

Proefwerk Natuurkunde

Toetsweek Juni 2026 2hv

Hoofdstuk 8 Geluid

versie rechts

Naam en klas:

Bastiaan's Uitwerkingen

LET OP: Laat zien hoe je aan een antwoord gekomen bent. Schrijf bijvoorbeeld eerst de formule zelf op, dan de formule ingevuld en tenslotte het uitgerekende eindantwoord inclusief eenheid.

LET OP: Bij opgaven 1 en 4 moet je soms **op dit blad werken**. De andere opgaven maak je op ruitjespapier.

Formules: $s = v \cdot t$ $f = 1 / T$

Geluidssnelheden:

lucht (20 °C)	$v = 343 \text{ m/s}$
lucht (0 °C)	$v = 332 \text{ m/s}$
helium(20 °C)	$v = 927 \text{ m/s}$
water (0 °C)	$v = 1403 \text{ m/s}$
water (20 °C)	$v = 1484 \text{ m/s}$
rubber(20 °C)	$v = 50 \text{ m/s}$
ijzer (20 °C)	$v = 5100 \text{ m/s}$

Rekenregels geluidsniveau:

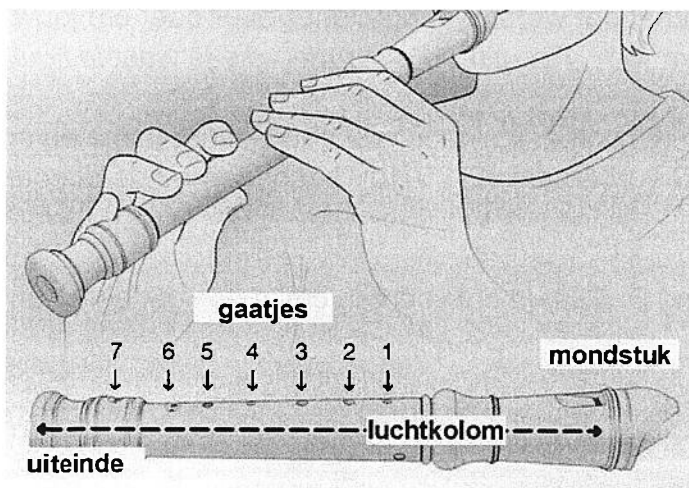
- verdubbeling aantal bronnen: +3 dB
- vertienvoudiging aantal bronnen: +10 dB
- verdubbeling afstand tot bron: -6 dB

OPGAVEN

→ elke fout: -1 pt

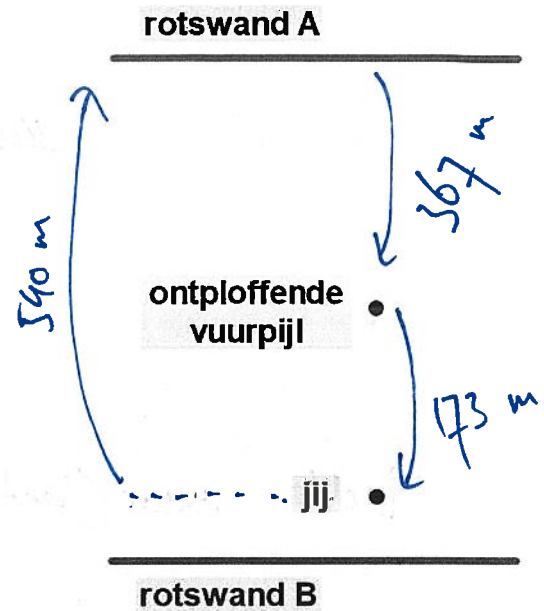
1. Bekijk onderstaande uitspraken. Geef aan welke optie tussen haakjes de juiste is of vul het juiste woord in (5p). Je maakt deze opgave op dit opgavenblad.

- a. In het bron-medium-ontvangermodel is de microfoon waarmee onderzoekers in de oceaan geluiden van walvissen opnemen een voorbeeld van een (~~bron~~ / ~~medium~~ / **ontvanger**).
- b. In gassen plant het geluid zich ~~sneller~~ / **langzamer** voort dan in vloeistoffen.
- c. Je kunt de luchtkolom in een blokfluit (zie afbeelding linksonder) inkorten door één gaatje open te laten en alle andere dicht te houden. De lengte van de luchtkolom bepaalt de toonhoogte. De laagste toon speel je door gaatje nummer ...**7**... open te laten.
- d. Je kunt de hond van de buren buiten horen blaffen als je in je woonkamer zit. Noem alle media (tussenstoffen) waar het geluid door heen gaat. Noem ze ook in de juiste volgorde:
..... **lucht - muur (beton / baksteen) - lucht**
- e. Een gitaarsnaar die hard aangeslagen wordt krijgt daardoor een grotere (**frequentie** / **amplitude**) dan een gitaarsnaar die zachtjes aangeslagen wordt.
- f. **(VWO)** Bij een bepaalde noot G op de piano hoort een trillingstijd van 2,6 ms (milliseconden). Noot G één octaaf hoger heeft een trillingstijd van ~~5,2 ms~~ / **1,3 ms**.
- g. Je mondholte versterkt bepaalde toonhoogten zodat je luid kunt praten of zingen. Je mondholte werkt hier als (vul in) **klankkast**.....
- h. Bekijk de afbeelding rechtsonder. Als je de trillende liniaal verzwaart aan het uiteinde zal deze (~~sneller~~ / **langzamer**) trillen dan eerst.
- i. Om met een oscilloscoop van een lage toon enkele trillingen goed in beeld te krijgen moet je de tijdbasis (~~klein~~ / **groot maken**).



Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

2. Je bent in de winter op vakantie in een dorpje in de bergen. Tijdens een wandeling 's nachts steekt iemand vuurwerk af in het dorp in het dal. De temperatuur van de lucht is 0°C .



Met nauwkeurige apparatuur meet je dat er $0,52\text{ s}$ zit tussen het moment dat je de flits van het vuurwerk ziet en het moment dat je de knal hoort.

- Laat met een berekening zien dat het vuurwerk afgerond 173 m bij jou vandaan was toen het ontplofte. Geef je antwoord in meter en rond af op een geheel getal (2p).
- Als deze situatie zich in de zomer had afgespeeld bij een temperatuur van 25°C , zou het geluid er dan langer of korter over hebben gedaan dan $0,52\text{ s}$? Licht je antwoord toe (2p).

Het geluid van de knal weerkaatst ook tegen rotswand A aan de andere kant van het dal (zie figuur X, let op: deze figuur is niet op schaal). Rotswand A is 540 m bij jou vandaan.

- Reken uit hoe lang het geluid van de knal dat wordt weerkaatst er over doet om jouw oren te bereiken. Rond af op twee decimalen (3p). **Tip:** zet de afstanden die je weet in figuur X.

Je staat zelf dicht bij een andere rotswand (B) achter je. Door heel nauwkeurig te meten ontdek je dat de echo van de knal die rotswand B veroorzaakt $2,1 \times 10^{-3}$ seconden na de directe knal bij jou aankomt.

- Bereken de afstand van jou tot rotswand B. Geef je antwoord in cm in een geheel getal (3p).

3. Een concertharp bestaat uit 47 lange en korte snaren (zie de bovenste foto hiernaast). De harp heeft een frequentiebereik van 36 Hz tot 3090 Hz.

- a. Bereken de trillingstijd die hoort bij de laagste frequentie die de harp kan spelen. Geef je antwoord in seconden in gewone notatie en rond af op drie cijfers achter de komma (2p).
- b. Bereken de trillingstijd die hoort bij de hoogste frequentie en geef deze in seconden. Gebruik wetenschappelijke notatie en rond af op één decimaal (2p).



De trillingstijden van de tonen van een contrabas (middelste foto hiernaast) variëren tussen $T = 0,025$ s en $T = 0,0025$ s.

- c. Noem welke twee van deze trillingstijden hoort bij de hoogste toon die een contrabas kan spelen (1p).
- d. Bereken hoe vaak de snaar van een contrabas in één minuut trilt als een toon met $T = 0,0025$ s wordt geproduceerd. Geef je antwoord in een geheel getal (2p). **72**



De hoogste toon die een piccolo (foto rechtsonder) maakt is 4090 Hz. In een piccolo is het de lucht die trilt.

- e. **(VWO)** (2p) Bereken hoeveel microseconden (μ s) langer een trillingstijd van de lucht in de piccolo is dan de trillingstijd van de hoogste toon van een concertharp. Tip: $1000 \text{ ms} = 1 \mu\text{s}$.

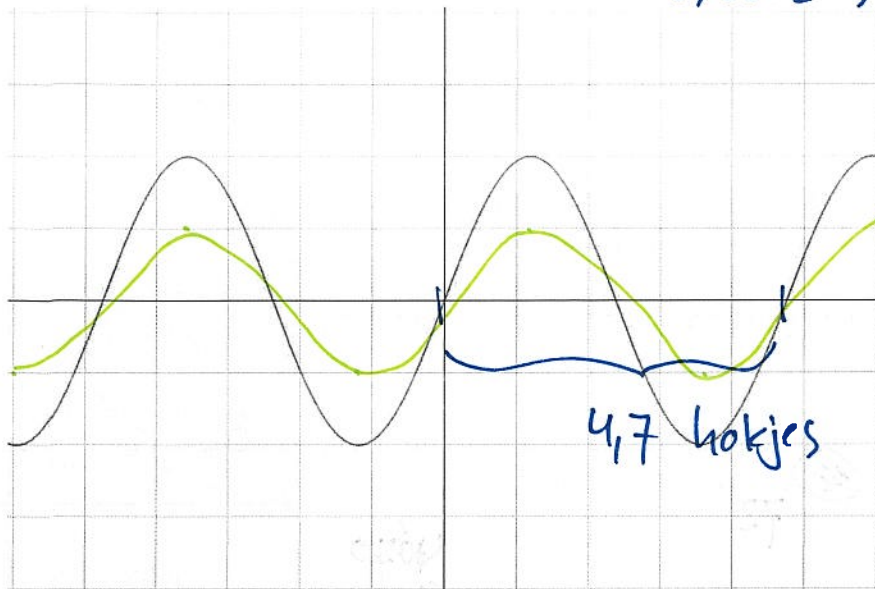
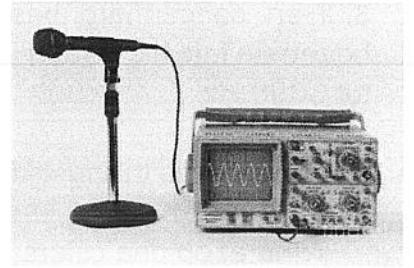


4090
4510
21970
4770

Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

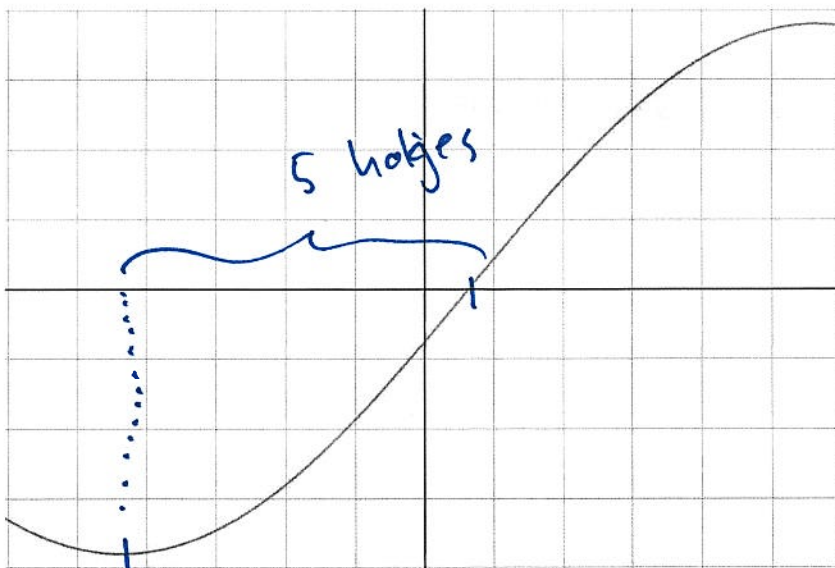
4. Je wilt het geluid van een gitaar analyseren met een microfoon en een oscilloscoop. Een oscilloscoop is een apparaat waarmee je trillingen in beeld kunt brengen.

Als eerste bekijk je het beeld van een gitaar. Als je de dunste snaar aanslaat ontstaat het onderstaande beeld. De tijdbasis van de oscilloscoop staat ingesteld op 0,2 ms.



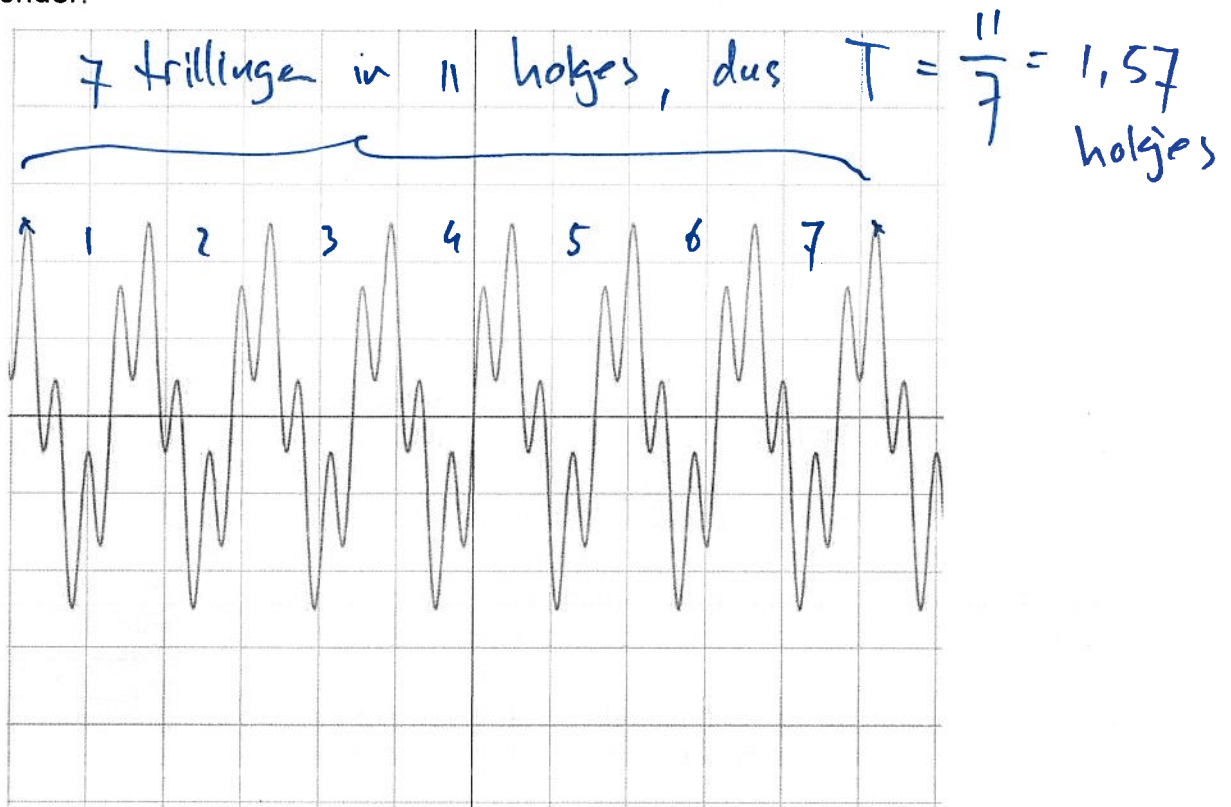
- Bepaal de frequentie waarmee de snaar trilt. Geef je antwoord in Hz en rond af op een geheel getal (3p).
- Teken in de figuur welke beeld de oscilloscoop laat zien als je de snaar ^{half} zoveel keer zo hard zou laten klinken (1p). **TIP:** zet eerst een aantal punten waar je grafiek doorheen zou moeten gaan. Druk zachtjes op het potlood zodat je nog kunt gummen als je een vergissing maakt.

Je slaat vervolgens de dikste snaar van de gitaar aan. De tijdbasis van de oscilloscoop is nog steeds 0,2 ms. Er verschijnt onderstaand beeld.



- Laat met een berekening zien dat de frequentie van deze trilling 250 Hz is (3p).

Je stelt de oscilloscoop nu in op 0,5 ms en je slaat een derde snaar aan. Je doet dat dit keer dicht bij het uiteinde van de snaar en met een hard plectrum. De snaar maakt daardoor een scherper geluid dan bij normaal aanslaan. Het oscilloscoopbeeld van dit geluid is te zien in de figuur hieronder.



- d. Bepaal de grondfrequentie van deze toon. Geef je antwoord in een geheel getal (3p).

Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

5. Een drillboor wordt gebruikt om beton en asfalt open te breken. Een drillboor op 1,0 m afstand produceert een geluidsniveau van 108 dB.



Reken uit hoeveel dB je meet bij:

- (1p) 8 drillboren op 1,0 m afstand
- (1p) 40 drillboren op 2,0 m afstand

In de tabel rechts zie je hoe lang je dagelijks aan bepaalde geluidsstreken blootgesteld mag worden zonder permanente gehoorschade op te lopen. Je staat te kijken bij een arbeider die met een drillboor aan de slag is. Je staat 8,0 meter bij de drillboor vandaan.

Geluidsniveau (in dB(A))	Maximale tijd
80	8 uur
83	4 uur
90	48 minuten
100	5 minuten
110	30 seconden

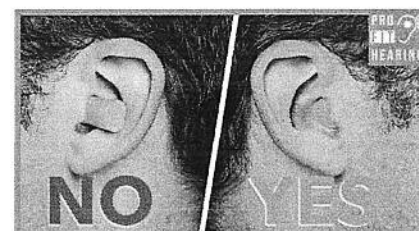
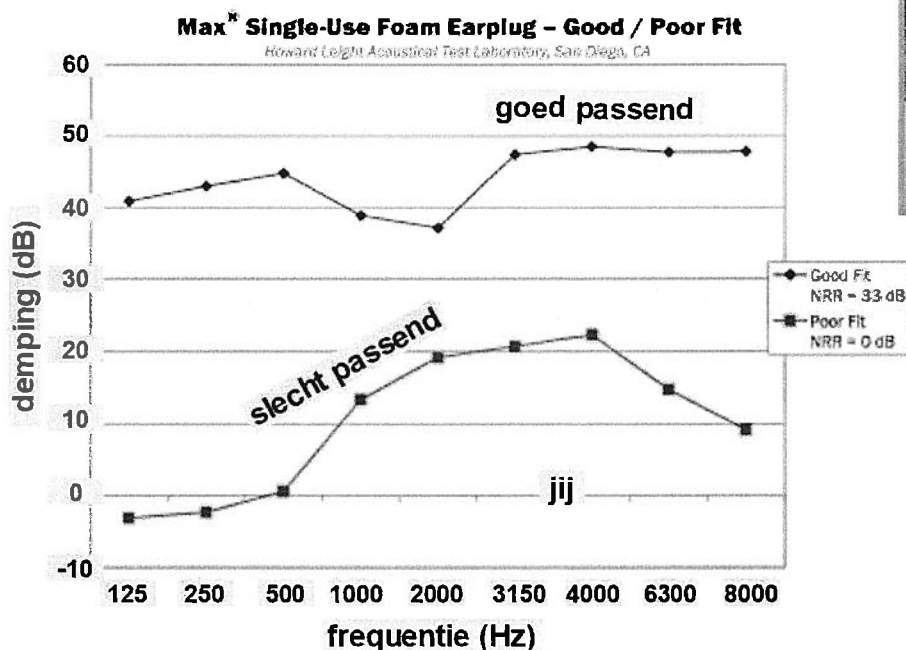
- (1p) Bepaal hoelang je veilig naar de arbeider kunt blijven staan kijken.

Je meet vooraan bij het podium op een festival dat de geluidsstrekte 95 dB is. De afstand tot de luidsprekers is daar 12 m. Omdat je geen oordopjes bij je hebt ga je voor de veiligheid een stuk verder van het podium staan. De complete voorstelling gaat vier uur duren.



- (1p) Reken uit op welke minimale afstand van het podium je veilig kan gaan staan zonder gehoorschade op te lopen.

Het blijkt dat één van je vrienden een extra paar ongebruikte schuim-oordopjes heeft. Deze kun je indoen om toch veilig dicht bij het podium kunnen staan. In onderstaande tabel zie je hoeveel dB de oordopjes de geluidsstrekte die je oor binnenkomt verminderen als je ze in je oor hebt zitten.



- (2p) Leg uit dat je met de oordopjes in veilig 4 uur lang vooraan bij het podium kan staan als je ze goed passend hebt ingebracht.

>>>>>> Einde van dit proefwerk.

Naam: Vitwerkingen
 Vak: Natuurkunde Hfd 8 Geluid

Klas: 2hv
 Datum: versie rect ts

Cijfer

- ②
- a) $s = v \cdot \Delta t = 332 \text{ m/s} \cdot 0,52 \text{ s} = 173 \text{ m}$
- b) korter, want bij 25°C gaat het geluid sneller
- c) $s = 367 \text{ m} + 540 \text{ m} = 907 \text{ m}$, dus
 $\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{907 \text{ m}}{332 \text{ m/s}} = 2,73 \text{ s}$
- d) $s = v \cdot \Delta t = 332 \text{ m/s} \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 70 \text{ cm}$ ($0,6972 \text{ m}$)
 $35 \text{ cm} \leftarrow \div 2$

- ③
- a) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{36 \text{ Hz}} = 0,028 \text{ s}$
- b) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3050 \text{ Hz}} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
- c) $T = 0,0025 \text{ s}$ hoort bij de hoogste toon.
- d) $f = \frac{1}{0,0072 \text{ s}} = 138,9 \text{ Hz} \xrightarrow{\times 60} 8333$ trillingen per minuut
- e) piccolo: $T = \frac{1}{4770} = 0,0002096 \text{ s}$
 harp: $T = \frac{1}{3050} = 0,0003236 \text{ s}$
 verschil: $0,0003236 - 0,0002096 = 0,000114 \text{ s}$
 $\boxed{114 \text{ NS}}$

④ a) $T = 4,7 \text{ kloks} \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,00094 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00094 \text{ s}} = 1064 \text{ Hz}$

b) zie opgavenblad

c) $T = (5 \text{ kloks} \times 4) \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,004 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,004 \text{ s}} = 250 \text{ Hz}$

d) $T = 1,57 \cdot 0,0005 \text{ s} = 0,000786 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000786} = 1272 \text{ Hz}$

⑤ a) $108 \text{ dB} + (3 \times 3 \text{ dB}) = 117 \text{ dB} = 118 \text{ dB}$

b) $108 \text{ dB} + (2 \times 3 \text{ dB}) + (1 \times 10 \text{ dB}) - (1 \times 6 \text{ dB})$

c) $108 \text{ dB} - (3 \times 6 \text{ dB}) = 90 \text{ dB}$ dus 48 minuten

d) van 95 dB naar 83 dB is -12 dB dus $2 \times -6 \text{ dB}$
 dus de afstand $2 \times$ verdubbelen: $12 \text{ m} \xrightarrow{1} 24 \text{ m} \xrightarrow{2} \underline{\underline{48 \text{ m}}}$

e) Zie versie links.

Proefwerk Natuurkunde

Toetsweek Juni 2026 2hv

Hoofdstuk 8 Geluid

versie links

Naam en klas: Bastiaan's Uitwerkingen

LET OP: Laat zien hoe je aan een antwoord gekomen bent. Schrijf bijvoorbeeld eerst de formule zelf op, dan de formule ingevuld en tenslotte het uitgerekende eindantwoord inclusief eenheid.

LET OP: Bij opgaven 1 en 4 moet je soms **op dit blad werken**. De andere opgaven maak je op ruitjespapier.

Formules: $s = v \cdot t$ $f = 1 / T$

Geluidssnelheden:

lucht (20 °C)	$v = 343 \text{ m/s}$
lucht (0 °C)	$v = 332 \text{ m/s}$
helium(20 °C)	$v = 927 \text{ m/s}$

water (0 °C)	$v = 1403 \text{ m/s}$
water (20 °C)	$v = 1484 \text{ m/s}$

rubber(20 °C)	$v = 50 \text{ m/s}$
ijzer (20 °C)	$v = 5100 \text{ m/s}$

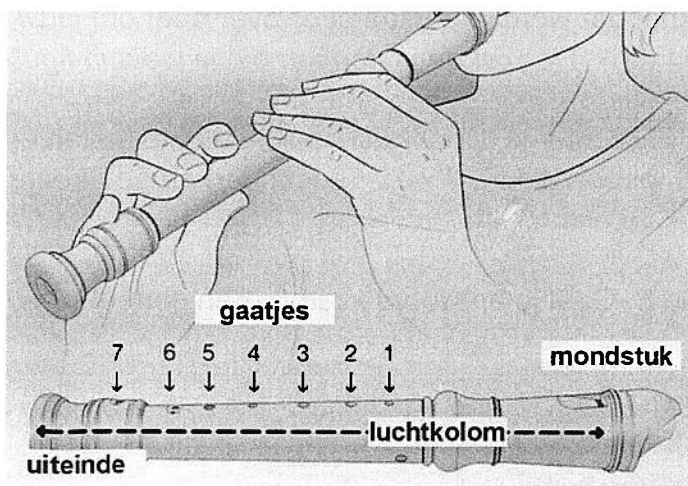
Rekenregels geluidsniveau:

- verdubbeling aantal bronnen: +3 dB
- vertienvoudiging aantal bronnen: +10 dB
- verdubbeling afstand tot bron: -6 dB

OPGAVEN

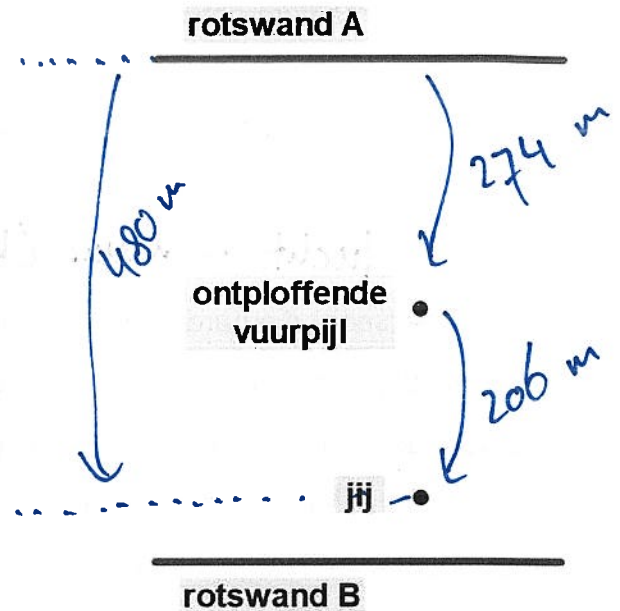
1. Bekijk onderstaande uitspraken. Geef aan welke optie tussen haakjes de juiste is of vul het juiste woord in (5p). Je maakt deze opgave op dit opgavenblad.

- a. In het bron-medium-ontvangermodel is de microfoon waarmee onderzoekers in de oceaan geluiden van walvissen opnemen een voorbeeld van een (~~bron~~ / ~~medium~~ / **ontvanger**).
- b. Je kunt de hond van de burens buiten horen blaffen als je in je woonkamer zit. Noem alle media (tussenstoffen) waar het geluid door heen gaat. Noem ze ook in de juiste volgorde:
..... **lucht - muur (beton, steen) - lucht**
- c. Een gitaarsnaar die hard aangeslagen wordt krijgt daardoor een grotere (~~frequentie~~ / **amplitude**) dan een gitaarsnaar die zachtjes aangeslagen wordt.
- d. Je kunt de luchtkolom in een blokfluit (zie afbeelding linksonder) inkorten door één gaatje open te laten en alle andere dicht te houden. De lengte van de luchtkolom bepaalt de toonhoogte. De hoogste toon speel je door gaatje nummer ...**1**... open te laten.
- e. (**VWO**) Bij een bepaalde noot F op de piano hoort een trillingstijd van 2,8 ms (milliseconden). Noot F één octaaf hoger heeft een trillingstijd van (**1,4 ms** / ~~5,6 ms~~).
- f. Je mondholte versterkt bepaalde toonhoogten zodat je luid kunt praten of zingen. Je mondholte werkt hier als (**vul in**) **klankkast**
- g. In vloeistoffen plant het geluid zich **sneller** / ~~langzamer~~ voort dan in gassen.
- h. Bekijk de afbeelding rechtsonder. Als je de trillende liniaal verzwaart aan het uiteinde zal deze (~~snel~~ / **langzamer**) trillen dan eerst.
- i. Om met een oscilloscoop van een hoge toon enkele trillingen goed in beeld te krijgen moet je de tijdbasis (**klein** / ~~groot maken~~).



Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

2. Je bent in de winter op vakantie in een dorpje in de bergen. Tijdens een wandeling 's nachts steekt iemand vuurwerk af in het dorp in het dal. De temperatuur van de lucht is $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Met nauwkeurige apparatuur meet je dat er $0,62\text{ s}$ zit tussen het moment dat je de flits van het vuurwerk ziet en het moment dat je de knal hoort.

- Laat met een berekening zien dat het vuurwerk afgerond 206 m bij jou vandaan was toen het ontplofte. Geef je antwoord in meter en rond af op een geheel getal (2p).
- Als deze situatie zich in de zomer had afgespeeld bij een temperatuur van $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, zou het geluid er dan langer of korter over hebben gedaan dan $0,62\text{ s}$? Licht je antwoord toe (2p).

Het geluid van de knal weerkaatst ook tegen rotswand A aan de andere kant van het dal (zie figuur X, let op: deze figuur is niet op schaal). Rotswand A is 480 m bij jou vandaan.

- Reken uit hoe lang het geluid van de knal dat wordt weerkaatst er over doet om jouw oren te bereiken. Rond af op twee decimalen (3p). **Tip:** zet de afstanden die je weet in figuur X.

Je staat zelf dicht bij een andere rotswand (B) achter je. Door heel nauwkeurig te meten ontdek je dat de echo van de knal die rotswand B veroorzaakt $2,9 \times 10^{-3}$ seconden na de directe knal bij jou aankomt.

- Bereken de afstand van jou tot rotswand B. Geef je antwoord in cm in een geheel getal (3p).

3. Een concertharp bestaat uit 47 lange en korte snaren (zie de bovenste foto hiernaast). De harp heeft een frequentiebereik van 38 Hz tot 3156 Hz.

- Bereken de trillingstijd die hoort bij de laagste frequentie die de harp kan spelen. Geef je antwoord in seconden in gewone notatie en rond af op drie cijfers achter de komma (2p).
- Bereken de trillingstijd die hoort bij de hoogste frequentie en geef deze in seconden. Gebruik wetenschappelijke notatie en rond af op één decimaal (2p).



De trillingstijden van de tonen van een contrabas (middelste foto hiernaast) variëren tussen $T = 0,025$ s en $T = 0,0025$ s.

- Noem welke twee van deze trillingstijden hoort bij de hoogste toon die een contrabas kan spelen (1p).
- Bereken hoe vaak de snaar van een contrabas in één minuut trilt als een toon met $T = 0,0062$ s wordt geproduceerd. Geef je antwoord in een geheel getal (2p).



De hoogste toon die een piccolo (foto rechtsonder) maakt is ~~4510~~ ⁴⁵¹⁰ Hz. In een piccolo is het de lucht die trilt.

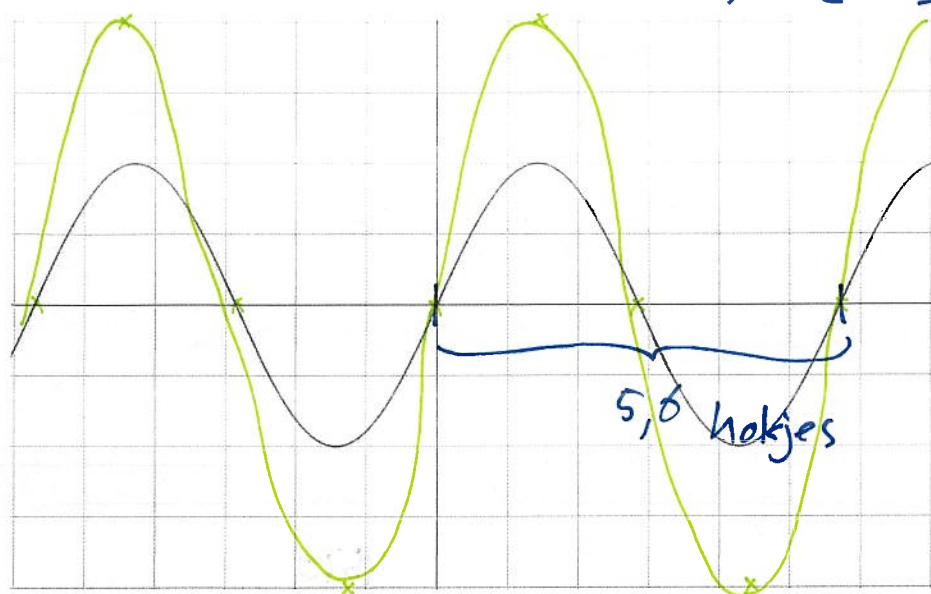
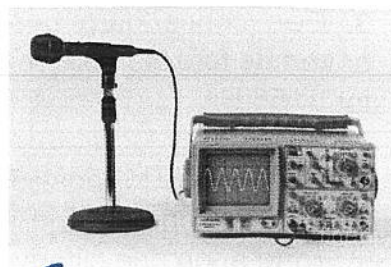
- (VWO) (2p) Bereken hoeveel microseconden (μ s) langer een trillingstijd van de lucht in de piccolo is dan de trillingstijd van de hoogste toon van een concertharp. Tip: $1000 \text{ ms} = 1 \mu\text{s}$.



Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

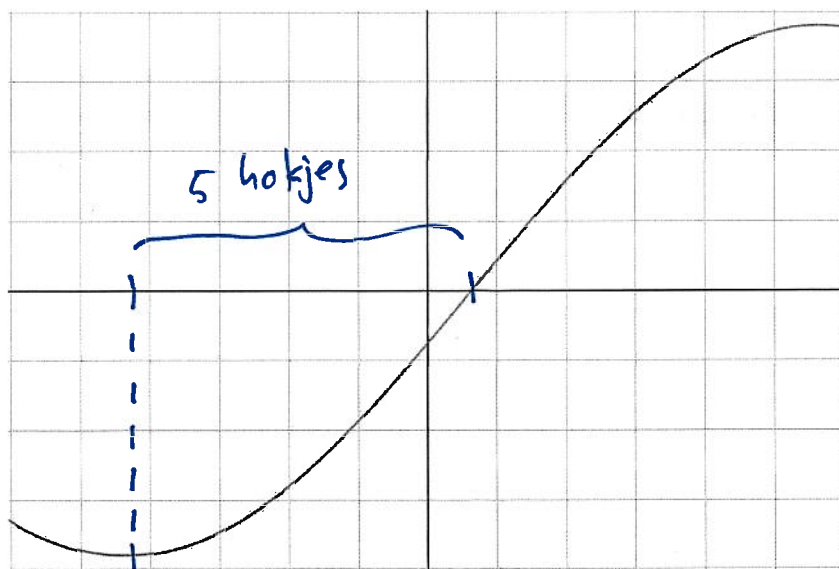
4. Je wilt het geluid van een gitaar analyseren met een microfoon en een oscilloscoop. Een oscilloscoop is een apparaat waarmee je trillingen in beeld kunt brengen.

Als eerste bekijk je het beeld van een gitaar. Als je de dunste snaar aanslaat ontstaat het onderstaande beeld. De tijdbasis van de oscilloscoop staat ingesteld op 0,2 ms.



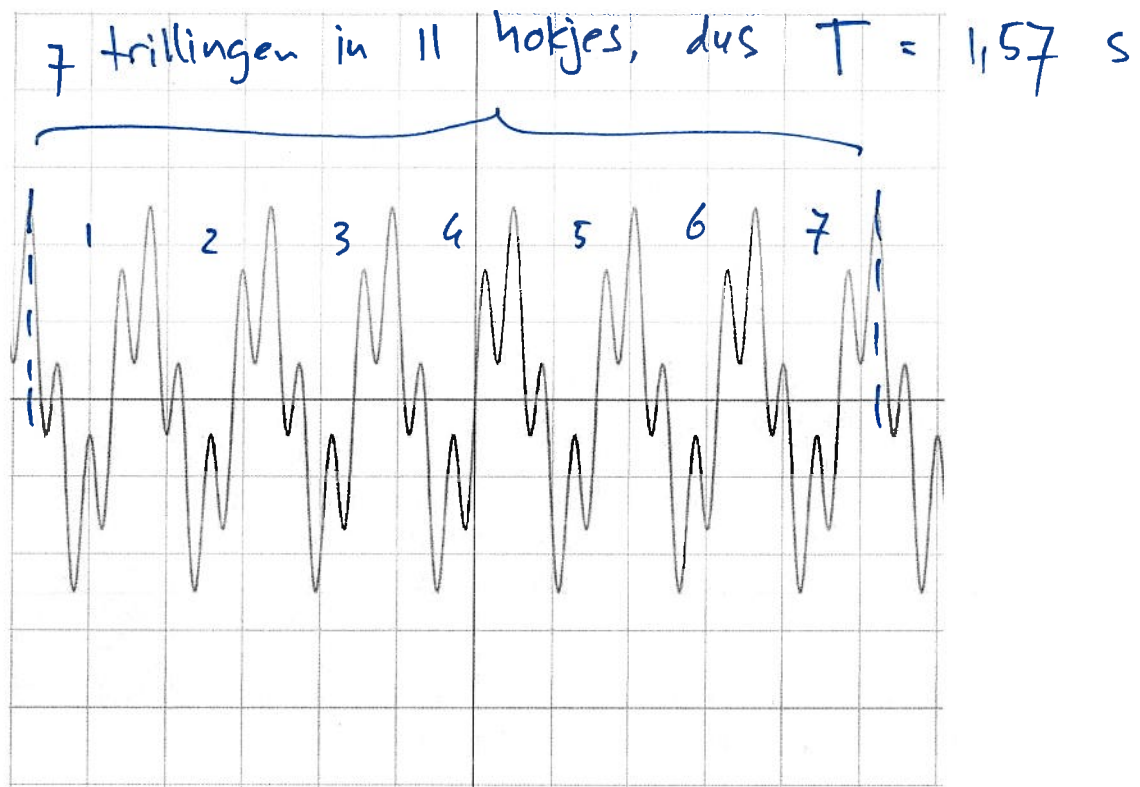
- Bepaal de frequentie waarmee de snaar trilt. Geef je antwoord in Hz en rond af op een geheel getal (3p).
- Teken in de figuur welke beeld de oscilloscoop laat zien als je de snaar twee keer zo hard zou laten klinken (1p). **TIP:** zet eerst een aantal punten waar je grafiek doorheen zou moeten gaan. Druk zachtjes op het potlood zodat je nog kunt gummen als je een vergissing maakt.

Je slaat vervolgens de dikste snaar van de gitaar aan. De tijdbasis van de oscilloscoop is nog steeds 0,2 ms. Er verschijnt onderstaand beeld.



- Laat met een berekening zien dat de frequentie van deze trilling 250 Hz is (3p).

Je stelt de oscilloscoop nu in op 0,5 ms en je slaat een derde snaar aan. Je doet dat dit keer dicht bij het uiteinde van de snaar en met een hard plectrum. De snaar maakt daardoor een scherper geluid dan bij normaal aanslaan. Het oscilloscoopbeeld van dit geluid is te zien in de figuur hieronder.



d. Bepaal de grondfrequentie van deze toon. Geef je antwoord in een geheel getal (3p).

Dit proefwerk gaat verder op de volgende bladzijde >>

5. Een drillboor wordt gebruikt om beton en asfalt open te breken. Een drillboor op 1,0 m afstand produceert een geluidsniveau van 102 dB.



Reken uit hoeveel dB je meet bij:

- (1p) 4 drillboren op 1,0 m afstand
- (1p) 80 drillboren op 2,0 m afstand

In de tabel rechts zie je hoe lang je dagelijks aan bepaalde geluidsstreken blootgesteld mag worden zonder permanente gehoorschade op te lopen. Je staat te kijken bij een arbeider die met een drillboor aan de slag is. Je staat 4,0 meter bij de drillboor vandaan.

Geluidsniveau (in dB(A))	Maximale tijd
80	8 uur
83	4 uur
90	48 minuten
100	5 minuten
110	30 seconden

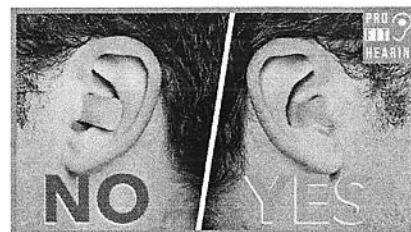
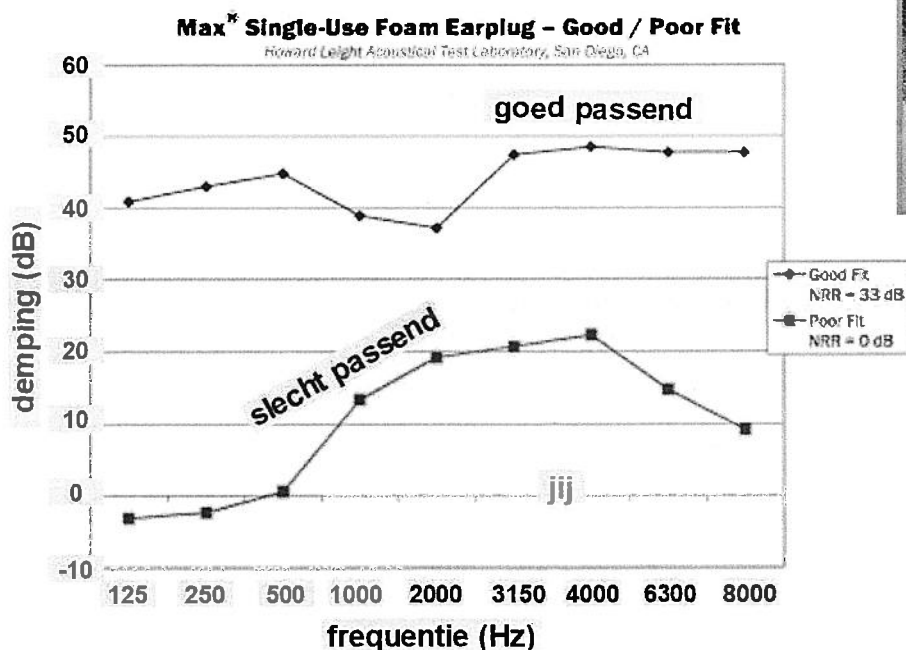
- (1p) Bepaal hoelang je veilig naar de arbeider kunt blijven staan kijken.

Je meet vooraan bij het podium op een festival dat de geluidsstrekte 101 dB is. De afstand tot de luidsprekers is daar 10 m. Omdat je geen oordopjes bij je hebt ga je voor de veiligheid een stuk verder van het podium staan. De complete voorstelling gaat vier uur duren.



- (1p) Reken uit op welke minimale afstand van het podium je veilig kan gaan staan zonder gehoorschade op te lopen.

Het blijkt dat één van je vrienden een extra paar ongebruikte schuim-oordopjes heeft. Deze kun je indoen om toch veilig dicht bij het podium kunnen staan. In onderstaande tabel zie je hoeveel dB de oordopjes de geluidsstrekte die je oor binnenkomt verminderen als je ze in je oor hebt zitten.



- (2p) Leg uit dat je met de oordopjes in veilig 4 uur lang vooraan bij het podium kan staan als je ze goed passend hebt ingebracht.

>>>>> Einde van dit proefwerk.

Naam: Bastiaan's uitwerkingen
 Vak: Natuurk. Hfd 8 Geluid

Klas: 2lu
 Datum: versie Links

Cijfer

- ②
- a) $s = v \cdot \Delta t = 332 \frac{m}{s} \cdot 0,62 s = 206 m$
- b) korter, want bij $25^\circ C$ gaat het geluid sneller.
- c) $s = 274 m + 480 m$, dus $\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{754 m}{332 \frac{m}{s}} = 2,27 s$
 $= 754 m$
- d) $s = v \cdot \Delta t = 332 \frac{m}{s} \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} = 96 cm (0,9628 m)$
 $\div 2 \rightarrow 48 cm$

- ③
- a) $f = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{38 Hz} = 0,026 s$
- b) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3156 Hz} = 3,2 \cdot 10^{-4} s$
- c) $T = 0,0025 s$ hoort bij de hoogste toon
- d) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0062 Hz} = 161,3 Hz$ $\rightarrow 9677$ trillingen per minuut $\times 60$
- e) piccolo: $T = \frac{1}{4510 Hz} = 0,0002217$
 hoep : $T = \frac{1}{3156} = 0,000316 s$
 verschil : $0,000316 s - 0,0002217 = 0,0000956 s$
 $= 0,0956 \mu s$
 $= 95 \mu s$ langer

(zie opgavenblad)

4) a) $T = 5,6 \text{ hokjes} \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,00112 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,00112 \text{ s}} = 893 \text{ Hz}$

b) zie opgavenblad

c) $T = (5 \text{ hokjes} \times 4) \cdot 0,0002 \text{ s} = 0,004 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{0,004 \text{ s}} = 250 \text{ Hz}$

d) $T = 1,57 \cdot 0,0005 \text{ s} = 0,000786 \text{ s}$
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,000786 \text{ s}} = 1272 \text{ Hz}$

5) a) $102 \text{ dB} + (2 \times 3 \text{ dB}) = 108 \text{ dB}$

b) $102 \text{ dB} + (3 \times 3 \text{ dB}) + (1 \times 10 \text{ dB}) - (1 \times 6 \text{ dB}) = 115 \text{ dB}$

c) $102 \text{ dB} - (2 \times 6 \text{ dB}) = 90 \text{ dB}$, dus 48 minuten

d) van 101 dB naar 83 dB is -18 dB , dus $3 \times -6 \text{ dB}$
dus $3 \times$ de afstand verdubbelen $10 \xrightarrow{1} 20 \xrightarrow{2} 40 \xrightarrow{3} 80 \text{ m}$

e) De minst gedempte frequentie is 2000 Hz en die wordt 37 dB gedempt. Van de ~~rester~~ 101 dB blijft dus maximaal nog 64 dB over. Dat is ruim minder dan de maximale 83 dB voor 4 uur blootstelling.