

5 Geluid



1 Geluid maken en ontvangen

Leerstof

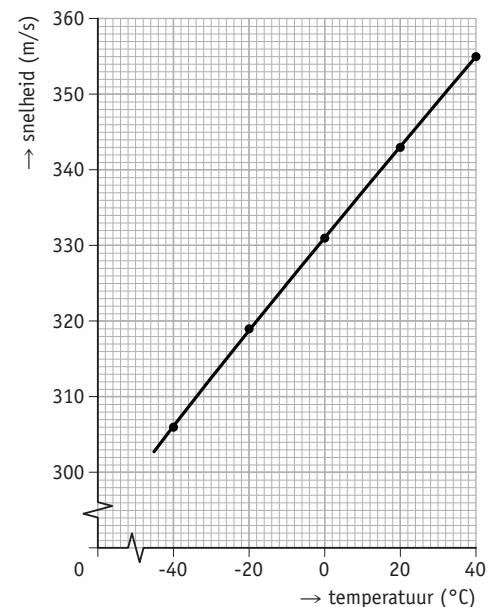
- 1 Vul in:
 - a Geluidsbronnen maken geluid doordat ze trillen.
 - b Als de conus naar buiten beweegt, wordt de lucht vóór de luidspreker iets samengeperst, zodat de luchtdruk stijgt.
 - c Als de conus naar binnen beweegt, zet de lucht voor de luidspreker iets uit, zodat de luchtdruk weer daalt.
 - d De snelheid waarmee geluid door een tussenstof beweegt, noem je de geluidssnelheid.
 - e Je hoort een echo altijd later dan het directe geluid; dat komt doordat het teruggekaatste geluid een langere weg moet afleggen.

Toepassing

- 2 Zoek op hoe snel geluid zich verplaatst door lucht, door water en door beton.
 - a In welke stof is de geluidssnelheid het grootst? in beton: 4300 m/s
 - b In welke stof is de geluidssnelheid het kleinst? in lucht: 343 m/s
- 3 De geluidssnelheid in lucht hangt af van de temperatuur. In tabel 1 zie je een aantal meetgegevens.
 - a Teken in figuur 1 een grafiek waarin je de geluidssnelheid uitzet tegen de temperatuur.
 - b Bepaal met behulp van de grafiek hoe groot de geluidssnelheid is:
 - bij $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$: 325 m/s
 - bij $14\text{ }^{\circ}\text{C}$: 339 à 340 m/s
 - bij $26\text{ }^{\circ}\text{C}$: 346 à 347 m/s

▼ tabel 1
de geluidssnelheid in lucht

temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	geluidssnelheid (m/s)
-40	306
-20	319
0	331
20	343
40	355



▲ figuur 1
het verband tussen de geluidssnelheid en de temperatuur in lucht

- 4 De snelheid van straaljagers wordt vaak weergegeven in Mach (figuur 2). De snelheid in Mach is gelijk aan de snelheid van het vliegtuig gedeeld door de geluidssnelheid. Een snelheid van Mach 2 betekent dus dat de straaljager $2\times$ zo snel gaat als het geluid.

Omdat de geluidssnelheid niet altijd even groot is, heeft Mach 2 niet altijd dezelfde waarde in km/h. Gebruik tabel 1 om uit te rekenen hoeveel Mach 2 is in km/h:

 - a bij een luchttemperatuur van $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Mach 2 komt in dat geval overeen met: $2 \times 343\text{ m/s} = 686\text{ m/s} \approx 2470\text{ km/h}$
 - b bij een luchttemperatuur van $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Mach 2 komt in dat geval overeen met: $2 \times 306\text{ m/s} = 612\text{ m/s} \approx 2203\text{ km/h}$

▲ **figuur 2**

De topsnelheid van deze straaljager is iets meer dan Mach 2.

- 5 In figuur 3 zie je twee schaatsers klaarstaan voor de start. De temperatuur van de lucht is 0 °C. De schaatsers staan niet op één lijn, omdat de schaatser in de buitenbaan dan meer meters zou moeten rijden. Degene die het startschot lost, moet volgens de regels zo staan dat hij beide schaatsers kan zien. In figuur 3a zie je hoe dat meestal gebeurt.

- a Bereken na hoeveel tijd schaatser 1 in figuur 3a het startschot hoort.

$$s = v_{\text{geluid}} \cdot t$$

$$\text{dus: } t = s / v_{\text{geluid}}$$

$$t = 14 / 331 = 0,0422..$$

$$\approx 0,042 \text{ s}$$

- b Bereken na hoeveel tijd schaatser 2 in figuur 3a het startschot hoort.

$$s = v_{\text{geluid}} \cdot t$$

$$\text{dus: } t = s / v_{\text{geluid}}$$

$$t = 30 / 331 = 0,0906..$$

$$\approx 0,091 \text{ s}$$

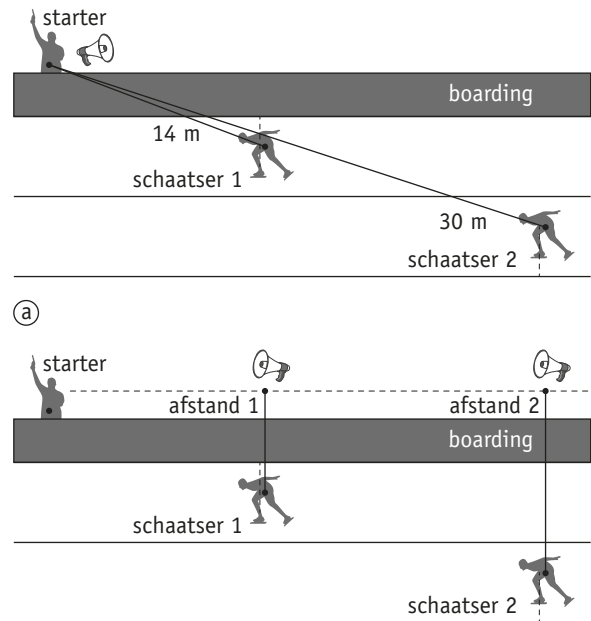
De schaatsbond wil dit probleem oplossen door twee luidsprekers langs de baan te plaatsen (figuur 3b).

- c Leg uit waarom de plaatsing van de luidsprekers in figuur 3b het probleem niet helemaal oplost.

De afstanden tussen de schaatsers en de luidsprekers zijn nog steeds niet gelijk.

- d Hoe kan dit probleem worden opgelost?

Door luidspreker 2 aan de andere kant van de baan links van schaatser 2 te plaatsen.



(b)

▲ **figuur 3**

een probleem bij het starten van een schaatswedstrijd

- 6 Tijdens de training voor een atletiekwedstrijd maken de atleten een proefstart om te winnen aan de starter. Omdat het stadion leeg is, weerkaatst de lege tribune het geluid. De starter hoort na 0,950 s de echo van het startschot. Bereken hoe groot de afstand tussen de starter en de tribune is.
- $$v = 343 \text{ m/s}$$
- $$t = 0,950 \text{ s}$$
- $$s = v \cdot t = 343 \times 0,950$$
- $$= 325,85 \text{ m}$$
- $$325,85 / 2 = 162,925 \approx 163 \text{ m}$$
- *7 De afstand tussen twee muren tot 3 m bepaal je gemakkelijk met een rolmaat. Voor het meten van afstanden groter dan 3 m bestaat een afstandsmeter die met geluid werkt (figuur 4).

▲ **figuur 4**

een afstandsmeter

a Volgens de handleiding bij de afstandsmeter moet je de meter loodrecht op een harde muur richten. Waarom werkt de afstandsmeter niet goed als hij scheef wordt gericht op een muur?

Dan komt het teruggekaatste geluid niet bij de afstandsmeter. De meter kan dan niets meten.

b De temperatuur van de lucht is nooit de hele dag gelijk. Daarom gebruiken bouwbedrijven speciale afstandsmeters. In de meters zit een temperatuursensor. Die zorgt ervoor dat de afstandsmeter bij verschillende temperaturen de juiste afstand aangeeft. Streep door wat fout is.

- Als de temperatuur stijgt, wordt de geluidssnelheid *groter* / ~~kleiner~~.
- Als de temperatuur stijgt, is het geluidssignaal korter / ~~langer~~ onderweg.
- Als de temperatuur boven kamertemperatuur stijgt, zou zonder temperatuursensor een te ~~grote~~ / *kleine* afstand worden gemeten.

c Bij een afstandsmeting (met temperatuurcorrectie) tussen twee muren zit er 0,0150 s tussen het uitgezonden en het ontvangen signaal. De temperatuur in de ruimte bedraagt 15 °C. Bereken de afstand tussen de twee muren. Gebruik daarbij tabel 2.

$$s = v_{\text{geluid}} \cdot t$$

$$s = 340 \times 0,015$$

$$= 5,10 \text{ m}$$

De afstand tussen de muren is dus $5,10 \text{ m} / 2 = 2,55 \text{ m}$.

▼ tabel 2
de geluidssnelheid in lucht

temperatuur (°C)	voortplantingssnelheid (m/s)
15	340
20	343
25	346

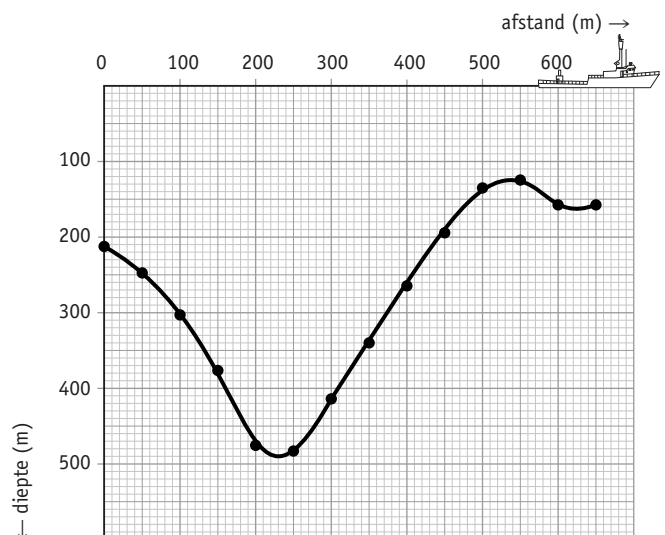
Naar: examen 2013-I

8 Een onderzoeksschip meet de diepte van de Noordzee met een echolood. Het schip heeft een snelheid van 5 m/s. Om de 10 s zendt het echolood een geluidspuls uit.

a Hoe groot is de geluidssnelheid in zeewater?
1510 m/s

▼ tabel 3
diepte meten met een echolood

gevaren afstand (m)	tijd tussen puls en echo (s)	diepte zeebodem (m)
0	0,280	211
50	0,330	249
100	0,400	302
150	0,500	378
200	0,630	476
250	0,640	483
300	0,550	415
350	0,450	340
400	0,350	264
450	0,260	196
500	0,200	151
550	0,180	136
600	0,210	159
650	0,210	159



▲ figuur 5
Zo ziet de zeebodem eruit.

b In tabel 3 kun je zien hoeveel tijd telkens verloopt tussen het uitzenden van een puls en het ontvangen van de echo.

Bereken de diepte van de zeebodem:

– bij de eerste puls (na 0 m varen).

$$t = 0,280 / 2 = 0,140 \text{ s}$$

$$v = 1510 \text{ m/s}$$

$$s = v \cdot t = 1510 \times 0,140$$

$$\approx 211 \text{ m}$$

– bij de tweede puls (na 50 m varen).

$$t = 0,330 / 2 = 0,165 \text{ s}$$

$$v = 1510 \text{ m/s}$$

$$s = v \cdot t$$

$$= 1510 \times 0,165$$

$$\approx 249 \text{ m}$$

c Bereken op dezelfde manier bij elke puls de bijbehorende diepte. Noteer alle uitkomsten in de derde kolom van tabel 3.

d Teken in figuur 5 het verloop van de zeebodem.

Plus Onweer

9 Als een onweersbui dichtbij is, hoor je na een blikseminslag een enorme knal. Als de onweersbui verder weg is, hoor je na een inslag alleen 'gerommel'. Dat gerommel bestaat uit tonen met een zeer lage frequentie.

a Welke frequentie moet het gerommel minstens hebben om het geluid te kunnen horen?

☐ A 20 dB

☐ B 50 dB

☒ C 20 Hz

☐ D 50 Hz

b Bliksem en donder ontstaan op hetzelfde moment. Toch hoor je de donder meestal later. In Binas tabel 1 staan de snelheden van geluid en licht.

Hoeveel keer sneller is het licht vergeleken met geluid?

☐ A ongeveer 10^2 keer

☐ B ongeveer 10^3 keer

☐ C ongeveer 10^4 keer

☐ D ongeveer 10^5 keer

☒ E ongeveer 10^6 keer

c De geluidssnelheid staat genoemd bij een temperatuur van 293 K.

Hoeveel °C is dat?

☐ A -20 °C

☐ B 0 °C

☒ C 20 °C

☐ D 100 °C

Naar: examen 2009-I

10 Tanja heeft op scouting geleerd dat je er gemakkelijk achter kunt komen hoe ver een onweer bij je vandaan is. Als je een bliksemflits ziet, begin je het aantal seconden te tellen. Als je de donder hoort, stop je met tellen. Je deelt het aantal seconden vervolgens door 3. Je weet dan hoeveel kilometer het onweer bij je vandaan is.

a Tanja gaat er (terecht) van uit dat je de bliksem vrijwel meteen ziet, ongeacht de afstand.

Wat betekent dat voor de lichtsnelheid?

De lichtsnelheid is erg groot
(300 000 km/s).

b Bereken met Tanja's gegevens de geluidssnelheid volgens deze methode.

Zij rekent 3 seconden voor

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m.}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{1000}{3} \approx 333 \text{ m/s}$$

c Hoeveel procent wijkt de geluidssnelheid bij vraag b af van de werkelijke waarde?

Het verschil is: $343 - 333 =$
 10 m/s.

$$\frac{10}{343} \times 100\% = 2,9\%$$

d De fout in de afstand is meestal veel groter dan je bij vraag c hebt berekend.

Leg uit waardoor dat komt.

Je rondt bij het tellen af op hele seconden. Daardoor is de waarde van de tijd erg onnauwkeurig.

2 Toonhoogte

Leerstof

11 Vul in:

- a Het aantal trillingen in één seconde noem je de frequentie.
- b De trillingstijd is de tijd die nodig is voor één trilling.
- c Als de trillingstijd groter wordt, wordt de frequentie lager.
- d Geluid waarvan de frequentie kleiner is dan 20 Hz of groter is dan 20 000 Hz, kun je niet horen.
- e Naarmate je ouder wordt, wordt het frequentiebereik van je gehoor kleiner (vooral als het gaat om hoge tonen).

12 Streep door wat fout is.

- a Hoe korter een snaar is, des te hoger / ~~lager~~ is de toon.
- b Hoe dikker een snaar is, des te ~~hoger~~ / lager is de toon.
- c Hoe strakker een snaar gespannen is, des te hoger / ~~lager~~ is de toon.

13 Ultrasoon geluid is:

- ☐ A heel hard.
- ☒ B heel hoog.
- ☐ C heel laag.
- ☐ D heel zacht.

Naar: examen 2013-I

Toepassing

14 Liesbeth speelt viool. Voordat ze gaat spelen, stemt ze haar instrument. Ze gebruikt daarbij een stemapparaatje. Voor de A-snaar stelt Liesbeth de frequentie in op 440 (figuur 6).

a Welke eenheid hoort bij 440? hertz (Hz)

b Liesbeth strijkt de A-snaar aan. Daarna spant ze de snaar strakker om deze op de juiste toon te stemmen.

Hier staan twee beweringen over de toon van een snaar. Streep door wat fout is.

- De frequentie van een strakgespannen snaar is groter / ~~kleiner~~.
- De toon klinkt dan hoger / ~~lager~~.

Naar: examen 2013-II

15 Annaleen sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Ze stelt de oscilloscoop in op 0,5 ms/div. In figuur 7 zie je het beeld op het oscilloscoopscherm.

a Hoe groot is de trillingstijd in milliseconde (ms)?
Elk hokje op het scherm staat voor 0,5 ms. Eén volledige trilling is vier hokjes breed.
De trillingstijd is dus $4 \times 0,5 \text{ ms} = 2 \text{ ms}$.

b Hoeveel seconde is dat?

Dat is 0,002 s.

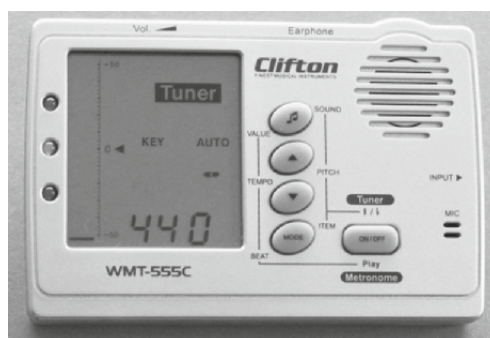
c Bereken de frequentie van de trilling.

$$T = 0,002 \text{ s}$$

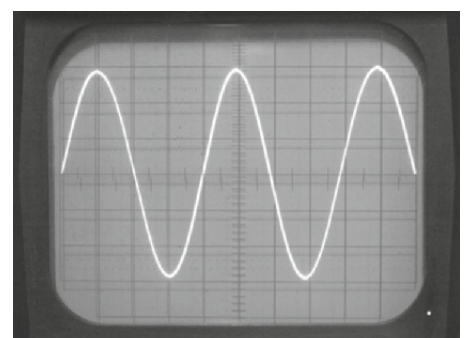
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,002} = 500 \text{ Hz}$$



Liesbeth stemt de A-snaar.



stemapparaatje



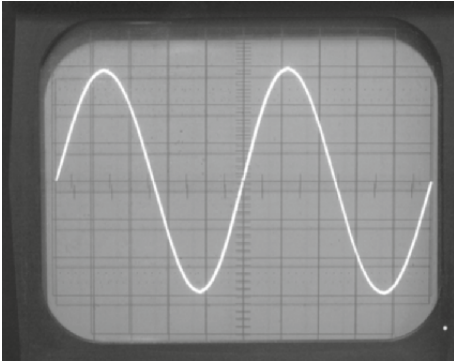
▲ figuur 7
het oscilloscoopbeeld van Annaleen

▲ figuur 6
Liesbeth stemt haar viool met behulp van een stemapparaatje.

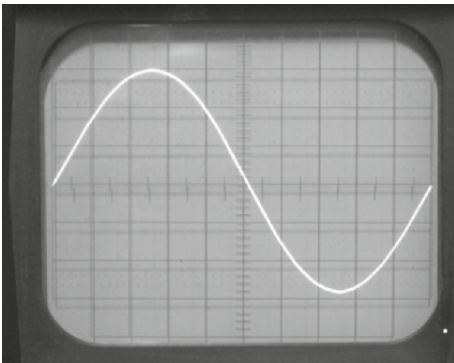
***16** In figuur 8 zie je hoe een oscilloscoop verschillende tonen afbeeldt. Onder elk beeld staat hoe de oscilloscoop was ingesteld.

De beelden horen bij:

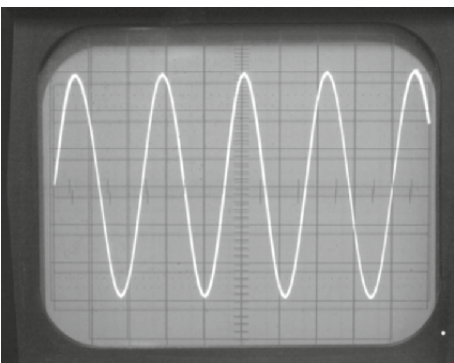
- de piep van een testsignaal (1000 Hz);
- de toon van een stemvork (440 Hz);
- de 'brom' van het lichtnet (50 Hz).



Ⓐ 0,2 ms/div



Ⓑ 2 ms/div



Ⓒ 1 ms/div

▲ **figuur 8**

Welk oscilloscoopbeeld hoort bij welke toon?

a Bepaal de trillingstijd van:

- toon a.

Elk hokje op het scherm staat voor 0,2 ms.

Eén volledige trilling is vijf hokjes breed.

De trillingstijd is dus $5 \times 0,2 \text{ ms} = 1,0 \text{ ms}$.

- toon b.

Elk hokje op het scherm staat voor 2 ms.

Eén volledige trilling is tien hokjes breed.

De trillingstijd is dus $10 \times 2 \text{ ms} = 20 \text{ ms}$.

- toon b.

Elk hokje op het scherm staat voor 1 ms.

Vier trillingen zijn negen hokjes breed. De trillingstijd is dus $9 \text{ ms} / 4 = 2,25 \text{ ms}$.

b Bereken de frequentie van:

- toon a.

$$T = 1 \text{ ms} = 0,001 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ Hz}$$

- toon b.

$$T = 20 \text{ ms} = 0,020 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,020} = 50 \text{ Hz}$$

- toon c.

$$T = 2,25 \text{ ms} = 0,00225 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00225} \approx 444 \text{ Hz}$$

c Welk oscilloscoopbeeld hoort bij:

- de pieptoon van een testsignaal?

toon a (1000 Hz)

- het geluid van de stemvork?

toon b (440 Hz)

- de 'brom' van het lichtnet?

toon c (50 Hz)

Rookmelders effectiever bij laagfrequente alarmtoon

Onderzoekers van de Victoria Universiteit in Australië hebben ontdekt dat rookmelders beter een lager geluid kunnen afgeven. Zo kunnen volgens de onderzoekers met de melders meer levens worden gered.

Rookmelders produceren meestal een hoogfrequent geluid. Dat voldoet prima als mensen wakker zijn. Echter, veel mensen horen dit hoogfrequente geluid niet wanneer ze slapen. Van het normaliter gebruikte hoogfrequente geluid werd slechts 44% van de proefpersonen wakker, terwijl maar liefst 92% wakker werd van het laagfrequente geluid.

De onderzoekers laten in hun onderzoek zien dat geluiden met een frequentie tussen 400 en 520 Hz het meest effectief zijn. Dit geldt helemaal voor slechthorenden, die juist in de hoge frequenties niet meer goed horen.

Bron: website van de Nederlandse Vereniging voor Slechthorenden

▲ figuur 9

De frequentie van een alarmtoon kan van levensbelang zijn.

- 17 Op een website staat een nieuwsbericht over rookmelders (figuur 9).

a In het bericht staat: Rookmelders produceren meestal een hoogfrequent geluid.

In welk frequentiegebied ligt dit geluid?

- ☐ A tussen 0 en 20 Hz
☐ B tussen 20 en 2000 Hz
☒ C tussen 2000 en 20 000 Hz
☐ D voorbij 20 000 Hz

b Volgens de onderzoekers zijn geluiden van 400 tot 520 Hz 'het meest effectief'.

Wat hebben de onderzoekers onderzocht om het meest effectieve geluid aan te kunnen wijzen?

Ze hebben onderzocht hoeveel proefpersonen wakker werden van elk soort geluid.

c De onderzoekers vinden dat rookmelders een lagere alarmtoon moeten afgeven.

Welke twee argumenten geven ze daarvoor?

- Mensen met een normaal gehoor worden eerder wakker van een lagere alarmtoon.
- Mensen met een slecht gehoor kunnen hogere frequenties bovendien minder goed horen.

- 18 Amina heeft een oscilloscoop aangesloten op een toongenerator. De toongenerator levert een signaal van 40 Hz. Amina stelt de tijdbasis in op 10 ms/div. Het scherm bestaat uit tien hokjes.

a Bereken de trillingstijd van het signaal.

$$f = 40 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40} = 0,025 \text{ s (25 ms)}$$

b Hoeveel tijd past er op het scherm?

$$10 \times 10 \text{ ms} = 100 \text{ ms}$$

c Hoeveel trillingen zijn er op het scherm te zien?

$$100 / 25 = 4 \text{ trillingen}$$

d Hoeveel trillingen zijn er op het scherm te zien als Amina de tijdbasis instelt op 5 ms/div?

Op het scherm past dan:

$$10 \times 5 \text{ ms} = 50 \text{ ms}$$

$$50 / 25 = 2 \text{ trillingen}$$

- 19 In figuur 10 zie je een blauwe vinvis. Blauwe vinvissen communiceren met elkaar door te zingen. Als vinvisvrouwjes dichtbij zijn, zingen de mannetjes zachter en lager. Amerikaanse onderzoekers hebben waargenomen dat dan de laagste toon afneemt van 22 Hz naar 15 Hz.

a Leg uit of mensen het mannetje dan nog kunnen horen.

De laagste toon die mensen kunnen horen is 20 Hz. Ze kunnen het mannetje dus niet meer horen als hij een toon van 15 Hz produceert.

b Je ziet in figuur 11 het oscilloscoopbeeld van de laagste toon van een vinvismannetje.

Is er een vrouwtje in de buurt van deze vinvis? Leg je antwoord uit.

Bereken eerst de frequentie van de toon.

$$T = 48 \text{ ms} = 0,048 \text{ s}$$

$$f = 1 / T$$

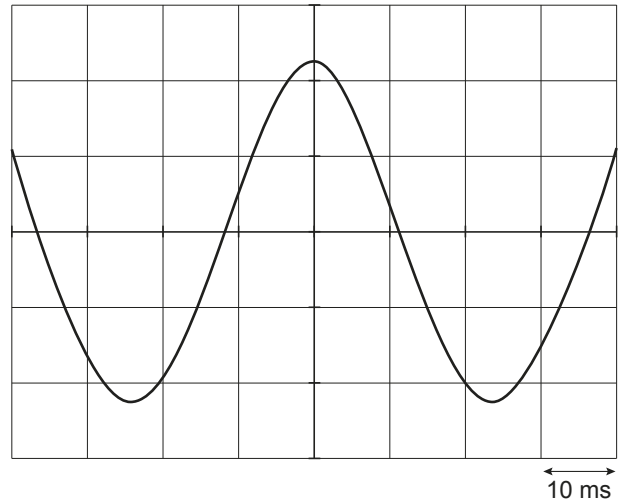
$$f = 1 / 0,048 = 21 \text{ Hz}$$



▲ **figuur 10**
een blauwe vinvis

Als er een vrouwtje in de buurt is, neemt de laagste toon af naar 15 Hz. Er is dus geen vrouwtje in de buurt.

Naar: examen 2014-I



▲ **figuur 11**
oscilloscoopbeeld van een toon

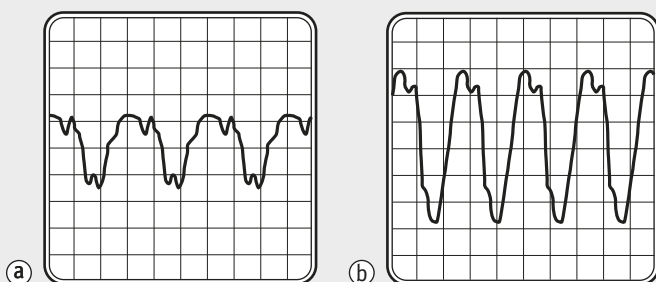
Plus Grondtoon en boventonen

20 John slaat op zijn gitaar twee verschillende tonen aan. Een oscilloscoop geeft beide tonen weer (figuur 12a en 12b). De instelling van de oscilloscoop is in de tussentijd niet veranderd.

a Welke toon heeft de grootste trillingstijd?
toon a

b Welke toon heeft de grootste frequentie?
toon b

c Welke toon is het hoogst?
toon b



▲ **figuur 12**
twee tonen van een gitaar

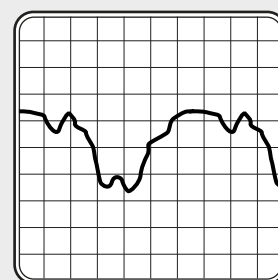
21 Voordat John ging meten, had hij de tijdbasis van de oscilloscoop ingesteld op 1 ms/div.

a Hoe groot is de frequentie van de trilling in figuur 12a?

- ☐ A 0,3 Hz
☐ B 3 Hz
☐ C 33 Hz
☒ D 0,33 kHz
☐ E 3,0 kHz

b John stelt de tijdbasis van de oscilloscoop opnieuw in, nu op 0,5 ms/div.

Schets in figuur 13 hoe de toon van figuur 12a er met deze tijdbasis uit zal zien.



▲ **figuur 13**
dezelfde toon, andere tijdbasis

3 Geluidssterkte

Leerstof

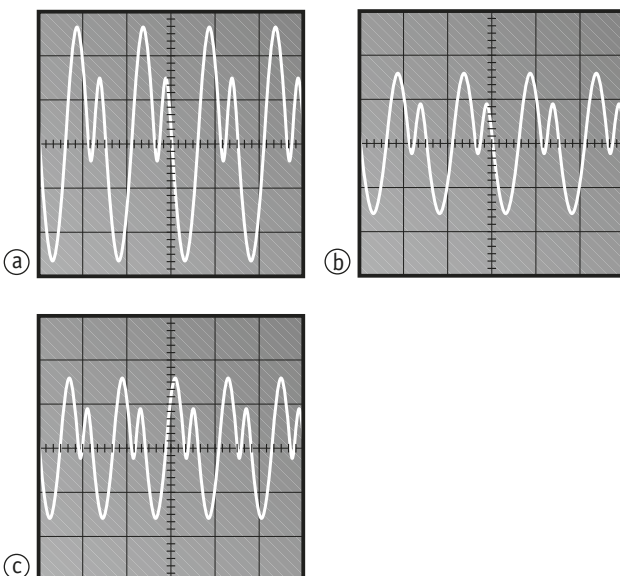
22 Vul in:

- De grootste uitwijking van een golf wordt de amplitude genoemd.
- Als de amplitude van een geluidstrilling afneemt, wordt het geluid zachter.
- De geluidssterkte wordt gemeten in de eenheid decibel (afkorting: dB).
- Het A-filter houdt rekening met de gevoeligheid van je gehoor.
- De gehoordrempel ligt bij 0 dB(A).
- De pijngrens ligt bij 140 dB(A).

Toepassing

23 In figuur 14 zie je het oscilloscoopbeeld van drie verschillende tonen. De tijdbasis en de gevoeligheid zijn steeds op dezelfde waarde ingesteld.

- Welke oscilloscoopbeelden horen bij dezelfde toon? beeld a en beeld b
- Welk(e) oscilloscoopbeeld(en) hoort/horen bij tonen die even luid zijn? beeld b en beeld c
- Welk oscilloscoopbeeld hoort bij de grootste amplitude? beeld a



▲ figuur 14
oscilloscoopbeelden van drie verschillende tonen

24 Andreas doet een geluidspoeft met een computer en een microfoon. Hij zet de microfoon vlak voor een stemvork. Daarna slaat hij de stemvork aan. Terwijl de toon klinkt, maakt hij drie keer een korte opname van het geluid.

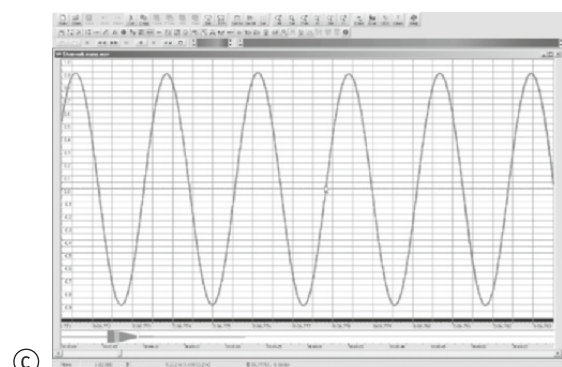
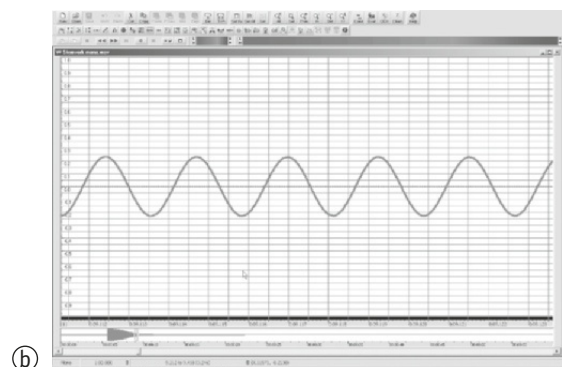
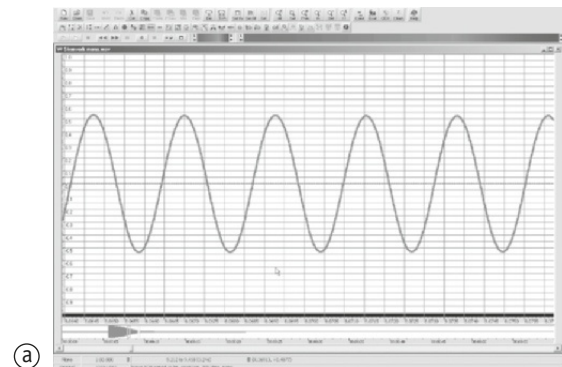
Andreas print de geluidsoptnamen (figuur 15) en zet de computer uit. Hij vergeet alleen te noteren in welke volgorde hij de optnamen heeft gemaakt.

a In welke volgorde zijn de optnamen in figuur 15 gemaakt?

De juiste volgorde is: c, a, b.

b Waaraan zie je dat?

De toon van de stemvork wordt steeds zachter. Dat betekent dat de amplitude van de trilling steeds verder afneemt.



▲ figuur 15
de geprinte geluidsoptnamen van Andreas

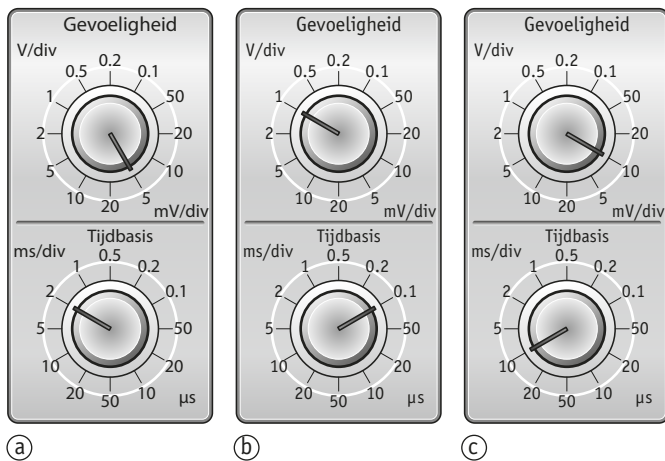
25 Als je een meting doet met een oscilloscoop, stel je eerst de tijdbasis en de gevoeligheid in. Dat doe je met de twee knoppen die in figuur 16 staan afgebeeld.

Op welke waarden zijn de tijdbasis en de gevoeligheid ingesteld:

a in figuur 16a? Vul in: de tijdbasis staat ingesteld op 2 ms/div en de gevoeligheid op 5 mV/div.

b in figuur 16b? Vul in: de tijdbasis staat ingesteld op 0,1 ms/div en de gevoeligheid op 1 V/div.

c in figuur 16c? Vul in: de tijdbasis staat ingesteld op 10 ms/div en de gevoeligheid op 10 mV/div.



▲ **figuur 16**

Met deze twee knoppen stel je de tijdbasis en de gevoeligheid in.

***26** Motorrijders kunnen gehoorschade oplopen door windruis onder de helm (figuur 17).

a Waarmee wordt het geluidsniveau gemeten?

- ☒ A decibelmeter
- ☐ B microfoon
- ☐ C oscilloscoop
- ☐ D toongenerator

b De oren van een motorrijder kunnen maar een korte tijd worden belast met een hoog geluidsniveau zonder schade op te lopen. In figuur 18 is de maximale belastingstijd gegeven voor verschillende geluidsniveaus.

Wat is de maximale belastingstijd bij een geluidsniveau van 84 dB? drie uur

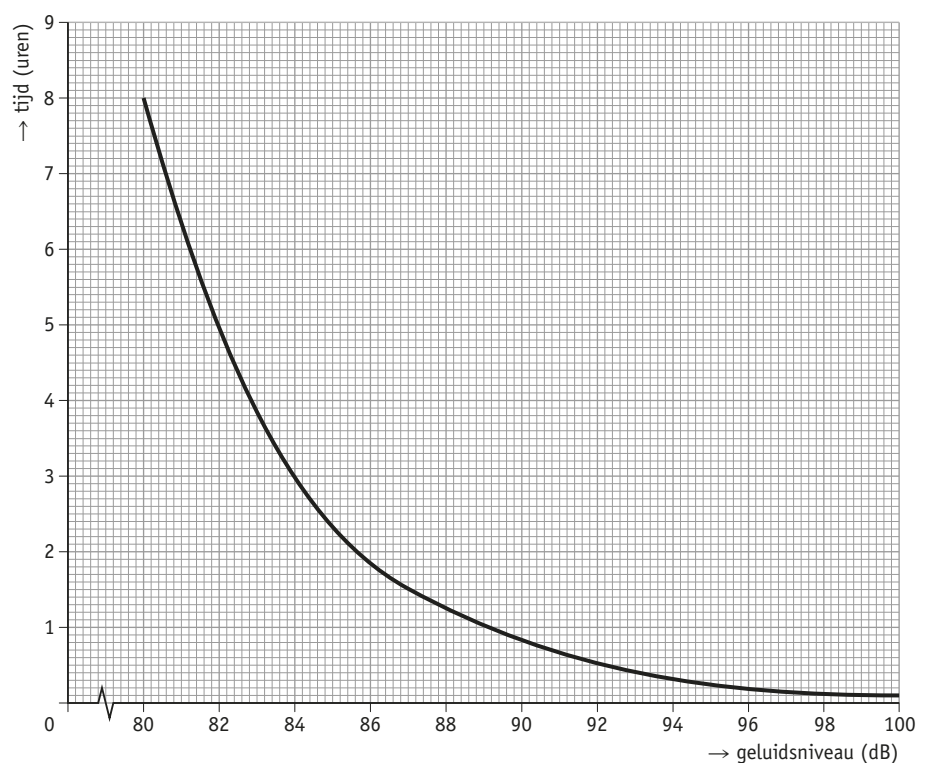


▲ **figuur 17**

Een motorrijder kan gehoorschade oplopen door windruis onder de helm.

► **figuur 18**

de maximale belastingstijd voor verschillende geluidsniveaus



c Bij een test wordt de windruis onder de helm bij verschillende snelheden gemeten. De resultaten van die metingen zie je in tabel 4. Teken in figuur 19 de grafiek van de windruis tegen de snelheid. Zet eerst zichtbaar alle metingen in het diagram.

▼ **tabel 4**

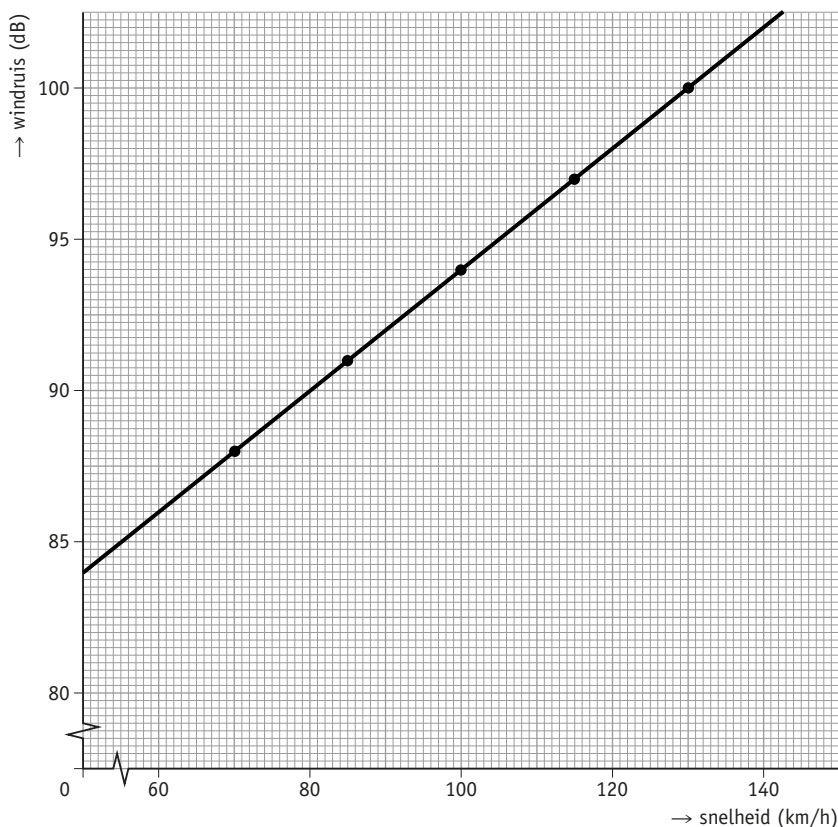
windruis onder een motorhelm
bij verschillende snelheden

snelheid (km/h)	windruis (dB)
70	88
85	91
100	94
115	97
130	100

d De motorrijder ondervindt bij een bepaalde snelheid een windruis van 90 dB.

Bepaal met welke snelheid hij dan rijdt.

De snelheid zit volgens tabel 4 in elk geval tussen 70 en 85 km/h.
Van 70 tot 85 km/h wordt de snelheid 15 km/h hoger en de windruis neemt met 3 dB toe.
Dat is per km/h dus 0,2 dB.
Bij 90 dB rijdt de motorrijder 85 km/h. Bij 90 dB rijdt hij $1 / 0,2 = 5$ km/h langzamer.
Hij rijdt dus 80 km/h.



▲ **figuur 19**

resultaten van de windruistest

De motorrijder rijdt met een snelheid van 70 km/h op de invoegstrook van een snelweg. Hij geeft gas tot hij de maximaal toegestane snelheid van 130 km/h heeft.

Voor het geluidsniveau geldt de volgende woordformule:

Bij een verdubbeling van het geluid neemt het geluidsniveau met 3 dB toe.

e Bereken hoeveel keer zo groot het geluid onder zijn helm wordt.

De geluidssterkte neemt
 $100 - 88 = 12 \text{ dB}$ toe.

De geluidssterkte verdubbelt dus
 $12 / 3 = 4$ keer.

Het geluid wordt dus
 $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16 \times$ zo luid.

f Streep door wat fout is.

Bij weinig windruis is de amplitude / ~~trillingstijd~~ van de windruis groter / kleiner dan bij veel windruis.

Naar: examen 2012-II

- 27** Lydia heeft een toongenerator aangesloten op een oscilloscoop.

In figuur 20 zie je ook op welke tijdbasis de oscilloscoop was ingesteld.

a Bereken de frequentie van de toon in figuur 20a.

Elk hokje op het scherm staat
voor 1 ms.

Drie volledige trillingen zijn tien
hokjes breed.

De trillingstijd is dus
 $10 \text{ ms} / 3 = 3,33.. \text{ ms}$.

$T = 3,33.. \text{ ms} = 0,0033.. \text{ s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0033..} = 300 \text{ Hz}$

b Bereken de frequentie van de toon in figuur 20b.

Elk hokje op het scherm staat
voor 2 ms.

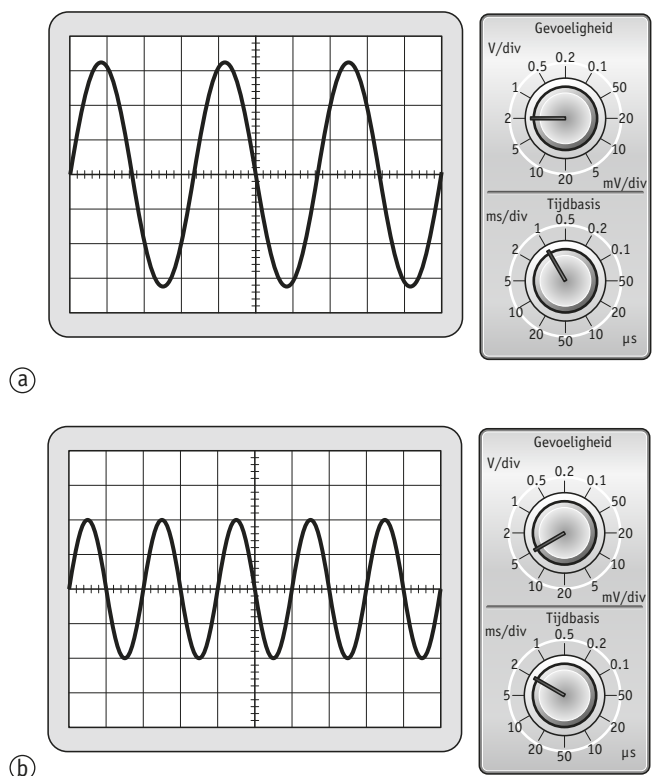
Vijf volledige trillingen zijn tien
hokjes breed.

De trillingstijd is dus:

$20 \text{ ms} / 5 = 4 \text{ ms}$.

$T = 4 \text{ ms} = 0,004 \text{ s}$

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,004} = 250 \text{ Hz}$

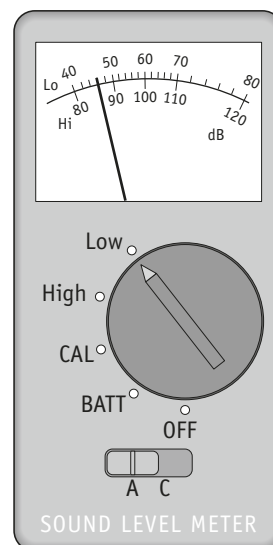


▲ **figuur 20**

het signaal op Lydia's oscilloscoop

- 28** Tjeerd wil weten hoe hard het geluid van zijn mp3-speler is als hij naar zijn favoriete muziek luistert. Hij leent een decibelmeter en houdt er een van de oordopjes tegenaan. In figuur 21 zie je hoe ver de decibelmeter dan uitslaat.

Hoe groot is de geluidssterkte die de decibelmeter aangeeft? 46 dB



▲ **figuur 21**

meten met een decibelmeter

29 Er zijn steeds meer hybride auto's. Dit betekent dat de auto een benzinemotor én een zeer stille elektromotor heeft. Bij lage snelheden rijdt deze auto op de elektromotor en is bijna niet hoorbaar. Het geluidsniveau bij een snelheid van 25 km/h is voor een voetganger te vergelijken met boomblaadjes in de wind.

a Welk geluidsniveau (in dB) hoort de voetganger als de auto nadert? (Gebruik de tabel 'Gehoorgevoeligheid' in Binas.) 20 dB

Er is een luidspreker ingebouwd zodat de auto bij lage snelheid wel hoorbaar is.

Tijdens het optrekken neemt het geluidsniveau van de luidspreker toe van 40 tot 55 dB.

b Bereken hoeveel keer het geluid is toegenomen. Voor elke verdubbeling komt er 3 dB bij. Tijdens het optrekken is er 15 dB bijgekomen, dus is de geluidssterkte vijf keer verdubbeld. Het geluid is dus $2^5 = 32$ x zo hard geworden.

Plus Het verband tussen afstand en geluidssterkte

30 Tijdens een voetbalwedstrijd roept de keeper vanuit zijn doel naar een speler die 36 m bij hem vandaan staat. Deze speler hoort de stem van de keeper met een sterkte van 32 dB.

a Leg uit of de keeper een puntbron is of een lijnbron.

Het is een puntbron, want zijn stemgeluid komt vanuit één punt.

b Hoe hard hoort een verdediger die op 4,5 m afstand staat de keeper dan roepen?

De afstand is drie keer gehalveerd. Dus het geluid 3×6 dB sterker geworden.

De verdediger hoort de keeper dan met 50 dB.

***31** Op 60 m van een boerderij ligt de snelweg A28.

Tijdens de avondspits rijdt er voortdurend verkeer in een lange aaneengesloten rij. Op 15 m afstand is de geluidssterkte 74 dB.

a Leg uit of de weg een puntbron is of een lijnbron.

Het is een lijnbron, omdat het geluid niet vanuit één punt komt.

b Hoe sterk is het geluid bij de boerderij?

De afstand is twee keer verdubbeld. Het geluid is dus 2×3 dB = 6 dB in sterkte afgenomen. Er klinkt dan nog 68 dB.

c In je Binas staat dat een geluidsniveau van 50 dB 'rustig' is.

Hoe ver moet je, gerekend vanaf de boerderij, nog bij de snelweg vandaan gaan om het geluid rustig te noemen?

Dan moet het geluid 50 dB of lager worden. Daarvoor moet het geluid (vanaf de boerderij) ten minste 18 dB afnemen.

$$18 / 3 = 6$$

Dus de afstand moet zes keer verdubbelen.

$$60 \times 2^6 = 3840 \text{ m} = 3,84 \text{ km}$$

Ook goed is:

Vanaf 15 m van de snelweg moet het geluid 24 dB afnemen, dus moet de afstand $24 / 3 =$

acht keer verdubbelen.

$$15 \times 2^8 = 3840 \text{ m} = 3,84 \text{ km}$$

4 Geluid versterken

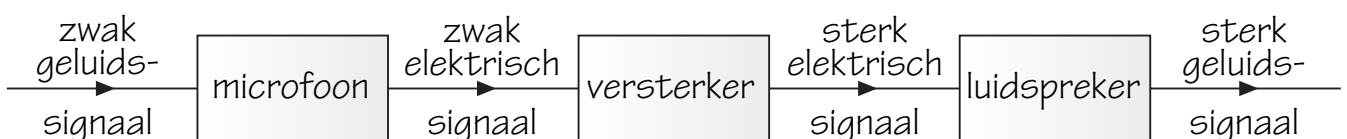
Leerstof

32 Vul in:

- Drie onderdelen van een dynamische microfoon zijn een permanente magneet, een spoel en een membraan (een dun plaatje).
- Als een dynamische microfoon geluid opvangt, wordt er tussen de uiteinden van de spoel een wisselspanning opgewekt.
- De wisselspanning die de microfoon levert, bevat informatie over het geluid.
- De frequentie van de wisselspanning geeft aan hoe hoog het geluid is.
- De amplitude van de wisselspanning geeft aan hoe luid het geluid is.

33 In figuur 22 is een stroomschema getekend van een geluidssysteem.

- Vul in de figuur de volgende woorden in:
luidspreker – microfoon – sterk elektrisch signaal – sterk geluidssignaal – versterker – zwak elektrisch signaal – zwak geluidssignaal.
- Waarin verschilt het sterke geluidssignaal van het zwakke geluidssignaal?
Het sterke geluidssignaal heeft:
 - ☐ A dezelfde amplitude, maar een hogere frequentie.
 - ☐ B dezelfde amplitude, maar een lagere frequentie.
 - ☒ C dezelfde frequentie, maar een grotere amplitude.
 - ☐ D dezelfde frequentie, maar een kleinere amplitude.



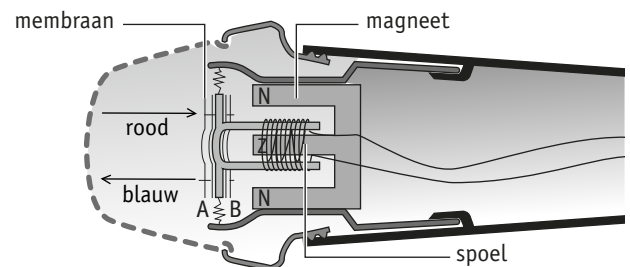
▲ **figuur 22**
een stroomschema van een geluidssysteem

34 Hoe heet het onderdeel van een luidspreker dat de lucht in trilling brengt?
de conus

Toepassing

35 Bij de microfoon in figuur 23 komen geluidstrillingen aan.

- De druk bij A wordt groter dan de druk bij B. Teken met een rode pijl in welke richting het membraan zal gaan bewegen.
- De druk bij A wordt kleiner dan de druk bij B. Teken met een blauwe pijl in welke richting het membraan zal gaan bewegen.
- Het membraan beweegt in één seconde 453 keer naar links en 453 keer naar rechts. Hoe groot is de frequentie van het opgenomen geluid?
Tijdens een trilling beweegt het membraan één keer heen en weer terug. Dit gebeurt 453 keer in één seconde, dus de frequentie is 453 Hz.



▲ **figuur 23**
een microfoon

36 Een microfoon levert wisselspanning.

a Waarom wordt die wisselspanning een 'elektrisch signaal' genoemd?

In de wisselspanning zit informatie over het geluid.

b Hoe 'weet' de versterker hoe hoog het geluid is?

De frequentie van de wisselspanning geeft informatie over de hoogte van het geluid.

c Hoe 'weet' de versterker hoe hard het geluid is?

De amplitude van de wisselspanning geeft informatie over de sterkte van het geluid.

37 In geluidssystemen wordt vaak een dynamische microfoon gebruikt. Zo'n microfoon lijkt erg op een dynamo. Ze bevatten overeenkomstige onderdelen.

a Welke onderdelen komen zowel in een dynamische microfoon als een dynamo voor?

Ze werken allebei met een magneet en een spoel om wisselspanning op te wekken.

b Het elektrische signaal van een dynamische microfoon is zwak.

Leg uit hoe dat komt.

Het stemgeluid heeft maar een klein vermogen en daarvan komt maar een deel in de microfoon terecht.

c Hoe groot is het elektrisch vermogen van een dynamische microfoon?

ongeveer 1 mW

38 Gitaristen maken vaak gebruik van een stemapparaatje om hun instrumenten te stemmen.

Het stemapparaat vergelijkt het geluid van de gitaar met de ingestelde frequentie. In het stemapparaat zit daarvoor een microfoon.

Welke energie-omzetting vindt in die microfoon plaats?

bewegingsenergie (geluidsenergie is ook goed) → elektrische energie

Naar: examen 2013-II

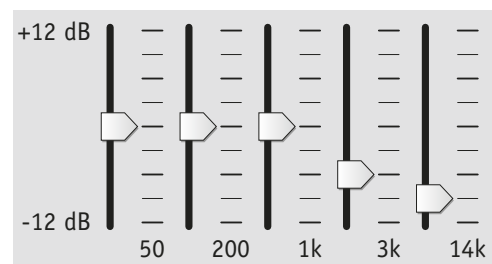
39 Amel luistert naar haar favoriete muziek. Na

het eerste nummer stelt ze de equalizer op haar versterker anders in. In figuur 24 kun je zien in welke stand ze de schuifregelaars heeft gezet.

a Wat gebeurt er met het geluid als de twee knoppen rechts naar beneden worden geschoven? Dan worden de hoge tonen minder versterkt. Daardoor wordt het geluid minder schel.

b Met hoeveel dB worden de tonen van 3000 Hz (3 k) verzwakt als Amel deze schuif helemaal dicht zet?

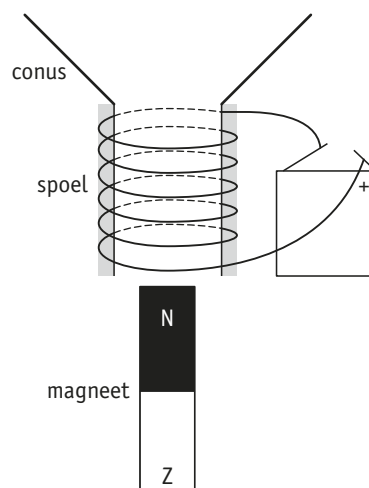
Ze worden met 6 dB verzwakt.



▲ figuur 24

Zo stelt Amel de equalizer in.

40 Tymen heeft voor een praktische opdracht een eenvoudige luidspreker gebouwd. De spoel is aan de conus vastgelijmd. Om de luidspreker te testen sluit Tymen de spoel aan op een batterij (figuur 25).



▲ figuur 25

een eenvoudige luidspreker

a Op het moment dat de spoel contact maakt met de batterij ziet Tymen de conus even bewegen.

Leg uit waardoor de conus even beweegt.

Als Tymen de stroomkring sluit, wordt de spoel een elektromagneet. De spoel wordt nu óf aangetrokken óf afgestoten door de permanente magneet. Daardoor beweegt hij naar een nieuwe positie (dichter bij de magneet of er verder vandaan).

b Wat voor spanning moet Tymen op de spoel zetten om de conus de hele tijd heen en weer te laten gaan? Leg uit.

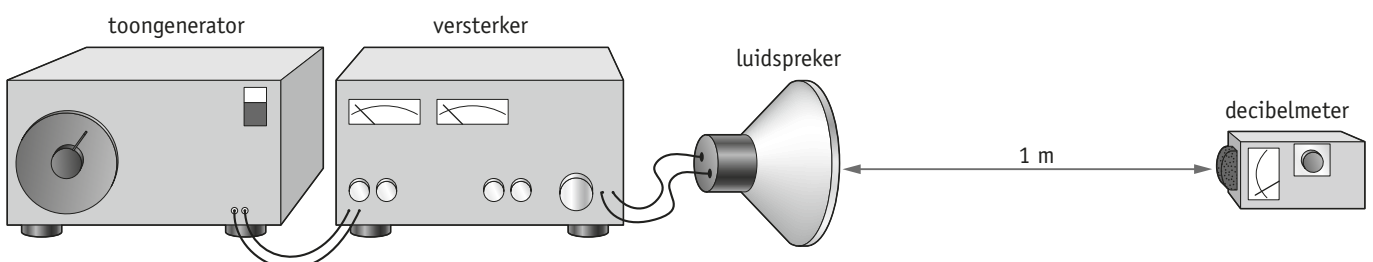
Tymen moet een wisselspanning op de spoel zetten. Dan wordt de spoel om en om aangetrokken en afgestoten en beweegt hij dus de hele tijd heen en weer.

***41** De conus van een luidspreker wordt in trilling gebracht doordat een elektromagneet en een gewone magneet elkaar afwisselend aantrekken en afstoten. In de praktijk wordt de spoel van de elektromagneet altijd aan de conus vastgemaakt, terwijl de (permanente) magneet aan de luidsprekerkast wordt bevestigd.

Waarom wordt de permanente magneet niet aan de conus vastgemaakt?

De permanente magneet is erg zwaar. Als die magneet aan de conus vast zou zitten, zou de conus nauwelijks meer van zijn plaats komen en zou er bijna geen geluid uit de luidspreker komen.

***42** Met de opstelling van figuur 26 kun je onderzoeken hoe goed een luidspreker verschillende frequenties weergeeft. De toongenerator wordt zo afgesteld dat het geleverde signaal steeds even sterk is.



▲ **figuur 26**
een luidspreker testen

In figuur 27 zie je de meetresultaten van zo'n proef.

a De afstand tussen de luidspreker en de decibelmeter moet bij alle metingen even groot zijn. Waarom is dat nodig?

Hoe groot de geluidssterkte is, hangt af van de afstand tot de bron. Om eerlijk te vergelijken moet je die afstand dus gelijk houden.

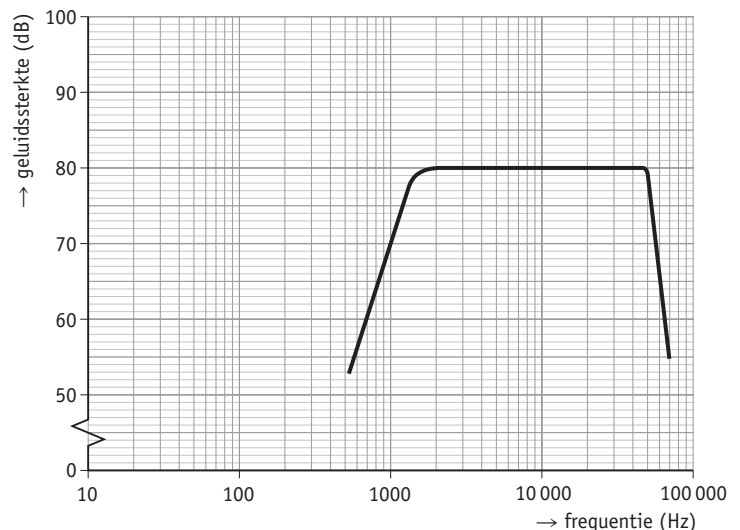
b Welke tonen worden goed door de luidspreker weergegeven?

tonen van 1 100 tot 14 000 Hz

c Een omroepinstallatie hoeft alleen maar de stem van de omroeper goed weer te geven. Het stemgeluid heeft ongeveer een bereik van 120 tot 1200 Hz.

Leg uit of de luidspreker van figuur 27 geschikt is voor zo'n omroepinstallatie.

De luidspreker is daar niet geschikt voor, omdat hij alleen hoge tonen (vanaf 1000 Hz) goed weergeeft. Het stemgeluid bestaat grotendeels uit lagere tonen, die door deze luidspreker niet goed worden weergegeven.



▲ **figuur 27**
de meetgegevens van een luidspreker

Plus Woofers en tweeters

43 In figuur 28 zie je een box met twee luidsprekers.

Welke luidspreker:

a is gemaakt voor het weergeven van hoge tonen?

luidspreker A

b is gemaakt voor het weergeven van lage tonen?

luidspreker B



▲ figuur 28
een box met twee luidsprekers

44 Hogetonenluidsprekers hebben een conus die zo licht mogelijk is uitgevoerd.

Welk voordeel heeft een lichte conus als er hoge tonen moeten worden weergegeven?

Een lichte conus kan snel heen en weer bewegen en is daarom geschikt om hoge tonen weer te geven.

45 De Bass Pump III is een extreem zwaar uitgevoerde basluidspreker (figuur 29).

a Waarom is ervoor gekozen om deze luidspreker zo'n grote massa te geven?

De auto en je stoel moeten mee gaan bewegen met de bastonen in de muziek. Dat lukt niet met een kleine massa.

b Wat is het effect als je de luidspreker aan de bodem van je auto schroeft?

Het effect komt overeen met dat van een geluid in de buurt van de pijngrens.

c Een Bass Pump hoor je buiten de auto minder goed dan een gewone lagetonenluidspreker (bij een vergelijkbaar 'baseffect' in de auto).

Geef hiervoor een verklaring.

De trillingen van de Bass Pump worden via de carrosserie en de stoel overgebracht op het lichaam van de bestuurder. De overbrenging via de lucht is minder belangrijk. Daardoor hoor je buiten de auto minder geluid dan bij een gewone basluidspreker.

▼ figuur 29
de Bass Pump III

bassPUMP III



Simpel uitgedrukt dreunt, klopt en trilt de Bass Pump op het ritme van de muziek. Deze revolutionaire luidspreker staat garant voor de ultieme basbeleving in je auto.

Ten opzichte van traditionele luidsprekers, waarin slechts een licht membraan trilt, trilt de hele Bass Pump op het ritme van de lage tonen. Door de schroefbevestiging aan de bodem van het voertuig wordt dit gevoel rechtstreeks overgedragen aan het lichaam van de luisteraar. Voor hetzelfde effect moet je bij traditionele luidsprekers tot aan de pijngrens gaan. De Bass Pump kan ook parallel naast een bestaande subwoofer of coax- en composystemen op de bestaande eindversterker worden bediend.

Technische specificatie:

Vermogen (max./sinus) 80/50 W

- Impedantie 4 Ω
- Frequentiebereik 20 tot 80 Hz
- Afm. ($\varnothing \times h$) 131 $\times$ 42 mm
- Met Nederlandstalige gebruiksaanwijzing

5 Geluidshinder

Leerstof

46 Vul in:

- a Harde geluiden kunnen je gehoor beschadigen. Vanaf 80 dB is er kans op gehoorschade.
- b Of je gehoor schade oploopt, hangt af van twee factoren af:
- de sterkte van het geluid;
 - de tijdsduur die je aan het geluid blootstaat.
- c Om gehoorschade te voorkomen moeten mensen die in lawaaierige ruimten werken oorkappen of oordopjes dragen.

47 Tegen geluidshinder kan op verschillende manieren iets worden gedaan.

Geef een voorbeeld van een maatregel:

- a bij de bron.
bijvoorbeeld: geluidsarm asfalt aanbrengen, geluidsschermen plaatsen
- b tussen bron en ontvanger.
bijvoorbeeld: geen woningbouw toestaan in een strook langs snelwegen
- c bij de ontvanger.
bijvoorbeeld: huizen bij een vliegveld goed isoleren tegen geluid

48 Noteer twee eigenschappen van een materiaal:

- a dat geluid moet absorberen.
- Het materiaal is zacht.
 - Het heeft een ribbelig oppervlak.
- b dat geluid moet weerkaatsen.
- Het materiaal is hard.
 - Het heeft een glad oppervlak.

Toepassing

49 Tijdens een testrit met een auto met speciale banden is langs de testbaan een geluidsniveau van 79 dB gemeten. Het rolgeluid van autobanden mag niet meer dan 70 dB zijn.

Om aan het toegestane geluidsniveau te voldoen, worden voorstellen gedaan voor het aanpassen van de auto.

Welk voorstel kan bijdragen aan het verminderen van het gemeten rolgeluid langs de testbaan?

- ☐ A de binnenkant van de motorkap isoleren
- ☐ B de cabine isoleren
- ☒ C de wielen afdekken
- ☐ D een spoiler onder de neus aanbrengen

Naar: examen 2014-I

50 Jaap woont op de zevende verdieping van een flatgebouw. Als hij op zijn piano speelt, kun je dat op de eerste verdieping van het flatgebouw duidelijk horen.

a Langs welke weg(en) komt het geluid van de piano op de eerste verdieping terecht?

Het geluid gaat voor het grootste deel via de vloer en de muren naar de eerste verdieping.

b Op verzoek van zijn onderburen zet Jaap de poten van zijn piano op dikke stukken rubber.

Hoe komt het dat de onderburen nu veel minder last hebben van het pianospel van Jaap?

Het geluid wordt gedeeltelijk door de rubberen doppen geabsorbeerd.

51 Mensen die tijdens hun werk blootstaan aan harde geluiden, moeten hun gehoor beschermen.

Eén manier om dat te doen, is het dragen van oorkappen. In figuur 30 zie je met hoeveel dB het geluid dan wordt verzwakt.

a Hoe groot is de frequentie van het geluid dat het meest wordt verzwakt?

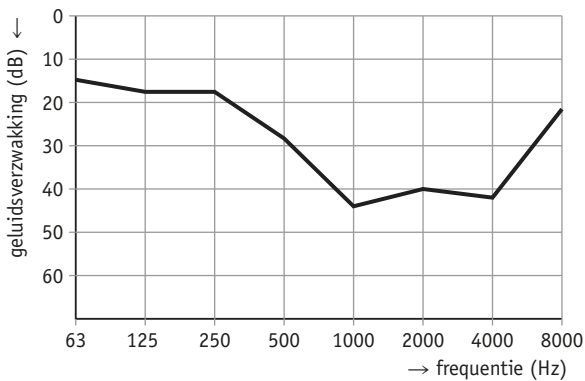
geluid van 1000 Hz

b Met hoeveel dB wordt de geluidssterkte bij die frequentie verminderd? met 43 dB

c Iemand met oorkappen op kan jou redelijk verstaan als je praat.

Verklaar dat.

De frequenties van je stem lopen van 120 tot 1200 Hz. Vooral de lage tonen in je stemgeluid worden nauwelijks verzwakt.



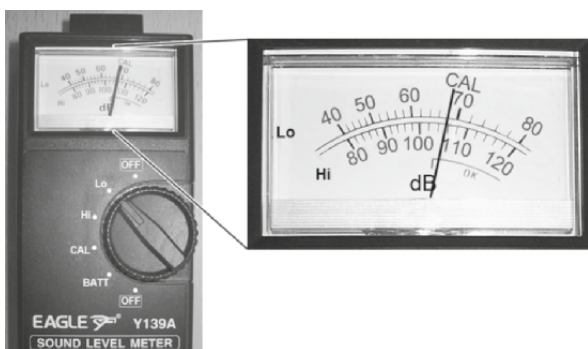
▲ **figuur 30**

Oorkappen verzwakken het geluid.

52 Omwonenden van de Polderbaan bij Schiphol klagen over geluidsoverlast van vliegtuigen die landen en opstijgen.

Bas staat buiten de hekken van de Polderbaan het geluidsniveau van een opstijgende Airbus A320 te meten (figuur 31).

a Leg aan de hand van zijn meetwaarde uit of Bas kans op gehoorbeschadiging heeft bij het uitvoeren van zijn meting. Gebruik je Binas bij je antwoord.
De geluidsterkte is 68 dB, dat is veilig geluid. Hij loopt dus geen risico.



▲ **figuur 31**

de geluidsniveaumeter van Bas tijdens zijn meting

Een van de mogelijke maatregelen tegen geluidsoverlast is het aanleggen van een ecobarrier (figuur 32). Een ecobarrier is een soort tunnel die plat gelegd kan worden. Deze kan zeer dicht naast de start- en landingsbaan worden gelegd.

b Waar wordt geluidshinder door een ecobarrier bestreden?

■ A bij de bron

□ B in de tussenstof

□ C bij de ontvanger

c Noem twee andere maatregelen die de geluidshinder voor omwonenden kunnen verminderen.

voorbeelden van juiste antwoorden:

– dubbele beglazing in woningen aanbrengen

– geluidswallen aanleggen

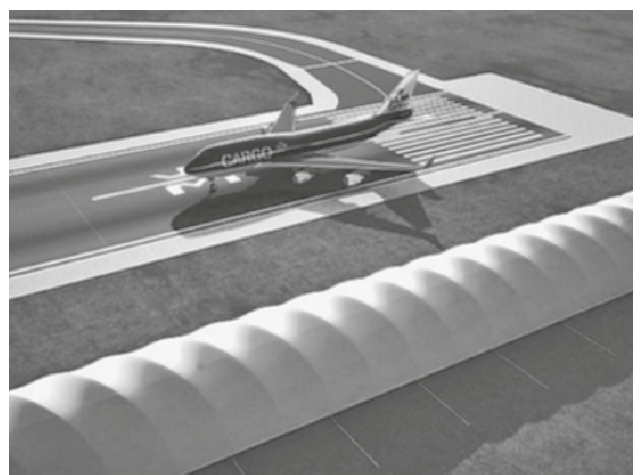
– stillere vliegtuigen/motoren

toestemming geven daar te landen

– minder vliegtuigen (laten landen)

– alleen bij gunstige windrichting vliegtuigen laten landen

Naar: examen 2011-II



▲ **figuur 32**

ontwerpschets van de ecobarrier

53 Je kunt de sterkte van het geluid zowel meten in dB (dan staat het A-filter uit) als in dB(A) (dan staat het A-filter aan). Het hangt van het doel van de meting af welke eenheid wordt gebruikt.

a Waarom wordt de eenheid dB(A) gebruikt als het erom gaat hoe groot de geluidsoverlast is?

Geluidsoverlast gaat over hoe hard jij iets hoort; daarbij moet dus rekening worden gehouden met het menselijk gehoor.

b Waarom wordt de eenheid dB gebruikt als het erom gaat hoe groot de kans is op gehoorschade?

Je gehoor kan ook schade oplopen door geluiden die je niet goed hoort.

***54** Tijdens een practicum over geluidshinder onderzoeken Chaima en Imane het verband tussen de geluidssterkte en de afstand tot de bron. Ze gebruiken bij hun onderzoek een radio en een decibelmeter.

a Hoe zou jij dit onderzoek uitvoeren? Noteer stapsgewijs de handelingen die je zou verrichten.
In je antwoord moet staan dat bij verschillende afstanden van de radio de geluidssterkte wordt gemeten. Het volume van de radio verandert daarbij niet.

b Na hun eerste serie metingen zegt Chaima: "Het onderzoek is niet betrouwbaar, we kunnen beter een toongenerator gebruiken."

Heeft Chaima gelijk? Leg je antwoord uit.

Chaima heeft gelijk, want de toongenerator geeft een geluid met steeds dezelfde sterkte, terwijl het geluid van de radio niet steeds dezelfde geluidssterkte heeft.

c Chaima en Imane sluiten een toongenerator aan en meten op 1 m afstand de geluidssterkte. Vervolgens meten ze de geluidssterkte op steeds grotere afstand. In tabel 5 zie je hun waarnemingen. Ze tekenen met behulp van de tabel een grafiek waarin ze de geluidssterkte tegen de afstand uitzetten.

Teken in figuur 33 de grafiek van de meetresultaten van Chaima en Imane.

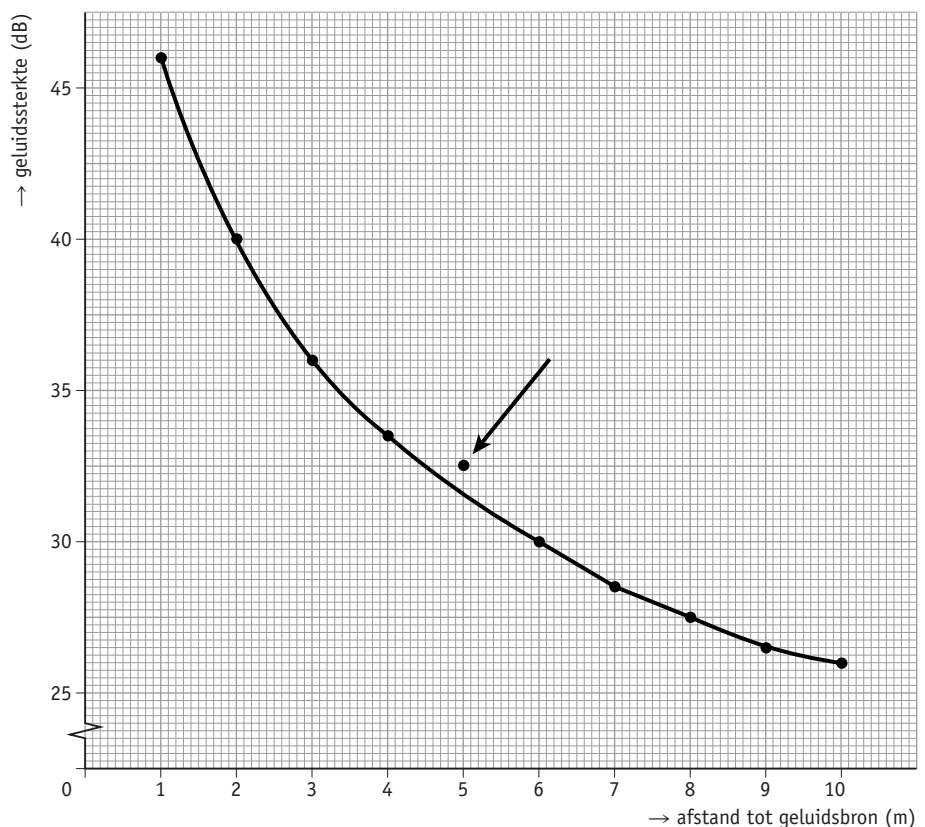
▼ **tabel 5**

de meetresultaten van Chaima en Imane

afstand tot de geluidsbron (m)	geluidssterkte (dB)
1	46
2	40
3	36
4	33,5
5	32,5
6	30
7	28,5
8	27,5
9	26,5
10	26

► **figuur 33**

de grafiek van Chaima en Imane



Naar aanleiding van de grafiek besluiten ze om één meting opnieuw te doen.

d Welke meting doen ze opnieuw? Leg uit waarom die meting vermoedelijk niet goed is.

Meting 5 (zie de pijl in figuur 33) omdat de punt van deze meting buiten de vloeiende lijn van de grafiek ligt.

e Welk verband is er tussen de geluidssterkte en de afstand tot de geluidsbron?

Als de afstand tot de geluidsbron verdubbelt, neemt de geluidssterkte af met 6 dB.

55 Lees de advertentie in figuur 34.

a Hoe werkt het keramisch filter?

- ☒ A Het filter laat de lucht langzaam door.
☐ B Het filter laat de lucht zeer snel door.
☐ C Het filter reinigt de lucht.

b Jochem gebruikt de oorpluggen als hij met de auto op vakantie gaat. Hij rijdt met de auto van de Splügenpas (op een hoogte van 2115 m) in Zwitserland naar het dal in Italië (figuur 35).



▲ **figuur 35**
de Splügenpas tussen Zwitserland en Italië

Waarom is het voor Jochem nuttig om de oorpluggen te gebruiken? Maak gebruik van Binas grafiek 26.

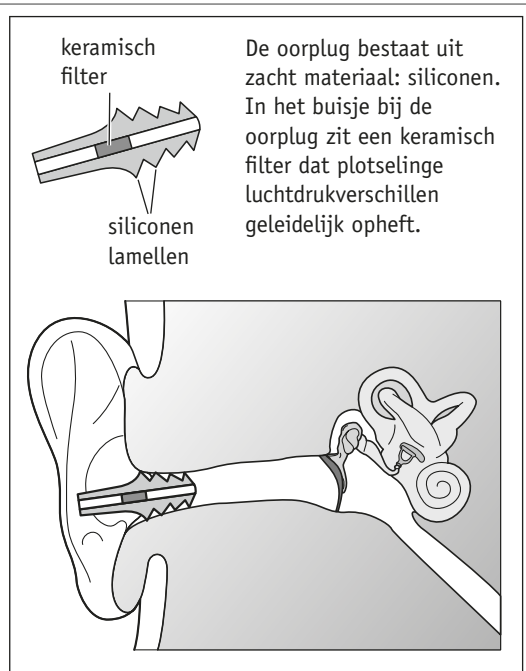
Als je daalt, neemt de luchtdruk toe. Dat voelt erg vervelend aan als de druk in het middenoor (achter het trommelvlies) niet even snel stijgt. De oorpluggen laten de lucht langzaam door. Daardoor is er genoeg tijd om de druk in het middenoor mee te laten stijgen met de luchtdruk.

Oorpluggen verlichten het ongemak van de oren tijdens stijgen en landen

Uit onderzoek onder vliegtuigpassagiers is gebleken dat maar liefst één op de drie reizigers last heeft van het drukverschil tijdens stijgen en dalen. Oorpijn, hoofdpijn of duizelingen kunnen het gevolg zijn.

Speciaal hiervoor zijn de drukregulerende oorpluggen ontwikkeld:

- comfortabel reizen zonder oorpijn;
- verminderen ongemak bij stijgen/landen;
- dempen geluid met 18 decibel;
- ook toepasbaar bij treinreizen, auto-, bus- en bergritten.



▲ **figuur 34**
een advertentie voor oorpluggen

c In een bocht is een ongeluk gebeurd. Boven Jochem hangt op 30 m hoogte een reddingshelikopter. Jochem stapt uit de auto met zijn oorpluggen in. Zoals je kunt lezen in de advertentie kunnen de oorpluggen ook worden gebruikt als geluiddempers. Loopt Jochem met de oorpluggen in nog risico op gehoorschade? Leg je antwoord uit. Maak gebruik van Binas tabel 28.

In Binas staat dat een helikopter op 30 m een geluidssterkte heeft van 105 dB. Volgens de advertentie halen de oorpluggen daarvan 18 dB af. Dat levert een geluidssterkte op van $105 - 18 = 87$ dB. Dit is nog veilig geluid als je er niet te lang aan wordt blootgesteld (maximaal 8 uur).

Naar: examen 2009-I

Plus Mensen weggagen met geluid

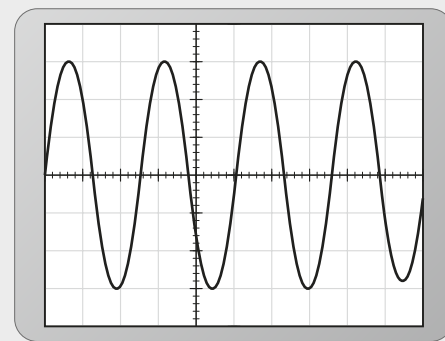
56 In de handleiding van de Mosquito staat een diagram van de frequenties die je bij een bepaalde leeftijd kunt horen. Dit diagram zie je in figuur 36.

a Welke frequenties moet de Mosquito maken om jongeren tussen 10 en 19 jaar te verdrijven? tussen 18,5 kHz en 20 kHz

b Met behulp van een oscilloscoop wordt het geluid van de Mosquito zichtbaar gemaakt. De afbeelding van de oscilloscoop zie je in figuur 37. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van de Mosquito.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ hokje} &= 0,02 \text{ ms} \\
 3 \text{ trillingen} &= 7,6 \text{ hokjes} \\
 T &= 7,6 / 3 \times 0,02 = 0,05066.. \text{ ms} \\
 &= 0,00005066.. \text{ s} \\
 f &= \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00005066..} \\
 &\approx 19,7 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 19,7 \text{ kHz}
 \end{aligned}$$

c Of het geluid door jongeren wordt gehoord, hangt niet alleen af van de frequentie. Van welke grootte hangt het nog meer af of jongeren het geluid van de Mosquito kunnen horen? de geluidssterkte

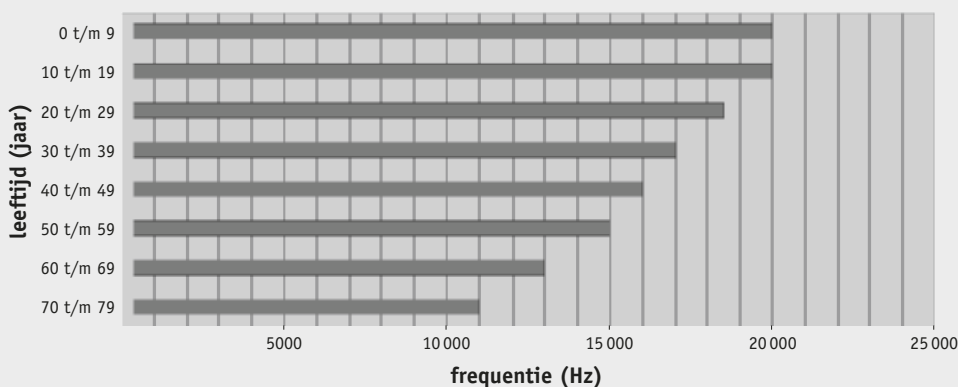


1 hokje $\hat{=}$ 0,02 ms

▲ **figuur 37**

Zo ziet het geluid van de Mosquito eruit op een oscilloscoopscherm.

frequentiebereik bij verschillende leeftijden



▲ **figuur 36**

het frequentiebereik bij verschillende leeftijden

Practicum

Proef 1 De frequentie van een trilling 20 min

Inleiding

Een geluidsbron die hoorbaar geluid produceert, heeft een frequentie van minstens 20 Hz. Dat betekent dat je het aantal trillingen niet zomaar kunt tellen. Daarvoor is speciale meetapparatuur nodig, zoals een oscilloscoop. In deze proef maak je kennis met een trilling die veel langzamer is. Het aantal trillingen is daardoor gemakkelijk te tellen.

Doel

Je gaat de frequentie bepalen van een trillend zaagblad. De onderzoeksvraag is:
Hoe groot is de frequentie van deze trilling?

Nodig

- ☐ statiefmateriaal
- ☐ zaagblad
- ☐ gewichtje van 50 g
- ☐ stopwatch

Uitvoeren en uitwerken

- Maak het zaagblad vast aan het statief (figuur 38).



▲ **figuur 38**
de opstelling van proef 1

- Bevestig een gewichtje van 50 g aan het uiteinde van het zaagblad.
- Breng het zaagblad in trilling.
- Meet met de stopwatch de tijd die nodig is voor tien trillingen.

- 1 Zet de uitkomst van je meting in tabel 6.

▼ tabel 6

de meetresultaten van proef 1

meting	tijd voor tien trillingen (s)
1	
2	
3	
gemiddelde	

- Herhaal deze meting nog twee keer.
- 2 Noteer de meetresultaten in de tabel.
 - 3 Bereken het gemiddelde van de drie metingen. Rond de uitkomst af op één decimaal en noteer die in de tabel.
 - 4 Bereken de trillingstijd. Dit is de tijd die nodig is voor één trilling.
 - 5 Bereken hoeveel trillingen het zaagblad per seconde uitvoert. Dit noem je de frequentie van de trilling.

Proef 2 Het verband tussen afstand en geluidssterkte 30 min**Inleiding**

De geluidssterkte hangt af van de afstand tot de geluidsbron. Hoe verder je bij een geluidsbron vandaan beweegt, des te zwakker is het geluid dat je hoort. De afstand tot de geluidsbron heeft dus duidelijk invloed op de geluidssterkte die je waarneemt. Maar hoe ziet dat verband er precies uit?

Doel

Je gaat dat in deze proef onderzoeken. De onderzoeksvraag is:

Hoe ziet het verband tussen de afstand en de geluidssterkte eruit?

Nodig

- ☐ dB-meter
- ☐ meetlint
- ☐ snoer
- ☐ geluidsbron
- ☐ een ruimte waar het erg stil is

Uitvoeren*Voorbereiden*

- Voor deze opdracht heb je een geluidsbron nodig die constant dezelfde toon uitzendt. Geschikte geluidsbronnen zijn een toongenerator (met luidspreker) en een elektronisch stemapparaat.

1 Welke geluidsbron ga je gebruiken?

2 Waar ga je deze proef uitvoeren? Waarom daar?

3 Teken hiernaast welke meetopstelling je wilt maken.

4 Schrijf op welke metingen je gaat uitvoeren (in de juiste volgorde).

- Laat je werkplan controleren door je docent. Breng zo nodig verbeteringen aan.
- Bouw de meetopstelling en voer de proef uit.

5 Noteer hieronder alle meetresultaten.

Uitwerken

6 Teken een grafiek van je meetresultaten.

- Maak een verslag van het onderzoek en lever het in bij je docent.

Test jezelf

- 1 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (O) zijn.

bewering	W	O
a Als de conus van een luidspreker naar buiten beweegt, daalt de luchtdruk vlak voor de luidspreker.		X
b De gehoorbeentjes vertalen trillingen in een elektrisch signaal.		X
c De trommelvliezen geven trillingen van de lucht door aan de gehoorbeentjes.	X	
d Je hoort geluid als de hersenen een elektrisch signaal uit de gehoorzenuw hebben gekregen en verwerkt.	X	
e Zowel gassen, vloeistoffen als vaste stoffen kunnen een tussenstof zijn voor geluid.	X	

- 2 Welke van de volgende apparaten is een geluidsbron?

- ☐ A een decibelmeter
☒ B een luidspreker
☐ C een microfoon
☐ D een oscilloscoop

- 3 Gebruik je Binas.

In 1883 barstte de vulkaan Krakatau uit. De explosie werd duidelijk gehoord in Batavia (nu Jakarta), 150 km verderop.

Hoelang heeft het geluid over die afstand gedaan?

- ☐ A ± 4 min
☒ B ± 7 min
☐ C ± 10 min
☐ D ± 13 min
☐ E ± 16 min
☐ F ± 19 min

- 4 De Marianentrog is met een diepte van ongeveer 11 km de diepste bekende plek in de oceanen. Een schip dat boven de Marianentrog vaart, meet de diepte met een echolood.

Hoe lang is het signaal van het echolood onderweg als de diepte precies 11 km is?

- ☐ A 7,5 s
☒ B 15 s
☐ C 32 s
☐ D 64 s

- 5 Welke van de volgende apparaten gebruik je om de toonhoogte van een stemvork te onderzoeken?

- ☐ A een decibelmeter
☐ B een microfoon
☒ C een oscilloscoop
☐ D een versterker

- 6 De vleugels van een mug gaan heel snel op en neer. Daardoor ontstaat gezoem met een frequentie van ongeveer 400 Hz.

Bereken hoelang een mug doet over één vleugelslag (op en neer).

$$f = 400 \text{ Hz}$$

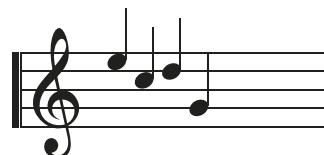
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{400}$$

$$= 0,0025 \text{ s} = 2,5 \text{ ms}$$

- 7 Bennie speelt een bekende melodie op zijn keyboard. In figuur 39 is die melodie afgedrukt.

Welke frequenties hoor je één voor één als Benny deze melodie speelt?

- ☐ A 392 Hz, 587 Hz, 659 Hz en 523 Hz
☐ B 392 Hz, 587 Hz, 523 Hz en 659 Hz
☒ C 659 Hz, 523 Hz, 587 Hz en 392 Hz
☐ D 523 Hz, 587 Hz, 659 Hz en 523 Hz



▲ figuur 39
een bekende melodie

8 Gebruik je Binas.

Als je het gas helium inademt en dan gaat praten, klinkt je stem veel hoger dan anders. Dit wordt wel het 'Donald-Duckeffect' genoemd. Wetenschappers hebben ontdekt dat dit verschijnsel te maken heeft met de geluidssnelheid. Ze hebben de volgende regel gevonden:

Hoe groter de geluidssnelheid in het gas dat je luchtwegen vult, des te hoger klinkt je stem.

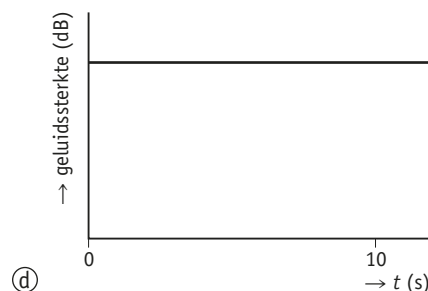
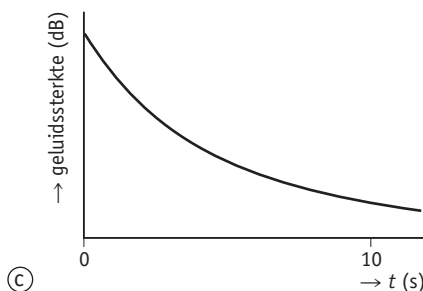
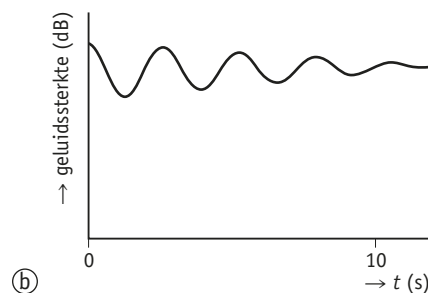
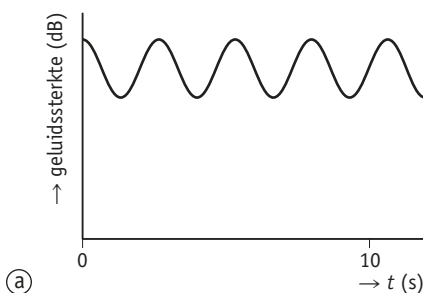
De geluidssnelheid in het gas argon is 319 m/s bij 20 °C.

Hoe zal de frequentie van je stem veranderen als je argon inademt?

- ☐ A De frequentie is dan veel hoger dan normaal.
☐ B De frequentie is dan een klein beetje hoger.
☒ C De frequentie is dan een klein beetje lager.
☐ D De frequentie is dan veel lager dan normaal.

9 Magan slaat tegen een stemvork aan, die daardoor begint te trillen. In figuur 40 staan vier grafieken waarin de geluidsstrekte is uitgezet tegen de tijd. Welke van de vier grafieken geeft het best de geluidsstrekte van de trillende stemvork weer?

- ☐ A grafiek a
☐ B grafiek b
☒ C grafiek c
☐ D grafiek d



▲ figuur 40

Hoe verandert het geluid van een trillende stemvork?

10 In welke grafiek in figuur 40 wordt de amplitude van het geluid van de stemvork kleiner?

- ☐ A grafiek a
☐ B grafiek b
☒ C grafiek c
☐ D grafiek d

11 Hans onderzoekt met een oscilloscoop de geluidsstrekte van een stemvork. Hij vindt dat de oscilloscoop te gevoelig is voor de geluidsstrekte. Daarom verandert hij de instelling van de oscilloscoop.

Met welke verandering maakt hij de gevoeligheid voor geluidsstrekte kleiner?

- ☐ A Als hij 2 ms/div verandert in 8 ms/div.
☐ B Als hij 8 ms/div verandert in 2 ms/div.
☒ C Als hij 2 mV/div verandert in 8 mV/div.
☐ D Als hij 8 mV/div verandert in 2 mV/div.

12 Murat meet het geluidsniveau van twee zingende leerlingen, die even hard zingen. Zijn meter geeft 56 dB aan.

Hoe hoog zal het geluidsniveau zijn als acht van deze leerlingen even hard zingen?

- ☐ A 59 dB
☐ B 60 dB
☒ C 62 dB
☐ D 64 dB

- 13 Welke energie-omzetting vindt er plaats in een dynamische microfoon?

Vul in:

bewegingsenergie →
elektrische energie

- 14 Vul in:

De belangrijkste onderdelen van een microfoon zijn een sterke permanente magneet, een spoel en een dun plaatje: het membraan.

- 15 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (0) zijn.

bewering	W	0
a Als je een trilling van 400 Hz zes keer versterkt, wordt het een trilling van 2400 Hz.		X
b De amplitude van een versterkt signaal is kleiner dan de amplitude van een onversterkt signaal.		X
c Een dynamische microfoon geeft een sterk elektrisch signaal af.		X
d Een luidspreker heeft een groter elektrisch vermogen nodig dan een microfoon.	X	

- 16 Met een equalizer verander je:

- ☒ A de klankkleur van een geluid.
☐ B de toonhoogte van een geluid.
☐ C het volume van een geluid.

- 17 Hier staan vijf manieren om geluidsoverlast van autoverkeer tegen te gaan.

Noteer bij elke manier of het gaat om:

- een maatregel bij de bron (B);
- een maatregel tussen bron en ontvanger (T);
- een maatregel bij de ontvanger (O).

a geluidsarm asfalt laten aanbrengen op het wegdek B

b strenge geluidsnormen stellen voor nieuwe autotypen B

c een park plannen tussen een nieuwe wijk en de snelweg T

d huizen die langs een snelweg liggen, extra isoleren O

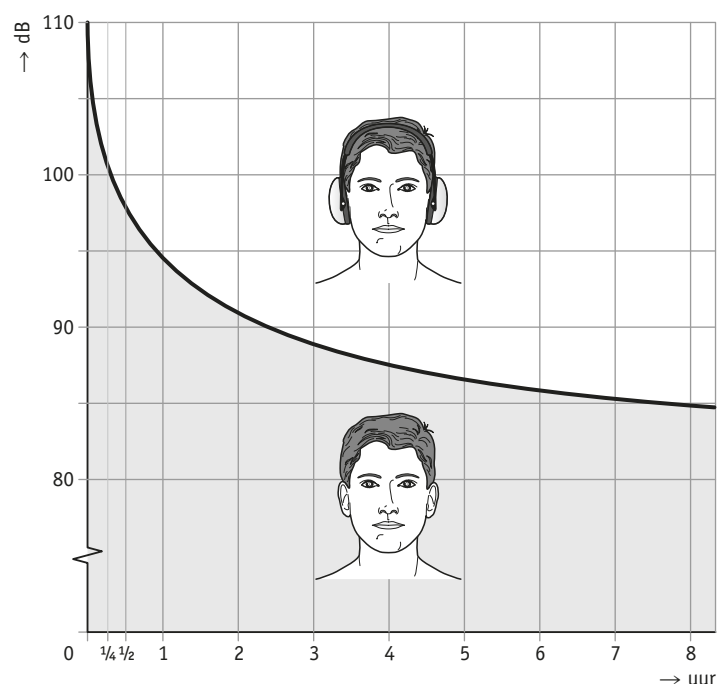
e geluidsschermen en -muren aanleggen langs snelwegen B

- 18 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (0) zijn.

bewering	W	0
a Als je een lawaaierige machine op stalen poten zet, vermindert dat het contactgeluid sterk.		X
b Je kunt de geluidsoverlast in een huis verminderen door dubbele beglazing aan te brengen.	X	
c Materiaal dat geluid moet absorberen, is zacht en heeft een ribbelig oppervlak.	X	
d Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.	X	
e Vanaf 100 dB is geluid schadelijk voor je gehoor; daaronder loop je geen risico.		X

- 19 In een folder over een gehoorbeschermer staat een diagram (figuur 41). Het diagram geeft aan hoelang er per werkdag zonder gehoorbeschermers bij een bepaalde geluidssterkte mag worden gewerkt. Kees werkt per dag 8 uur in een fabriek. Bij welk geluidsniveau hoeft hij volgens het diagram nog net geen gehoorbeschermers te dragen?

- ☐ A 80 dB
☒ B 85 dB
☐ C 90 dB
☐ D 100 dB



▲ figuur 41

Gehoorbeschermers: moeten ze op of mogen ze af?

- 20 In Rotterdam zitten studenten op de stoep naast een drukke verkeersweg. Ze tellen het aantal auto's dat per uur voorbijrijdt. De studenten dragen geen gehoorbescherming.

Hoeveel uur per dag mogen ze dit volgens figuur 41 maximaal doen? Gebruik ook je Binas.

2,5 uur per dag

- 21 Jolien bekijkt het signaal van een toongenerator op een oscilloscoop (figuur 42).

a Hoe groot is de instelling van de tijdbasis?

10 ms/div

b Hoe groot is de instelling van de gevoeligheid?

10 mV/div

c Hoe groot is de trillingstijd van deze toon?

Elk hokje op het scherm staat voor 10 ms.

3,5 trillingen duren 10×10
= 100 ms.

De trillingstijd is $100 \text{ ms} / 3,5$
= 28,57.. ms.

d Bereken de frequentie.

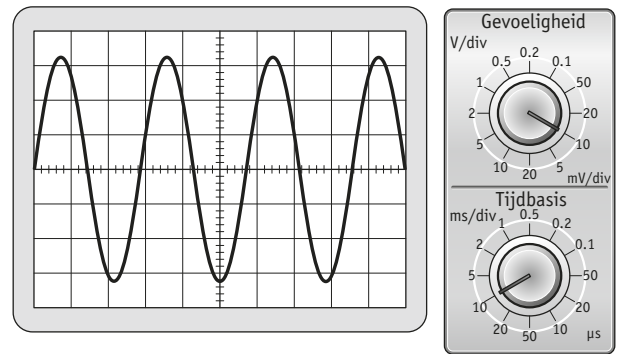
$$T = 28,57.. \text{ ms} = 0,02857.. \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02857..} = 35 \text{ Hz}$$

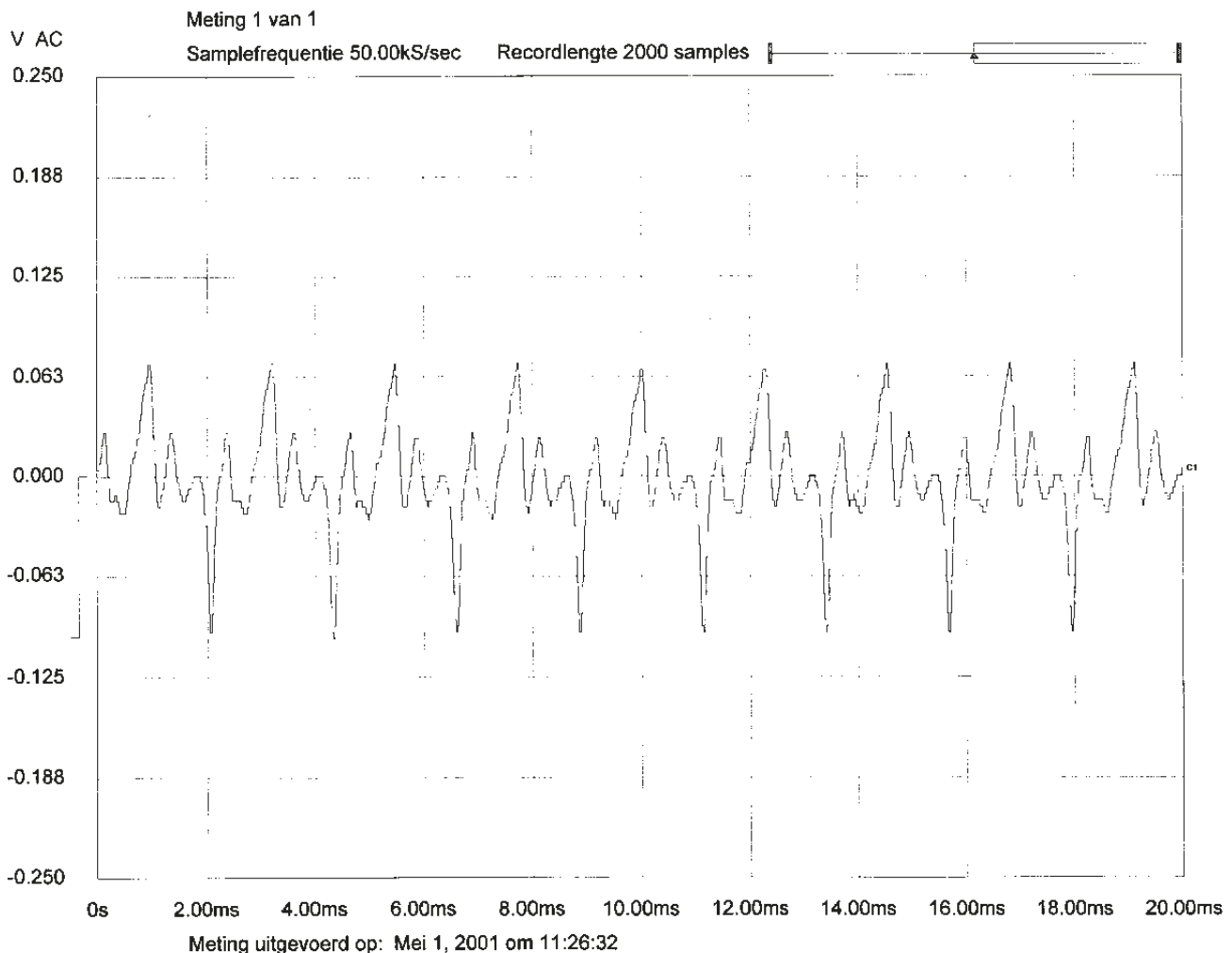
e Hoe groot is de amplitude (in mV)?

op het scherm 3,2 hokjes

dus: $3,2 \times 10 \text{ mV} = 32 \text{ mV}$



▲ **figuur 42**
het signaal op Joliens oscilloscoop



▲ **figuur 43**
een computeropname van een accordeontoon

- 22** Richard speelt accordeon. Hij besluit als praktische opdracht de frequentie te bepalen van een aantal accordeontonen. Als sensor gebruikt hij een microfoon die hij via een interface aansluit op een computer.

In figuur 43 zie je hoe de meetsoftware een van de accordeontonen weergeeft.

- a** Hoeveel hele trillingen staan er in de figuur?

8

- b** Hoeveel tijd is er nodig voor die trillingen?

18 ms

- c** Hoe groot is de trillingstijd dus?

$T = 18 \text{ ms} / 8 = 2,25 \text{ ms}$

- d** Bereken de frequentie van deze accordeontoon.

$T = 2,25 \text{ ms} = 0,00225 \text{ s}$

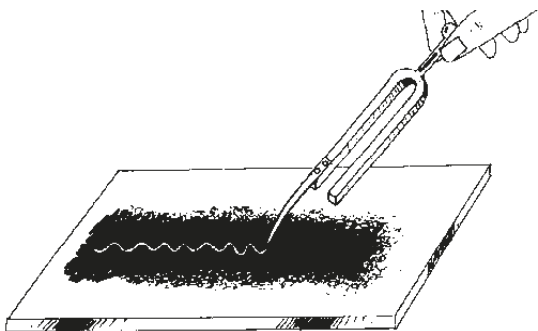
$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00225} \approx 444 \text{ Hz}$

- 23** Op school wordt een proef gedaan met een stemvork. Op één been van deze stemvork is een pennetje vastgemaakt waarmee het trillen zichtbaar kan worden gemaakt. Op een glasplaat is daarvoor een dun laagje roet aangebracht. Als Michael de stemvork aanslaat, trilt de stemvork met een frequentie van 256 Hz. Michael trekt de spitse punt van de trillende stemvork over de glasplaat (figuur 44). Je ziet een schematische weergave van een deel van het spoor op de glasplaat (figuur 45).

Bereken de tijd waarin deze trillingen zijn gemaakt.

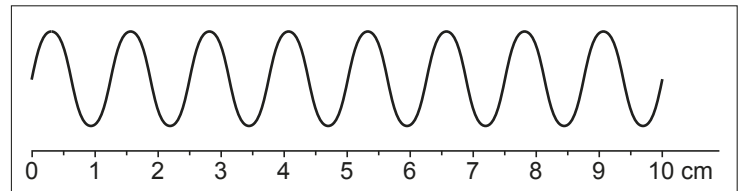
De trillingstijd is $1 / 256 = 0,0039 \text{ s}$.

Er zijn 8 trillingen op 10 cm, dus de tijd is $8 \times 0,0039 = 0,031 \text{ s}$.



▲ figuur 44

een glasplaat met een dun laagje roet



▲ figuur 45

een deel van het spoor op de glasplaat

Naar: examen 2013-II

- 24** Om in de muziek een vast tempo te spelen, gebruik je een metronoom die de maat tikt (figuur 46). Het tempo van de tikken stel je in door een 'gewichtje' op een plaats langs een metalen slinger te zetten. De slinger beweegt heen en weer. Elke keer als de slinger door de evenwichtsstand (verticale stand) gaat, hoor je een harde tik. Het 'gewichtje' is zó geplaatst dat de slinger 40 slingerbewegingen per minuut maakt. Een slingerbeweging is het een keer heen en weer terug bewegen.

Hoe groot is de frequentie van de slinger in deze stand?

- ☐ A 0,025 Hz
☒ B 0,67 Hz
☐ C 40 Hz
☐ D 2400 Hz

Naar: examen 2014-II



▲ figuur 46

een metronoom