

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

### Opgave 3 Ukelele

**11 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

De lengte van alle snaren is gelijk. De golflengte in de verschillende snaren is dus ook bij elke snaar gelijk. De frequentie van de tonen zijn echter niet gelijk. Uit  $v = \lambda f$  volgt dat de golfsnelheid in de snaren dan niet gelijk kan zijn.

- inzicht in een gelijke golflengte bij elke snaar 1
- completeren van de uitleg 1

**12 maximumscore 2**

uitkomst:  $f = 1,32 \text{ kHz}$

voorbeeld van een bepaling:

Er is sprake van twee vaste uiteinden en dus verhouden de frequenties van de grondtoon en de boventonen zich tot elkaar als 1 : 2 : 3 : enz.

In onderstaande tabel staan de grondtoon en boventonen weergegeven:

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
3	330 Hz	660 Hz	990 Hz	1320 Hz
4	440 Hz	880 Hz	1320 Hz	1760 Hz

De derde boventoon van snaar 3 heeft dus dezelfde frequentie als de tweede boventoon van snaar 4.

Voor die frequentie geldt:  $f = 4 \cdot 330 = 3 \cdot 440 = 1320 \text{ Hz} = 1,32 \text{ kHz}$ .

- inzicht dat de frequenties zich verhouden als 1 : 2 : 3 : enz. 1
- completeren van de bepaling 1

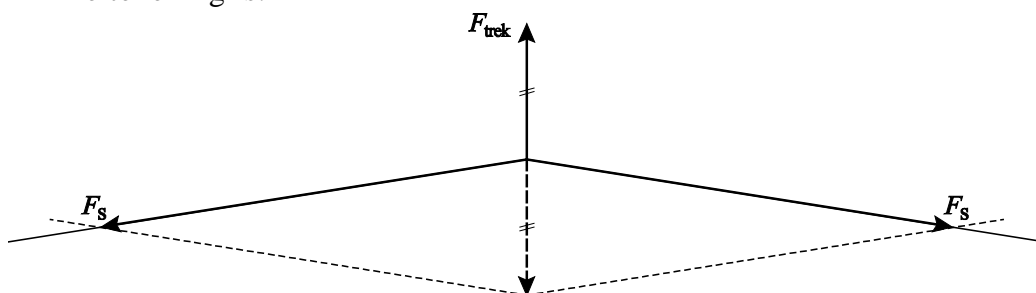
Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**13 maximumscore 5**

uitkomst:  $F = 33 \text{ N}$

voorbeeld van een antwoord:

– De tekening is:



– Voor de hoek van de snaar met de horizontaal geldt:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1,0}{17,5}\right) = 3,27^\circ.$$

De spankracht is te berekenen met:  $\sin \alpha = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{F_{\text{span}}}$ .

$$\text{Dus geldt: } F_{\text{span}} = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{\sin \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 3,8}{\sin(3,27^\circ)} = 33 \text{ N}.$$

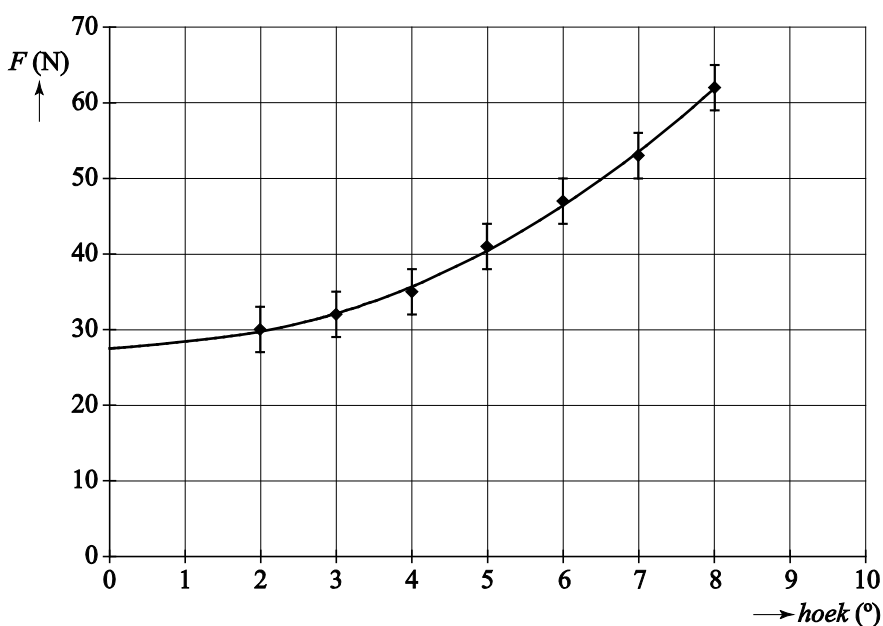
- tekenen van de spankracht aan minstens één zijde van de snaar 1
- inzicht dat de resulterende kracht op de snaar gelijk is aan 0 N 1
- berekenen van de hoek van de snaar en de horizontaal 1
- inzicht dat geldt  $F_{\text{span}} = \frac{\frac{1}{2} F_{\text{trek}}}{\sin \alpha}$  1
- completeren van de berekening 1

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

**14 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- De snaar is voorgespannen. Om die reden zal de grafiek niet door de oorsprong gaan.
- Door de meetpunten kan een vloeiende kromme getrokken worden. Het resultaat daarvan is:



Het snijpunt met de verticale as geeft de spankracht van de snaar als er niet aan getrokken wordt:  $F_{span} = 27 \text{ N}$ .

- inzicht dat de snaar is voorgespannen 1
- tekenen van een vloeiende (niet rechte) kromme door de meetpunten 1
- aflezen van de spankracht (met een marge van 2 N) 1

*Opmerking*

*Als de kandidaat een rechte lijn trekt door de punten: maximaal één scorepunt toekennen.*

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

**15 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

Er geldt:  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ . Invullen levert:  $\lambda f = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} \rightarrow F = \frac{\lambda^2 f^2 m}{\ell}$ .

Ook geldt:  $m = \rho V$ . Voor het volume van de snaar geldt:  $V = \frac{1}{4}\pi d^2 \ell$ .

Dit geeft:  $m = \rho \frac{1}{4}\pi d^2 \ell$ . Invullen geeft de gevraagde formule:

$$F = \frac{\lambda^2 f^2 \rho \frac{1}{4}\pi d^2 \ell}{\ell} = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4}$$

- gebruik van  $v = \lambda f$  1
- gebruik van  $m = \rho V$  met  $V = \frac{1}{4}\pi d^2 \ell$  1
- completeren van de afleiding 1

**16 maximumscore 3**

uitkomst:  $F = 28 \text{ N}$

voorbeeld van een bepaling:

Er geldt:  $\lambda = 2\ell = 2 \cdot 0,350 = 0,700 \text{ m}$ .

Invullen levert:

$$F = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4} = \frac{(0,700)^2 \cdot 392^2 \cdot \pi \cdot (0,65 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,14 \cdot 10^3}{4} = 28 \text{ N}$$

- inzicht dat  $\lambda = 2\ell$  1
- gebruik van  $F = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4}$  met  $\rho = 1,14 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  1
- completeren van de bepaling 1

**17 maximumscore 2**

uitkomst:  $\frac{F_{\text{gitaar}}}{F_{\text{ukelele}}} = 3,40$

voorbeeld van een bepaling:

De enige factor in formule (2) die verandert is de golflengte.

De verhouding tussen de golflengten is:  $\frac{\lambda_{\text{gitaar}}}{\lambda_{\text{ukelele}}} = \frac{64,5}{35,0} = 1,843$ .

Voor de verhouding tussen de spankrachten geldt dan:

$$\frac{F_{\text{gitaar}}}{F_{\text{ukelele}}} = (1,843)^2 = 3,40$$

- inzicht dat alleen de verhouding tussen  $\lambda^2$  een rol speelt 1
- completeren van de bepaling 1