

**Examen HAVO**

**2023**

tijdvak 1  
donderdag 25 mei  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 25 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.

## Gasniveau meten

Een gasbarbecue gebruikt gas uit een stalen gasfles als energiebron. Zie figuur 1.

**figuur 1**



Hans en Sanne doen onderzoek naar verschillende methodes om te bepalen hoe vol een stalen gasfles is. Een lege gasfles kan gevuld worden met maximaal 6,1 kg vloeibaar propaan.

Hans en Sanne hebben een barbecue met een vermogen van 15 kW. De stookwaarde van vloeibaar propaan is  $13,8 \text{ kWh kg}^{-1}$ .

- 4p **1** Bereken hoelang de barbecue kan branden als begonnen wordt met een volle gasfles. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

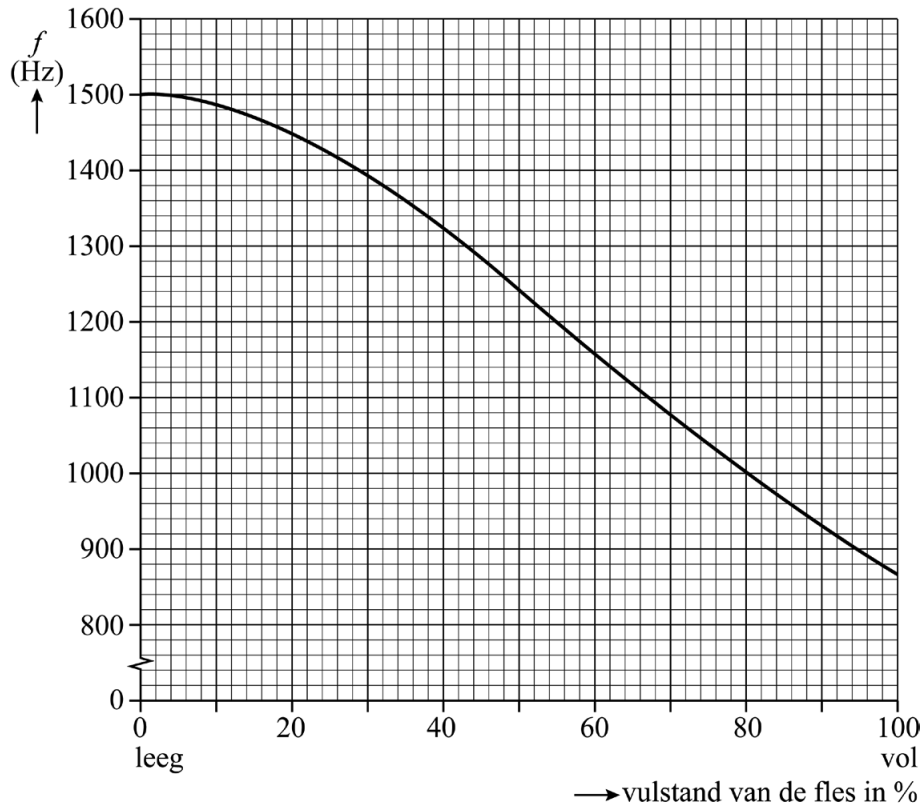
Ze merken dat na een tijd barbecueën de buitenzijde van de fles koud aanvoelt en dat er waterdruppels op de fles ontstaan. Ze beredeneren dat het vloeistofpeil van het propaan ongeveer gelijk moet staan aan de bovenrand van de waterdruppels op de fles. Ze concluderen dat de fles afkoelt door de faseovergang van het propaan in de fles van vloeibaar naar gasvormig.

Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen.

- 2p **2** Omcirkel in elke zin het juiste antwoord.

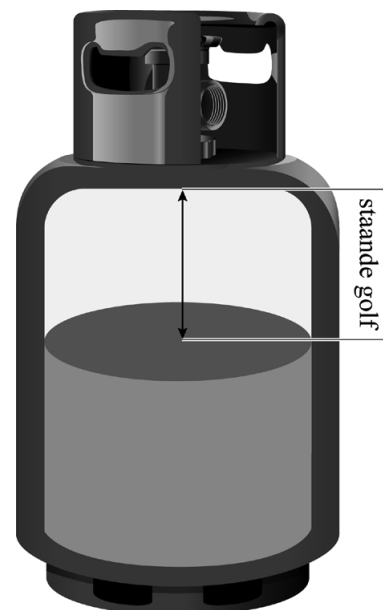
Wanneer Hans tegen de gasfles slaat, produceert deze een toon. Hij vraagt zich af of deze toon afhankelijk is van de vulstand van de fles. Tijdens het vullen van een fles bepaalt Hans de frequentie van de grondtonen die de gasfles produceert bij verschillende vulstanden, van leeg tot vol. Hiervan maakt hij een diagram. Hierin is de vulstand als percentage weergegeven. Zie figuur 2.

**figuur 2**



Bij elke vulstand is er een laag gas boven de vloeistof. Hans denkt dat de tonen ontstaan door een staande golf in dit gas. Zie schematisch in figuur 3.

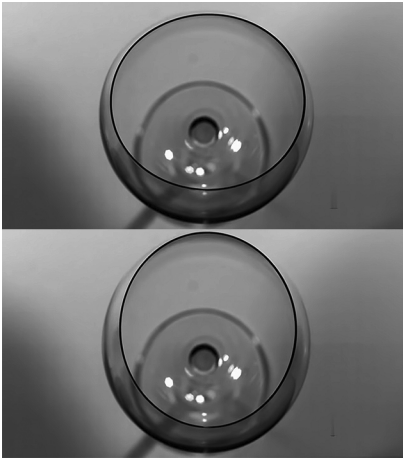
**figuur 3**



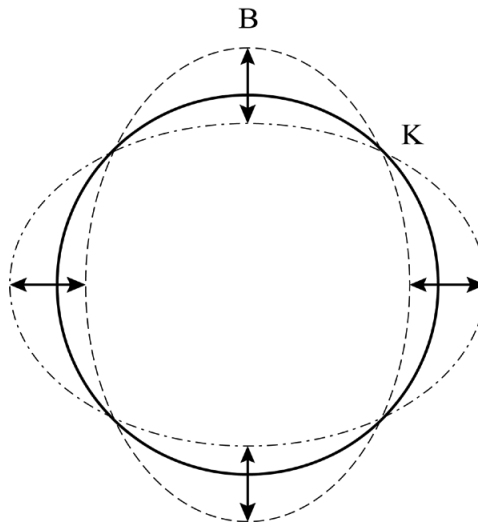
- 3p **3** Leg met behulp van figuren 2 en 3 uit dat Hans ongelijk heeft.

Sanne heeft een andere verklaring voor de toon. Zij denkt dat de gasfles zelf als een soort snaar werkt. Op de omtrek van de gasfles ontstaat dan een staande golf met vier knopen K en vier buiken B, net als bij een trillend wijnglas. Zie figuur 4 en schematisch in figuur 5.

**figuur 4**



**figuur 5**

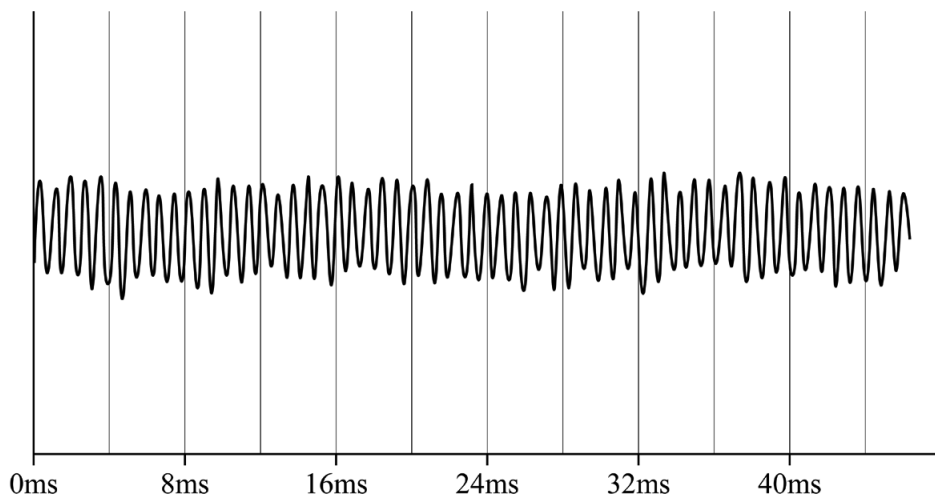


De gasfles is gemaakt van staal en heeft een omtrek van 72 cm. De frequentie van de toon van de lege gasfles is  $1,50 \cdot 10^3$  Hz.

- 4p **4** Toon met een berekening aan of de golfsnelheid in de verklaring van Sanne gelijk is aan de voortplantingssnelheid van geluid in staal bij kamertemperatuur.

Hans en Sanne proberen of ze met behulp van figuur 2 de vulstand van een gedeeltelijk gevulde gasfles kunnen bepalen. Ze gebruiken een oscilloscoop-app. Met hun telefoon maken ze een oscillogram van de toon die ontstaat door het aanslaan van de fles. Zie het screenshot in figuur 6.

**figuur 6**



- 3p **5** Bepaal met behulp van figuren 2 en 6 de vulstand (in %) van deze gasfles. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.



## Noodstopstrook

In bergachtige gebieden liggen naast snelwegen vaak noodstopstroken. Een noodstopstrook is een lange bak, gevuld met grind. Zie figuur 1.

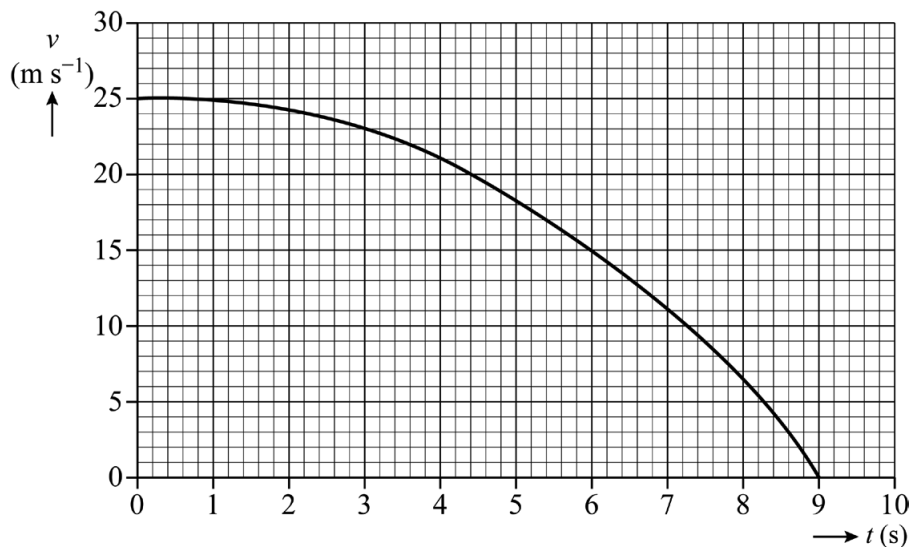
Als de remmen van een vrachtwagen tijdens het afdalen weigeren, kan de chauffeur de noodstopstrook gebruiken. Hoe verder de vrachtwagen de strook oprijdt, hoe dieper de grindlaag wordt waar de vrachtwagen doorheen rijdt. De remkracht van het grind op de vrachtwagen neemt daardoor toe.

figuur 1



Van een remmende vrachtwagen in het grind is een  $(v,t)$ -diagram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2



Figuur 2 is ook op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 3p 6 Bepaal met de figuur op de uitwerkbijlage de minimale lengte van deze noodstopstrook. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Uit veiligheidsoverwegingen is een ontwerp-eis van een noodstopstrook dat de vertraging van de vrachtwagen niet groter mag zijn dan  $0,90 \cdot g$ .  
Figuur 2 is nogmaals op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 5p 7 Toon met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage aan of de maximale vertraging onder de ontwerp-eis blijft. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt.

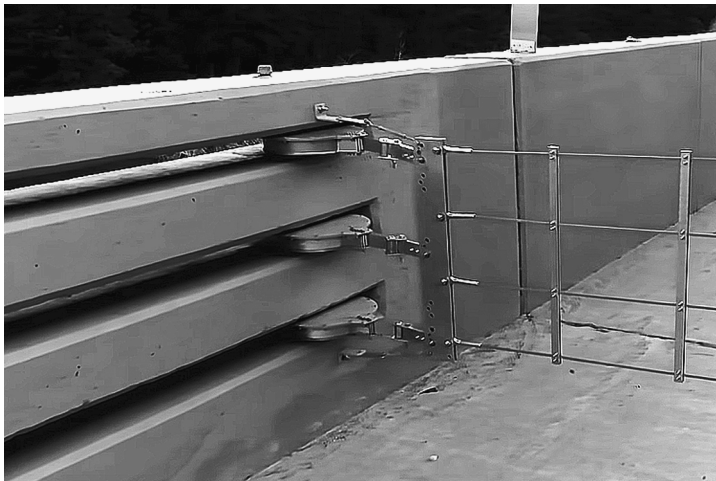
In koude gebieden kan het grind aan elkaar vriezen, waardoor de vrachtwagen er niet meer zo ver in wegzakt.

Figuur 2 is nogmaals op de uitwerkbijlage afgedrukt.

- 2p 8 Schets in de figuur op de uitwerkbijlage de grafiek voor het afremmen van de vrachtwagen onder dezelfde omstandigheden op een bevroren noodstopstrook.

In Canada is een nieuw ontwerp uitgewerkt voor een noodstopstrook waar vorst geen invloed op heeft. In plaats van grind worden vangnetten gebruikt om de vrachtwagen af te remmen. De vangnetten zitten vast aan trommels. In elke trommel bevindt zich een opgerolde stalen band waar de vangnetten aan zijn bevestigd. Zie figuren 3 en 4.

**figuur 3**

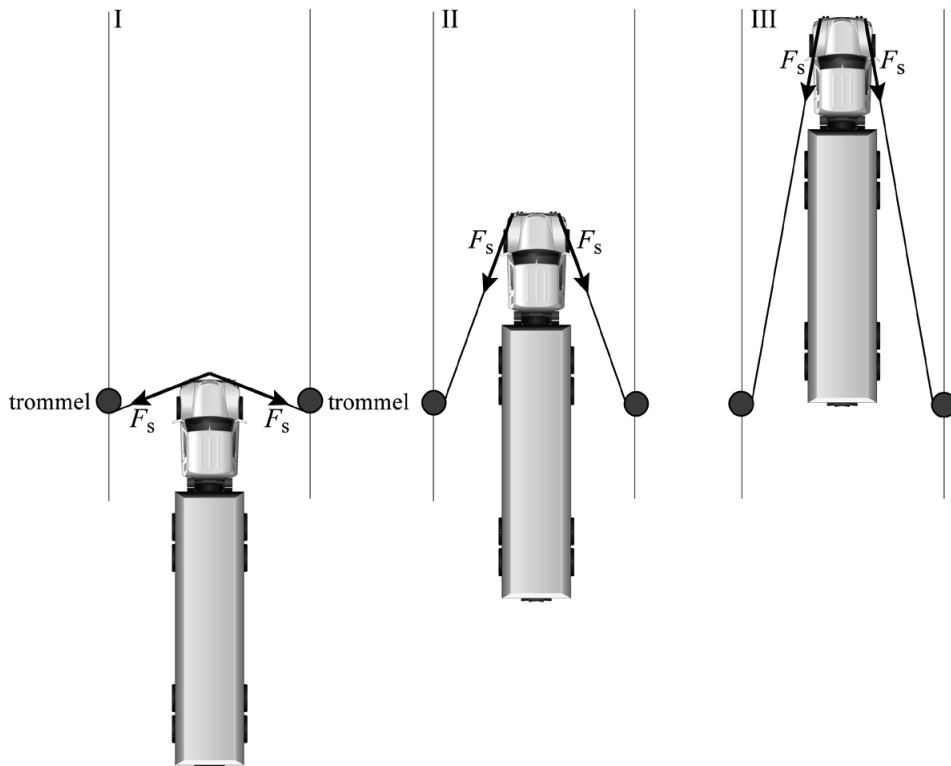


**figuur 4**



Als een vrachtwagen een net raakt, worden de banden uit de trommels getrokken. Iedere stalen band trekt tijdens het afrollen aan het net. Hierdoor ontstaat in het net een constante spankracht  $F_s$ . Dit is schematisch weergegeven in figuur 5. Deze figuur is niet op schaal.

**figuur 5**

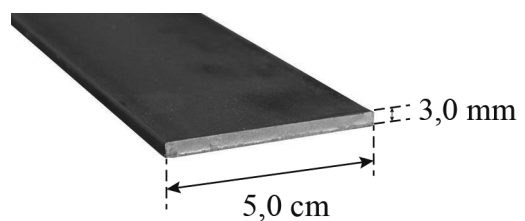


Door de constante spankracht  $F_s$  werkt er een remkracht  $F_{rem}$  op de vrachtwagen. Op de uitwerkbijlage zijn twee situaties, I en II, vereenvoudigd weergegeven. De klassieke grindstrook levert een steeds grotere remkracht als de vrachtwagen verder het grind in rijdt.

- 3p **9** Voer de volgende opdrachten uit:
- Construeer de remkracht  $F_{rem}$  in situatie I.
  - Leg uit of  $F_{rem}$  door het vangnet ook steeds groter wordt.

Een band rolt af bij een spankracht van  $2,0 \cdot 10^4$  N. De band is gemaakt van roestvrij staal en wordt elastisch uitgerekt. De band is 5,0 cm breed en 3,0 mm dik. Zie figuur 6. Een ontwerp-eis is dat de band niet te ver mag uitrekken tijdens het afremmen.

**figuur 6**



- 4p **10** Toon met een berekening aan of de toename van de lengte door rek kleiner is dan 10%.

Door de kracht van de vrachtwagen op het net rollen de stalen banden af. Om zware vrachtwagens te stoppen, worden er meerdere vangnetten achter elkaar opgehangen. Ieder net hangt aan meerdere trommels. Iedere trommel is identiek. In figuur 7 zijn drie vangnetten in een klein deel van de noodstopstrook te zien.

**figuur 7**



De noodstopstrook moet zowel lichte als zware vrachtwagens veilig kunnen afremmen. Om veiligheidsredenen mag de vertraging nooit groter zijn dan  $0,90 \cdot g$ , ongeacht het formaat van de vrachtwagen. Het eerste net is opgehangen aan minder trommels dan de overige netten.

2p 11 Leg met de tweede wet van Newton uit waarom hiervoor is gekozen.

De drie vangnetten in figuur 7 zijn bevestigd aan in totaal 16 trommels. De spankracht in iedere stalen band is constant  $2,0 \cdot 10^4$  N. De lengte van iedere band is 61 m.

Tijdens een test rijdt een vrachtwagen ( $m = 60 \cdot 10^3$  kg) met een snelheid van  $24 \text{ m s}^{-1}$  de noodstopstrook op.

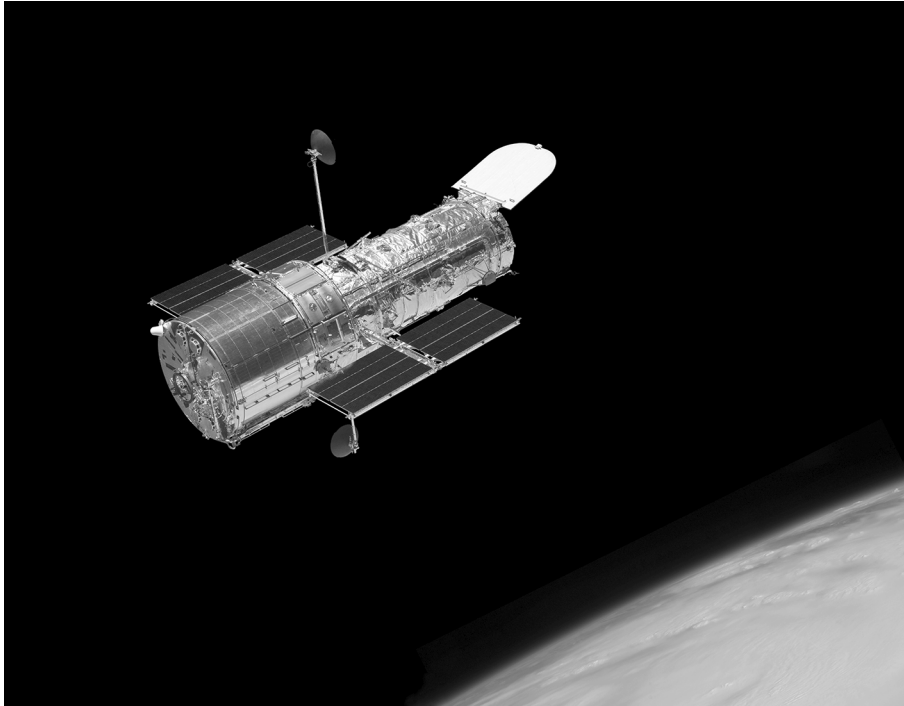
4p 12 Toon met een berekening met arbeid en kinetische energie aan of de drie netten de vrachtwagen kunnen stoppen.

## Kosmische explosie

---

Sinds de uitvinding van de telescoop hebben sterrenkundigen steeds meer ontdekt over de sterrenhemel. Een bekende telescoop is de Hubble telescoop. Zie figuur 1.

**figuur 1**

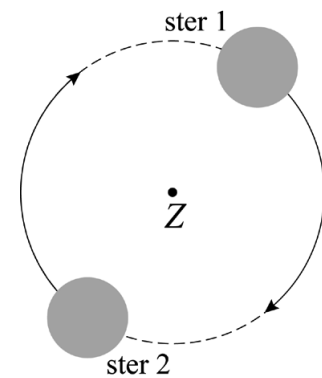


De Hubble is een ruimtetelescoop.

- 1p 13 Wat is het belangrijkste voordeel van een ruimtetelescoop ten opzichte van een telescoop op aarde?
- A Een ruimtetelescoop heeft geen last van de atmosfeer van de aarde.
  - B Een ruimtetelescoop kan naast zichtbaar licht ook radiogolven waarnemen.
  - C Een ruimtetelescoop staat dichterbij de sterren.
  - D Op een ruimtetelescoop werkt geen zwaartekracht.

Sommige sterren zitten in een dubbelster-systeem. Dit is een systeem van twee sterren die om een gemeenschappelijk zwaartepunt  $Z$  draaien. Zie schematisch in figuur 2.

**figuur 2**



Een bepaalde dubbelster heeft de naam KIC9832227 (KIC) gekregen. Deze dubbelster staat op  $1,70 \cdot 10^{19}$  m afstand van de aarde.

Of twee sterren van een dubbelster met een telescoop als afzonderlijke lichtbronnen waar te nemen zijn, hangt af van een aantal variabelen.

Twee sterren zijn nog net van elkaar te onderscheiden als geldt:

$$\frac{1,22 \cdot \lambda}{D} = \frac{d}{\ell} \quad (1)$$

Hierin is:

- $\lambda$  de grootte van de golflengte van het licht dat van het object wordt waargenomen;
- $D$  de diameter van de telescoop;
- $d$  de afstand tussen de middelpunten van de sterren;
- $\ell$  de afstand van de aarde tot de dubbelster.

Hubble heeft een diameter van 2,4 m. Voor KIC geldt:  $d = 4,18 \cdot 10^9$  m.

Hubble neemt elektromagnetische straling waar met een fotonenergie van 1,0 eV.

- 5p **14** Toon met behulp van een berekening aan of de diameter van Hubble groot genoeg is om de twee sterren van KIC in dit deel van het elektromagnetisch spectrum afzonderlijk waar te nemen.

Voor het verband tussen de omlooptijd  $T$  van de twee sterren van KIC en de onderlinge afstand  $d$  geldt:

$$\frac{d^3}{T^2} = k \quad (2)$$

Hierin is  $k$  een constante.

Enkele jaren geleden is bij dubbelster KIC geconstateerd dat de frequentie waarmee de twee sterren om het gemeenschappelijke zwaartepunt heen draaien verandert. Astronomen concludeerden uit deze verandering dat de sterren steeds dichter naar elkaar toe bewegen.

- 2p **15** Leg met behulp van formule (2) uit of de waargenomen frequentie toeneemt of afneemt.



Als sterren steeds dichterbij elkaar toe bewegen, kunnen ze uiteindelijk samensmelten in een kosmische explosie. Door de energie die bij zo'n samensmelting vrijkomt, wordt de helderheid van het zichtbare licht van de sterren tijdelijk veel groter.

In 2017 werd voorspeld dat in het jaar 2023 de kosmische explosie van dubbelster KIC op aarde te zien zou zijn.

Dubbelster KIC staat op  $1,70 \cdot 10^{19}$  m afstand van de aarde.

In figuur 3 staat een tabel met vier periodes.

**figuur 3**

periode		kenmerkende gebeurtenis
1	rond het jaar 0	begin Europese jaartelling
2	rond het jaar 220	tijd van de Romeinen in Nederland
3	rond het jaar 1800	ontstaan Koninkrijk der Nederlanden
4	rond het jaar 2020	jouw middelbareschooltijd

- 4p 16 Leg met behulp van een berekening uit in welke periode (1, 2, 3 of 4) de kosmische explosie volgens de voorspelling zou hebben plaatsgevonden.

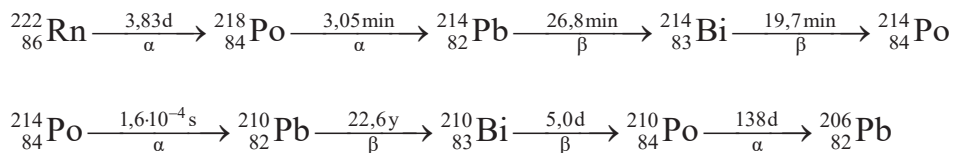
## Radioactieve rook

Tabak wordt gemaakt van de bladeren van de tabaksplant. Zie figuur 1.

figuur 1



Tabaksplanten halen water en (voedings)stoffen uit de bodem en de lucht. Hierin zitten ook radioactieve isotopen. Een van die isotopen is Rn-222, dat in een lange vervalreeks via diverse dochterkernen vervalst tot stabiel Pb-206:



De dochterkernen uit deze vervalreeks komen in de bladeren van de tabaksplant terecht.

Van deze bladeren wordt tabak voor sigaretten gemaakt. De tijd tussen het oogsten van de plant en het roken van een sigaret van die plant is gemiddeld twee jaar.

Na twee jaar is vooral Pb-210 aanwezig in de tabak

2p 17 Leg dat uit met behulp van de halveringstijden uit de vervalreeks.

Naast Pb-210 bevat tabak ook een klein aandeel van de zeer gevaarlijke radioactieve stof Po-210.

Een sigaret bevat 0,90 g tabak. Hierin zitten  $2 \cdot 10^5$  atomen Po-210.

- 3p **18** Bereken het percentage van de massa van de tabak dat bestaat uit Po-210.

Van de totale massa van een sigaret komt een beperkt, maar wel zeer schadelijk deel via de rook in de kwetsbare longen terecht. Het ingeademde Po-210 plakt door teer in de rook vast op kleine plekken in de longen, de zogenaamde hotspots. De equivalente dosis  $H$  voor de longen als geheel, ten gevolge van het ingeademde polonium, kan berekend worden met de formule:

$$H = \frac{w_R \cdot A_{\text{gem}} \cdot \Delta t \cdot E_d}{m} \quad (1)$$

Hierin is:

- $w_R$  de weegfactor;
- $A_{\text{gem}}$  de gemiddelde activiteit;
- $\Delta t$  de tijd dat het weefsel bestraald wordt;
- $E_d$  de energie van het vrijgekomen  $\alpha$ -deeltje;
- $m$  de massa van het bestraalde weefsel.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel met drie verschillende gegevens over Po-210 in de longen.

- 3p **19** Geef in de tabel met behulp van formule (1) per gegeven de reden waarom Po-210 in de longen zo gevaarlijk is.

## Zelfbouw zaklamp

---

Een hobbyist maakt een zaklamp met een zeer grote lichtsterkte. Hij gebruikt voor de zaklamp meerdere leds. Iedere led heeft een vermogen van  $1,0 \cdot 10^2$  W bij een stroomsterkte van 3,0 A. Voor de stroomvoorziening heeft hij de beschikking over 4 accu's die elk een spanning van 11,1 V leveren. Hij combineert een aantal van deze accu's tot een accupakket.

- 4p 20 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken uit hoeveel losse accu's het accupakket moet bestaan om iedere led op de juiste spanning en het juiste vermogen te laten werken.
  - Geef aan of de accu's in serie of parallel moeten worden geschakeld.

Het gebruikte accupakket heeft een capaciteit van 5,0 Ah. Eén led werkt op een stroomsterkte van 3,0 A. De zaklamp maakt gebruik van 8 parallel geschakelde leds.

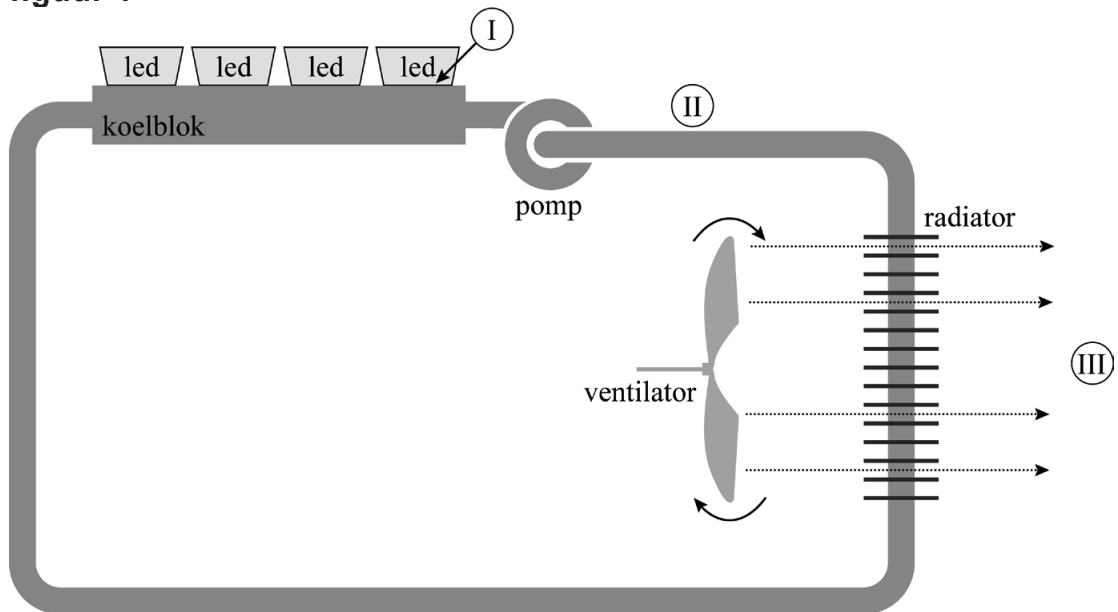
- 4p 21 Bereken hoeveel minuten het accupakket de leds kan laten branden.

Iedere led heeft een elektrisch vermogen van  $1,0 \cdot 10^2$  W. De led levert licht en warmte. Het rendement van de leds is 35%. Om te voorkomen dat de leds te heet worden, zijn deze op koelblokken geplakt. Op één koelblok passen 4 leds. Het koelblok is gevuld met 25 gram water van 20 °C. Als de leds worden ingeschakeld, zal het water opwarmen. Neem aan dat alle warmte die de leds produceren door het water wordt opgenomen.

- 5p 22 Bereken hoelang het dan duurt voordat het water in één koelblok kookt.

Om het water zelf te koelen, wordt het rondgepompt. Een pomp verplaatst het water van het koelblok naar een radiator die daardoor opwarmt. Een draaiende ventilator koelt de radiator door er lucht langs te blazen. Het afgekoelde water gaat weer terug naar het koelblok. Zie schematisch in figuur 1. Er zijn drie plekken (I, II en III) aangegeven waar warmte wordt getransporteerd.

**figuur 1**

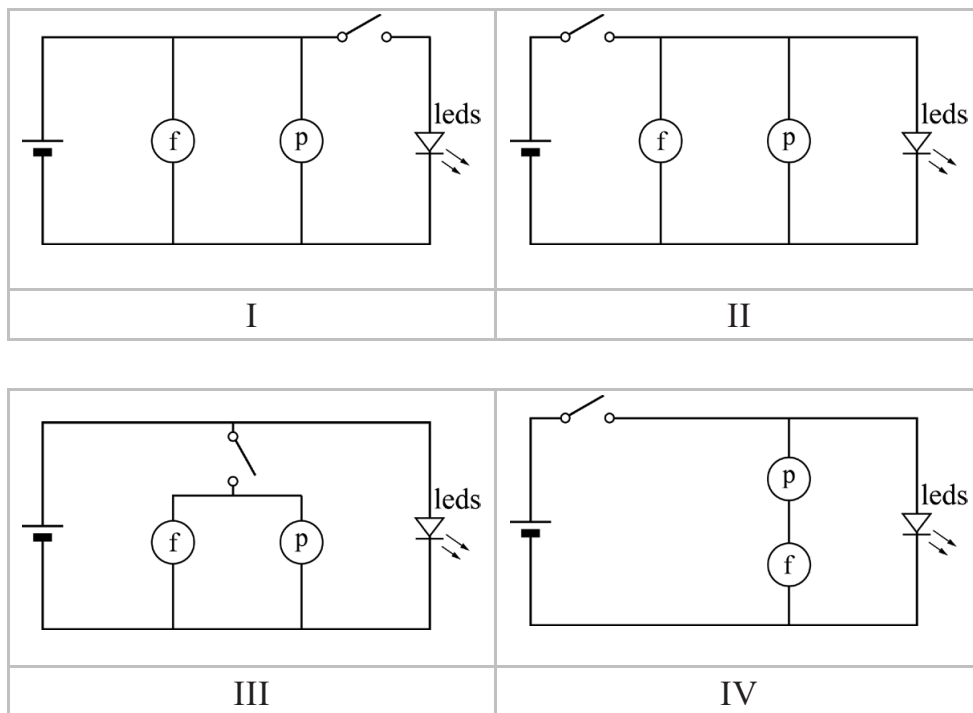


Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 2p **23** Omcirkel in de tabel op de uitwerkbijlage voor elke plek (I, II en III) de belangrijkste vorm van warmtetransport.

Pomp p en ventilator f moeten tegelijk met de leds ingeschakeld worden en werken ieder op dezelfde spanning als de leds.  
In figuur 2 staan vier schakelschema's.

**figuur 2**



1p 24 Welk schakelschema is juist?

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



De hobbyist wil tenslotte weten hoeveel licht zijn zelfbouw zaklamp geeft. Dit doet hij door de oppervlaktes te vergelijken die hij kan belichten met een zaklamp. Hij schijnt achtereenvolgens met een normale zaklamp en de zelfbouw zaklamp op de gevel van een gebouw. Zie figuren 3 en 4. De intensiteit (sterkte) van het licht op het gebouw is bij beide zaklampen gelijk. De normale zaklamp belicht een klein vierkant oppervlak. De zelfbouw zaklamp belicht een cirkelvormig oppervlak met dezelfde diameter als de breedte van het gebouw. In figuren 3 en 4 is dit gemarkeerd.

**figuur 3**



**figuur 4**



- 1p 25 Hoeveel keer zo groot is het oppervlak dat verlicht wordt door de zelfbouw zaklamp, vergeleken met het oppervlak dat door de normale zaklamp wordt verlicht?
- A 0 tot 50 keer zo groot
  - B 50 tot 100 keer zo groot
  - C 100 tot 150 keer zo groot
  - D 150 tot 200 keer zo groot

---

**Bronvermelding**

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