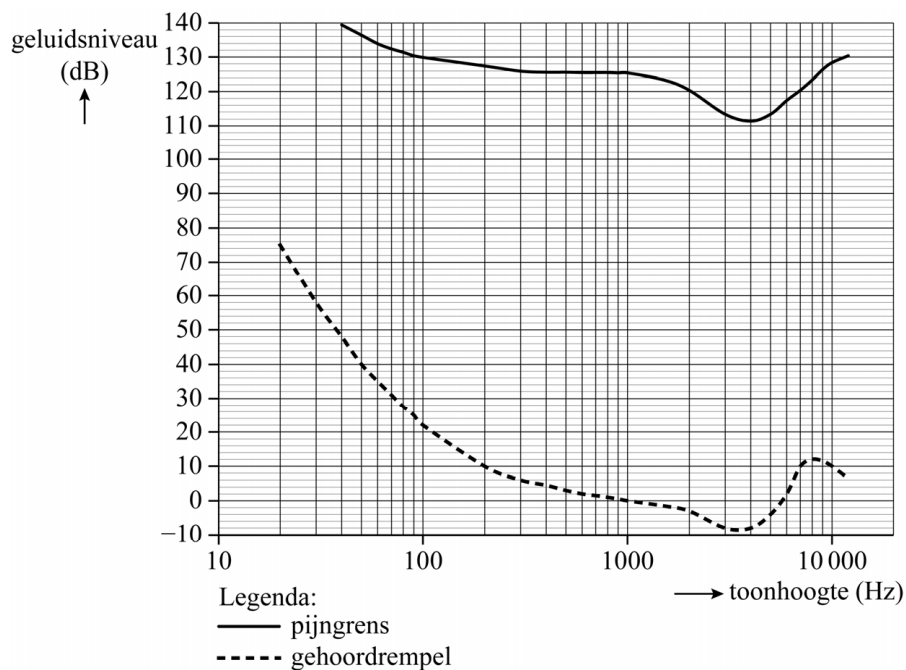


Horen

Het ene geluid klinkt zachter dan het andere. We zeggen dan dat het **geluidsniveau** in decibel (dB) lager is. Een spreekstem bijvoorbeeld heeft een geluidsniveau van 60 dB en in een discotheek is het geluidsniveau ongeveer 100 dB.

Sommige geluiden zijn zo zacht dat het menselijk oor ze niet meer kan waarnemen. Deze geluiden zijn zachter dan de zogenoemde **gehoordrempel**. Andere geluiden zijn zo hard dat ze een onverdraagbaar pijngevoel veroorzaken: ze liggen boven de zogenoemde **pijngrens**. De hoogte van gehoordrempel en pijngrens hangen niet alleen af van het geluidsniveau maar ook van de toonhoogte van het geluid. De figuur hieronder geeft hier informatie over. Langs de verticale as staat het geluidsniveau in dB. Langs de horizontale as staat, met een logaritmische schaalverdeling, de toonhoogte; deze wordt uitgedrukt in hertz (Hz).

figuur



In de figuur kun je zien dat geluid met een toonhoogte van 100 Hz en een niveau van 130 dB op de pijngrens ligt en dus erg onaangenaam is voor het menselijk oor.

In de figuur kun je ook zien dat er bij een geluidsniveau van 10 dB geluiden met verschillende toonhoogtes zijn die precies op de gehoordrempel liggen.

3p 1 Bepaal met behulp van de figuur welke toonhoogtes hier worden bedoeld.

Bij popconcerten en in discotheken is er vaak een erg hoog geluidsniveau. In een artikel over gehoorschade bij jongeren staan de tips en tricks zoals vermeld in onderstaande tekst.

Tips & Tricks

- De vuistregel is dat je acht uur lang zonder problemen 80 dB op je oren kunt hebben. Bij een toename van het geluidsniveau van 3 dB halveert de tijd. Dus: vier uur lang bij 83 dB, twee uur lang bij 86 dB, enzovoort.
- Goede oordoppen kunnen het geluid tijdens een dancefeest of concert dempen tot een geluidsniveau van 80 dB. Het geluidsniveau tijdens zulke gelegenheden is vaak zo hoog dat een aantal minuten zonder doppen al schade kan opleveren.

Uit bovengenoemde vuistregel volgt het exponentiele verband $T = 8 \cdot g^{D-80}$ tussen de maximale tijd T in uren die je zonder gehoorschade ergens kunt zijn en het geluidsniveau D in dB. De groeifactor g is bij benadering 0,79.

- 3p **2** Bereken deze groeifactor in drie decimalen.

In een discotheek is het geluidsniveau ongeveer 100 dB. Een verblijf van een paar minuten zonder oordoppen kan dan al gehoorschade opleveren.

- 3p **3** Bereken met behulp van de formule $T = 8 \cdot 0,79^{D-80}$ hoeveel gehele minuten je maximaal zonder oordoppen in een discotheek met een geluidsniveau van 100 dB aanwezig kunt zijn zonder dat dat gehoorschade oplevert.

Door het trillen van de lucht hoor je geluid. Deze trillingen veroorzaken een kleine variatie in de luchtdruk. Deze variatie in luchtdruk wordt **geluidsdruk** p genoemd. Het is mogelijk om de geluidsdruk te meten en hiermee het bijbehorende geluidsniveau D vast te stellen. Daarvoor wordt gebruikgemaakt van de volgende formule:

$$D = 20 \cdot \log(p) - 26,02$$

In deze formule is p de geluidsdruk, gemeten in μPa (micropascal), en D weer het geluidsniveau in dB.

- 3p **4** Bereken de geluidsdruk die hoort bij een geluid met een geluidsniveau van 70 dB. Geef je antwoord in hele duizendtallen.

Iemand doet de volgende bewering:

“Volgens de formule $D = 20 \cdot \log(p) - 26,02$ geldt: wanneer de geluidsdruk verdubbelt, neemt het geluidsniveau toe met (ongeveer) 6 dB.”

- 3p **5** Toon met behulp van de rekenregels voor logaritmen aan dat deze bewering klopt.