een in volkomen stilte nog net hoorbare frequentie van 1000 Hz:

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} = 0.00002 \text{ Pa}$$

Als referentie-geluidsintensiteit I_0 volgt dan:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Het geluidsintensiteitsniveau, aangeduid met L_I , wordt nu bepaald uit:

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{eenheid: decibel (dB)}$$

Dat geeft volgende omzettingstabel:

Merk op van 10^{-12} naar 10^{-11} is vermenigvuldigen met 10, geeft in de dB schaal +10.

$$\text{W/m}^2 \times 10 = \text{dB} + 10$$

² Bron: Wikipedia

I eenheid W/m ²	I eenheid dB
10 ⁻¹² W/m ²	0 dB
10 ⁻¹¹ W/m ²	10 dB
10 ⁻¹⁰ W/m ²	20 dB
10 ⁻⁹ W/m ²	30 dB
10 ⁻⁸ W/m ²	40 dB
10 ⁻⁷ W/m ²	50 dB
10 ⁻⁶ W/m ²	60 dB
10 ⁻⁵ W/m ²	70 dB
10 ⁻⁴ W/m ²	80 dB
10 ⁻³ W/m ²	90 dB
10 ⁻² W/m ²	100 dB

Geluidssnelheid

De geluidssnelheid is de snelheid waarmee geluidstrillingen of geluidsgolven zich voortplanten. Geluid kan zich enkel in een medium voortplanten (vast, vloeibaar of gasvormig) en deze snelheid hangt af van de compressiemodulus κ en de dichtheid ρ van het medium, volgens de volgende formule:

$$v = \sqrt{\frac{\kappa}{\rho}}$$

3. Oefeningen uit vorige examen

2001 Vraag 10

Voor een boventoon opgewekt in een orgelpijp geldt:

- <A> dat de frequentie kleiner is dan de bijhorende grondtoon
- dat de voortplantingssnelheid groter is dan die van de bijhorende grondtoon
- <C> dat de voortplantingssnelheid kleiner is dan die van de bijhorende grondtoon
- <D> dat de golflengte kleiner is dan deze van de bijhorende grondtoon.

2010 - Juli Vraag 1

Bij geluidsterkte is de referentie voor de decibelschaal of de basisintensiteit I_0 gelijk aan $1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Wat is het aantal decibel bij een geluidsintensiteit van 10^{-9} W/m^2 ?

- <A> 3 dB
- 9 dB
- <C> 30 dB
- <D> 90 dB

2010 - Augustus Vraag 1

In een concertzaal wordt 70 dB gemeten wanneer 1 trompet speelt. Indien meerdere trompetten tegelijk spelen mag hun intensiteit opgeteld worden.

Hoeveel decibel zal men meten wanneer er 10 trompetten tegelijk in fase spelen?

- <A> 73 dB
- 80 dB
- <C> 90 dB
- <D> 700 dB

2012 - Juli Vraag 9

Op een muziekfestival bedraagt de geluidsterkte 103 dB. Hoeveel maal is dit geluid dan sterker dan 100 dB?

- <A> 3 maal groter
- 2 maal groter
- <C> 3 % groter
- <D> 2% groter

2013 - Juli Vraag 9

Op een muzikfestival bedraagt de geluidsterkte 100 dB. Men wil dit geluid laten dalen tot 90 dB. Hoe moet men de oorspronkelijke geluidsintensiteit dan laten afnemen?

- <A> met 10 % laten dalen
- met 20 % laten dalen
- <C> 10 maal kleiner maken
- <D> 20 maal kleiner maken

2017 – Augustus geel Vraag 8

Met een decibelmeter wordt voor het geluid van een metrotrein 100 dB gemeten. Voor een gesprek wordt 40 dB gemeten.

De verhouding van de geluidsintensiteit van de metrotrein tot deze van het gesprek is gelijk aan:

- <A> 6,0
- 60
- <C> $1,0 \times 10^{-6}$
- <D> $1,0 \times 10^6$

2023 – Dierenarts Vraag 10

Een geluidsbron produceert een geluidsniveau van 40 dB. Een tweede geluidsbron produceert hetzelfde geluidsniveau maar met een andere frequentie.

Samen produceren deze geluidsbronnen een geluidsniveau van

- <A> 80 dB.
- 42 dB.
- <C> 43 dB.
- <D> 62 dB.

4. Oplossingen oefeningen

2001 Vraag 10

Gegeven: Voor een boventoon opgewekt in een orgelpijp geldt:

- A. dat de frequentie kleiner is dan de bijhorende grondtoon
- B. dat de voortplantingssnelheid groter is dan die van de bijhorende grondtoon
- C. dat de voortplantingssnelheid kleiner is dan die van de bijhorende grondtoon
- D. dat de golflengte kleiner is dan deze van de bijhorende grondtoon.

Oplossing:

De grondtoon is altijd de laagste frequentie die een systeem van nature vertoont, dus A is fout. De voortplantingssnelheid is de snelheid van het geluid en hangt dus niet af van de frequentie, dus B en C zijn ook fout.

De frequentie van de boventoon is hoger, dan die van de grondtoon (die per definitie de laagste frequentie heeft), dus is de golflengte kleiner (formule: $f = v/\lambda$. De snelheid v is constant en f wordt groter, dus wordt λ kleiner)

→ Antwoord D

2010 - Juli Vraag 1

Gegeven: Bij geluidsterkte is de referentie voor de decibelschaal of de basisintensiteit I_0 gelijk aan $1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Gevraagd: Wat is het aantal decibel bij een geluidsintensiteit van 10^{-9} W/m^2 ?

Oplossing:

$$l = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-9}}{10^{-12}} = 10 \cdot 3 = 30$$

→ Antwoord C

2010 - Augustus Vraag 1

Gegeven: In een concertzaal wordt 70 dB gemeten wanneer 1 trompet speelt. Indien meerdere trompetten tegelijk spelen mag hun intensiteit opgeteld worden.

Gevraagd: Hoeveel decibel zal men meten wanneer er 10 trompetten tegelijk in fase spelen?

Oplossing: intensiteit 10 keer groter, dwz. van bv. 10^{-6} naar 10^{-5} .

Hoeveel decibel is 10^{-5} tov 10^{-6}

$$10^{-6} \rightarrow I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-6}}{10^{-12}} = 10 \cdot (\log 10^6) = 60$$

$$10^{-5} \rightarrow I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{10^{-5}}{10^{-12}} = 10 \cdot (\log 10^7) = 70$$

Vermenigvuldigen met 10 in eenheid intensiteit is 10 optellen in schaal decibel.

Als intensiteit dus 10x groter wordt wordt de 70 dB met 10 verhoogd tot 80 dB

➔ Antwoord B

2012 - Juli Vraag 9

Gegeven: Op een muziekfestival bedraagt de geluidssterkte 103 dB.

Gevraagd: Hoeveel maal is dit geluid dan sterker dan 100 dB?

Oplossing:

Neem voor geluidsterkte op muziekfestival I_M en geluidsterkte van 100 dB I_B

$$103 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I_M}{10^{-12}}$$

$$100 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I_B}{10^{-12}}$$

$$103 - 100 = 10 \log \frac{I_M}{10^{-12}} - 10 \log \frac{I_B}{10^{-12}}$$

$$3 = 10 \log \left(\frac{I_M}{I_B} \right)$$

$$\text{Dan is: } 3 \text{ dB} = 10 \log \left(\frac{I_M}{I_B} \right)$$

$$10 \log \left(\frac{I_M}{I_B} \right) = 0,3 \text{ dB} = \log 2 \quad (\text{want } 10^{0,3} = 2)$$

Dus de verhouding tussen de twee geluidssterktes is 2

➔ Antwoord B

2013 - Juli Vraag 9

Gegeven: Op een muziekfestival bedraagt de geluidssterkte 100 dB. Men wil dit geluid laten dalen tot 90 dB.

Gevraagd: Hoe moet men de oorspronkelijke geluidsintensiteit dan laten afnemen?

Oplossing:

Definitie: verschil van 10 decibel, betekent verhouding in intensiteit van 10.

➔ Antwoord C

2017 – Augustus geel Vraag 8

Met een decibelmeter wordt voor het geluid van een metrotrein 100 dB gemeten. Voor een gesprek wordt 40 dB gemeten.

De verhouding van de geluidsintensiteit van de metrotrein tot deze van het gesprek is gelijk aan:

Oplossing:

Via tabel: 100 dB → 10^{-2} en 40 dB → 10^{-8}

Verhouding $10^{-2}/10^{-8} = 10^6$

➔ Antwoord D

2023 – Dierenarts Vraag 10

Gegeven: Een geluidsbron produceert een geluidsniveau van 40 dB. Een tweede geluidsbron produceert hetzelfde geluidsniveau maar met een andere frequentie.

Gevraagd: Samen produceren deze geluidsbronnen een geluidsniveau van

Oplossing:

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$L/10 = \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$10^{\frac{L}{10}} = \frac{I}{I_0}$$

$$\text{of } I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$$

Neem I_1 = intensiteit van eerste geluidsbron en I_2 intensiteit van tweede geluidsbron met geluidsniveau L_1 en L_2 . We weten dat ze elke 40 dB produceren, dus:

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{\frac{40}{10}} = I_0 \cdot 10^4$$

$$I_2 = I_0 \cdot 10^{\frac{40}{10}} = I_0 \cdot 10^4$$

Het totale geluid is de som van die twee intensiteiten, dus $I_{\text{tot}} = 2 \cdot I_0 \cdot 10^4$

Om nu het gecombineerde geluidsniveau te vinden

$$L_{\text{tot}} = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

$$L_{\text{tot}} = 10 \log (2 \cdot 10^4)$$

$$L_{\text{tot}} = 10 (\log(2) + \log (10^4))$$

$$L_{\text{tot}} = 10 \cdot 0,301 + 4$$

$$= 43,01 \text{ dB}$$

➔ Antwoord C