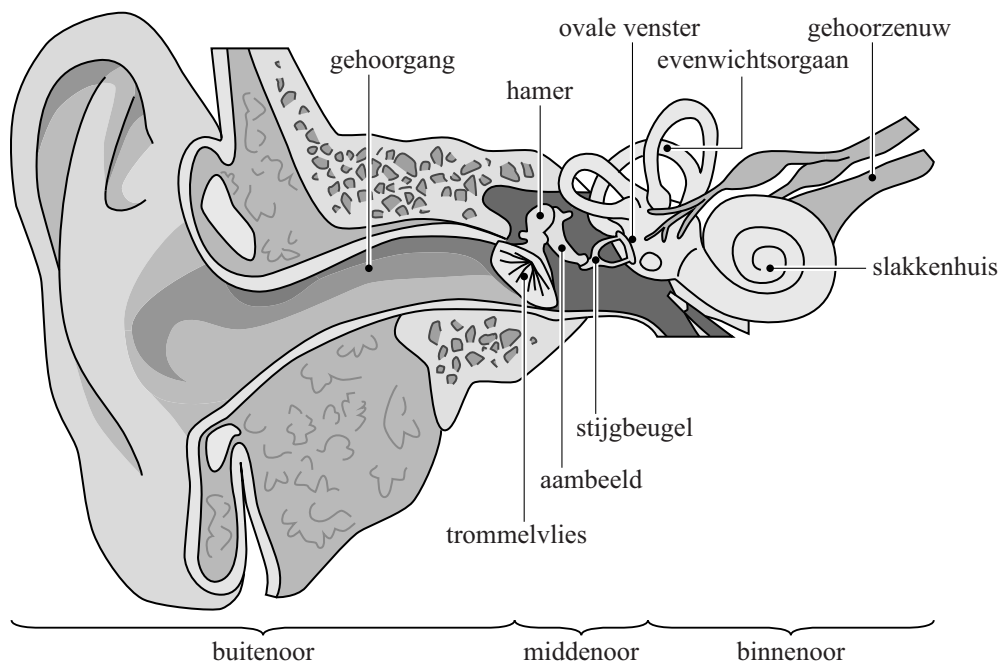


## Opgave 5 Oor

Het oor bestaat uit drie gedeeltes. Zie figuur 1.

figuur 1



- Het **buitenoor** dat aan één kant wordt afgesloten door het trommelvlies doet dienst als resonantieholtte.
- Het **middenoor** brengt geluidstrillingen over van het trommelvlies naar het ovale venster.
- Het **binnenoor** zet trillingen in het slakkenhuis om in zenuwpulsen die naar de hersenen worden gestuurd.

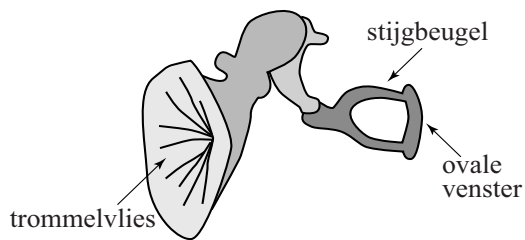
Het **buitenoor** is op te vatten als een buis die aan één kant gesloten is door het trommelvlies. De gehoorgang is bij een volwassen persoon 28 mm lang. Door resonantie wordt geluid met een frequentie van 3 kHz in het buitenoor versterkt.

3p 20 Toon dat aan met behulp van een berekening.

2p 21 Leg uit of de frequentie waarbij versterking optreedt bij een baby groter of kleiner is dan bij een volwassen persoon.

In het **middenoor** zitten gehoorbeentjes. Zie figuur 2.

**figuur 2**



Door de hefboomwerking van de gehoorbeentjes wordt de kracht waarmee de stijgbeugel het ovale venster in beweging brengt met een factor 1,3 versterkt.

De oppervlakte van het ovale venster is  $\frac{1}{19}$  van de oppervlakte van het trommelvlies.

Voor de druk geldt:  $p = \frac{F}{A}$ .

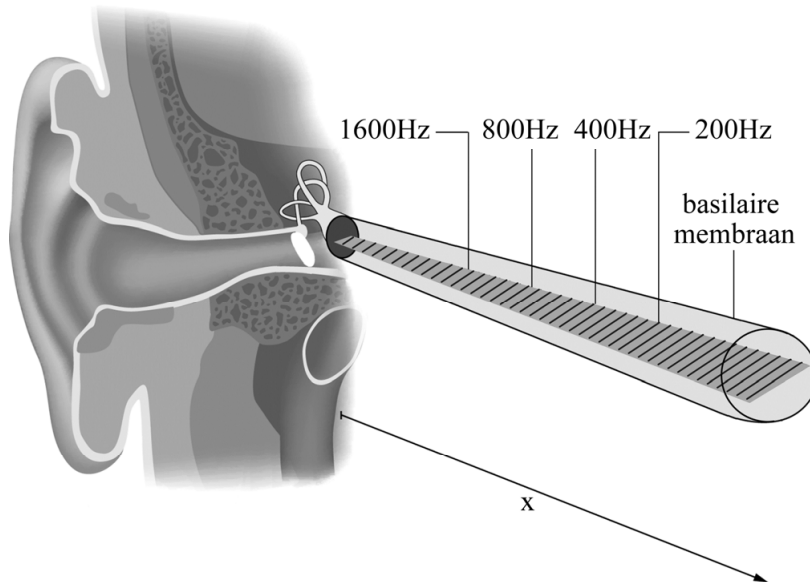
Hierin is:

- $p$  de druk in  $\text{N m}^{-2}$ ,
- $F$  de kracht in  $\text{N}$ ,
- $A$  het oppervlak in  $\text{m}^2$ .

- 2p **22** Bereken hoeveel maal groter de druk op het ovale venster is vergeleken met de druk op het trommelvlies.

In het **binnenoor** zit het slakkenhuis. In figuur 3 is een tekening gemaakt van het slakkenhuis in uitgerolde toestand. Het is te beschouwen als een met vloeistof gevulde buis met het basilaire (basale) membraan als scheidingswand. Op het basilaire membraan zitten kleine massa's, die allemaal een andere eigenfrequentie hebben.

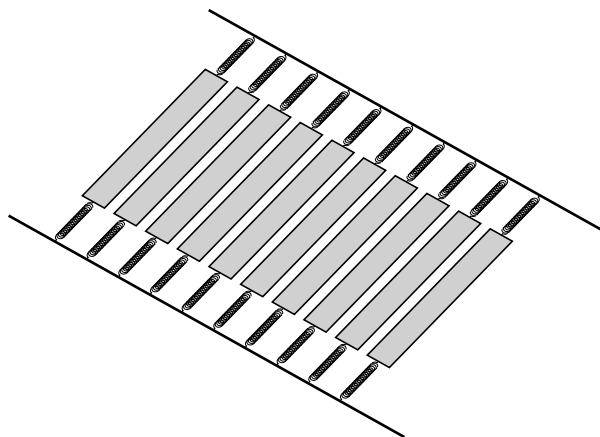
**figuur 3**



Als het ovale venster in trilling gebracht wordt, ontstaat in de vloeistof rondom het basilaire membraan een druktrilling. Als de eigenfrequentie van een kleine massa gelijk is aan de frequentie van de druktrilling, gaat die kleine massa meetrillen. In figuur 3 zijn de eigenfrequenties op verschillende plaatsen van het basilaire membraan aangegeven.

De werking van het basilaire membraan is te beschrijven met behulp van een model. In dit model bestaat het basilaire membraan uit een groot aantal kleine massa's aan veertjes. In figuur 4 is dit schematisch weergegeven.

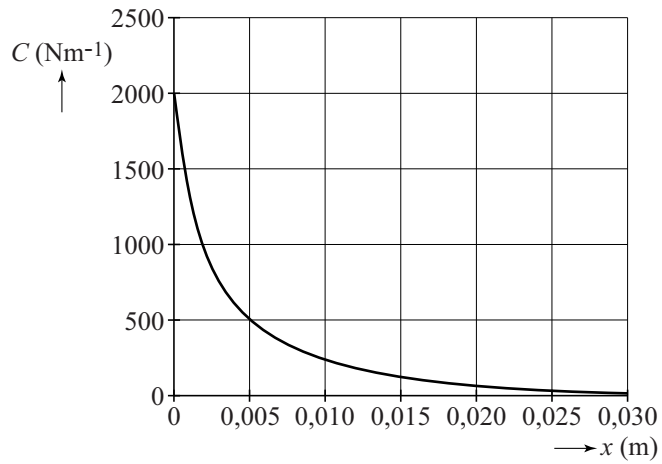
**figuur 4**



De stijfheid van het basilaire membraan is vergelijkbaar met de veerconstante  $C$  van een massa-veersysteem.

De stijfheid van het basilaire membraan verandert met de afstand  $x$  tot het ovale venster. Zie figuur 5.

**figuur 5**



Op een afstand van 5,0 mm van het ovale venster bedraagt de eigenfrequentie 3,0 kHz.

- 3p **23** Bepaal de massa in het gebruikte model op die plaats van het basilaire membraan.
- 2p **24** Laat met behulp een schatting zien of in dit model de massa's toenemen of afnemen als de afstand  $x$  groter wordt.