

3 Vakspecifieke regels

Voor dit examen kunnen maximaal 79 scorepunten worden behaald.

Voor dit examen zijn de volgende vakspecifieke regels vastgesteld:

- 1 Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- 2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
 - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
 - een of meer rekenfouten
 - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 1 Parasaurolophus

1 **maximumscore 1**
antwoord: resonantie

2 **maximumscore 3**
voorbeeld van een berekening:
Voor de grondtoon bij een halfgesloten pijp geldt dat de lengte ℓ van de pijp gelijk is aan $\frac{1}{4}\lambda$. De golflengte van de grondtoon is dan gelijk aan $\lambda = 4\ell = 4 \cdot 1,8 = 7,2$ m. De frequentie van de grondtoon is dus

$$f = \frac{v_{\text{geluid}}}{\lambda} = \frac{343}{7,2} = 47,6 = 48 \text{ Hz.}$$

- inzicht dat $\ell = \frac{1}{4}\lambda$ 1
- gebruik van $f = \frac{v_{\text{geluid}}}{\lambda}$ met $v_{\text{geluid}} = 343 \text{ m s}^{-1}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

3 maximumscore 3

voorbeeld van antwoord:

De hoorn van de dino is halfgesloten, zodat de frequenties van de boventonen zich verhouden als 1:3:5: etc. De verhouding van de gegeven frequentie van $2,4 \cdot 10^2$ Hz ten opzichte van de grondtoon van 48 Hz is gelijk aan $\frac{240}{48} = 5$. Het gaat in dit geval dus om de tweede boventoon.

- inzicht dat de frequenties zich verhouden als 1:3:5 1
- berekenen van de verhouding $\frac{f_{\text{boventoon}}}{f_{\text{grondtoon}}}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Wanneer als antwoord gegeven wordt: $\frac{240}{48} = 5$, dus de vijfde of vierde boventoon: maximaal 1 scorepunt.

4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De hoorn van het vrouwelijk dier is korter, zodat de golflengte van de grondtoon kleiner is. De frequentie van de grondtoon is dus hoger (omdat geldt $f = \frac{v}{\lambda}$).

- inzicht dat de golflengte van de vrouwelijke hoorn kleiner is 1
- completeren van het antwoord 1

5 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De frequentie van de grondtoon is lager dan de frequentie van de boventonen. De golflengte van de grondtoon is dus groter dan de golflengte van de boventonen.

Er is gegeven dat het geluid de boom kan passeren als de golflengte van het geluid groter is dan de breedte van een boom, zodat grote golflengtes en derhalve lage frequenties hiervoor geschikt zijn. Dus zijn grondtonen beter geschikt om te communiceren dan boventonen.

- inzicht dat de grondtoon een grotere golflengte heeft dan een boventoon 1
- inzicht dat de golflengte van het geluid groter moet zijn dan de breedte van de boom 1
- consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor watervorming volgens theorie 2 moet de temperatuur laag (genoeg) zijn en moet het heelal dus koud zijn. Uit de tabel blijkt dat het lange tijd duurde voor de temperatuur van het heelal laag genoeg was.

(Dus Ewine heeft gelijk.)

- inzicht dat voor het quantum-tunneleffect de temperatuur laag genoeg moet zijn 1
- inzicht in het verband tussen de temperatuur en de leeftijd van het heelal 1

Elektrische tandenborstel

13 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de eerste meting geldt: $L = \frac{9}{2} \lambda$.

Dus geldt: $\lambda = \frac{2}{9} L = \frac{2}{9} \cdot 1,26 = 0,28 \text{ m}$.

Voor een spankracht geldt: $F = F_z = mg = 0,100 \cdot 9,81 = 0,981 \text{ N}$.

(Deze waarden zijn juist in de grafiek gezet.)

– Een recht evenredig verband wordt in een grafiek weergegeven als een rechte lijn door de oorsprong. In dit geval is hiervan geen sprake.

- inzicht dat voor de eerste meting geldt: $L = \frac{9}{2} \lambda$ 1
- completeren van de berekeningen 1
- inzicht dat de grafiek geen rechte lijn is / niet door de oorsprong gaat 1

Opmerkingen

- *Bij deze vraag hoeft geen rekening gehouden te worden met significantie.*
- *Bij deze vraag hoeven de eenheden niet genoemd te worden.*

14 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Door een rechte lijn door de punten te trekken, worden de fouten in de meetpunten uitgemiddeld.

Opmerking

Het antwoord 'Minder kans op meetfouten', niet goed rekenen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

15 maximumscore 4

uitkomst: $f = 2,8 \cdot 10^2$ Hz (met een marge van $0,1 \cdot 10^2$ Hz)

voorbeeld van een bepaling:

– Er geldt: $v = \lambda f$ met $v = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$.

Invullen levert: $\lambda f = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$, dus $\lambda^2 f^2 = \frac{F}{\rho_\ell}$.

Omschrijven levert: $\lambda^2 = \frac{F}{\rho_\ell f^2}$ of $\lambda^2 = \frac{1}{\rho_\ell f^2} F$.

De steilheid van de lijn komt dus overeen met $\frac{1}{\rho_\ell f^2}$.

– De steilheid bedraagt: $\frac{0,53}{5,0} = 0,106$ ($\text{m}^2 \text{N}^{-1}$).

Dus geldt: $f = \sqrt{\frac{1}{0,106 \cdot \rho_\ell}} = \sqrt{\frac{1}{0,106 \cdot 1,24 \cdot 10^{-4}}} = 2,8 \cdot 10^2$ Hz.

- inzicht dat $v = \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$ 1
- completeren van de afleiding 1
- bepalen van de steilheid van de lijn in de grafiek 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerkingen

- *Als de kandidaat een getekend punt neemt om de steilheid te bepalen, anders dan het punt bij 4 N, maximaal 3 scorepunten toekennen.*
- *Als de kandidaat de steilheid bepaalt met één punt op de lijn: uiteraard goed rekenen.*

16 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

- m groter maken;
- L kleiner maken.

per aanpassing 1

Opmerking

Als de kandidaat F noemt in plaats van m : niet aanrekenen.

Opgave 4 Getijdenresonantie

14 maximumscore 3

uitkomst:

$$v_{\max} = 3,7 \text{ (centimeter per minuut) (met een marge van } 0,5 \text{ (centimeter per minuut))}$$

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

$$\text{Er geldt: } v = \frac{\Delta u}{\Delta t}.$$

Aflezen uit de grafiek levert:

$$v = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{20}{16-7} = 2,22 \text{ m h}^{-1} = 3,7 \text{ centimeter per minuut.}$$

- inzicht dat de snelheid overeenkomt met de helling van de grafiek 1
- tekenen van de raaklijn bij $u = 0$ 1
- completeren van de bepaling 1

methode 2

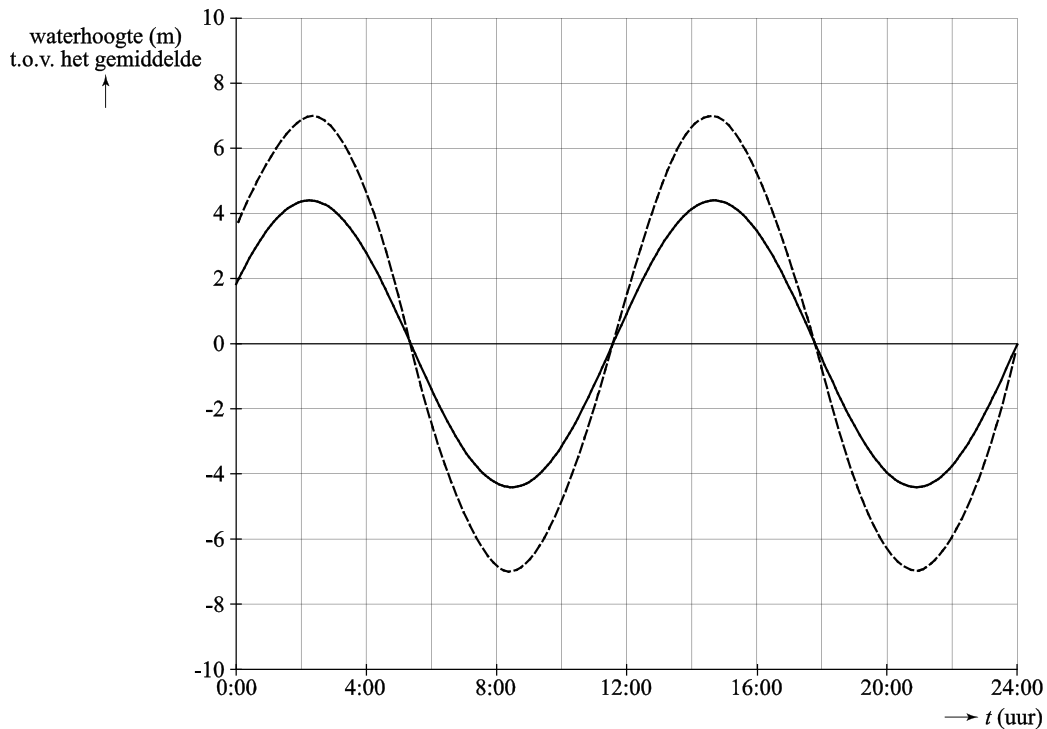
Voor de maximale snelheid geldt:

$$v_{\max} = \frac{2\pi A}{T} = \frac{2\pi \cdot 4,4}{12,4} = 2,23 \text{ m h}^{-1} = 3,7 \text{ centimeter per minuut.}$$

- inzicht dat $v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$ 1
- aflezen van A en T 1
- completeren van de berekening 1

15 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- de grafiek gaat op dezelfde tijdstippen door de nul als de gegeven grafiek 1
- de grafiek heeft de toppen op dezelfde tijdstippen als de gegeven grafiek 1
- de grafiek heeft een grotere amplitude dan de gegeven grafiek 1

Opmerking

Als de grafiek niet sinusvormig is: niet aanrekenen.

16 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

De baailengte is gelijk aan de afstand tussen een knoop en een buik en deze afstand komt overeen met een kwart golflengte. Dus is de golflengte 4 maal de baailengte

- inzicht dat de afstand tussen een knoop en een buik gelijk is aan een kwart golflengte 1
- completeren van de uitleg 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

17 maximumscore 3

uitkomst: $v = 26,9 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

Voor de golflengte geldt: $\lambda = 4 \cdot 300 \text{ km} = 1,20 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Voor de trillingstijd uit figuur 1 geldt: $T = 12,4 \text{ h} = 4,46 \cdot 10^4 \text{ s}$.

Invullen van $\lambda = vT$ levert: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1,20 \cdot 10^6}{4,46 \cdot 10^4} = 26,9 \text{ ms}^{-1}$.

- aflezen van T (met een marge van 0,2 h) 1
- gebruik van $\lambda = vT$ 1
- completeren van de bepaling 1

Opmerking

Als de kandidaat bij vraag 14, methode 2 de tijd T fout bepaald heeft en deze hier opnieuw gebruikt: niet aanrekenen.

18 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor een aan één kant gesloten systeem treedt de tweede resonantie op bij $L = \frac{3}{4} \lambda$. De waarde van L bij het tweede maximum is dus drie keer zo groot als bij het eerste maximum. (Dus geldt: $L = 3 \cdot 300 = 900 \text{ km}$.)

- inzicht dat de tweede resonantie ligt bij $L = \frac{3}{4} \lambda$ 1
- completeren van het antwoord 1

19 maximumscore 3

voorbeeld van een uitleg:

Doordat bij stijgen van de zeespiegel de golfsnelheid v toeneemt, wordt ook de resonantielengte $L = \frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} vT$ groter. Het maximum (verschuift dus naar rechts en) komt dichterbij de werkelijke lengte van 325 km van de Fundybaai. Hierdoor zal de versterkingsfactor in de Fundybaai toenemen, waardoor het getijdenverschil groter wordt. De bewoners aan de baai maken zich dus terecht ongerust.

- inzicht dat bij grotere golfsnelheid de resonantielengte toeneemt 1
- inzicht dat de resonantielengte dichterbij de werkelijke baailengte komt 1
- completeren van de uitleg 1

- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met ‘completeren van de berekening’, wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
- een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
 - een of meer rekenfouten
 - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 1 Mondharmonica

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 3 zijn minder trillingen te zien dan in figuur 2. De frequentie in figuur 3 is dus lager.

Het lipje bij gat A is langer dan het lipje bij gat B. Dus lipje A zal met een lagere frequentie trillen.

Dus gat A correspondeert met figuur 3.

- inzicht dat in figuur 3 de frequentie lager is dan in figuur 2 1
- inzicht dat het lipje bij gat A met een lagere frequentie trilt dan het lipje bij gat B 1
- completeren van de uitleg 1

2 maximumscore 3

antwoord: Bij figuur 2 hoort toon a1.

voorbeeld van een bepaling:

Uit figuur 2 is af te lezen dat er 8 trillingen zijn in 18,1 ms.

$$\text{Dus } T = \frac{18,1 \cdot 10^{-3}}{8} = 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ s. Dan is } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,26 \cdot 10^{-3}} = 4,4 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

Dit correspondeert volgens BINAS tabel 15C met de toon a1.

- bepalen van T uit figuur 2 (minimaal 5 trillingen gebruikt) 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en opzoeken van de toon in tabel 15C 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

3 maximumscore 3

uitkomst: $v = 18,8 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er ontstaat een knoop bij het vaste uiteinde en een buik bij het losse uiteinde. In de grondtoon geldt $\ell = \frac{1}{4}\lambda$.

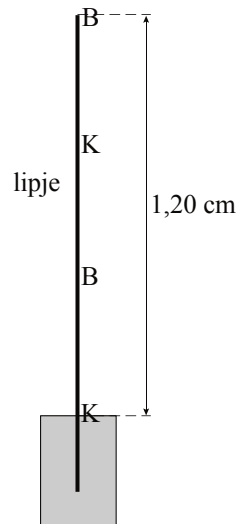
$$\frac{1}{4}\lambda = 1,20 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 4,80 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

$$\text{Er geldt: } v = f\lambda = 392 \cdot 4,80 \cdot 10^{-2} = 18,8 \text{ ms}^{-1}.$$

- inzicht dat $\ell = \frac{1}{4}\lambda$ 1
- gebruik van $v = f\lambda$ 1
- completeren van de berekening 1

4 maximumscore 2

antwoord:



- aangeven van een knoop bij het vaste uiteinde en een buik bij het losse uiteinde 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Als de kandidaten de buik aan het uiteinde boven de staaf tekent en/of de knopen en buiken niet gelijkmatig verdeelt, dit goed rekenen

Speeldoosje

17 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

De tijd voor 4 trillingen bedraagt: $t = 0,0091 - 0,0023 = 0,0068$ s.

De frequentie wordt daarmee: $f = \frac{4}{0,0068} = 588$ Hz = 0,59 kHz.

- bepalen van de trillingstijd 1
- completeren van de bepaling 1

18 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Als we ervan uitgaan dat de golfsnelheid in beide strips gelijk is, geldt de

volgende verhouding: $\lambda_1 f_1 = \lambda_7 f_7 \Leftrightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_7} = \frac{\ell_1}{\ell_7} = \frac{f_7}{f_1} = \frac{0,83}{0,59} = 1,4$.

Uit deze verhouding volgt dat strip 1 1,4 keer zo lang zou moeten zijn als strip 7. Uit de foto is op te maken dat dit niet het geval is (en dus kan de golfsnelheid in beide strips onmogelijk gelijk zijn).

- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- inzicht dat geldt $\frac{\ell_1}{\ell_7} = \frac{f_7}{f_1}$ 1
- completeren van de berekening 1

19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord.

(Een strip wordt opgetild en valt terug en trilt dan in zijn eigenfrequentie.)

De toonhoogte is niet afhankelijk van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen. Dus de toonhoogte van de melodie verandert niet.

- inzicht dat de toonhoogte niet afhankelijk is van het tempo waarmee de strips worden aangeslagen 1
- consequente conclusie 1

Opgave 3 Springdrum

12 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

3 trillingen komen overeen met 0,010 s.

Hieruit volgt: $T = \frac{0,010}{3} = 3,33 \cdot 10^{-3}$ s.

Voor de grondfrequentie geldt dus: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,33 \cdot 10^{-3}} = 3,0 \cdot 10^2$ Hz.

- aflezen van de trillingstijd uit de figuur 1
- uitrekenen van f 1

13 maximumscore 3

voorbeelden van een antwoord:

methode 1

De lengte van de veer bedraagt ongeveer 50 cm, dus de golflengte is ongeveer 40 cm.

In één trillingstijd legt de golf één golflengte af.

Invullen van $s = vt$ levert: $0,4 = 2T$.

Dus $T = 0,2$ s, en dus $f = 5$ Hz.

(Dus is de veronderstelling van Sandra onjuist.)

- schatten van λ 1
- inzicht dat in één trillingstijd de golf één golflengte aflegt 1
- consequente conclusie 1

methode 2

De lengte van de veer bedraagt ongeveer 50 cm, dus de golflengte is ongeveer 40 cm.

Bij een frequentie van 300 Hz geldt voor de golfsnelheid:

$v = f\lambda = 300 \cdot 0,40 = 1,2 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$.

(Dus is de veronderstelling van Sandra onjuist.)

- schatten van λ 1
- inzicht dat $v = f\lambda$ 1
- consequente conclusie 1

Opmerkingen

- *Als de leerling de lengte van de veer gelijkstelt aan één golflengte en niet aan $\frac{5}{4}$ golflengte: niet aanrekenen.*
- *De schatting van de golflengte mag liggen tussen 20 cm en 80 cm.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

14 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

De trillingsrichting van de longitudinale golf in de veer komt overeen met de trillingsrichting van het vel.

15 maximumscore 5

uitkomst: het is de 6e boventoon

voorbeeld van een berekening:

Voor de longitudinale golfsnelheid geldt: $v_L = 0,46 \cdot \sqrt{\frac{128}{0,015}} = 42,5 \text{ ms}^{-1}$.

Voor de golf geldt: $v = \lambda f$. Invullen levert: $\lambda = \frac{42,5}{300} = 0,142 \text{ m}$.

Voor de staande longitudinale golf geldt: $\ell = (2n-1)\frac{1}{4}\lambda$.

Invullen levert: $0,46 = (2n-1)\frac{1}{4} \cdot 0,142$.

Dit geeft $n = 7$. Het is dus de 6e boventoon.

- invullen van $v_L = \ell \cdot \sqrt{\frac{C}{m}}$ met $m = 0,015 \text{ kg}$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- inzicht dat $\ell = (2n-1)\frac{1}{4}\lambda$ 1
- completeren van de berekening 1
- noemen van de juiste boventoon 1

Opmerking

Als de kandidaat een rekenfout maakt en daardoor voor n een niet geheel getal krijgt, mag de kandidaat voor het noemen van de boventoon naar boven of naar beneden afronden. (Stel dat de kandidaat uit de berekening krijgt $n = 8,4$, dan mag de 8e boventoon goed gerekend worden en ook de 9e boventoon.)

Opgave 3 Xylofoon

10 maximumscore 3

uitkomst: $v = 1,72 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Voor de afstand PQ geldt: $PQ = \frac{1}{2} \lambda = 0,195 \text{ m} \rightarrow \lambda = 0,390 \text{ m}$.

De voortplantingssnelheid $v = f \lambda = 440 \cdot 0,390 = 1,72 \cdot 10^2 \text{ ms}^{-1}$.

- inzicht dat de lengte PQ gelijk is aan $\frac{1}{2} \lambda$ 1
- gebruik van $v = f \lambda$ 1
- completeren van de berekening 1

11 maximumscore 3

uitkomst: $l = 18,2 \text{ cm}$

voorbeeld van een berekening:

De voortplantingssnelheid van geluidsgolven in lucht bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$ is 343 m s^{-1} .

De golflengte $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 0,780 \text{ m} = 78,0 \text{ cm}$.

De lengte van de buis $= \frac{1}{4} \lambda - 1,3 \text{ cm} = 19,5 - 1,3 = 18,2 \text{ cm}$.

- gebruik van $v = f \lambda$ met $v = 343 \text{ m s}^{-1}$ 1
- inzicht dat de lengte van de buis $= \frac{1}{4} \lambda - 1,3 \text{ cm}$ 1
- completeren van de berekening 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

12 maximumscore 3

uitkomst: De verhouding is 50:1.

voorbeeld van een berekening:

methode 1

Zonder resonantiebuïs geldt voor het geluidsdrukniveau

$$L_{\text{zonder}} = 60 = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ met } I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2} \text{ zodat}$$

$$I_{\text{zonder}} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}.$$

Met resonantiebuïs geldt voor het geluidsdrukniveau

$$L_{\text{met}} = 77 \text{ dB en dat levert } I_{\text{met}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ W m}^{-2}.$$

De intensiteit is 50 maal zo groot geworden.

- gebruik van $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ met $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ 1
- berekenen van I_{met} of I_{zonder} 1
- completeren van de berekening 1

methode 2

De stijging van het geluidsdrukniveau $\Delta L = L_{\text{met}} - L_{\text{zonder}} = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$.

Invullen levert: $17 = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$ zodat $\frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}} = 50$.

De intensiteit met resonantiebuïs is dus 50 maal zo groot geworden.

- inzicht dat $\Delta L = L_{\text{met}} - L_{\text{zonder}} = 10 \log \frac{I_{\text{met}}}{I_{\text{zonder}}}$ 2
- completeren van de berekening 1

methode 3

Het geluidsniveau neemt $17 \text{ dB} = 10 + 10 - 3 \text{ dB}$ toe; 10 dB wil zeggen dat de intensiteit een factor 10 scheelt en 3 dB een factor 2.

In dit geval neemt de intensiteit dan met een factor $10 \times 10 : 2 = 50$ toe.

- inzicht dat het geluidsniveau $10 + 10 - 3 \text{ dB}$ toeneemt 1
- inzicht dat 10 dB een factor 10 in intensiteit scheelt en 3 dB een factor 2 1
- completeren van de berekening 1

Protonenweegschaal?

16 maximumscore 3

uitkomst: $v = 558 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

In de grondfrequentie geldt: $\ell = \frac{1}{2}\lambda$.

Hieruit volgt voor de golflengte: $\lambda = 2\ell = 2 \cdot 150 \cdot 10^{-9} = 300 \cdot 10^{-9} \text{ m}$.

Voor de golfsnelheid geldt dan: $v = \lambda f = 300 \cdot 10^{-9} \cdot 1,86 \cdot 10^9 = 558 \text{ ms}^{-1}$.

- inzicht dat in de grondfrequentie geldt: $\ell = \frac{1}{2}\lambda$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- completeren van de bepaling 1

17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De afname in resonantiefrequentie blijkt uit het minteken in de formule.
- De resonantiefrequentie neemt af. De golflengte in het nanobuisje verandert niet (de lengte van het nanobuisje blijft immers gelijk). Dus zal de golfsnelheid afnemen.

- inzicht dat de afname blijkt uit het minteken in de formule 1
- inzicht dat de golflengte constant blijft 1
- completeren van het antwoord 1

18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

Voor de massa van een naftaleenmolecuul geldt:

$$m_{\text{C}_{10}\text{H}_8} = 128 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 2,12 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

Invullen in de formule levert:

$$\Delta f = \frac{-\Delta m}{2m_{\text{nano}}} \cdot f_0 = \frac{-5 \cdot 2,12 \cdot 10^{-25}}{2 \cdot 6,2 \cdot 10^{-22}} \cdot 1,86 \cdot 10^9 = -1,6 \cdot 10^6 \text{ Hz.}$$

Dit komt overeen met de waarde in de grafiek op $t = 8,8 \text{ s}$.

- gebruik van $\Delta f = \frac{-\Delta m}{2m_{\text{nano}}} \cdot f_0$ 1
- omrekenen van de massa van het molecuul van u naar kg 1
- completeren van de berekening 1
- aflezen van de grafiek en consequente conclusie 1

Opmerking

In deze vraag hoeft uiteraard geen rekening gehouden te worden met significantie.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

19 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

In figuur 5 is te zien dat de frequentieverandering afhankelijk is van de plaats waar het naftaleenmolecuul vasthecht op het nanobuisje. Als dit meer bij de uiteinden van het buisje plaatsvindt, zal Δf kleiner zijn.

- inzicht in de betekenis van figuur 5 1
- inzicht dat de moleculen op verschillende plaatsen op het buisje vasthechten 1

20 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De massa van een proton is een factor 128 kleiner dan de massa van een naftaleenmolecuul. Dus is Δf ook dezelfde factor kleiner.

Dit geeft voor Δf van één proton: $\Delta f = \frac{-3,2 \cdot 10^5}{128} = -2,5 \cdot 10^3 \text{ Hz}$.

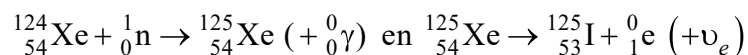
Deze Δf is (veel) kleiner dan de ruis (variatie) in de frequentieverandering. De massa van één enkel proton is dus niet meetbaar.

- inzicht dat in de formule voor Δm de protonmassa gebruikt moet worden 1
- inzicht dat Δf een factor 128 kleiner wordt / berekenen van Δf voor één proton 1
- vergelijken van deze frequentieverandering met de ruis en conclusie 1

Inwendige bestraling

21 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:



- inzicht dat bij de eerste reactie het neutron links van de pijl staat en dat Xe-125 (met een gammafoton) gevormd wordt 1
- de tweede reactie met I-125 als eindproduct 1
- kloppende reactievergelijkingen 1

Opmerking

Als de tweede reactievergelijking met K-vangst opgesteld is: goed rekenen.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Onderzoek naar geluid uit een fles

1 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Aflezen uit figuur 1 levert: $4,5T = 19,2 - 0,4 = 18,8$ ms. Dus: $T = 4,18$ ms.

Dit levert: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4,18 \cdot 10^{-3}} = 239$ Hz = $2,4 \cdot 10^2$ Hz.

- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ en aflezen van T 1
- completeren van het antwoord 1

2 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

– Voor de geluidssnelheid geldt: $v = f\lambda = 2,4 \cdot 10^2 \cdot 4 \cdot 0,13 = 125$ ms⁻¹.

Volgens BiNaS is de geluidssnelheid 343 m s⁻¹ bij kamertemperatuur. (Klopt dus niet.)

– Een boventoon heeft een kleinere golflengte, dat zou resulteren in een nog kleinere geluidssnelheid.

- gebruik van $v = f\lambda$ met $\lambda = 4d$ 1
- completeren van de berekening 1
- inzicht dat uit een kleinere golflengte bij gelijke frequentie een kleinere geluidssnelheid volgt 1

3 maximumscore 1

voorbeelden van een antwoord:

– De massa bepalen van de fles zonder water. Hierna de fles vullen met water en het volume van dit water bepalen. Het massaverschil omrekenen naar volume.

– De fles verder vullen met water en deze hoeveelheid bepalen.

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

4 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Voor de eenheid van volume geldt: $[V] = \text{m}^3$.

Dus geldt voor de eenheid langs de horizontale as:

$$\left[\frac{1}{\sqrt{V}} \right] = [V^{-\frac{1}{2}}] = (\text{m}^3)^{-\frac{1}{2}} = \text{m}^{-\frac{3}{2}}.$$

- inzicht dat $\frac{1}{\sqrt{V}} = V^{-\frac{1}{2}}$ 1
- completeren van het antwoord 1

Opmerking

Het antwoord $\frac{1}{\sqrt{\text{m}^3}}$ goed rekenen.

5 maximumscore 4

voorbeelden van een antwoord:

- Deze coördinaattransformatie wordt gedaan om een rechte lijn te krijgen. Uit de formule blijkt dat $f \sim \frac{1}{\sqrt{V}} \sim V^{-\frac{1}{2}}$. Dus is het verband een rechte lijn door de oorsprong. / Met deze coördinaattransformatie wil je de formule $y = ax + b$ vergelijken met de formule van Helmholtz. Dan geldt: $b = 0$.

- De formule van Helmholtz is om te schrijven als: $f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}} \sqrt{\frac{1}{V}}$.

Dus geldt: $3,22 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}} = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{2,54 \cdot 10^{-4}}{0,070}}$. Dit levert: $v = 336 \text{ ms}^{-1}$.

- De meetpunten liggen ongeveer op een rechte lijn en de helling van de lijn levert een geluidssnelheid die niet veel afwijkt van de literatuurwaarde in BiNaS. Dus ze mogen deze conclusie trekken.

- inzicht in het recht evenredig verband $f \sim \frac{1}{\sqrt{V}} \sim V^{-\frac{1}{2}}$ 1
- inzicht dat $3,22 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{\ell}}$ 1
- completeren van de berekening van v 1
- constateren dat de waarde voor de geluidssnelheid overeenkomt met de literatuurwaarde en conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

6 maximumscore 1

voorbeeld van een antwoord:

Door de best passende rechte lijn (door de oorsprong) te tekenen, worden de meetfouten uitgemiddeld en is het resultaat nauwkeuriger dan de meetwaarden afzonderlijk.

Thalliumscintigrafie

7 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De eerste reactie is: ${}_{81}^{203}\text{Tl} + {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_{82}^{201}\text{Pb} + 3 \cdot {}_0^1\text{n}$.

De tweede reactie is: ${}_{82}^{201}\text{Pb} \rightarrow {}_{81}^{201}\text{Tl} + {}_1^0\text{e} (+\nu_e)$.

- bij de eerste reactie ${}_{81}^{203}\text{Tl}$ en ${}_1^1\text{p}$ links van de pijl 1
- inzicht dat er in de eerste reactie 3 neutronen ontstaan 1
- inzicht dat er in de tweede reactie sprake is van β^+ -verval 1
- kloppende atoomnummers en massagetallen in beide reacties 1

Opmerking

In de reactievergelijkingen hoeft niet op de aanwezigheid van een γ -foton gelet te worden.

8 maximumscore 2

voorbeeld van een antwoord:

Als er naast de γ -straling ook α -straling of β -straling vrijkomt, kan deze (grotendeels) in het lichaam geabsorbeerd worden. Hierdoor is de kans dat er stralingschade op zal treden groter.

- inzicht dat α -straling en β -straling in het lichaam geabsorbeerd worden 1
- inzicht in de kans op schade door α -straling en β -straling 1

- 2 De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- 3 Het laatste scorepunt, aangeduid met 'completeren van de berekening', wordt niet toegekend in de volgende gevallen:
 - een fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst
 - een of meer rekenfouten
 - het niet of verkeerd vermelden van de eenheid van een uitkomst, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is. In zo'n geval staat in het beoordelingsmodel de eenheid tussen haakjes.
- 4 Het laatste scorepunt wordt evenmin toegekend als juiste antwoordelementen foutief met elkaar worden gecombineerd of als een onjuist antwoordelement een substantiële vereenvoudiging van de berekening tot gevolg heeft.
- 5 In het geval van een foutieve oplossingsmethode, waarbij geen of slechts een beperkt aantal deelscorepunten kunnen worden toegekend, mag het laatste scorepunt niet worden toegekend.

4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

Opgave 1 Duimpiano

1 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

Uit figuur 3 kan de trillingstijd bepaald worden.

Dit levert: $10T = 0,019 \rightarrow T = 0,0019 \text{ s}$.

Voor de frequentie geldt: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,0019} = 526 \text{ Hz}$.

Dus de opname is van strip 2 (C'').

- aflezen van de trillingstijd uit de figuur 1
- gebruik van $f = \frac{1}{T}$ 1
- completeren van de bepaling en consequente conclusie 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

2 maximumscore 4

uitkomst: $v = 61 \text{ ms}^{-1}$

voorbeeld van een bepaling:

De lengte van strip 3 kan bepaald worden in de figuur op de uitwerkbijlage:

$l = 44 \text{ mm}$.

Er geldt hier: $l = \frac{1}{4}\lambda$. Dit levert: $\lambda = 4 \cdot 0,044 = 0,176 \text{ m}$.

Voor de golfsnelheid geldt dan: $v = \lambda f = 0,176 \cdot 349 = 61 \text{ ms}^{-1}$.

- opmeten van de lengte van strip 3 (met een marge van 1,0 mm) 1
- inzicht dat geldt: $l = \frac{1}{4}\lambda$ 1
- gebruik van $v = \lambda f$ 1
- completeren van de bepaling 1

3 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

De toonhoogten van strip 3 en strip 4 “liggen één octaaf uit elkaar”. Dit betekent dat de frequentie van strip 4 twee keer zo hoog is als de frequentie van strip 3. Zie hiervoor ook de tabel.

Voor de frequenties geldt de verhouding: $\frac{f_4}{f_3} = \frac{698}{349} = 2,00$.

Er geldt een omgekeerd evenredig verband tussen de frequentie en de golflengte. Als de golfsnelheden gelijk zijn, moet dus gelden: $\frac{f_4}{f_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_4}$.

Opmeten in de figuur op de uitwerkbijlage van de lengtes van strip 3 en 4 levert: $l_3 = 44 \text{ mm}$ en $l_4 = 30 \text{ mm}$.

Voor de verhouding van de golflengten geldt dan: $\frac{\lambda_3}{\lambda_4} = \frac{\frac{1}{4}\lambda_3}{\frac{1}{4}\lambda_4} = \frac{l_3}{l_4} = \frac{44}{30} = 1,5$.

De verhoudingen zijn niet gelijk. Dus zijn de golfsnelheden niet gelijk.

- inzicht dat geldt $\frac{f_4}{f_3} = 2,00$ 1
- inzicht dat bij gelijke golfsnelheid geldt $\frac{f_4}{f_3} = \frac{\lambda_3}{\lambda_4} = \frac{l_3}{l_4}$ 1
- opmeten van de lengten van strip 3 en strip 4 op de uitwerkbijlage 1
- completeren van het antwoord 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

4 maximumscore 2

voorbeeld van een uitleg:

De grootheden langs de assen van een grafiek zijn recht evenredig met elkaar als de lijn door de punten een rechte lijn door de oorsprong is.

Alleen in grafiek 4c is hiervan sprake. Er is dus een recht evenredig verband tussen v en \sqrt{f} .

- inzicht dat een recht evenredig verband in grafiekvorm een rechte lijn door de oorsprong betekent 1
- completeren van de uitleg 1

Opgave 2 Ouderdomsbepaling

5 maximumscore 3

uitkomst: $t = 34 \cdot 10^3$ jaar

voorbeeld van een berekening:

Voor de activiteit van het 'oude' hout geldt:

$$A(t) = \frac{326}{24 \cdot 3600} = 3,77 \cdot 10^{-3} \text{ Bq.}$$

Er geldt $A(t) = A(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$. Hierin is $t_{\frac{1}{2}} = 5,7 \cdot 10^3$ jaar.

Voor de activiteit van het verse hout geldt: $A(0) = 0,231 \text{ Bq.}$

Invullen levert: $t = 34 \cdot 10^3$ jaar.

- inzicht dat $A(t) = A(0) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}}$ met $t_{\frac{1}{2}} = 5,7 \cdot 10^3$ jaar 1
- inzicht dat voor de activiteit van het oude hout geldt $A(t) = \frac{326}{24 \cdot 3600}$ 1
- completeren van de berekening 1

6 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

De reactievergelijking van de kernreactie is: ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$.

(Dus het atoom waarmee de reactie plaatsvindt is N.)

- neutron links van de pijl, ${}^{14}\text{C}$ rechts van de pijl 1
- proton rechts van de pijl 1
- kloppende reactievergelijking 1