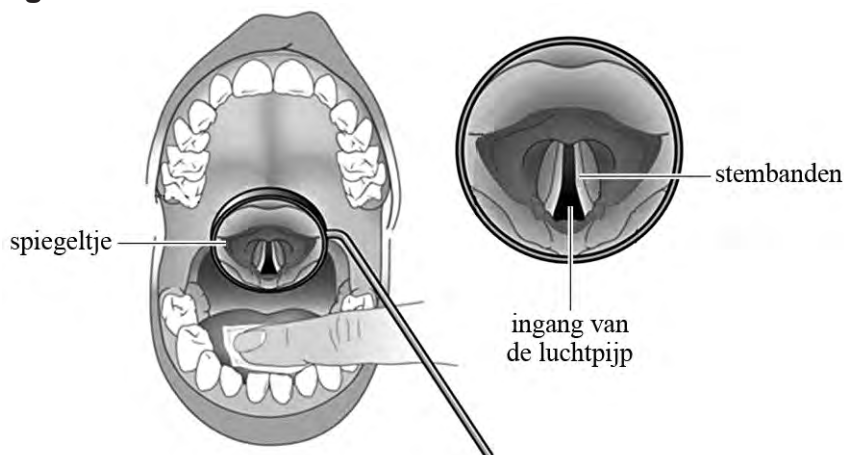


Elektrolarynx

De menselijke stem produceert geluid door het in trilling brengen van de stembanden achter in de keel. Zie figuur 1.

figuur 1



Deze trilling ontstaat als er lucht langs de stembanden geperst wordt. De stembanden zijn dan te beschouwen als snaren die trillen.

Op de uitwerkbijlage staat een reeks foto's die gemaakt zijn tijdens het trillen van de stembanden van een man. De stembanden van deze man zijn 22 mm lang. In deze opgave wordt aangenomen dat dit gelijk is aan de golflengte.

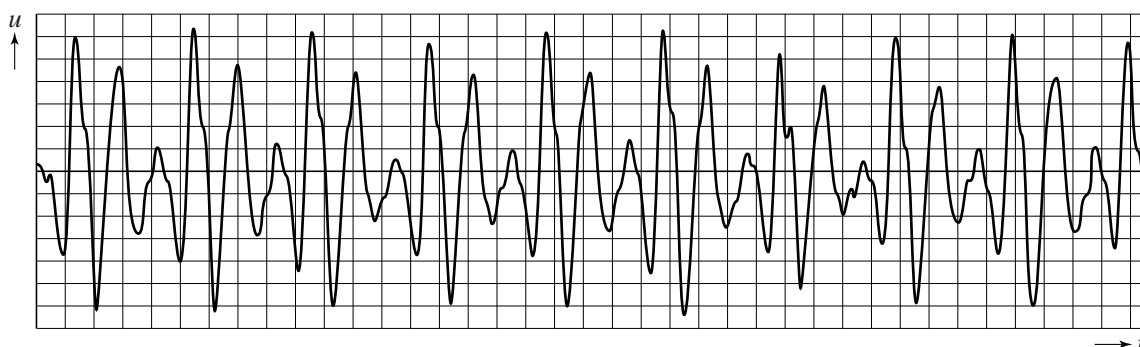
- 3p **24** Bepaal met behulp van de foto's de golfsnelheid in de stembanden.

Roken kan ervoor zorgen dat de stembanden opzwellen door een ophoping van vocht. Hierdoor neemt de massa van de stembanden toe. De stembanden kunnen beschouwd worden als een massa-veersysteem met een constante veerconstante.

- 2p **25** Leg met behulp van de formule voor een massa-veersysteem uit of roken zorgt voor een toename of afname van de frequentie van het stemgeluid.

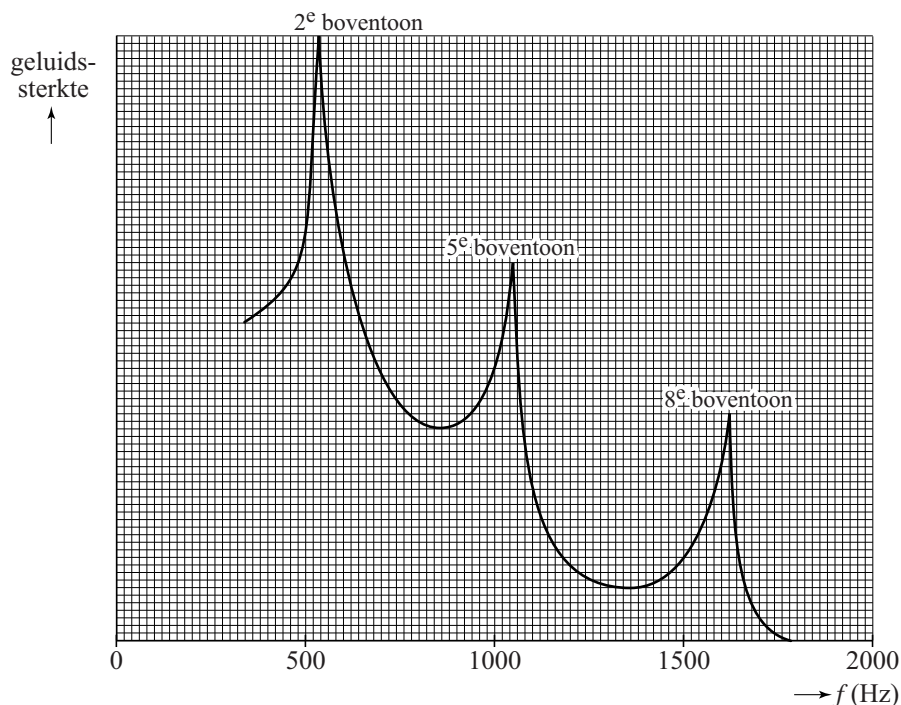
Het (u, t) -diagram in figuur 2 is van een vrouw die een toon zingt. De toon is een combinatie van een grondtoon met boventonen.

figuur 2



Van het (u,t) -diagram is een zogenaamde frequentiecarakteristiek gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



Op de horizontale as van dit diagram is de frequentie uitgezet. Op de verticale as staat een maat voor geluidssterkte.

In de karakteristiek zijn pieken te zien. Dit zijn boventonen van de stembanden en deze boventonen bepalen de klank van het stemgeluid. De pieken in de karakteristiek horen bij de 2e, 5e en 8e boventoon.

Voor de grondtoon en boventonen geldt:

$$\frac{n}{f} = c$$

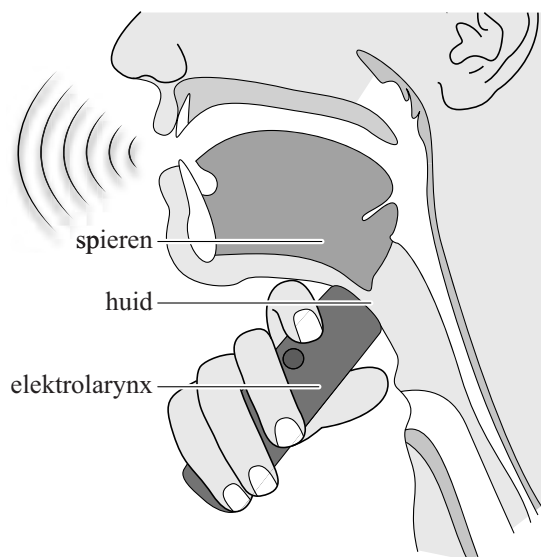
Hierin is:

- n de toon; $n = 1$ is de grondtoon, $n = 2$ de eerste boventoon, etc.;
- f de frequentie in Hz;
- c een constante.

3p **26** Bepaal met behulp van deze formule en de grafiek in figuur 3 de grondtoon van de stembanden van de vrouw.

Soms is het noodzakelijk om de stembanden te verwijderen. Ter vervanging van de stembanden kan een elektrolarynx worden gebruikt. Dit is een apparaatje dat tegen de keel wordt gedrukt. Het produceert trillingen en geeft deze via de huid en de spieren door aan de mond. Zie figuur 4. De frequentie van deze trillingen blijft gelijk tijdens de voortplanting door de huid en de spieren. De voortplantingssnelheid in de huid is $1,73 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$.

figuur 4

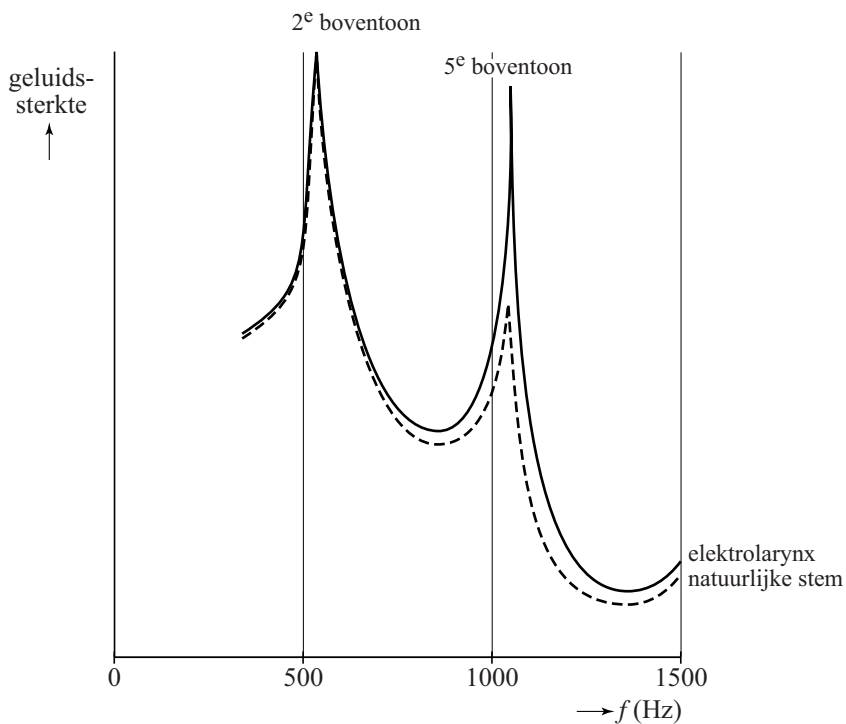


- 3p 27 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage aan hoe de grootheden veranderen bij de overgang van huid naar spieren.

Het geluid van een elektrolarynx klinkt niet altijd zo natuurlijk als het geluid van stembanden.

In figuur 5 staan de frequentiekaracteristieken van de natuurlijke stem van een persoon en van dezelfde persoon die een elektrolarynx gebruikt.

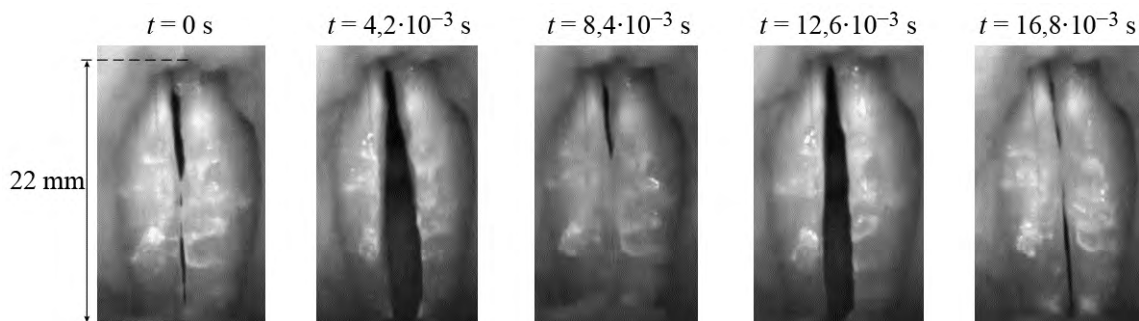
figuur 5



- 2p 28 Omcirkel in de zinnen op de uitwerkbijlage telkens het juiste alternatief.

uitwerkbijlage

24



27

grootheid	neemt toe	blijft gelijk	neemt af
trillingstijd			
voortplantingssnelheid			
golflengte			

28 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

- De frequentie van de 5e boventoon is met de elektrolarynx **hoger dan / lager dan / even hoog als** de frequentie van de natuurlijke stem.
- De geluidssterkte van de 5e boventoon is met de elektrolarynx **groter dan / kleiner dan / even groot als** de geluidssterkte van de natuurlijke stem.