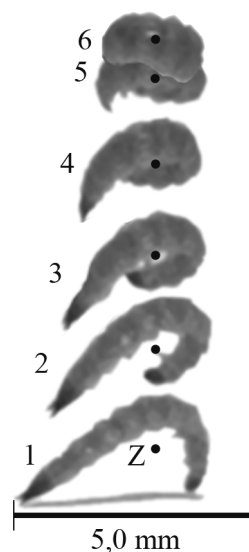


## Springende larven

Onderzoekers hebben ontdekt dat de larven van een bepaalde kever zeer hoog kunnen springen in verhouding tot hun lengte. John en Imani onderzoeken dit.

Van een sprong is een stroboscopische foto gemaakt. Zie figuur 1. De larve is zes keer gefotografeerd tijdens de sprong. Het zwaartepunt  $Z$  van de larve is in ieder beeld aangegeven.

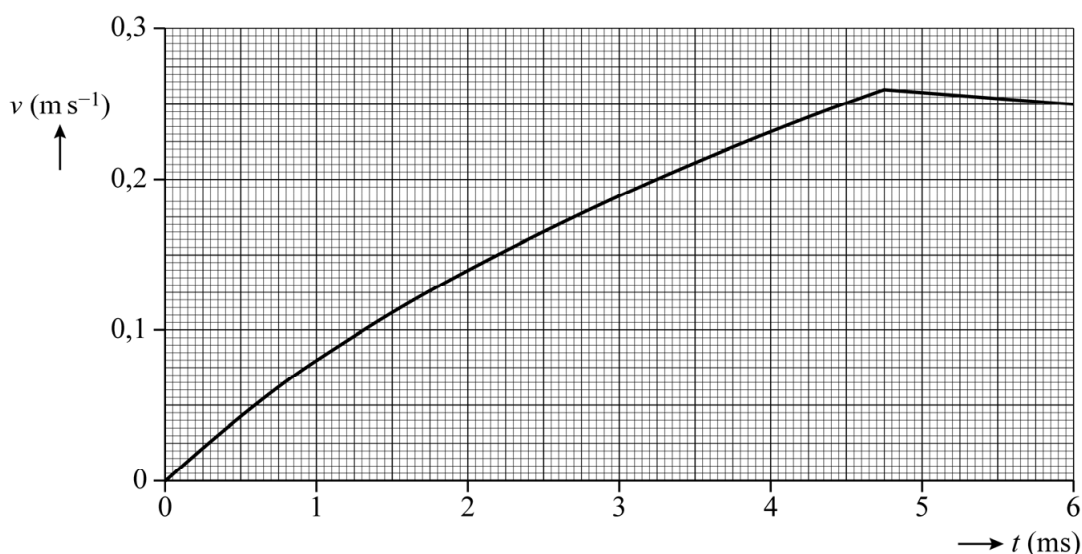
figuur 1



- 4p 14 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de gemiddelde snelheid van de larve tussen het moment van loskomen van de grond (1) en het bereiken van het hoogste punt (6). Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Imani maakt een  $(v, t)$ -diagram van de snelheid tijdens het begin van de sprong. Het resultaat staat in figuur 2.

figuur 2



Imani wil met behulp van het diagram het vermogen van de larve gaan bepalen. Hiervoor heeft ze de gemiddelde resulterende kracht  $F_{\text{res, gem}}$  over de hele afzet nodig. Ze bepaalt daarvoor de afstand waarover de larve zich heeft afgezet.

Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 2p 15 Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage uit hoe Imani deze afstand heeft bepaald. Laat in de figuur zien hoe Imani aan haar antwoord komt. Je hoeft deze bepaling niet uit te voeren.

Imani heeft de afzetafstand bepaald op 0,72 mm. De massa van deze soort larve is  $1,3 \cdot 10^{-6}$  kg. Uit een energiebeschouwing met de maximale snelheid  $v_e$  volgt dat de gemiddelde resulterende kracht  $F_{\text{res gem}}$  gelijk is aan  $6,1 \cdot 10^{-5}$  N.

- 3p **16** Toon dit aan met figuur 2 en de relatie tussen arbeid en kinetische energie.

John verwaarloost de zwaartekracht ten opzichte van de afzetkracht. Dus hij gebruikt  $F_{\text{res}} = -F_{\text{afzet}}$ .

John constateert dat de resulterende kracht niet constant is tijdens de afzet. Hij vraagt zich af of hij de springende larve kan modelleren als een veer. Als de larve zich gedraagt als een gespannen veer die zich ontspant tijdens de afzet, zou er moeten gelden dat de maximale resulterende kracht  $F_{\text{res max}}$  twee keer zo groot is als de gemiddelde resulterende kracht  $F_{\text{res gem}}$ . Hij vindt het model acceptabel als blijkt dat de verhouding van die krachten tussen 1,5 en 2,5 uitkomt.

Figuur 2 staat nogmaals op de uitwerkbijlage.

- 5p **17** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale versnelling tijdens de afzet. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
  - Bereken  $F_{\text{res max}}$  tijdens de afzet.
  - Toon aan dat de larve zich binnen de marge van John volgens het model van een veer gedraagt.

Tot slot willen John en Imani het specifieke vermogen van een mens en van een larve tijdens een verticale sprong vergelijken. Het specifieke vermogen  $P_{\text{spec}}$  is het vermogen per kilogram lichaamsmassa. Voor een gemiddelde mens geldt:  $P_{\text{spec}} = 3,3$  W per kilogram lichaamsmassa.

De massa van de larve is  $1,3 \cdot 10^{-6}$  kg. Tijdens de afzet tot het loskomen van de grond is de gemiddelde snelheid van de larve  $0,14 \text{ ms}^{-1}$  en is de gemiddelde resulterende kracht  $F_{\text{res gem}} = 6,1 \cdot 10^{-5}$  N.

- 4p **18** Bereken hoeveel keer zo groot  $P_{\text{spec}}$  van de larve is tijdens de afzet ten opzichte van  $P_{\text{spec}}$  van een mens.