

2024-2025

oefentoets v4 trillingen en golven 2025 vwo 4

Natuurkunde

Opgavenblad

Bij deze toets hoort een uitwerkbijlage.

Deze toets bestaat uit 20 vragen. Voor deze toets zijn maximaal 50 punten te behalen. Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

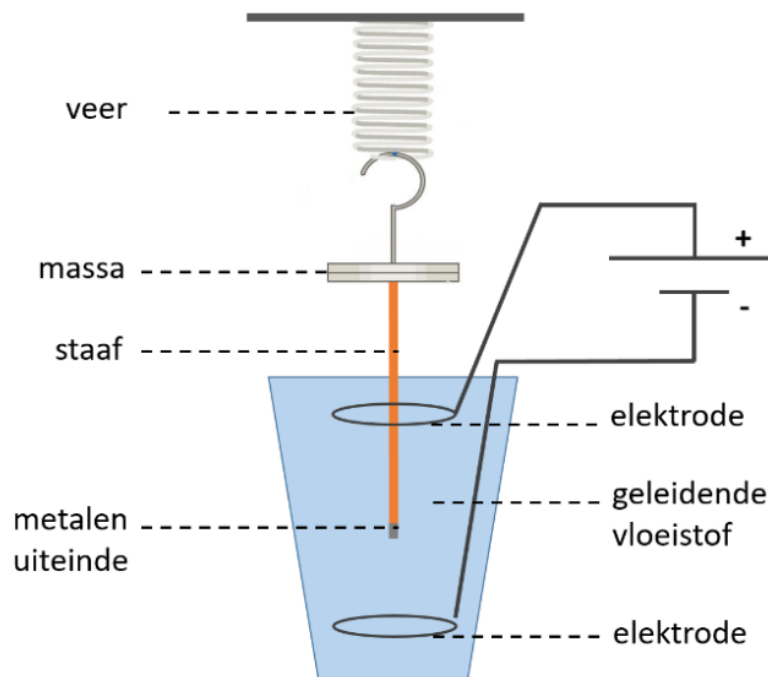
Als bij een vraag een verklaring, uitleg of berekening vereist is, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg of berekening ontbreekt.

Open vragen

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

MASSA-VEERSYSTEEM

Patricia doet een practicum met een massa-veersysteem. Onder aan de massa ($m = 120 \text{ g}$) bevestigt zij een staaf die ondergedompeld wordt in een elektrisch geleidende vloeistof. Het uiteinde van de staaf is van metaal. Vervolgens plaatst zij twee elektrodes in de vloeistof en verbindt ze met een spanningsbron. Door de spanning te meten over het uiteinde van de staaf kan zij nauwkeurig de positie bepalen van de staaf als deze op en neer gaat. De massa blijft daarbij boven de oppervlakte. De massa van de staaf mag je verwaarlozen. Zie de opstelling hieronder.



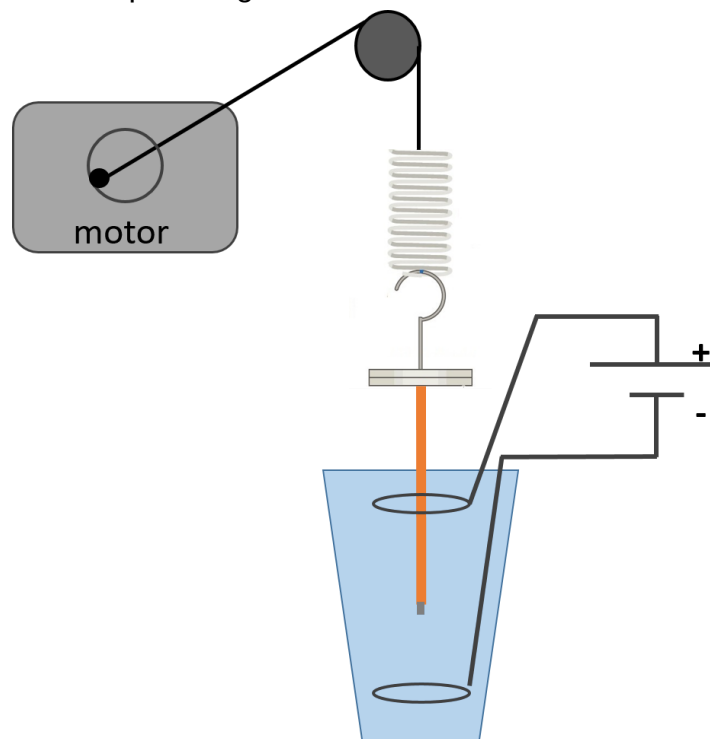
Patricia brengt het systeem vervolgens in trilling. Op het werkblad staat het (u,t) -diagram van de beweging.

- 3p **1** Bepaal met behulp van het (u,t) -diagram de veerconstante van de veer.

Patricia vervangt de vloeistof door een vloeistof met een grotere viscositeit. Dit houdt in dat de vloeistof stroperiger is.

- 3p **2** Teken in het (u,t) -diagram op het werkblad de grafiek van de beweging door de stroperige vloeistof tot $t = 0,8 \text{ s}$.

Patricia breidt haar opstelling uit: zij verbindt de veer met een motortje. Als zij de motor aanzet, draait het lipje bij de motor rond en gaat de veer op en neer. Zie de opstelling hieronder.



Patricia meet vervolgens de amplitude van de trilling van het staafje bij verschillende draaisnelheden van de motor. Zij gebruikt hierbij de oorspronkelijke vloeistof. Hieronder zie je een tabel met haar meetgegevens.

f (Hz)	1,5	2,0	2,5	2,8	3,1	3,2	3,3	3,6	4,0	4,5
A (cm)	0,60	0,90	1,5	2,3	3,2	3,5	3,0	2,3	1,5	1,0

Tabel 1

- 4p **3** Voer de volgende opdrachten uit.
- Wat is volgens dit experiment de eigenfrequentie van de veer? Leg je antwoord uit.
 - Toon met een berekening aan of deze waarde overeen komt met de waarde uit het (u,t) -diagram.
- 2p **4** Leg uit of je met de stroperige vloeistof makkelijker de eigenfrequentie van de veer kunt bepalen dan met de gewone vloeistof.

Trillingen in een vrachtwagen

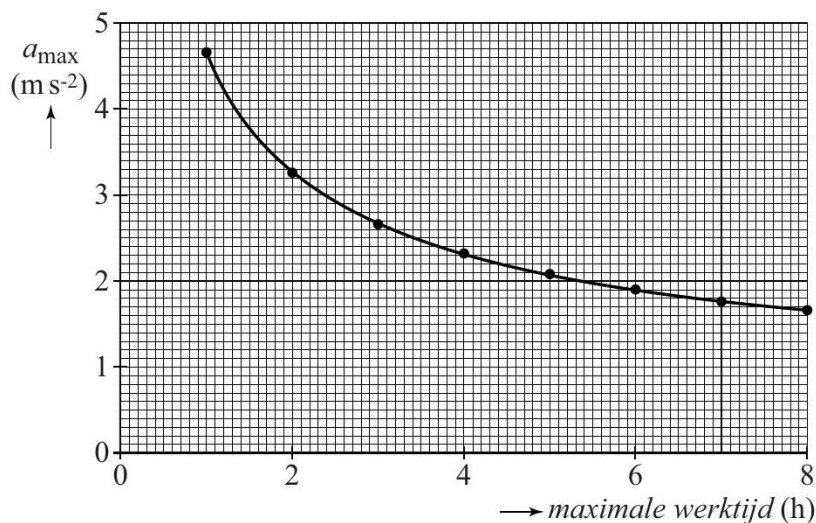
Een chauffeur van een vrachtwagen heeft vaak last van trillingen, die veroorzaakt worden door de motor van de vrachtwagen. Deze trillingen worden via de chauffeursstoel aan de chauffeur doorgegeven. Deze trillingen kunnen, naast ongemak, ook schade aan de rug veroorzaken. Het is daarom belangrijk dat er strenge eisen worden gesteld aan de kwaliteit van een chauffeursstoel.

In deze opgave gaan we stapsgewijs enkele van die eisen na.

Uit onderzoek is gebleken dat vooral trillingen met een frequentie tussen $2,0 \text{ Hz}$ en 80 Hz schade aan de rug veroorzaken. Op de uitwerkbijlage is een (v, t) -diagram van een trilling van een chauffeursstoel gegeven.

- 2p **5** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of deze trilling binnen het genoemde frequentiegebied valt.

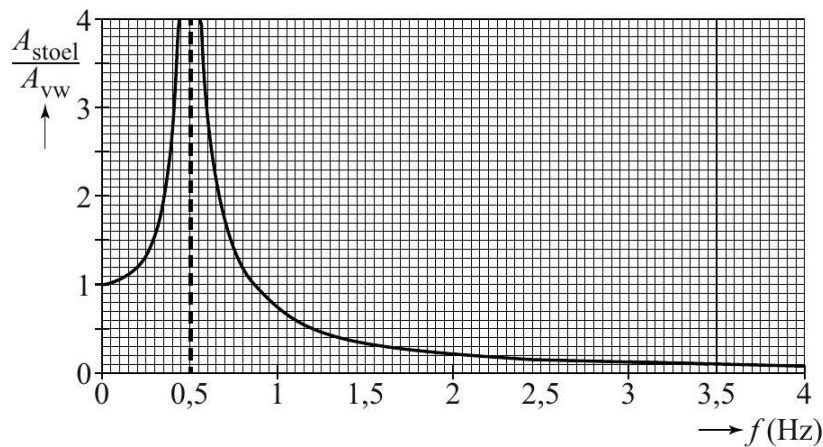
De maximale versnelling die een chauffeur gedurende een bepaalde tijd ondervindt, bepaalt hoe schadelijk de trillingen zijn. In figuur 1 staat uitgezet hoe lang de chauffeur mag werken bij een bepaalde maximale versnelling.



Figuur 1

- 3p **6** Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage hoe lang een chauffeur mag werken als hij deze trillingen ondervindt.

Stoelen in vrachtwagens zijn vaak op een veersysteem geplaatst. In figuur 2 is de verhouding gegeven tussen de amplitude van de beweging van de stoel en de amplitude van de vrachtwagen als functie van de frequentie.



Figuur 2

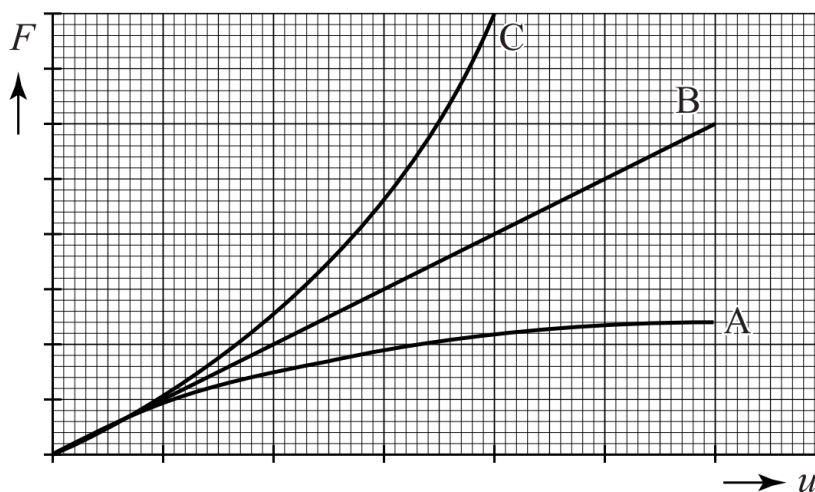
- 2p 7 Zijn de problemen in het gebied vanaf 2,0 Hz met dit veersysteem nu minder? Leg je antwoord uit.

De eigenfrequentie van het systeem is 0,50 Hz.

De chauffeur heeft een massa van 90 kg, de veerconstante van de veer in de stoel is $C = 1,3 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-1}$.

- 3p 8 Bereken de massa van de stoel.

Als een chauffeur op deze stoel gaat zitten, zakt de stoel te ver in. Daarom moet de veer in de stoel vervangen worden door een veer waarbij de veerconstante toeneemt als de kracht op de veer toeneemt. In figuur 3 is een (F, u) -diagram gegeven voor drie verschillende veren.



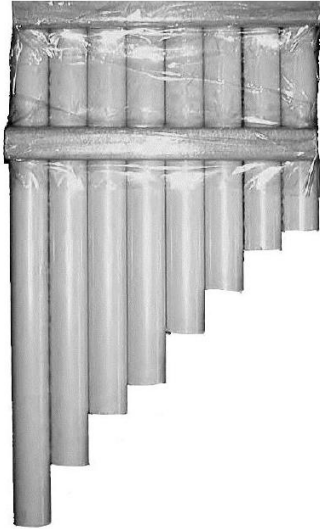
Figuur 3

- 1p 9 Welke veer (A, B, of C) is het meest geschikt voor deze chauffeursstoel?

Panfluit

Janneke maakt voor een praktische opdracht een panfluit. Een panfluit bestaat uit buizen van diverse lengte. Zie figuur 4.

Als zij over een buis blaast, gaat de lucht in deze buis trillen en ontstaat er geluid.



Figuur 4

Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over de geluidsgolven in deze buis.

2p **10** Omcirkel op de uitwerkbijlage in elke zin het juiste alternatief.

Een buis is weergegeven op de uitwerkbijlage. Beide uiteinden van deze buis zijn open.

2p **11** Teken in de buis het patroon van knopen (K) en buiken (B) dat hoort bij de grondtoon.

Janneke sluit vervolgens met kurken de onderkant van elke buis af. Zie figuur 5.



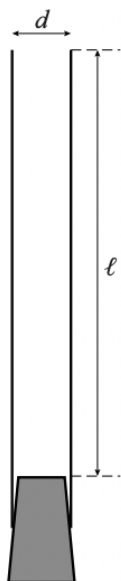
Figuur 5

In een boek over muziekinstrumenten heeft zij gelezen dat bij een panfluit het patroon van knopen en buiken niet precies eindigt in de opening van een buis maar een klein stukje daarbuiten.

Voor de grondtoon geldt de formule:

$$\frac{1}{4}\lambda = \ell + 0,31 \cdot d$$

Hierin is ℓ de lengte en d de diameter van de luchtkolom in de buis. Zie figuur 6.

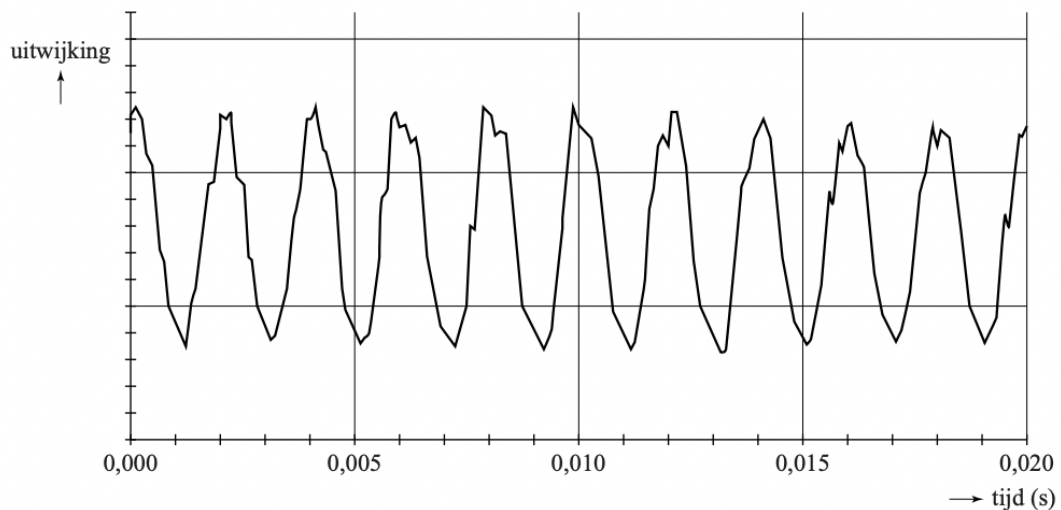


Figuur 6

Zij meet de diameter van de luchtkolom in een buis. Deze is 1,8 cm. De buis is 18,8 cm lang. De kurk steekt 1,0 cm in de buis. Janneke gaat uit van een luchttemperatuur van 20 °C.

4p **12** Bereken de frequentie van de grondtoon die de buis dan laat horen.

Om te controleren of elke buis inderdaad de juiste toon voortbrengt, meet zij met de computer de toon die elke buis produceert. In figuur 7 staat het (u, t) -diagram dat de computer van een van deze buizen heeft gemaakt.



Figuur 7

Met dit diagram is de grondtoon van deze buis te bepalen.

2p **13** Bepaal de frequentie van de grondtoon.

De frequentie van deze grondtoon is hoger dan de waarde die zij had verwacht op basis van een berekening. Janneke denkt dat dit komt doordat de luchttemperatuur in haar panfluit hoger is dan 20 °C.

4p **14** Beantwoord de volgende twee vragen:

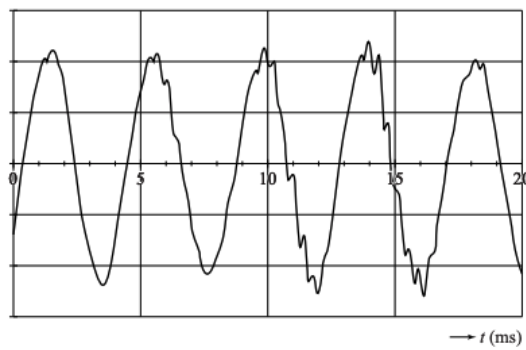
- Leg uit of een hogere luchttemperatuur een oorzaak kan zijn van de te hoge frequentie van de grondtoon.
- Leg uit of Janneke de frequentie van de grondtoon op een lagere waarde kan krijgen door de kurk dieper of juist minder diep in de buis te steken.

Onderzoek naar geluid uit een fles



Figuur 8

Chiara en Michel doen onderzoek aan geluid uit een fles. Zij blazen lucht over de hals van een fles en horen geluid. De fles is gevuld met water tot een afstand d onder de flesopening. Zie figuur 8. Bij kamertemperatuur meten zij het geluid met een geluidssensor. Bij een afstand $d = 13,0 \text{ cm}$ vinden zij de grafiek van figuur 9



Figuur 9

Uit figuur 9 volgt dat de grondfrequentie van het geluid $2,4 \cdot 10^2 \text{ Hz}$ is.

2p **15** Toon dat aan.

Michel denkt dat dit geluid ontstaat doordat er in de fles een staande golf ontstaat met een knoop bij het wateroppervlak en een buik bij de flesopening. Met deze gegevens berekent Michel de geluidssnelheid en vindt een uitkomst die niet overeenkomt met de waarde in BiNaS.

3p **16** Voer de volgende opdrachten uit:

- Toon aan dat de berekende geluidssnelheid niet overeenkomt met die in BiNaS.
- Toon aan dat de gemeten frequentie geen boventoon kan zijn.



Figuur 10

Chiara en Michel gaan op zoek naar een andere verklaring. Bij een excursie in het Teylers Museum zien zij een set helmholtz-resonatoren uit de 19e eeuw. Deze werden gebruikt om te analyseren welke toonhoogtes in een stem voorkwamen.

Zie figuur 10 Eenmaal thuisgekomen vinden ze op internet een site over helmholtz-resonatoren en vinden de formule:

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{Vl}}$$

Hierin is:

- v de geluidssnelheid in m s^{-1} ;
- A het oppervlak van de resonatoropening in m^2 ;
- V het volume van de lucht in de resonator in m^3 ;
- l de lengte van de hals van de resonator in m .

1p 17 Beschrijf een methode om het volume van de lucht in de fles te meten.

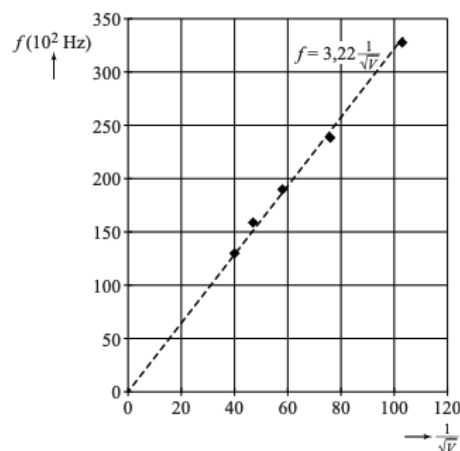
Chiara en Michel gaan deze formule op de fles toepassen. Voor hun fles meten ze: $A = 2,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ en $l = 0,070 \text{ m}$.

Verder meten ze de frequentie als functie van het volume. Zie tabel 2.

$V (10^{-6} \text{ m}^3)$	$f (10^2 \text{ Hz})$
94	3,3
172	2,4
298	1,9
448	1,6
630	1,3

Tabel 2

Ze laten een rekenprogramma op de computer een coördinaattransformatie toepassen. Daarna laten ze het programma een lijn (trendlijn) door de punten tekenen en de functie van die lijn bepalen. Zie figuur 11. De eenheid langs de horizontale as staat niet vermeld.



Figuur 11

- 2p **18** Leg uit wat de eenheid langs de horizontale as moet zijn.
- 4p **19** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de reden dat de lijn door de oorsprong moet gaan.
 - Bereken de geluidssnelheid met behulp van de gegeven functie.
 - Leg uit of Chiara en Michel mogen concluderen dat hun proef beschreven mag worden met de formule van Helmholtz.

Michel denkt dat dit geluid ontstaat doordat er in de fles een staande golf ontstaat met een knoop bij het wateroppervlak en een buik bij de flesopening. Met deze gegevens berekent Michel de geluidssnelheid en vindt een uitkomst die niet overeenkomt met de waarde in BiNaS.

- 1p **20** Geef de reden dat hierbij het aantal significante cijfers toeneemt.