

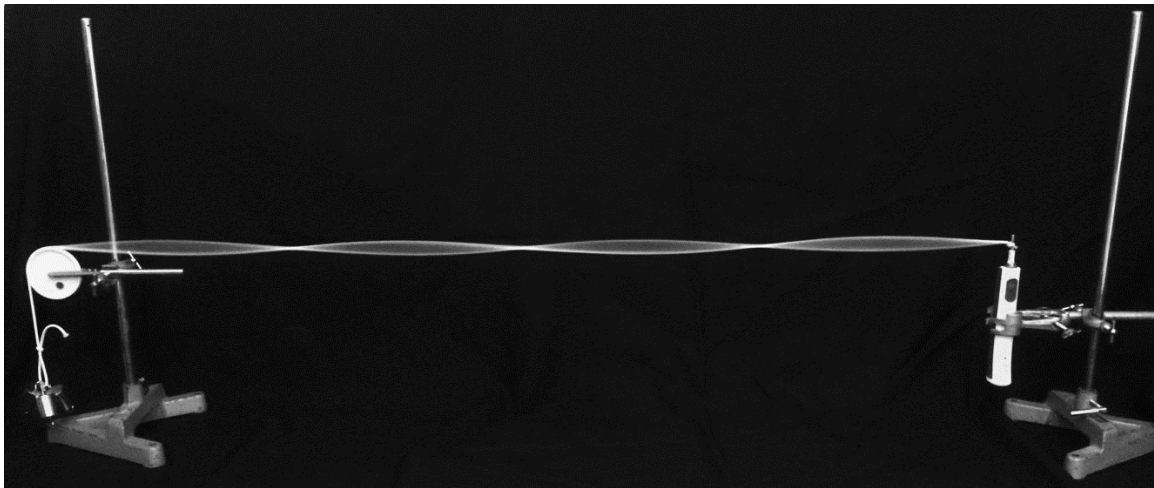
## Elektrische tandenborstel

Figuur 1 is een foto van een elektrische tandenborstel. Hierin is een trilmechanisme verwerkt. Ludo wil de frequentie waarmee dit trilmechanisme trilt bepalen. Hij bouwt hiertoe de opstelling zoals weergegeven in figuur 2. De tandenborstel is hier in een statief geklemd en het borsteltje is verwijderd. Aan het trillende deel van het apparaat is een koord bevestigd, dat over een katrol is gelegd en strak wordt gehouden door het gewicht van een aantal blokjes met een totale massa  $m$ . Als Ludo de tandenborstel aanzet, kan er een staande golf ontstaan in het koord.

figuur 1



figuur 2



Ludo bepaalt voor een aantal waarden van  $m$  steeds de lengte  $L$  en het aantal buiken  $n$ .  $L$  is de afstand van de tandenborstel tot de katrol. Zijn meetresultaten staan in de tabel hieronder.

$m$ (kg)	$L$ (m)	$n$
0,100	1,26	9
0,200	1,50	6
0,300	1,44	5
0,400	1,62	5
0,500	1,43	4

Van de meetresultaten maakt Ludo de grafiek van figuur 3, waarin hij de golflengte  $\lambda$  uitzet tegen de spankracht  $F$  in het koord.

- 3p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- Laat met een berekening zien dat de waarden van de eerste meting ( $m = 0,100 \text{ kg}$ ) juist in de grafiek zijn gezet.
  - Geef aan hoe uit de grafiek volgt dat er geen recht evenredig verband is tussen de golflengte en de spankracht.

Voor de voortplantingssnelheid van een transversale golf in een koord geldt:

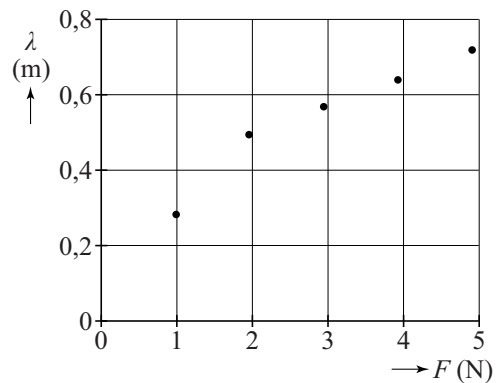
$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho_\ell}}$$

Hierin is:

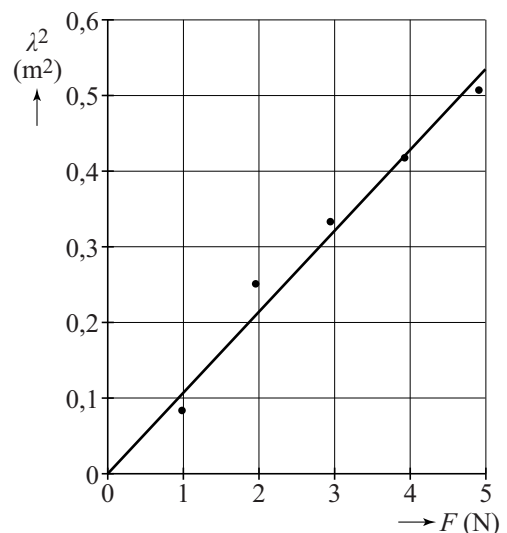
- $v$  de voortplantingssnelheid (in  $\text{m s}^{-1}$ );
- $F$  de spankracht (in N);
- $\rho_\ell$  de lineaire massadichtheid van het koord (in  $\text{kg m}^{-1}$ ).

Voor de verdere verwerking van zijn meetresultaten maakt Ludo een grafiek waarbij hij  $\lambda^2$  uitzet tegen de spankracht  $F$ . Daarna trekt hij een rechte lijn, die zo goed mogelijk door de punten gaat. Het resultaat is in figuur 4 weergegeven. Met behulp van de rechte lijn bepaalt hij de frequentie van het trilmechanisme van de elektrische tandenborstel.

**figuur 3**



**figuur 4**



- 1p **14** Waarom is het nauwkeuriger om de rechte lijn te gebruiken dan één van de meetpunten?

Het koord heeft een lineaire massadichtheid van  $1,24 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^{-1}$ .

- 4p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid onder andere met de gegeven formule af, dat de steilheid van de  $(\lambda^2, F)$ -grafiek gelijk is aan  $\frac{1}{\rho_\ell f^2}$ .
  - Bepaal met behulp van deze steilheid de frequentie van het trilmechanisme van de elektrische tandenborstel die uit deze metingen volgt.

Ludo wil bij dezelfde frequentie minder knopen en buiken laten ontstaan in dit koord.

- 2p **16** Noem twee grootheden die Ludo daartoe kan aanpassen en geef van beide grootheden apart aan of die groter of kleiner moeten worden.