

**Examen HAVO**

**2022**

tijdvak 1  
maandag 16 mei  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 77 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.

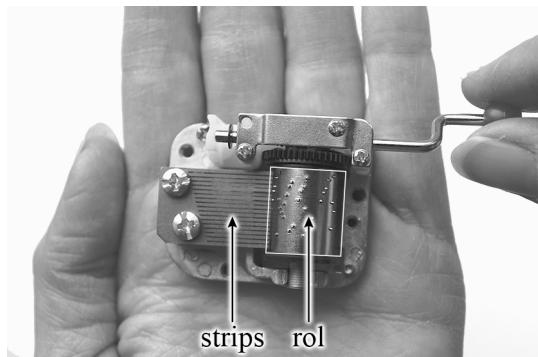
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

**Ga verder op de volgende pagina.**

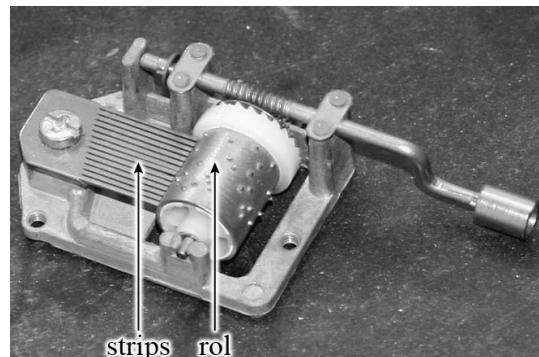
# Muziekdoos

Een muziekdoos is een klein muziekinstrument. Zie figuur 1 en 2.

**figuur 1**

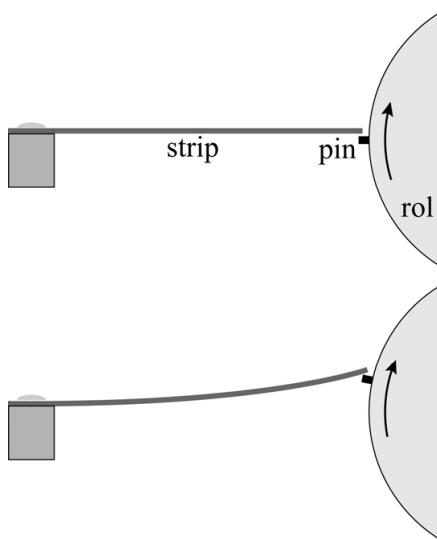


**figuur 2**



De muziekdoos maakt muziek door stalen strips te laten trillen. Op een draaiende, cilindervormige rol zijn punten aangebracht die een strip aan één uiteinde optillen. Zie figuur 3. De strip springt vervolgens los van de pin en begint te trillen.

**figuur 3**



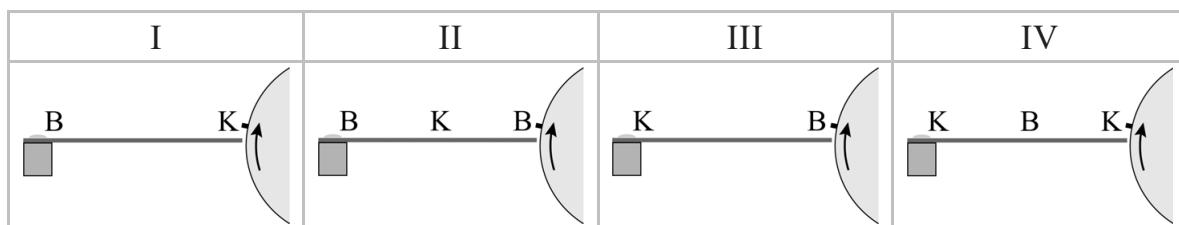
Door meerdere strips naast elkaar te gebruiken, kan een melodie worden gespeeld. Zie figuur 1 en 2.

De melodie herhaalt zich elke 15 seconde. In deze tijd roteert de rol dus één keer.

- 3p 1 Maak met behulp van figuur 1 een beredeneerde schatting van de baansnelheid van een pin op de rol.

De lengte van iedere strip is verschillend. Een strip gaat trillen in de grondtoon. In figuur 4 zijn vier patronen van knopen (K) en buiken (B) in een strip te zien.

**figuur 4**

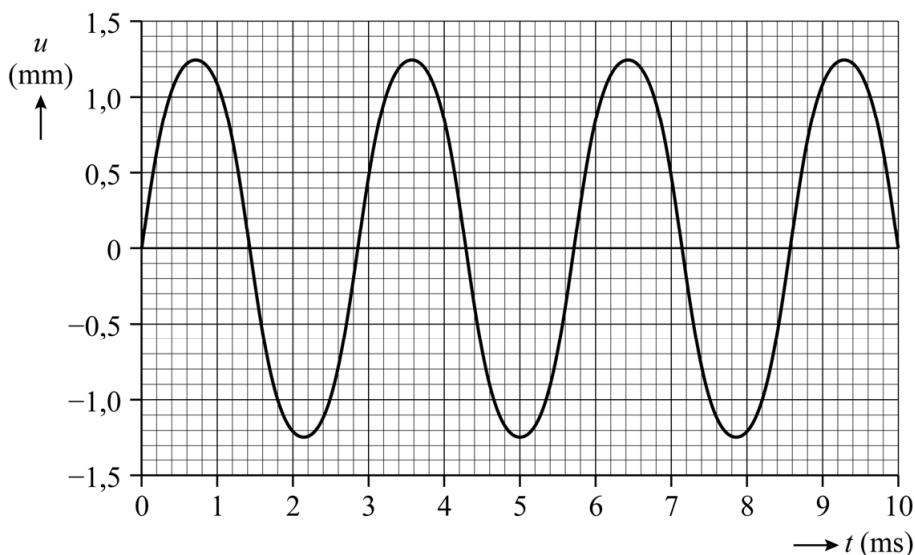


- 1p 2 Welk patroon is juist?

- A patroon I
- B patroon II
- C patroon III
- D patroon IV

In tabel 15C van Binas en tabel 2.1c van Sciencedata is gegeven welke frequenties bij welke muzieknoten horen. Zo is te zien dat bij de muzieknoot a1 (ook wel a' genaamd) een frequentie hoort van 440 Hz. Met een camera is een opname gemaakt van een trillende strip. Hiermee is de uitwijking van de strip tegen de tijd bepaald. Het  $(u, t)$ -diagram hiervan staat in figuur 5.

**figuur 5**



- 3p 3 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal de frequentie van de toon die deze strip voortbrengt. Geef het antwoord in twee significante cijfers.
- Geef aan met welke muzieknoot deze frequentie het best overeenkomt.

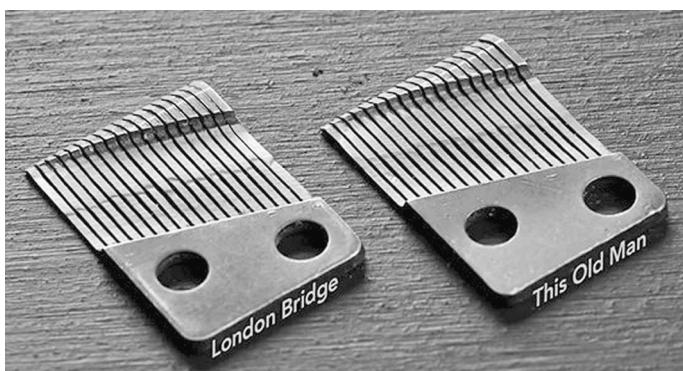
De camera legt de trillende strip vast door er per seconde een bepaald aantal foto's van te maken. Dit aantal foto's per seconde is de zogenaamde beeldfrequentie.

- 2p 4 Omcirkel op de uitwerkbijlage in iedere zin het juiste antwoord.

Een trillende strip werkt als een massa-veersysteem.

De strips kunnen aan het eind verwaard worden door ze daar dikker te maken. De veerconstante van de strip verandert hierdoor niet, maar de toonhoogte verandert wel. De tonen van de liedjes 'London Bridge' en 'This Old Man' zijn bijna hetzelfde. Zie figuur 6.

**figuur 6**



Voor beide liedjes wordt dezelfde rol met punten gebruikt. Er zit wel een verschil in de strips: één bepaalde strip van 'London Bridge' geeft een lagere toon dan de vergelijkbare strip van 'This Old Man'.

- 2p 5 Leg met de formule voor een massa-veersysteem uit of deze strip van 'London Bridge' meer of minder massa heeft aan het eind dan de vergelijkbare strip van 'This Old Man'.

# New Horizons

Pluto is een dwergplaneet in ons zonnestelsel. Om Pluto te onderzoeken werd in januari 2006 de ruimtesonde New Horizons (NH) gelanceerd.

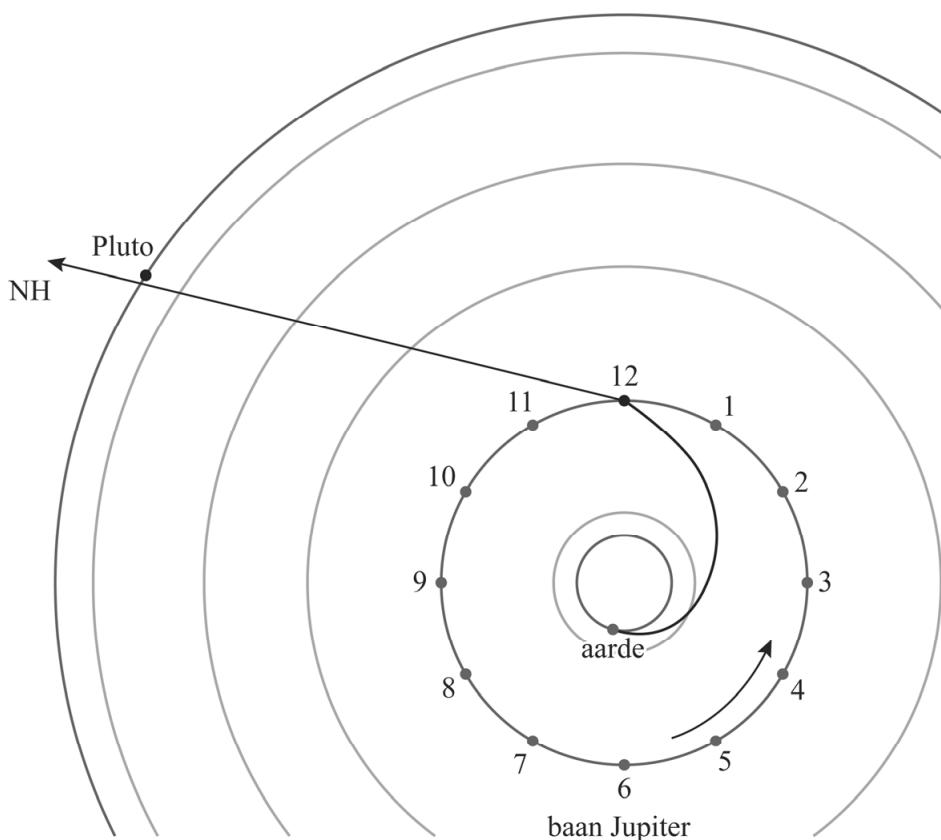
Deze opgave bestaat uit twee delen:

- deel A De reis van NH
- deel B De energievoorziening van NH

## deel A De reis van NH

In figuur 1 is het traject van de ruimtesonde NH langs banen van planeten in het zonnestelsel weergegeven.

**figuur 1**



Eén jaar na de lancering kruiste NH de baan van Jupiter. De afstand tussen NH en Jupiter was op dat moment heel klein. Door de aantrekkingskracht van Jupiter boog NH af richting Pluto. Jupiter heeft een omlooptijd van 12 jaar en beweegt in de richting van de pijl. De baan van Jupiter mag als cirkelvormig beschouwd worden. Op de baan zijn 12 posities van Jupiter aangegeven. Zie figuur 1.

- 1p 6 Geef aan op welke positie Jupiter zich bevond op het moment dat NH vanaf de aarde gelanceerd werd.

In juli 2015 was NH in de buurt van Pluto aangekomen. NH had toen een snelheid van  $1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$ . De snelheid van Pluto wordt in deze opgave verwaarloosd.

De ontwerpers van de missie hadden de keuze uit drie opties:

- 1 NH wordt in een cirkelbaan om Pluto gebracht.
- 2 NH stort neer op Pluto.
- 3 NH passeert Pluto en gaat verder de ruimte in.

De ontwerpers hebben berekend welke snelheid nodig was om NH ( $m = 465 \text{ kg}$ ) in een baan met een straal van  $12,5 \cdot 10^6 \text{ m}$  om Pluto te laten cirkelen. Deze snelheid is  $2,6 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$ .

- 4p 7 Toon dat met een berekening aan.

Om NH af te remmen is een raket nodig. Deze raket gebruikt hydrazine als brandstof. De ontwerpers hebben berekend hoeveel hydrazine nodig zou zijn om NH af te remmen van  $1,2 \cdot 10^4 \text{ m s}^{-1}$  tot  $2,6 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$ . De raketmotor verricht 0,95 MJ arbeid per 1,0 kg gebruikte hydrazine.

De ontwerpers concludeerden dat NH veel meer massa aan brandstof nodig zou hebben dan zijn eigen massa van 465 kg.

- 4p 8 Voer de volgende opdrachten uit:
  - Bereken de massa hydrazine die nodig is om de eigen massa van NH af te remmen.
  - Geef aan waarom in werkelijkheid nog veel meer hydrazine nodig zou zijn om NH af te remmen.

De ontwerpers hebben besloten om NH verder de ruimte in te sturen.

## deel B De energievoorziening van NH

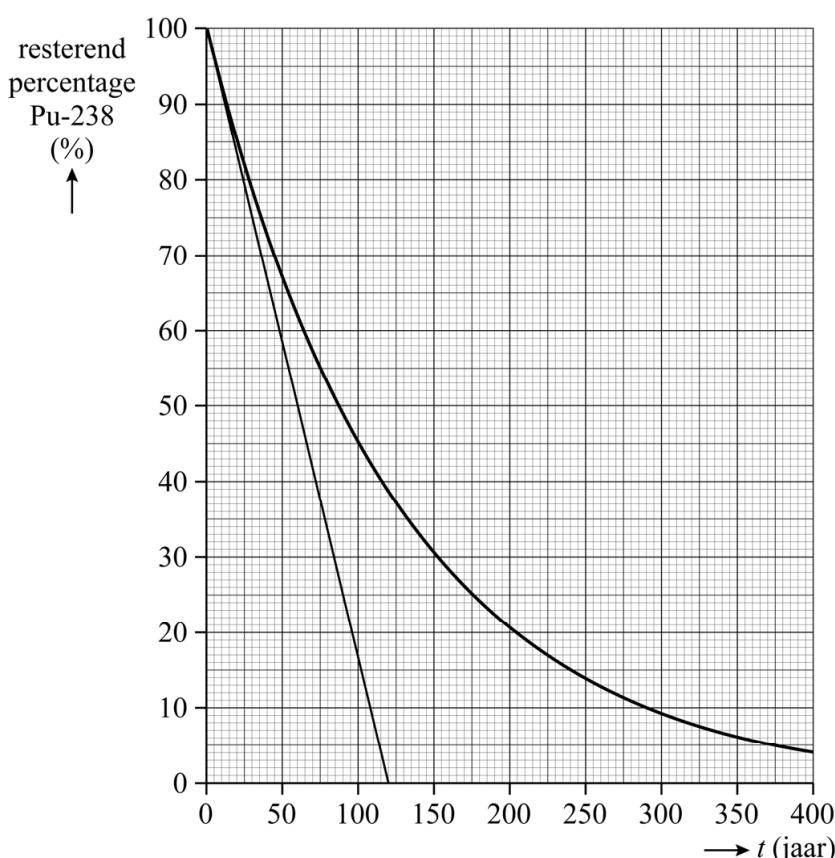
Voor de elektrische apparatuur aan boord van NH is een energiebron nodig. NH gebruikt hiervoor plutonium-238. Deze isotoop zendt alleen  $\alpha$ -straling uit.

- 3p 9 Geef de vergelijking van de vervalreactie van plutonium-238.

In figuur 2 staat de vervalkromme van plutonium-238 vanaf het moment van lanceren van NH. Op de verticale as staat het resterende percentage plutoniumdeeltjes ten opzichte van de lancering.

In het diagram is ook de raaklijn getekend op  $t = 0$ .

**figuur 2**



De ontwerpers moesten de massa van het Pu-238 berekenen waarmee de reactor van NH bij de lancering gevuld moest zijn. Voor de juiste werking moet de activiteit van het plutonium bij de lancering gelijk zijn aan  $6,0 \cdot 10^{15}$  Bq. De massa van een Pu-238-deeltje is gelijk aan  $3,95 \cdot 10^{-25}$  kg.

- 4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 2 na hoeveel tijd alle Pu-238-deeltjes zouden zijn omgezet als de activiteit vanaf de lancering constant zou zijn. Geef je antwoord in 3 significante cijfers.
- Bereken de massa van het plutonium waarmee de reactor op het moment van de lancering gevuld moest zijn.

Per vervallende plutoniumkern komt 5,59 MeV energie vrij. Deze energie wordt volledig omgezet in warmte waarmee in een generator elektrische energie wordt opgewekt. Het elektrische vermogen van deze generator is bij de lancering van de missie 248 W. De activiteit van het plutonium bij de lancering is  $6,0 \cdot 10^{15}$  Bq.

- 3p **11** Bereken het rendement van de generator bij de lancering. Geef het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Het elektrische vermogen is recht evenredig met de activiteit van het overgebleven plutonium.

Voor het goed functioneren van de apparatuur moet de generator minimaal 31 W leveren.

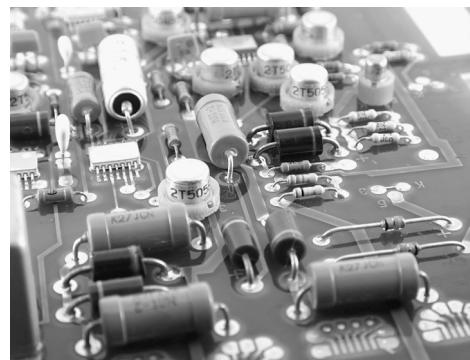
- 3p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoelang de energiebron van NH kan functioneren. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

# Lithografie

Lees het volgende artikel.

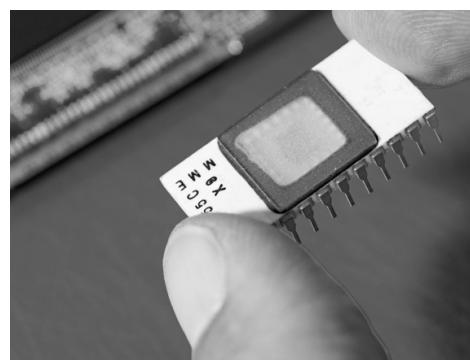
In een elektrisch apparaat zitten onderdelen zoals weerstanden en diodes. Vroeger werden die onderdelen op een kunststof plaat met koperen geleiders bevestigd. Zo'n plaat wordt een printplaat genoemd.  
Zie figuur 1.

**figuur 1**



Tegenwoordig worden printplaten vaak vervangen door 'integrated circuits' (IC's). Zie figuur 2.  
In een IC zijn met behulp van licht microscopisch kleine patronen gemaakt. Deze patronen werken hetzelfde als onderdelen en geleiders op een printplaat, maar een IC is veel kleiner.

**figuur 2**



IC's worden met meerdere tegelijk gemaakt door een ronde plaat te 'belichten'. Zie figuur 3.  
Dit proces heet lithografie. De IC's worden daarna uit deze plaat gesneden. Voor het belichten wordt een stralingsbron gebruikt met een golflengte van 193 nm.

**figuur 3**



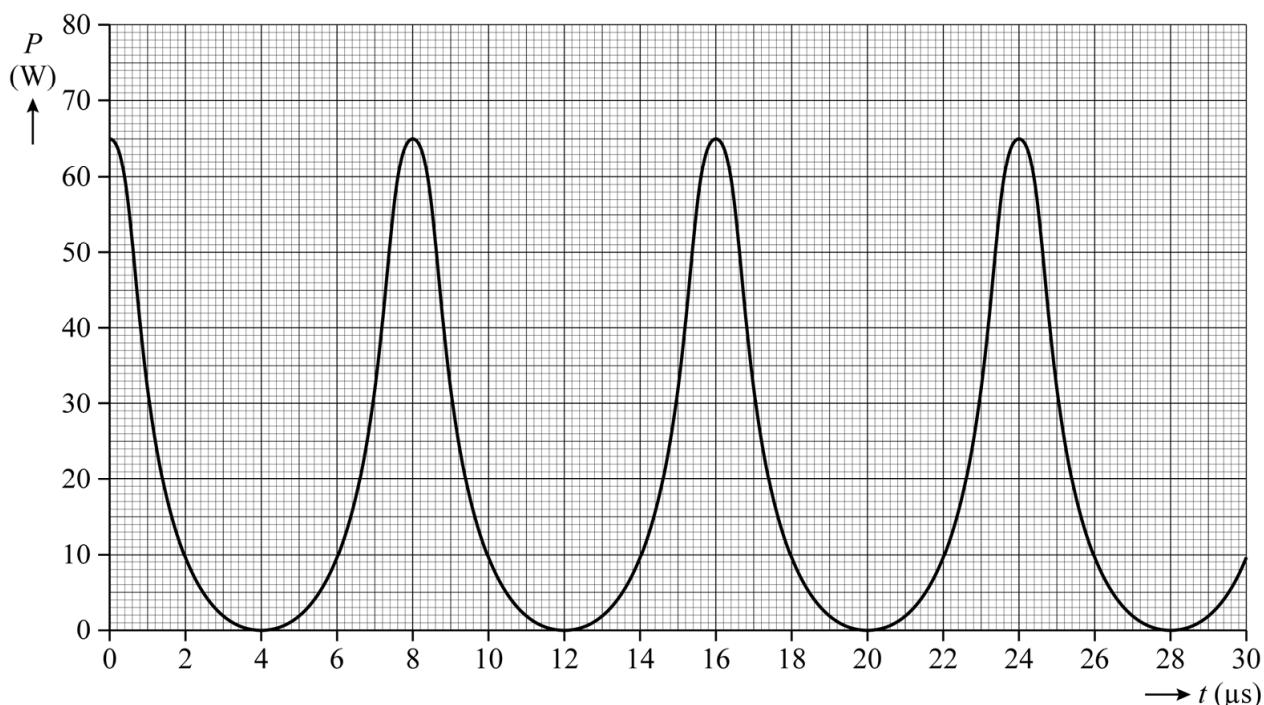
- 1p 13 Tot welk deel van het elektromagnetisch spectrum behoort deze straling?
- A gammastraling
  - B röntgenstraling
  - C UV-straling
  - D zichtbaar licht

Om IC's nog kleiner te maken is straling nodig met een kortere golflengte dan 193 nm. Om deze straling te maken schiet men met een laser pulsen op een kleine hoeveelheid tin. Door verhitting vindt een faseovergang van het tin plaats. Tijdens deze faseovergang zendt het tin straling uit waarmee de plaat wordt belicht.

- Het tin heeft een begintemperatuur van  $7 \cdot 10^2$  K en gaat over in de gasfase.
- 2p 14 Geef de naam van de faseovergang die hier plaatsvindt. Licht je antwoord toe.

In figuur 4 is een ( $P, t$ )-diagram gegeven van enkele pulsen van de laser waarmee het tin wordt beschoten.

**figuur 4**



Tijdens één puls draagt de laser  $1,5 \cdot 10^{-4}$  J over op het tin.

Om de kleine hoeveelheid tin in de gasfase te krijgen moet er in korte tijd 2,5 J aan energie worden toegevoerd.

- 3p 15 Bepaal met behulp van figuur 4 de tijd die nodig is om het tin in de gasfase te krijgen.

Met de oude golflengte van 193 nm konden geleiders worden gemaakt met een breedte van minimaal 25 nm.

De fotonen die worden uitgezonden door het tin hebben een energie van  $1,47 \cdot 10^{-17}$  J. Deze fotonen hebben een kleinere golflengte dan 193 nm.

Aangenomen wordt dat de minimale breedte van de geleiders (en daarmee het minimale formaat van IC's) recht evenredig is met de golflengte van de gebruikte straling.

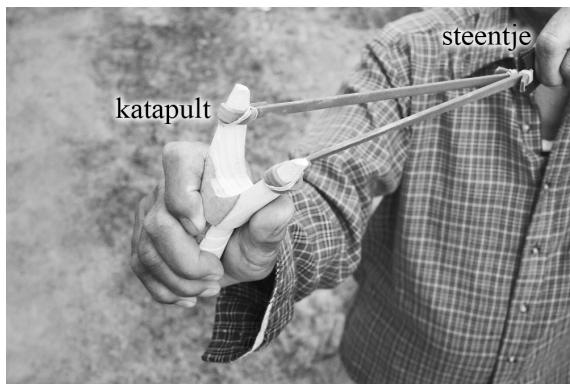
- 4p 16 Bereken de minimale breedte van een geleider die met de nieuwe, kortere golflengte kan worden gemaakt.

## Stunt in Dubai

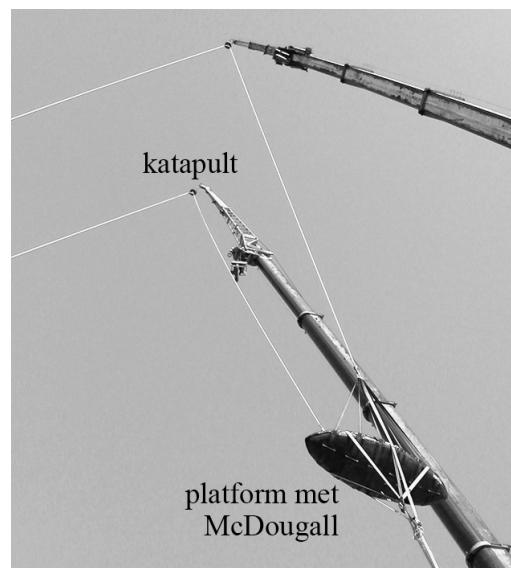
Met een katapult kun je steentjes wegschieten. Zie figuur 1.

In Dubai heeft stuntman Chris McDougall zichzelf op een vergelijkbare manier vanaf de grond recht omhoog de lucht in geschoten. Hij gebruikte twee hijskranen als een soort reuzenkatapult. McDougall lag op een klein platform dat door de katapult werd versneld. Zie figuur 2.

**figuur 1**



**figuur 2**



De katapult oefende een grote kracht uit op het platform met McDougall. Hierdoor kreeg het platform met McDougall een grote versnelling in verticale richting. Op een bepaalde hoogte kwam hij los van het platform. Even na het bereiken van het hoogste punt opende hij een parachute om veilig te kunnen landen.

De energie voor de lancering werd geleverd door een groot blok. Tijdens het lanceren viel het blok ( $m_{\text{blok}} = 27,5$  ton) van een kleine hoogte op de grond. Zie figuur 3.

**figuur 3**



Het blok viel over een afstand van 0,8 m. De energie van het blok werd gebruikt om het platform met McDougall ( $m_{\text{totaal}} = 85$  kg) over een afstand van 34 m vanuit stilstand omhoog te versnellen. Op die hoogte verliet hij de katapult met een snelheid van  $59 \text{ m s}^{-1}$ .

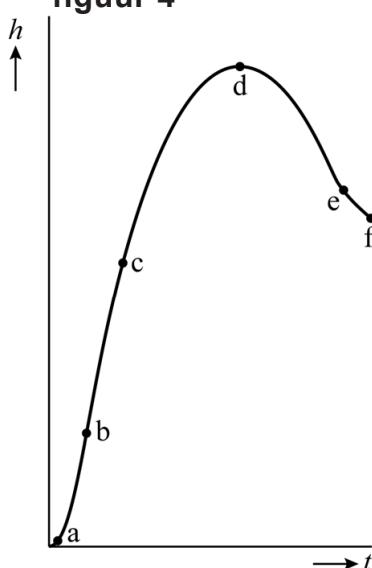
- 4p 17 Bereken het rendement van de katapult.

Van de stunt is een videometing gemaakt. In figuur 4 is de hoogte van McDougall tijdens het eerste deel van de stunt in een ( $h, t$ )-diagram weergegeven. In dit diagram zijn geen waardes langs de assen weergegeven.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel met drie fasen van de stunt.

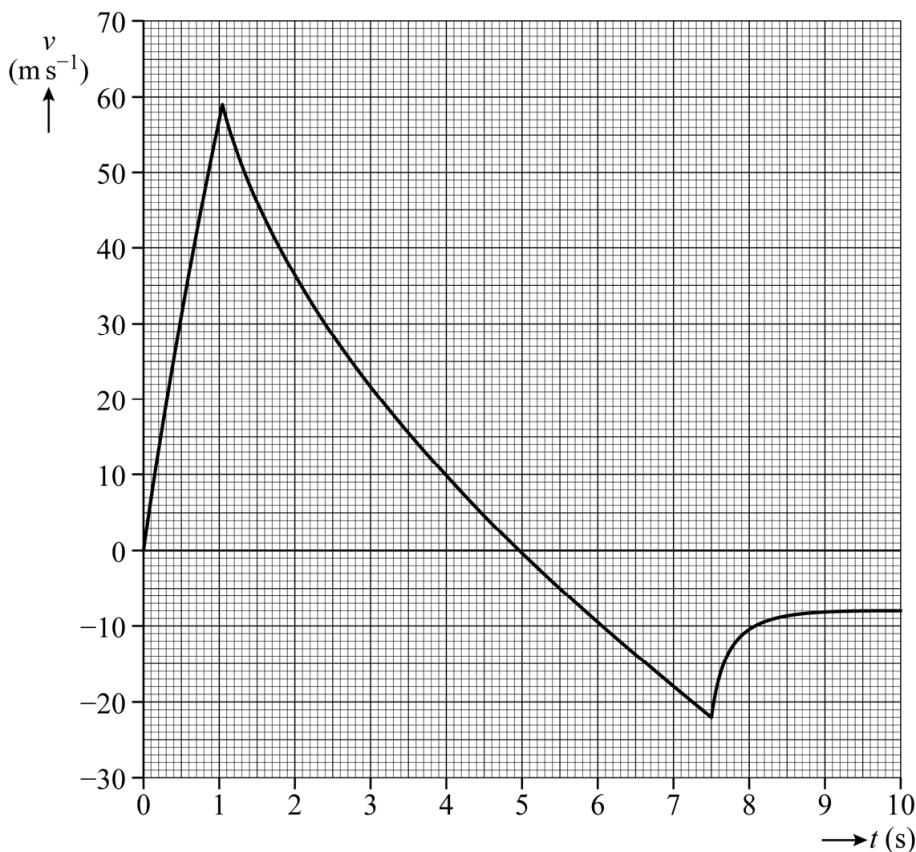
- 2p 18 Omcirkel op de uitwerkbijlage in de tabel per fase met welk punt in de grafiek (a, b, c, d, e of f) deze fase overeenkomt.

**figuur 4**



Er is ook een  $(v, t)$ -diagram van de stunt gemaakt. Zie figuur 5.

**figuur 5**



In het diagram op de uitwerkbijlage zijn de eerste vijf seconden van de stunt weergegeven.

Nadat McDougall het platform op  $t = 1,05$  s had verlaten, nam de snelheid van McDougall af met een vertraging groter dan de grootte van de valversnelling  $g$ .

4p 19 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van het diagram op de uitwerkbijlage de versnelling van McDougall direct na het verlaten van het platform. Laat in het diagram zien hoe je aan je antwoord komt. Geef het antwoord in twee significante cijfers.
- Geef een reden waarom de vertraging van McDougall groter was dan de grootte van  $g$ .

Na 5,0 s bereikte McDougall een hoogte van 125 m en begon de val naar beneden. Even later trok McDougall zijn parachute open voor het laatste deel van de val tot de (veilige) landing. Van dit deel van de val ontbreekt in het  $(v,t)$ -diagram op de uitwerkbijlage het stuk vanaf  $t = 10$  s.

- 5p **20** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van het  $(v,t)$ -diagram op de uitwerkbijlage de afstand die McDougall aflegde tussen  $t = 5,0$  s en  $t = 10$  s.
  - Teken in hetzelfde diagram het verdere verloop van de  $(v,t)$ -grafiek tot McDougall de grond bereikte. Laat zien met behulp van een berekening hoe je aan je antwoord komt.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel die betrekking heeft op vier fasen van de hele stunt.

- 3p **21** Geef in de tabel per fase door omcirkelen aan of de resulterende kracht op McDougall op dat moment naar boven gericht was, naar beneden gericht was of gelijk was aan 0 N.

## Exploderende draad

In 2016 werd in Eindhoven tijdens het festival Glow voor publiek kunstmatig een ‘bliksem’ met een recordlengte van 80 m gemaakt. Zie figuur 1.

figuur 1



Voor het opwekken van de bliksem werd een dunne draad van koper gebruikt met een weerstand van  $35 \Omega$ . De draad was 80 m lang. Een menselijke haar heeft een diameter van 0,060 mm. Zowel de draad als een mensenhaar is cilindervormig.

- 4p 22 Toon met een berekening aan of de draad dikker of dunner was dan een mensenhaar.

Om de bliksem op te wekken werd de draad op een hoge spanning aangesloten. Hierdoor ging een grote stroom door de draad lopen. Er werd een enorm vermogen van  $7,1 \cdot 10^9$  W in de draad ontwikkeld. Neem aan dat de weerstand van de draad tijdens dit proces constant was. Voor het vermogen dat in de draad wordt omgezet geldt:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- 3p **23** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid dit af met formules uit een informatieboek.
  - Bereken de spanning waarop de draad was aangesloten.

Tijdens dit proces bleef de weerstand van de draad echter niet constant. De weerstand nam toe met de temperatuur.

- 1p **24** Hoe heet dit type weerstand?
- A LDR
  - B LED
  - C NTC
  - D PTC

Iemand vraagt zich af of voor het opwekken van deze bliksem veel energie nodig was. Hij vergelijkt het met het opladen van een smartphone. De draad leverde gedurende  $1,4 \cdot 10^{-5}$  s een vermogen van  $7,1 \cdot 10^9$  W. Een gewone smartphone accu heeft een capaciteit van 9,88 Wh.

- 4p **25** Bereken hoe vaak deze accu opgeladen kan worden met de hoeveelheid energie die nodig was voor het maken van de bliksem.

Het toevoeren van de energie verliep zó snel dat de draad explodeerde. Hierbij ontstonden kleine druppels koper. Het publiek hoorde deze explosie als een knal vergelijkbaar met de donder bij een bliksem.

- 2p **26** Voer de volgende opdrachten uit. Gebruik daarbij het moleculair model van materie.
- Geef aan wat er met de beweging van de koperdeeltjes in de draad gebeurde tijdens het toenemen van de temperatuur.
  - Geef aan wat er met de onderlinge posities van de koperdeeltjes gebeurde bij de faseovergang van vast naar vloeibaar koper.

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

De hete druppels vlogen met een snelheid van  $0,9 \text{ km s}^{-1}$  weg in de richting van het publiek achter de hekken. Binnen  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  verdampten de druppels.

Een gedeelte van figuur 1 staat vergroot in figuur 2.

**figuur 2**



- 2p 27 Toon met behulp van figuur 2 aan of de druppels het publiek konden bereiken.

---

**Bronvermelding**

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