

Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

**Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.**

**Opgave 1**

Een didgeridoo is een muziekinstrument dat oorspronkelijk werd bespeeld door de Aboriginals in Australië. De didgeridoo bestaat uit een door termieten uitgeholde boomtak die verschillende tonen voortbrengt als je erop blaast. Zie onderstaande afbeelding.

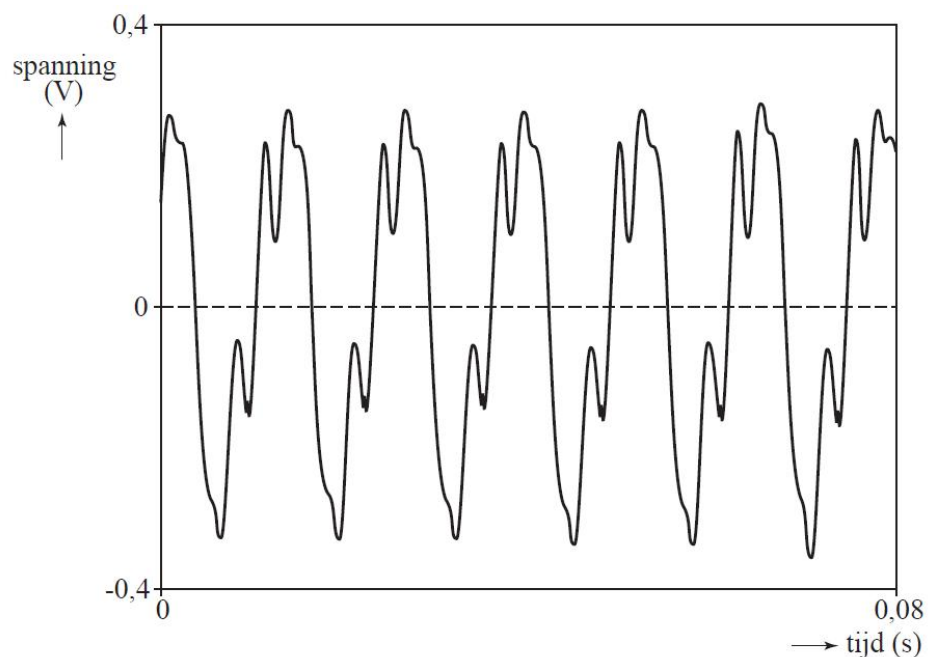


Tom onderzoekt de klank van een didgeridoo. Hij blaast daartoe op het smalle uiteinde van de didgeridoo en registreert het geluid aan het brede uiteinde met behulp van een computer. Het resultaat is te zien in nevenstaande afbeelding.

a) **Bepaal** de laagste frequentie van deze klank.

In Australië is de temperatuur vaak hoger dan in Nederland. Het uitzetten van de didgeridoo als gevolg van de hogere temperatuur mag worden verwaarloosd.

b) **Leg uit** of de didgeridoo bij hogere temperatuur hoger of lager klinkt.



Voor het geluidsvermogen dat de didgeridoo voortbrengt, geldt:

$$P = I \cdot A$$

Hierin is:

- $I$  de geluidsintensiteit (in  $W m^{-2}$ );
- $A$  de doorsnede van het brede uiteinde van de didgeridoo (in  $m^2$ ).

Het brede uiteinde is cirkelvormig met een binnendiameter van 16 cm.

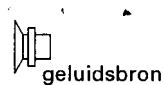
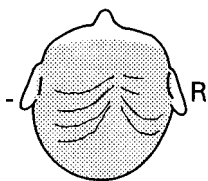
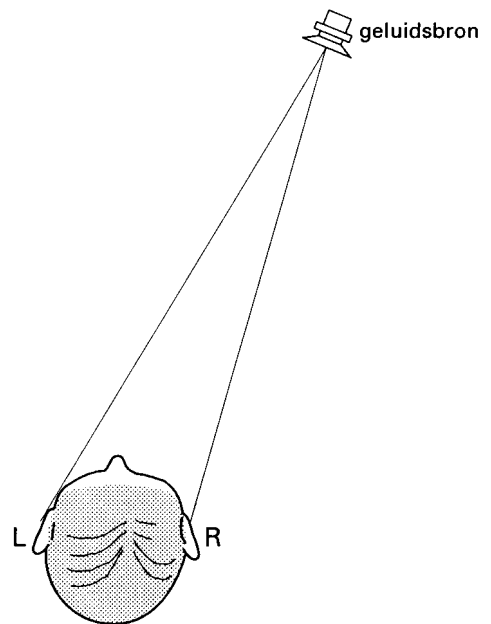
Bij de toon van bovenstaand diagram is het geluidsniveau in het brede uiteinde 82 dB.

c) **Bereken** het geluidsvermogen dat de didgeridoo bij deze toon uitzendt.

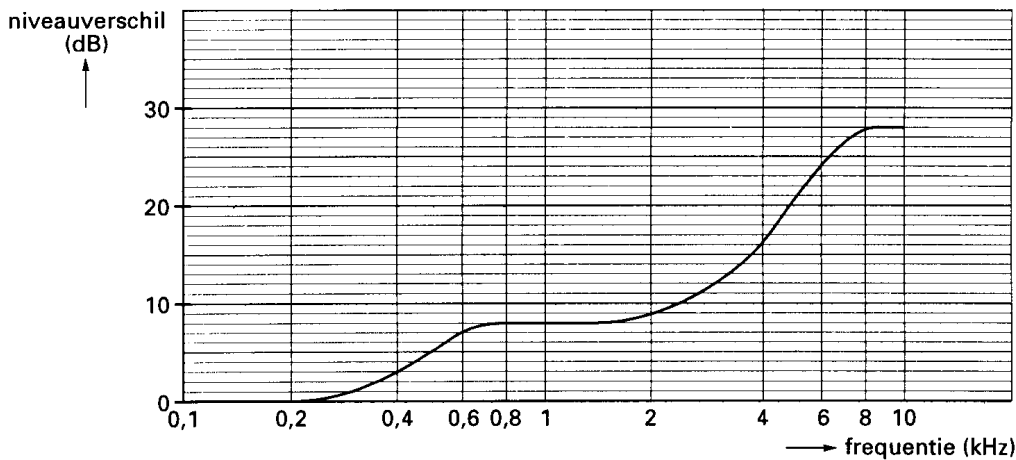
## Opgave 2

Doordat wij twee oren hebben, zijn we in staat om te bepalen uit welke richting geluid komt. Daarbij spelen twee verschijnselen een rol: onze oren kunnen verschil in aankomsttijd en verschil in intensiteit waarnemen. In nevenstaande afbeelding is een bovenaanzicht getekend van een hoofd en een geluidsbron rechts voor het hoofd. Het geluid moet naar het linkeroor een langere weg afleggen dan naar het rechteroor. Er is dus een weglengteverschil. Het kleinste tijdsverschil dat onze oren kunnen waarnemen, bedraagt  $30 \mu s$ .

a) **Bereken** het weglengteverschil dat bij dit tijdsverschil hoort, als de temperatuur  $20^\circ C$  is. Het verschil in geluidsterkteniveau dat door de twee oren wordt waargenomen, wordt vervolgens gemeten met de geluidsbron rechts naast het hoofd. Zie onderstaande afbeelding.



Het verschil in geluidsterkteniveau tussen het rechter en linkeroor noemen we het niveauverschil. Het niveauverschil blijkt af te hangen van de frequentie van het geluid. Zie onderstaande afbeelding.



Geluid kan, net als licht, om voorwerpen heen buigen. Het hoofd kun je beschouwen als een bol met een diameter van ongeveer 18 cm. De temperatuur van de lucht is 20 °C.

b) Toon met een **berekening** aan dat de golflengte van geluid met een frequentie van 2,0 kHz ongeveer gelijk is aan de diameter van het hoofd.

In bovenstaande afbeelding is te zien dat het niveauverschil sterk toeneemt bij frequenties groter dan 2 kHz.

c) **Leg uit** hoe dat komt.

Met behulp van het niveauverschil (gemeten in dB) kan men de geluidsintensiteiten bij het linker en het rechteroor vergelijken.

d) **Bereken**, gebruikmakend van bovenstaande afbeelding, de verhouding van de geluidsintensiteiten bij beide oren, als de frequentie van het geluid 2,0 kHz is.

### Opgave 3

Een woonwijk ondervindt extra geluidshinder van een continubedrijf in de buurt.

Een ingenieursbureau krijgt de opdracht om deze extra geluidsbelasting 's nachts te meten. Wanneer het bedrijf in volle gang is wordt tegen de gevel van een bepaald woonhuis een geluidsniveau gemeten van 59,4 dB. Onmiddellijk na de meting wordt het bedrijf stilgelegd om alleen het omgevingsgeluid (dus zonder het geluid van het bedrijf) te kunnen meten. Het meetresultaat bedraagt nu 49,0 dB.

**Bereken** het geluidsniveau van alleen het bedrijf (zonder omgevingsgeluid).