

Examen HAVO

2025

tijdvak 1
vrijdag 9 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 76 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

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

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.

Een kaval is een Turkse herdersfluit. Zie figuur 1.

figuur 1



De lucht in de fluit wordt in trilling gebracht door over een mondstuk heen te blazen.

Jeroen ziet op internet een filmpje van een kaval en besluit deze fluit te onderzoeken. Uit het filmpje blijkt dat de kaval 700 mm lang is. Hij vergelijkt het geluid van de kaval met zuivere tonen uit een toongenerator en ontdekt dat 277 Hz de laagste toonhoogte is die de kaval kan produceren.

Jeroen beschouwt de kaval als een buis met twee open uiteindes. Hij neemt aan dat de luchttemperatuur 20 °C is. Hij berekent dat de laagst mogelijke toon dan 245 Hz is.

3p **1** Toon dat aan met een berekening.

Jeroen gaat uitzoeken waarom de toon in werkelijkheid hoger is dan hij heeft berekend. Hij onderzoekt drie mogelijke verklaringen.

Hij vraagt zich als eerste af of hij de kaval beter kan modelleren als een buis met één open en één gesloten uiteinde in plaats van een buis met twee open uiteinden.

4p **2** Voer de volgende opdrachten uit:

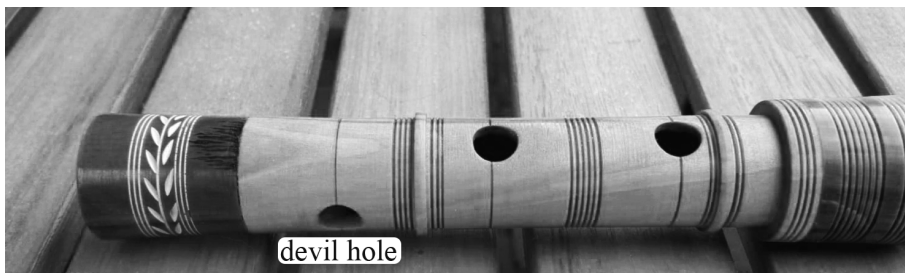
- Geef op de uitwerkbijlage voor beide modellen het patroon van knopen (K) en buiken (B) dat hoort bij de grondtoon.
- Leg aan de hand van dit patroon uit dat het verschil tussen de gemeten en berekende laagste toonhoogte van de kaval niet verklaard kan worden door de keuze voor dit model.

Jeroens tweede verklaring voor het verschil in toonhoogte is dat de luchttemperatuur tijdens de meting niet gelijk was aan $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hij gebruikt weer het model met twee open uiteinden. Hij berekent dat de geluidssnelheid dan 387 m s^{-1} geweest moet zijn.

- 2p 3 Leg met behulp van het informatieboek uit dat ook deze verklaring niet goed kan zijn.

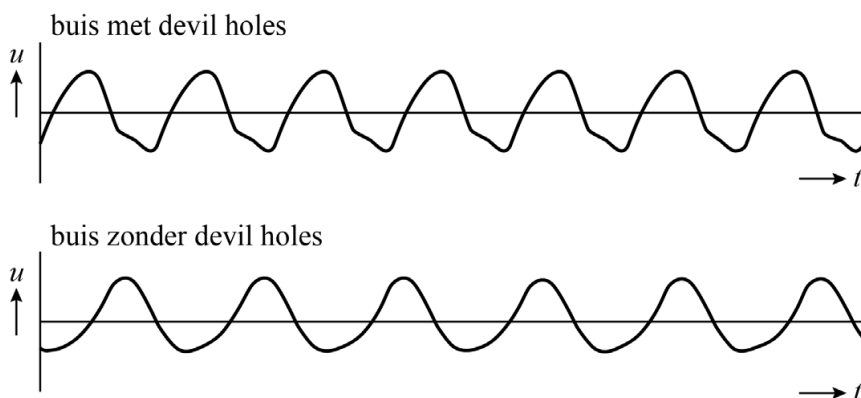
Jeroens derde verklaring heeft te maken met extra gaten aan het uiteinde van de kaval die niet met de vingers worden gesloten, de zogenaamde devil holes. Zie figuur 2.

figuur 2



Devil holes zorgen voor boventonen en kunnen ook invloed hebben op de hoogte van de grondtoon. Om de invloed van de devil holes te onderzoeken, neemt Jeroen twee even lange buizen. Hij boort in één buis devil holes. Hij maakt voor beide buizen een (u, t) -diagram van de laagste toon. Voor de buis zonder devil holes is de laagste toon 245 Hz . Zie figuur 3. Er staan geen waarden bij de assen, maar de tijdschaal is voor beide diagrammen gelijk.

figuur 3



- 4p 4 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie van de laagste toon van de buis met devil holes.
 - Geef aan of devil holes een aannemelijke verklaring kunnen zijn voor het verschil tussen gemeten ($f = 277\text{ Hz}$) en berekende ($f = 245\text{ Hz}$) laagste toonhoogte van de echte kaval.

Papieren schakelingen

Het materiaal van de stift van een potlood is elektrisch geleidend. Een potloodlijn die op papier getekend is, is daardoor ook elektrisch geleidend en werkt als een draad met weerstand.

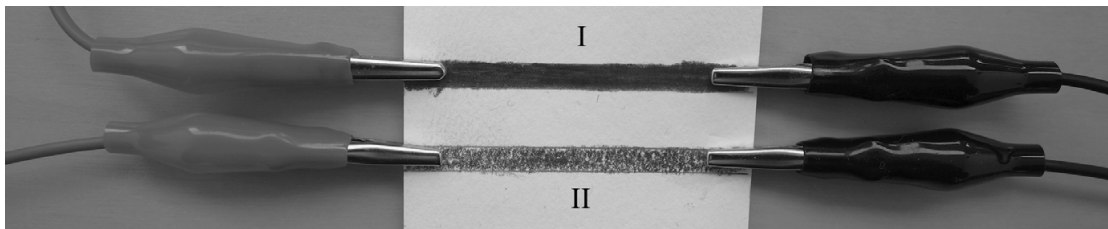
Er bestaan verschillende soorten potloden. De stift van ieder potlood bestaat uit een mix van grafiet en vulmiddel. Harde 'H' potloden bevatten veel vulmiddel en weinig grafiet, zachte 'B' potloden bevatten weinig vulmiddel en veel grafiet. De soortelijke weerstand van het vulmiddel is $2,5 \cdot 10^2 \Omega \text{m}$.

Theo en Rob hebben een artikel gelezen over op papier getekende draden en gaan hier onderzoek naar doen. Ze willen een potloodlijn met een zo klein mogelijke weerstand tekenen.

- 3p **5** Leg met behulp van het informatieboek uit of Theo en Rob voor een hard (H) of een zacht (B) potlood moeten kiezen.

Theo en Rob hebben elk een potloodlijn getekend met hetzelfde potlood. Beide lijnen zijn gelijk in lengte en breedte. Ze meten de elektrische weerstand met een multimeter. De multimeter is met zogenaamde krokodillenklemmen verbonden met de potloodlijn. De potloodlijn van Theo (I) is met een dikkere laag getekend en daardoor donkerder gekleurd dan de lijn van Rob (II). Zie figuur 1.

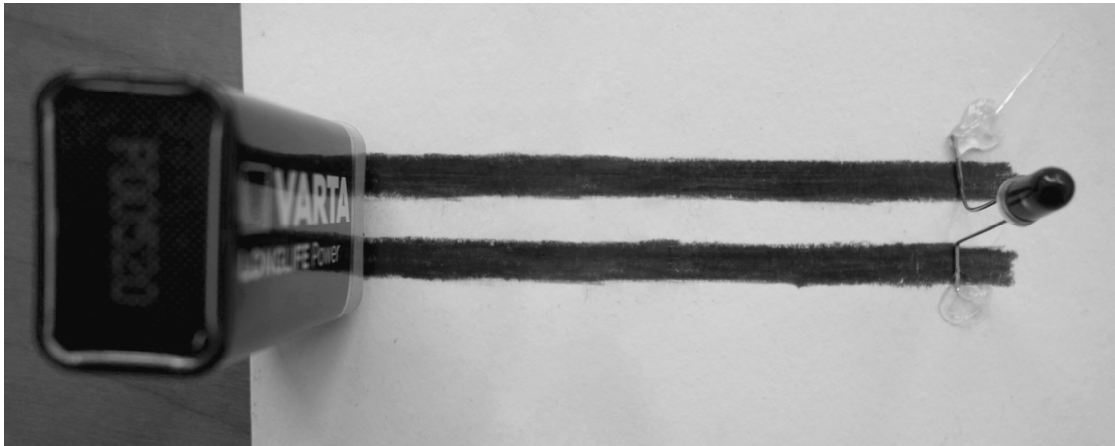
figuur 1



- 2p **6** Leg met behulp van de formule voor soortelijke weerstand uit bij welke potloodlijn (I of II) ze de kleinste weerstand meten.

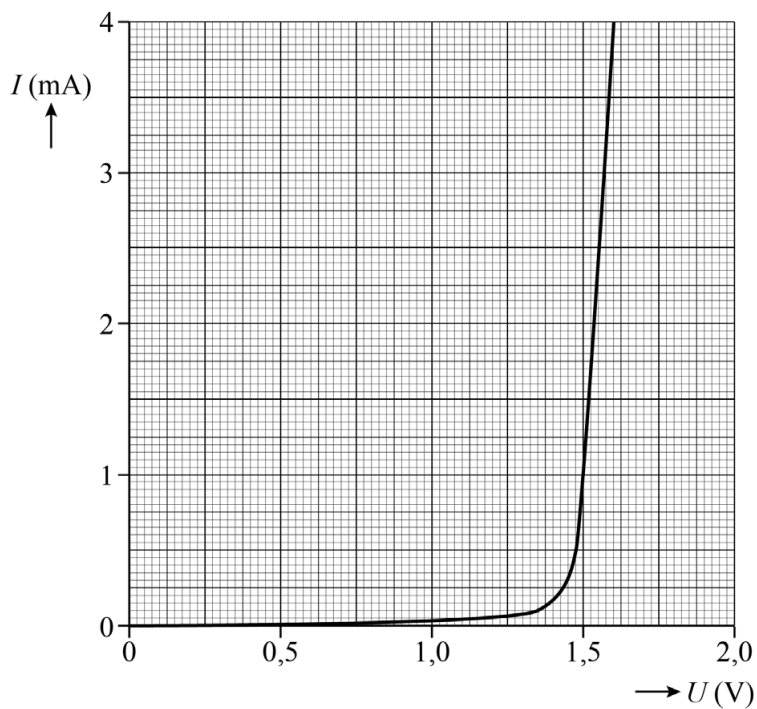
Rob sluit een 9,0 V batterij en een led aan op twee identieke potloodlijnen. Zie figuur 2.

figuur 2



De led heeft minimaal een spanning van 1,4 V nodig om licht te geven. In figuur 3 staat het (I, U) -diagram van de led.

figuur 3



- 5p 7 Bepaal met behulp van een berekening en figuur 3 bij welke weerstand van één potloodlijn de led net brandt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Voor de weerstand van één getekende potloodlijn uit figuur 2 geldt het volgende verband:

$$R = k \cdot \frac{\ell}{b} \quad (1)$$

Hierin is:

- R de weerstand van het lijnstuk;
- k een constante;
- ℓ de lengte van het lijnstuk;
- b de breedte van het lijnstuk.

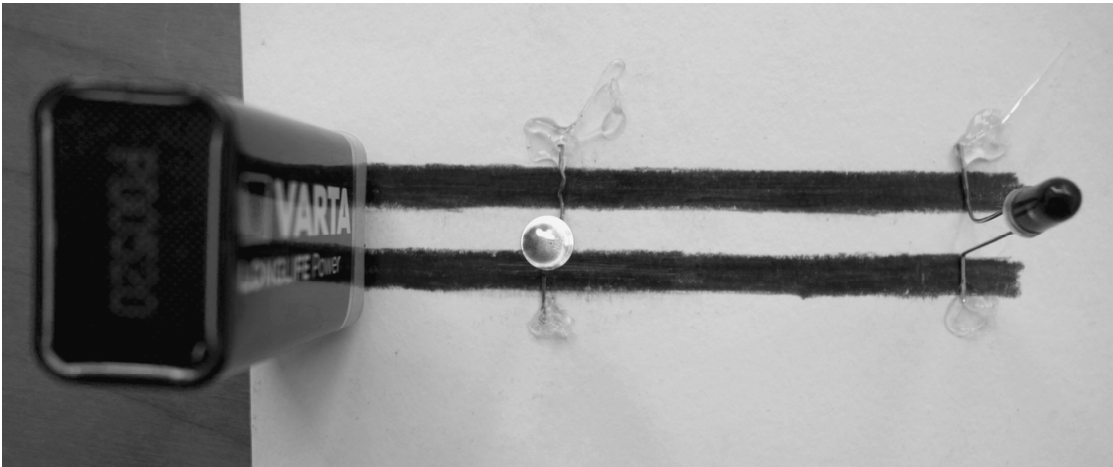
Eén potloodlijn in figuur 2 heeft in werkelijkheid een weerstand van $1,2 \cdot 10^4 \Omega$ bij een breedte van 0,50 cm en een lengte van 12 cm.

3p **8** Voer de volgende twee opdrachten uit:

- Leid af dat de constante k de eenheid Ω heeft.
- Bereken de waarde van de constante k .

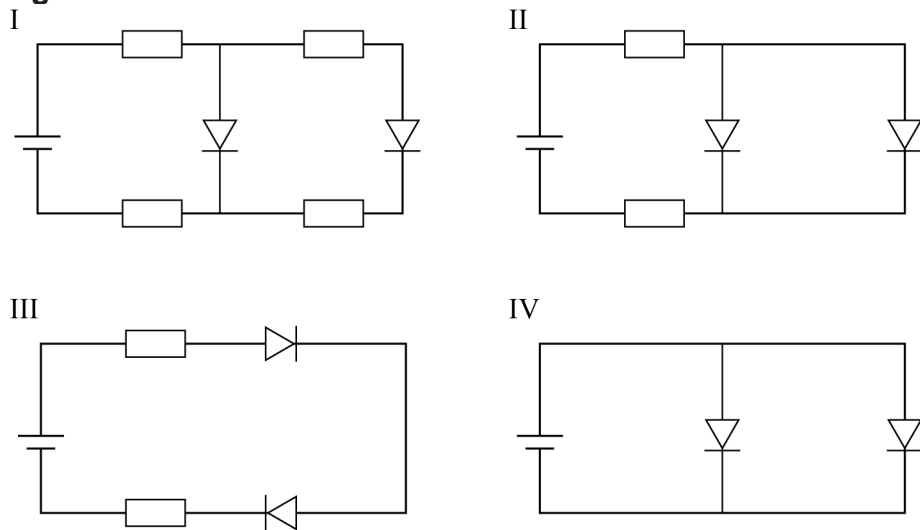
Theo maakt een nieuwe schakeling. Hierbij sluit hij twee identieke leds aan op twee getekende potloodlijnen. Zie figuur 4.

figuur 4



Theo constateert dat de led dicht bij de batterij feller brandt dan de led verder van de batterij. In figuur 5 zijn vier mogelijke schakelschema's getekend.

figuur 5

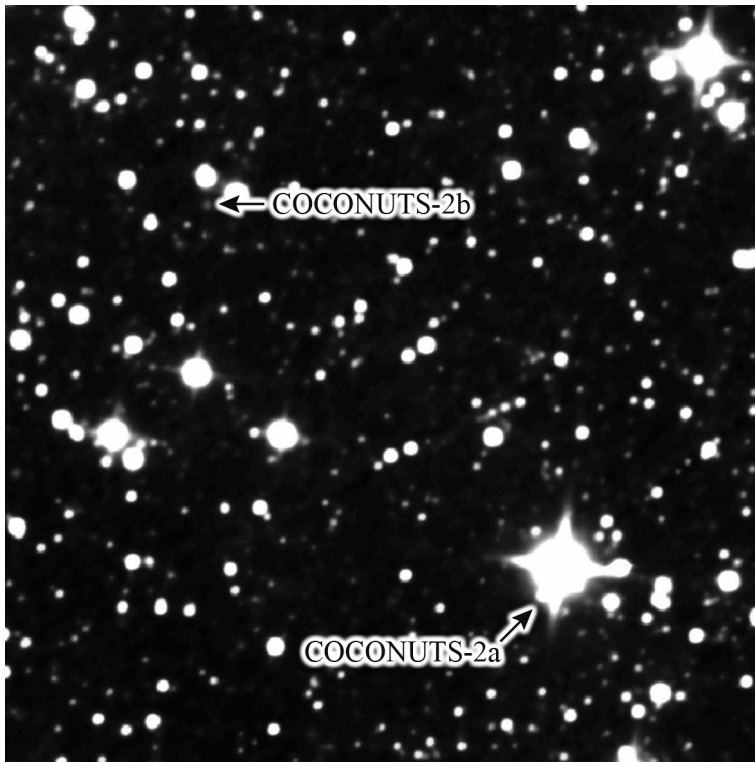


- 3p **9** Voer de volgende twee opdrachten uit:
- Geef aan welk schakelschema (I, II, III of IV) de situatie het best weergeeft.
 - Leg het verschil in felheid tussen de leds uit met behulp van het gekozen schakelschema.

Coconuts

Exoplaneten zijn planeten die rond een andere ster dan de zon draaien. In 2020 werd de exoplaneet COCONUTS-2b ontdekt met behulp van een foto. Deze exoplaneet draait rond de ster COCONUTS-2a. Zie figuur 1.

figuur 1

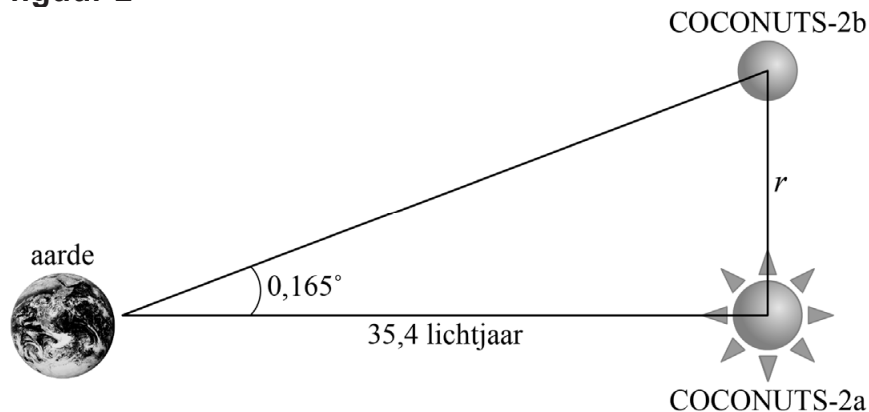


De exoplaneet heeft een hoge oppervlaktetemperatuur van 160 °C. De straling die de exoplaneet bij deze temperatuur uitzendt is door de onderzoekers vastgelegd met behulp van een camera.

- 3p **10** Leg met behulp van een berekening uit of COCONUTS-2b gefotografeerd is met een camera voor infraroodstraling, voor ultravioletstraling of voor zichtbaar licht.

Vanaf de aarde zie je COCONUTS-2a op een andere positie dan COCONUTS-2b. Tussen deze twee kijkrichtingen zit een kijkhoek. Deze is $0,165^\circ$. In figuur 2 is dit schematisch maar niet op schaal weergegeven.

figuur 2



De afstand r tussen COCONUTS-2b en zijn ster COCONUTS-2a is $9,65 \cdot 10^{14}$ m.

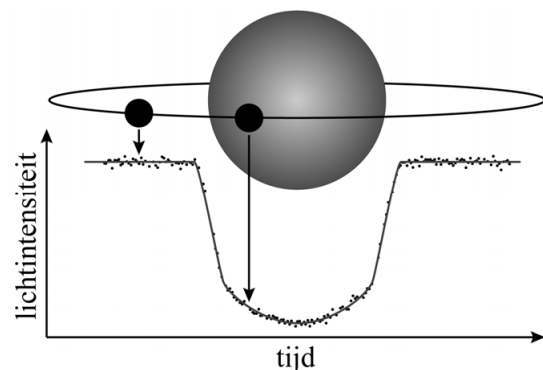
3p 11 Toon dit aan met behulp van figuur 2.

COCONUTS-2b beweegt in een cirkelvormige baan rond de ster COCONUTS-2a. De massa van de ster is 0,35 keer die van de zon. De baansnelheid van COCONUTS-2b is gelijk aan $2,2 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$.

4p 12 Toon dat aan met een berekening.

Er zijn al duizenden exoplaneten in andere sterrenstelsels ontdekt. Meestal worden deze ontdekt met de transitmethode. Bij deze methode wordt de verandering in waargenomen lichtintensiteit van de ster gemeten. Deze waargenomen lichtintensiteit neemt tijdelijk af wanneer een planeet voor de ster langs beweegt. Zie figuur 3.

figuur 3



De transitmethode was geen geschikte methode om COCONUTS-2b te detecteren.

4p 13 Voer de volgende opdrachten uit:

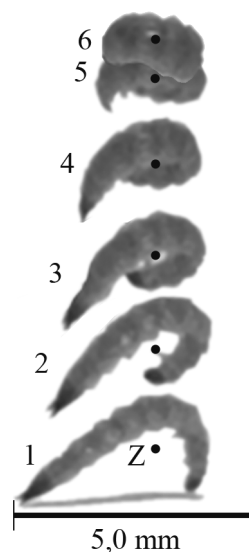
- Bereken hoelang een jaar op COCONUTS-2b duurt, uitgedrukt in aardse jaren. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- Geef aan waarom de transitmethode geen geschikte methode is om COCONUTS-2b te detecteren.

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.

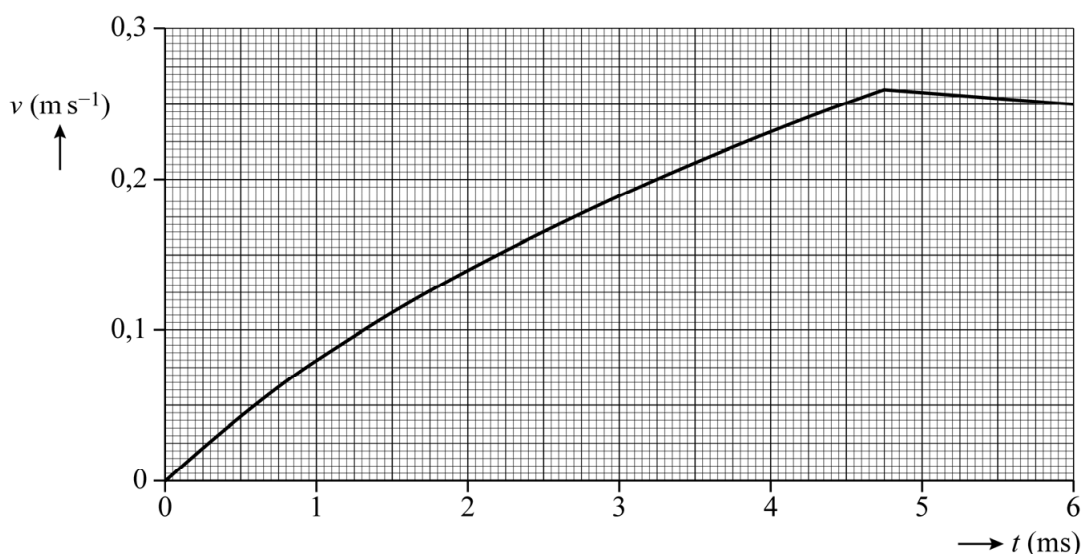
figuur 1



- 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_{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_{spec} van de larve is tijdens de afzet ten opzichte van P_{spec} van een mens.

Vervalst schilderij

Echte schilderijen kunnen veel waard zijn, in tegenstelling tot vervalsingen. Kunstexperts maken daarom gebruik van speciale technieken om de echtheid van schilderijen te onderzoeken. Zie figuur 1.

figuur 1



Bij een methode om nieuwere vervalsingen van oude originelen te onderscheiden wordt de ouderdom van het gebruikte doek bepaald door datering met C-14.

Koolstof-14 ontstaat hoog in de atmosfeer door een botsing tussen een stikstofkern en een snel neutron dat afkomstig is van kosmische straling. Bij deze botsing ontstaat instabiel C-14 en nog een ander deeltje. Op de uitwerkbijlage staat een deel van deze reactie weergegeven.

3p **19** Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage af.

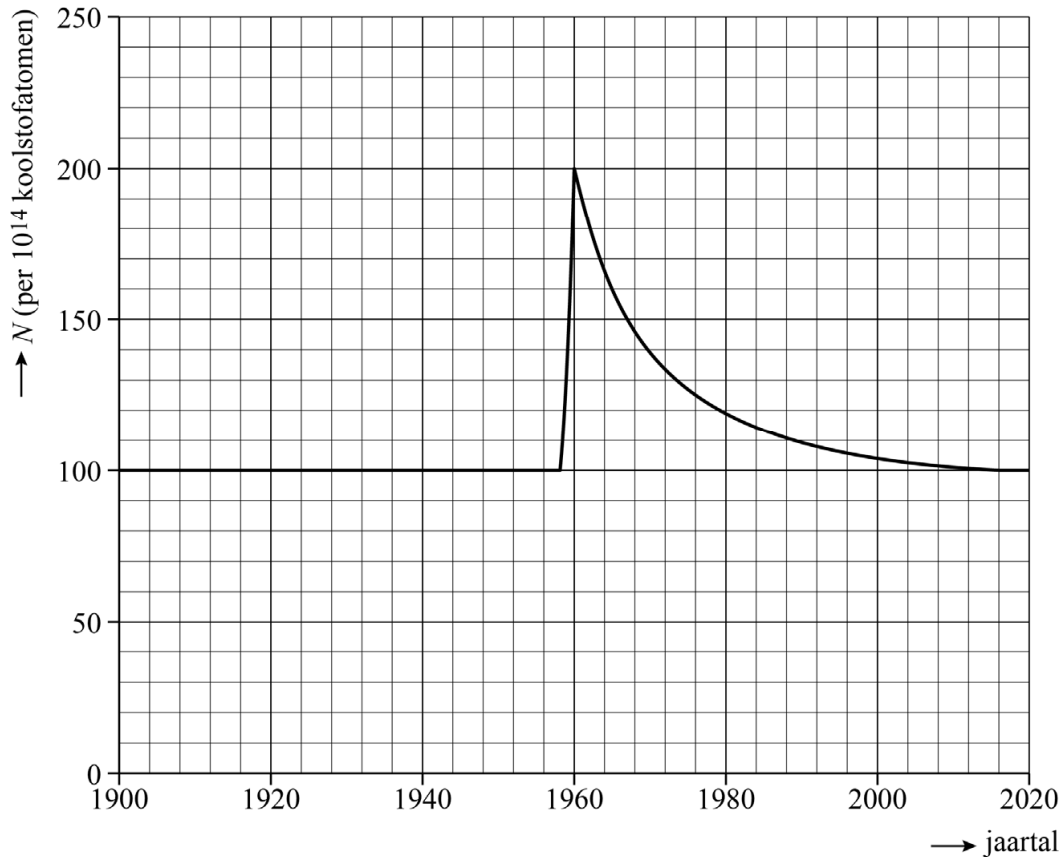
3p **20** Geef de vergelijking van de vervalreactie van C-14.

Een schilderij is geschilderd op doek van canvas. Dit materiaal wordt gemaakt van hennepplanten. De atmosfeer bevat behalve C-14 vooral de isotoop C-12. Een levende hennepplant neemt beide soorten koolstof op uit de lucht. De verhouding tussen C-12 en C-14 is in de levende plant hetzelfde als in de lucht.

2p **21** Leg uit hoe deze verhouding in de plant verandert na het afsterven van de plant.

De relatieve hoeveelheid C-14 in de lucht was tot eind jaren 50 van de vorige eeuw constant. Door nucleaire testen in de open lucht nam de hoeveelheid C-14 ten opzichte van C-12 in korte tijd flink toe. In figuur 2 is voor de periode van 1900 tot 2020 het verloop van de relatieve hoeveelheid C-14 in de lucht aangegeven. De grootte N langs de verticale as is het aantal atomen C-14 per 10^{14} koolstofatomen.

figuur 2



Begin jaren 60 stopten de testen in de open lucht en nam de relatieve hoeveelheid C-14 in de lucht weer af richting de oorspronkelijke waarde.

De waargenomen afname is niet te verklaren door het radioactieve verval van C-14.

2p **22** Leg dat uit met behulp van de halveringstijd en figuur 2.

De daling vanaf de jaren 60 is te verklaren door biologische opname van C-14 door planten. Ook die daling is te beschrijven met een halveringstijd.

3p **23** Bepaal deze halveringstijd met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt.

Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.

Een museum heeft verschillende originele schilderijen van de kunstschilder Fernand Léger. Deze zijn gemaakt vóór 1913. Eén schilderij lijkt een vervalsing. Daarom wordt de ouderdom onderzocht met koolstofdatering.

Uit een analyse blijkt dat de relatieve hoeveelheid C-14 in het canvas doek 1,3 keer zo hoog is als het langdurige gemiddelde van voor de nucleaire testen.

- 2p **24** Bepaal met behulp van figuur 2 het jaartal waarin het vervalste schilderij gemaakt is.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.