

Examen HAVO

2016

tijdvak 1
donderdag 12 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 79 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.

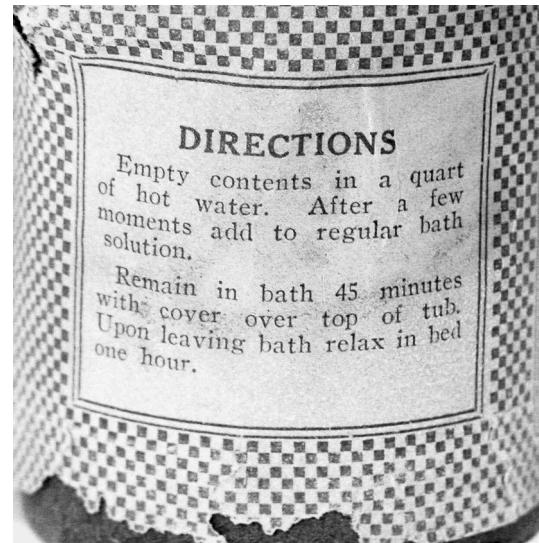
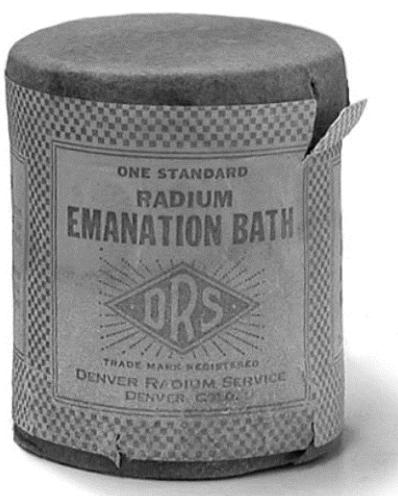
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

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

Radiumbad

In de eerste helft van de vorige eeuw was het gebruikelijk om bij sommige aandoeningen een behandeling met radioactief radium-226 te ondergaan. Een patiënt moest dan een warm bad nemen waarin radiumzout aan het badwater was toegevoegd. Zie figuur 1.

figuur 1



Volgens sommige artsen uit die tijd kon de straling die bij het verval van radium vrijkwam door de huid van de patiënt heen gaan.

- 3p 1 Leg met behulp van de vervalreactie van radium-226 uit of die artsen gelijk hadden.

Voor de activiteit van radium-226 geldt:

$$A(t) = \frac{0,693}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$$

Hierin is:

- $A(t)$ de activiteit op tijdstip t (in Bq);
- $t_{\frac{1}{2}}$ de halveringstijd van radium-226 (in s);
- $N(t)$ het aantal radioactieve kernen radium op tijdstip t .

De activiteit van het radium-226 in het badzout was $1,6 \cdot 10^5$ Bq.

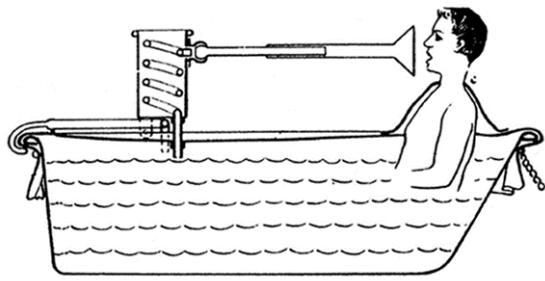
- 4p 2 Bereken hoeveel microgram radium-226 dit potje badzout bevatte.

Over het bad was een zeil gespannen, **figuur 2**

waar een buis doorheen stak. Via de buis kon het radongas, dat bij het verval van het radium was ontstaan, worden ingeademd. Zie figuur 2.

Het radongas vervalgt in de longen en de vervalproducten komen zo in het bloed en bij de organen terecht.

Op de uitwerkbijlage is een deel van de vervalreeks van radon-222 gegeven. In deze reeks ontbreken twee vervalreacties.



- 4p 3 Vul de figuur op de uitwerkbijlage aan zodat de vervalreeks compleet is.

Vanuit het radium ontstaan $1,6 \cdot 10^5$ radonatomen per seconde.

De activiteit hiervan is constant, tijdens het nemen van een bad.

Er komt 25% van het radongas in het lichaam terecht.

De energie van het α -verval van radon wordt, samen met de energie van het verval van alle dochterkernen, geabsorbeerd door het lichaam.

Per ingeademd radondeeltje komt er 24,7 MeV aan energie vrij door α -verval. Daarnaast komt er 5,75 MeV vrij aan energie door β^- -verval.

De activiteit van de α - en β^- -straling is gelijk.

$$\text{Voor de effectieve totale lichaamsdosis } H \text{ geldt: } H = w_R \frac{E}{m} .$$

Hierin is:

- H de effectieve totale lichaamsdosis (in Sv);
- w_R de weegfactor, $w_R = 20$ voor α -stralung en $w_R = 1$ voor β^- -stralung;
- E de energie (in J);
- m de massa (in kg).!

Veronderstel dat iemand van 80 kg gedurende 45 minuten in zo'n radiumbad zit.

- 5p 4 Bereken hoe vaak deze persoon jaarlijks zo'n bad zou kunnen nemen voordat de jaarlijkse effectieve totale lichaamsdosis (Binas tabel 27D2) wordt overschreden.

Bij plaatselijke klachten was het ook mogelijk om een kompres met radium-226 op de pijnlijke plek te leggen. Zie figuur 3.

In 2006 werd een container onderschept waarin een radiumkompres uit 1951 zat. Bij de productie in 1951 had dit kompres een activiteit van 7,4 MBq.

- 2p 5 Leg uit of de activiteit van het radium in dit kompres in 2006 veel groter, bijna even groot of veel kleiner was dan 7,4 MBq.

figuur 3



Fontein van Genève

In het Meer van Genève bevindt zich een van de grootste fonteinen ter wereld. Bij de fontein hangt een informatiebordje. De tekst op dit bordje staat, vertaald, weergegeven in figuur 1.

figuur 1



Fontein van Genève

Elke seconde wordt er 450 liter water de lucht in gestuwd tot een hoogte van 140 m.

Het water wordt met twee pompen door een spuitmond gespoten met een snelheid van 200 km/h. De twee elektrische pompen hebben elk een vermogen van 500 kW.

Na zonsondergang wordt de straal verlicht door een aantal lampen met een gezamenlijk vermogen van 13,5 kW.

Fontein in werking:

maandag tot vrijdag: 10.00 - zonsondergang
vrijdag tot en met zondag: 10.00 – 22.30 uur.

De pompen zijn parallel aangesloten op een spanning van 2400 V.

- 3p 6 Bereken de stroomsterkte door de kabels naar de fontein als beide pompen aan staan.

De twee elektrische pompen hebben elk een vermogen van 500 kW. Het water wordt met een snelheid van 200 km h^{-1} uit de spuitmond gespoten.

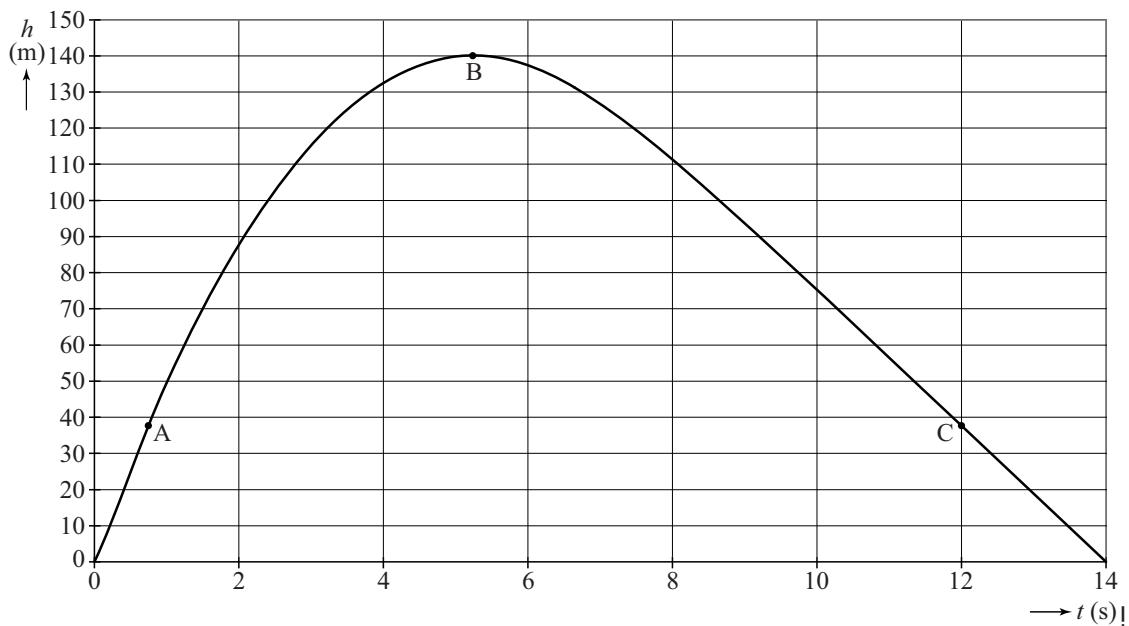
- 3p 7 Bereken het rendement van de elektrische pompen. Neem hierbij voor de dichtheid van water $1,00 \text{ kg L}^{-1}$.

- 3p 8 Toon met een berekening aan of het water de maximale hoogte die op het bordje staat kan halen.

Van de beweging van een waterdruppel in de straal van de fontein is, met een computer, een model gemaakt. In dit model is rekening gehouden met de zwaartekracht en de wrijvingskracht op de druppel. In figuur 2 is het (h, t) -diagram weergegeven dat bij het model hoort.

!

figuur 2



Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 9 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de snelheid van de druppel als deze druppel het wateroppervlak weer raakt.

In figuur 2 zijn de punten A, B en C aangegeven. Op de uitwerkbijlage is de druppel vijf keer getekend met een resulterende kracht die op de druppel werkt.

- 1p 10 Zet op de uitwerkbijlage de letters A, B en C onder de juiste druppel.

Trillingen in een vrachtwagen

Een chauffeur van een vrachtwagen heeft vaak last van trillingen, die veroorzaakt worden door de motor van de vrachtwagen. Deze trillingen worden via de chauffeursstoel aan de chauffeur doorgegeven. Deze trillingen kunnen, naast ongemak, ook schade aan de rug veroorzaken. Het is daarom belangrijk dat er strenge eisen worden gesteld aan de kwaliteit van een chauffeursstoel.

In deze opgave gaan we stapsgewijs enkele van die eisen na.

Uit onderzoek is gebleken dat vooral trillingen met een frequentie tussen 2,0 Hz en 80 Hz schade aan de rug veroorzaken. Op de uitwerkbijlage is een (v, t)-diagram van een trilling van een chauffeursstoel gegeven.

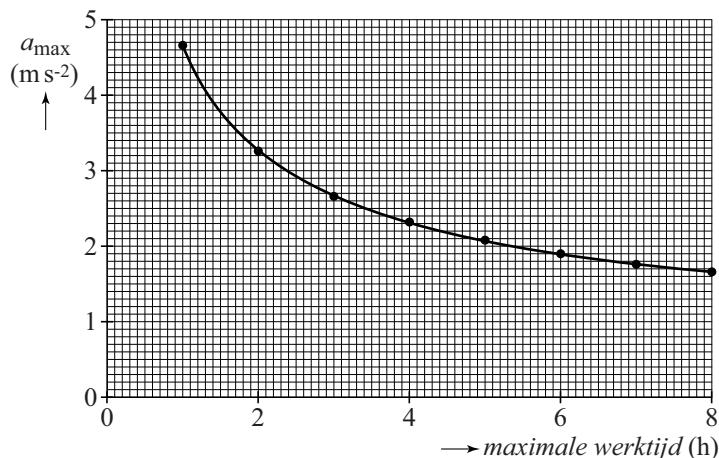
- 2p 11 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of deze trilling binnen het genoemde frequentiegebied valt.

De maximale versnelling die een chauffeur gedurende een bepaalde tijd ondervindt, bepaalt hoe schadelijk de trillingen zijn. In figuur 1 staat uitgezet hoe lang de chauffeur mag werken bij een bepaalde maximale versnelling.

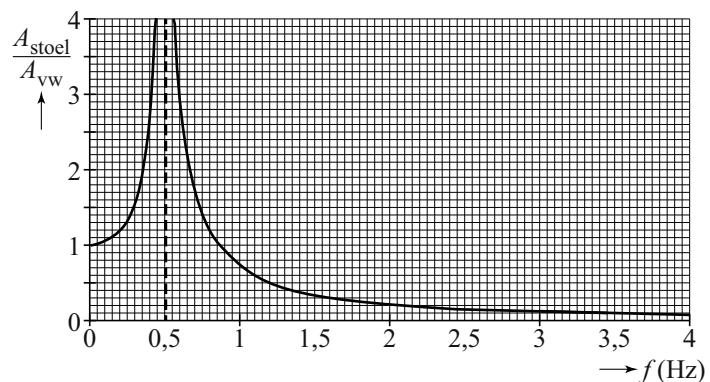
- 3p 12 Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage hoe lang een chauffeur mag werken als hij deze trillingen ondervindt.

Stoelen in vrachtwagens zijn vaak op een veersysteem geplaatst. In figuur 2 is de verhouding gegeven tussen de amplitude van de beweging van de stoel en de amplitude van de vrachtwagen als functie van de frequentie.

figuur 1



figuur 2



- 2p 13 Zijn de problemen in het gebied vanaf 2,0 Hz met dit veersysteem nu minder? Leg je antwoord uit.

De eigenfrequentie van het systeem is 0,50 Hz.

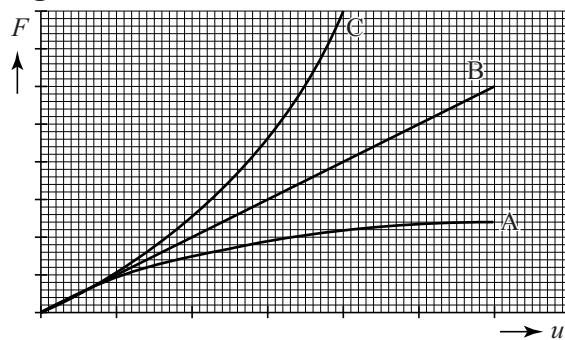
De chauffeur heeft een massa van 90 kg, de veerconstante van de veer in de stoel is $C = 1,3 \cdot 10^3 \text{ Nm}^{-1}$.

- 3p 14 Bereken de massa van de stoel.

Als een chauffeur op deze stoel gaat zitten, zakt de stoel te ver in. Daarom moet de veer in de stoel vervangen worden door een veer waarbij de veerconstante toeneemt als de kracht op de veer toeneemt. In figuur 3 is een (F, u)-diagram gegeven voor drie verschillende veren.

- 1p 15 Welke veer (A, B, of C) is het meest geschikt voor deze chauffeursstoel?

figuur 3



Elektrische auto

Een autofabrikant heeft in 2012 een bijzonder model elektrische auto op de markt gebracht: de tweepersoons-Twizy. In de tabel staan enkele technische gegevens van de Twizy die bij de vragen gebruikt kunnen worden.



Technische gegevens Twizy

Totale massa inclusief accu:	462 kg
Massa accu:	100 kg
Lengte:	2,3 m
Breedte:	1,4 m
Hoogte:	1,5 m
Topsnelheid:	80 km h^{-1}
Opslagcapaciteit accu:	6,1 kWh
Gemiddeld energieverbruik per km:	0,075 kWh
Oplaadtijd:	3,5 uur
Nuttig motorvermogen bij topsnelheid:	8,5 kW

De actieradius van een elektrische auto is de afstand die een auto met een volle accu kan afleggen.

- 3p 16 Bereken de actieradius van de Twizy bij gemiddeld energieverbruik.

Auto's worden vaak met elkaar vergeleken op basis van het energieverbruik. Een kleine benzineauto gebruikt gemiddeld 1 liter benzine om een afstand van 20 km af te leggen.

- 4p 17 Leg met behulp van een berekening uit of de Twizy zuiniger of minder zuinig rijdt dan deze benzineauto. Gebruik Binas tabel 28B.

Als een auto met topsnelheid rijdt, is het energieverbruik groter dan gemiddeld. Het rendement van de elektromotor van de Twizy is bij topsnelheid 87%.

- 4p 18 Bereken het energieverbruik per km (in kWh km^{-1}) van de Twizy bij topsnelheid.

- 2p 19 Bereken de grootte van de totale wrijvingskracht bij topsnelheid.

- Als de accu leeg is, wordt hij aan het stopcontact (230 V) opgeladen.
- 3p **20** Bereken de (gemiddelde) stroomsterkte die het elektriciteitsnet levert tijdens het opladen.

In de tabel staat een overzicht van verschillende types accu die in elektrische auto's gebruikt kunnen worden.

Type accu	Energiedichtheid (10^5 J kg^{-1})
Lood	1,1
NiCd	1,4
Li-ion	2,2
Li-po	5,8
Li-S	13

- 3p **21** Bepaal welk type accu in de Twizy is toegepast. Leg je antwoord uit.

Wisselverwarming

Een trein kan met een wissel van het ene spoor naar het andere spoor geleid worden. Een wissel bestaat uit een beweegbaar deel en een vast deel. Zie figuur 1. In de winter kan er sneeuw en ijs tussen deze delen komen, waardoor de wissel niet meer werkt.

figuur 1



figuur 2



Om problemen met sneeuw en ijs te voorkomen zijn sommige wissels voorzien van een elektrisch verwarmingselement. Dit element bestaat uit twee verwarmingslinten die boven elkaar op een spoorstaaf gemonteerd zijn en parallel aangesloten zijn op een spanning van 230 V. Zie figuur 2.

Eén verwarmingslint heeft een weerstand van $44,1 \Omega$.

- 3p **22** Bereken het vermogen van het verwarmingselement.

In een verwarmingslint zit een magnesiumdraad. De lengte en de doorsnede van deze draad bepalen het vermogen van het verwarmingslint.

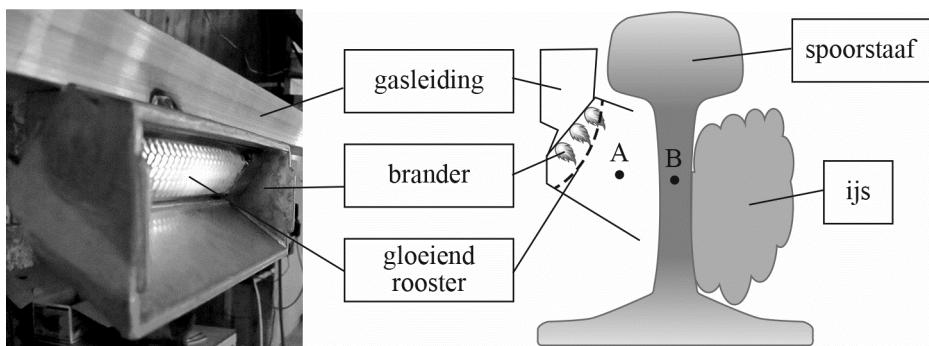
- 1p **23** Welke combinatie van lengte en doorsnede van de magnesiumdraad geeft het grootste vermogen?
A een kleine lengte en een kleine doorsnede
B een kleine lengte en een grote doorsnede
C een grote lengte en een kleine doorsnede
D een grote lengte en een grote doorsnede

De magnesiumdraad heeft een lengte van 20 m.

- 4p **24** Bereken de diameter van de magnesiumdraad.

De meeste wisselverwarmingen in Nederland werken niet op elektriciteit maar op aardgas. Dit type verwarming bestaat uit een gasleiding van enkele meters lang, waarop een aantal branders is gemonteerd. Deze branders verwarmen de spoorstaven. Zie figuur 3.

figuur 3



Door het verbranden van het gas wordt het rooster in de brander roodgloeiend. De warmte passeert dan de punten A en B die in figuur 3 zijn aangegeven.

- 2p 25 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor de punten A en B met kruisjes alle vormen van warmtetransport aan die er optreden.

De gasverwarming voert per meter spoorstaaf 1,0 kW aan warmte toe. De spoorstaven hebben een massa van 60 kg per meter en zijn gemaakt van koolstofstaal.

- 4p 26 Bereken hoe lang het minstens duurt om met deze gasverwarming een meter spoorstaaf op te warmen van 0 °C tot 10 °C. Neem aan dat de spoorstaaf homogeen verwarmd wordt.

Tijdens het weeralarm van 17 december 2010 lag bijna heel Nederland onder een dik pak sneeuw. Alle 5200 gasgestookte wissels werden die dag (gemiddeld) 10 uur verwarmd.

Het totale vermogen van alle branders op één wissel is 11,2 kW. Een gemiddeld Nederlands huishouden gebruikt $1,85 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ gas per jaar.

- 4p 27 Bereken hoeveel jaar een gemiddeld Nederlands huishouden zou kunnen doen met de hoeveelheid (Gronings) aardgas die op 17 december 2010 voor de wisselverwarming werd gebruikt.

Examen HAVO

2016

tijdvak 2
woensdag 22 juni
13:30 - 16:30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 74 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.

Sluis van Fankel

Tijdens een boottochtje over de Moezel van Beilstein naar Cochem passeert een schip bij Fankel een sluis. Het schip vaart de sluis in (zie figuur 1), het water in de sluis zakt (zie figuur 2), en na enige tijd kan het schip de sluis weer verlaten. In de sluis ligt het schip stil.

figuur 1



figuur 2



Een passagier op het schip heeft twee (v, t) -diagrammen gemaakt: één van de heenreis en één van de terugreis. Deze diagrammen zijn op de uitwerkbijlage gegeven. Hierin is de snelheid van het schip gegeven ten opzichte van de oever.

- 2p 1 Bepaal, met behulp van de bovenste figuur op de uitwerkbijlage, hoeveel minuten het passeren van de sluis op de heenreis duurt.
- 3p 2 Bepaal, met behulp van de onderste figuur op de uitwerkbijlage, de afstand tussen Beilstein en Cochem. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

De Moezel is een stromende rivier. De snelheid van het schip ten opzichte van het water is in beide richtingen even groot.

- 3p 3 Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de stroomsnelheid van de rivier tijdens de boottocht.

Bij deze sluis neemt de waterhoogte op de terugweg met 7,0 m toe. Het stijgen van het water in de sluis als functie van de tijd is in een (h, t) -diagram op de uitwerkbijlage gegeven.

- 3p 4 Bepaal, met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage, de maximale stijgsnelheid van het water in de sluis.

In figuur 3 zijn de sluisdeuren in bovenaanzicht schematisch getekend. In het bovenste deel van figuur 3 staan de sluisdeuren open, in het onderste deel zijn ze gesloten.

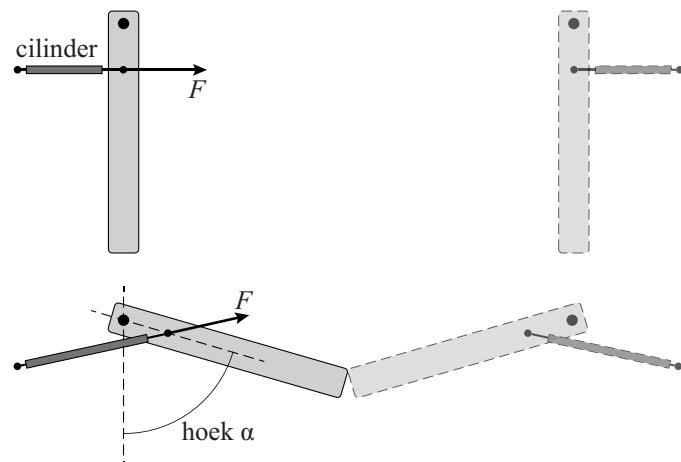
De sluisdeuren worden bediend met hydraulische cilinders: deze hebben stangen die in en uit kunnen schuiven.

Tijdens het sluiten van de sluisdeuren heeft het water rond een sluisdeur dezelfde hoogte.

De kracht van de hydraulische cilinder op een sluisdeur is tijdens het sluiten van de sluisdeuren steeds even groot.

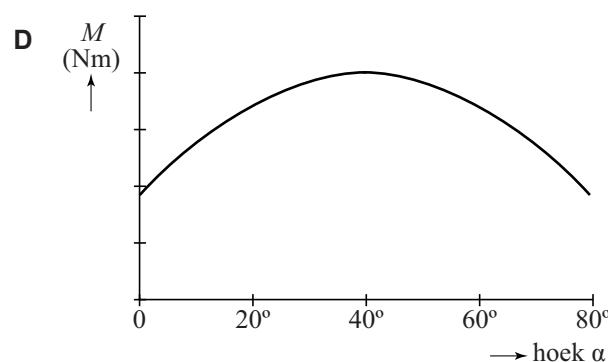
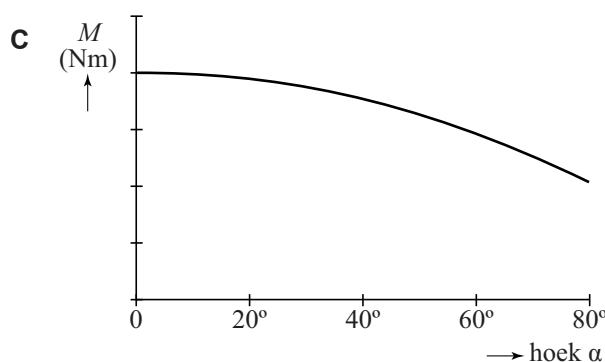
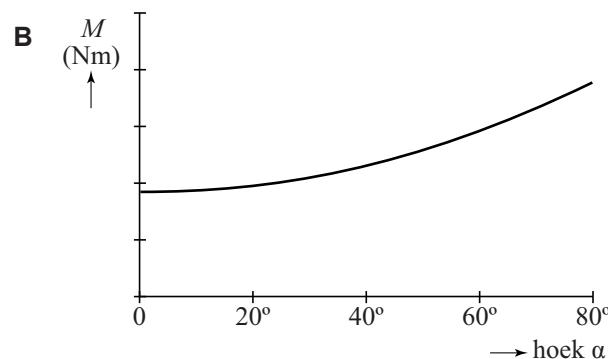
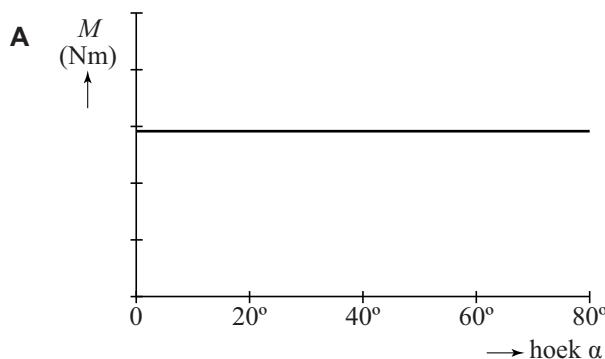
figuur 3

bovenaanzicht



Op een bepaald tijdstip worden de sluisdeuren gesloten.

- 1p 5 In welk diagram is het moment $M = Fr$ van de kracht van de hydraulische cilinder op een sluisdeur als functie van hoek α juist weergegeven?



figuur 4



Naast de sluis ligt in de rivier een stuwtje. Zie figuur 4.

Een stuwtje wordt gebouwd tussen twee delen van een rivier met een hoogteverschil. Dit hoogteverschil wordt gebruikt om met behulp van een waterkrachtcentrale elektrische energie op te wekken. Het hoogteverschil in deze stuwtje is 7,0 m.

Als er 400 m^3 water per seconde door de stuwtje gaat, levert de stuwtje zijn maximale elektrische vermogen van 16,4 MW. Het snelheidsverschil van het water voor en na de stuwtje is te verwaarlozen.

- 4p 6 Bereken het rendement van deze energieomzetting.

Gemiddeld stroomt er 209 m^3 water per seconde door de stuwtje.

Het opgewekte vermogen is evenredig met de hoeveelheid water per seconde. Het rendement van de stuwtje is bij 209 m^3 water per seconde niet hetzelfde als bij 400 m^3 water per seconde.

Een huishouden gebruikt gemiddeld 3750 kWh per jaar aan elektrische energie.

- 4p 7 Bereken hoeveel huishoudens er maximaal door deze stuwtje van elektrische energie kunnen worden voorzien. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

Wieg

Marloes heeft een wieg gekocht voor haar baby. De wieg hangt aan een veer en kan zachtjes op en neer trillen (zie figuur 1). Op de verpakking van de wieg staat: $C_{veer} = 1,3 \text{ kN m}^{-1}$ en $m_{wieg} = 12,2 \text{ kg}$.

- 2p 8 Bereken hoeveel de veer is uitgerekt als de wieg aan de veer hangt.

De wieg is met twee touwen aan het plafond bevestigd (zie figuur 1).

- 3p 9 Bepaal met een constructie in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de spankracht in een touw.

figuur 1



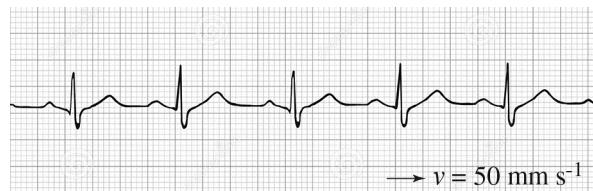
Marloes legt haar baby van 3,2 kg in de wieg. Als zij de wieg een klein beetje naar beneden duwt en dan loslaat, gaat de wieg met de baby erin een trilling uitvoeren.

- 3p 10 Bereken de frequentie van deze trilling.

Marloes heeft een cardiogram van de hartslag van haar baby. Met de hartslag wordt het aantal slagen van het hart per minuut bedoeld. Het cardiogram is gegeven in figuur 2. Het papier bewoog met een snelheid van 50 mm s^{-1} .

- 3p 11 Leg uit hoe Marloes de hartslag van haar baby kan bepalen met behulp van een cardiogram zoals in figuur 2.

figuur 2



Marloes heeft gelezen dat baby's gemakkelijker in slaap vallen als de frequentie van het trillen van de wieg twee keer zo klein is als de frequentie waarmee het hart van de baby klopt. De frequentie van haar wieg is nu nog te hoog.

- 2p 12 Noem twee aanpassingen aan de wieg die Marloes zou kunnen doen om de frequentie van de wieg kleiner te maken. Licht je antwoord toe.

Bliksem

Bij onweer kunnen wolken sterk elektrisch geladen zijn. Als het bliksemt, vindt er een ontlading plaats tussen twee wolken of tussen een wolk en de aarde (een blikseminslag).

Zie figuur 1.

Als zo'n ontlading ver weg plaatsvindt, hoor je de donder die er bij hoort veel later dan je de lichtflits ziet. Met de volgende vuistregel kun je uitrekenen op welke afstand het onweer zich dan bevindt.

figuur 1



Als er drie seconden verstrijken tussen het zien van de lichtflits en het horen van de donder, bevindt het onweer zich op ongeveer één kilometer afstand.

2p **13** Beantwoord de volgende vragen:

- Leg uit waarom je de lichtflits eerder ziet dan je de donder hoort.
- Toon aan dat de vuistregel klopt.

Op de website van het KNMI staat dat bliksem als energiebron weinig voorstelt.

De energie van een gemiddelde blikseminslag is minder dan de warmte die vrijkomt bij het verbranden van 1 m^3 (Gronings) aardgas.

Bij een blikseminslag loopt er gedurende $50 \mu\text{s}$ een stroom van 30 kA tussen de donderwolk en de aarde. De spanning tussen de donderwolk en de aarde is $6,0 \text{ MV}$.

4p **14** Laat met behulp van Binas tabel 28 en een berekening zien, of de uitspraak van het KNMI voor deze blikseminslag klopt.

Een bliksemafleider is een metalen staaf op het dak van een gebouw. Zie figuur 2. Vroeger was een bliksemafleider met een dikke koperdraad verbonden met een metalen raster in de grond. Vanwege koperdiefstal heeft men tegenwoordig het koperdraad vervangen door aluminiumdraad.

- 3p **15** Wordt in een aluminiumdraad meer of minder warmte per seconde ontwikkeld dan in een koperdraad met dezelfde afmetingen? Licht je antwoord toe. Neem aan dat de stroomsterkte in beide gevallen even groot is.

Tussen 1935 en 1970 zijn er in Nederland ongeveer 500 radioactieve bliksemafleiders op daken gezet. Op de punt van deze bliksemafleiders werd een radioactieve bron aangebracht. Men veronderstelde dat de bliksem dan eerder zou inslaan, omdat de lucht rond de bliksemafleider geïoniseerd werd door de ioniserende straling uit de bron.

In sommige bliksemafleiders gebruikte men radium-226, in andere bliksemafleiders cobalt-60.

Op de uitwerkbijlage staat hierover een tabel.

- 3p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
- Vul de tabel op de uitwerkbijlage in.
 - Leg met behulp van de ingevulde tabel op de uitwerkbijlage uit welke bron (radium-226 of cobalt-60) het beste gebruikt kon worden in een bliksemafleider.

Na 1970 werd ook americium-241 als radioactieve bron gebruikt.

- 3p **17** Geef de vervalreactie van americium-241.

Vanwege hun niet aantoonbaar nut zijn de radioactieve bliksemafleiders enige tientallen jaren geleden door daarin gespecialiseerde bedrijven verwijderd. Per verwijderde radioactieve bliksemafleider met Am-241 werd de effectieve totale lichaamsdosis die een monteur ontvangt, geschat op $70 \mu\text{Sv}$.

- 3p **18** Bereken het aantal bliksemafleiders van dit type dat een monteur (beroepshalve, ouder dan 18 jaar) per jaar mag verwijderen zonder de stralingsbeschermingsnormen te overtreden.

figuur 2



Aerogel

Aerogel is een materiaal met goede warmte-isolerende eigenschappen. Bovendien is aerogel vuurbestendig. Op de Duitse televisie werd een demonstratie gegeven met aerogel. In de show wilde men laten zien dat aerogel de warmte goed isoleert. De presentator van de televisieshow ging in een kooi staan die omgeven werd door platen aerogel. De bovenkant van de ruimte was open. De platen werden aan de buitenkant met vlammen verwarmd. Zie figuur 1.

figuur 1



De gebruikte platen aerogel waren elk 1,0 cm dik, 3,0 m hoog en 1,0 m breed. Zo'n plaat heeft een massa van 2,0 kg.

Een plaat van gips met dezelfde afmetingen zou veel zwaarder zijn.

- 3p 19 Bereken de massa van een gipsplaat met dezelfde afmetingen als een plaat aerogel.

Aan de buitenkant werd de temperatuur van de platen aerogel 833 °C, aan de binnenkant was de temperatuur van de platen ‘slechts’ 53 °C.

Aerogel heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt van $0,020 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

- 3p 20 Bereken de warmtestroom die dan door één plaat aerogel getransporteerd wordt.

In een huis bestaan de buitenmuren meestal uit twee stenen muren met een ruimte ertussen: de spouw. De spouw kan lucht bevatten of kan gevuld zijn met een isolatiemateriaal. Lucht is een slechte warmtegeleider. Neem aan dat de lucht in de spouw stilstaat.

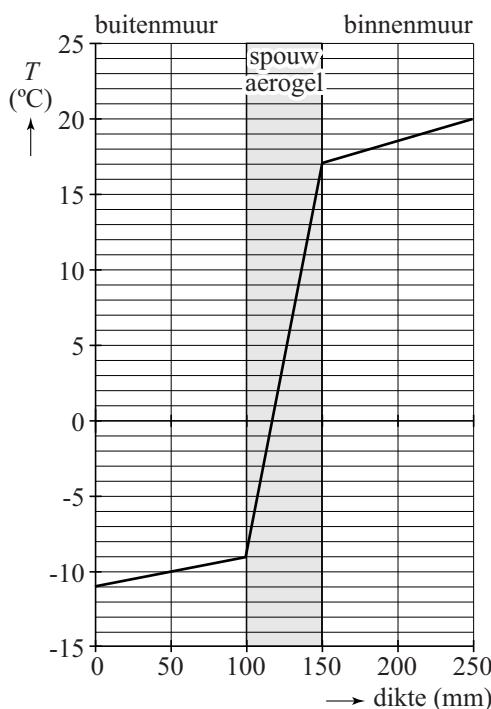
- 1p 21 Is er warmtetransport in een met lucht gevulde spouw?
- A ja, voornamelijk door straling
 - B ja, voornamelijk door stroming
 - C ja, voornamelijk door geleiding
 - D nee

Een spouwmuur kan geïsoleerd worden door de spouw te vullen met polystyreen of met aerogel.

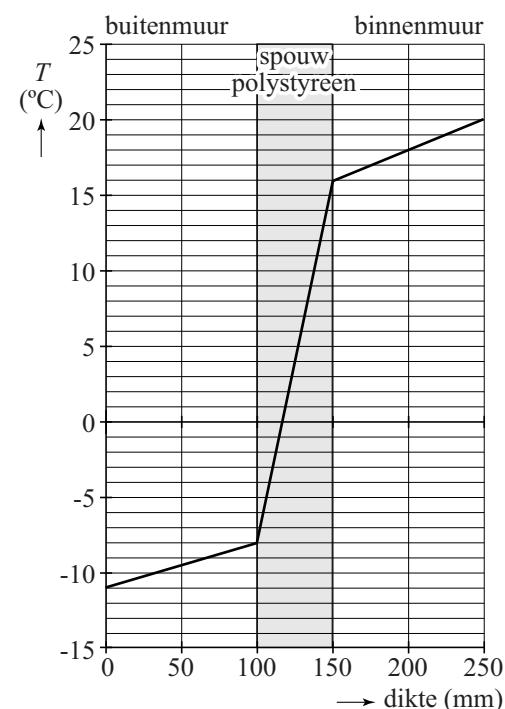
In figuur 2 is het temperatuurverloop als functie van de dikte van de muren gegeven voor aerogel; in figuur 3 voor polystyreen.

De buitenmuren en binnenmuren zijn in beide situaties identiek.

figuur 2



figuur 3



Op de uitwerkbijlage staan vier uitspraken over het isoleren van deze muur met polystyreen vergeleken met het isoleren van deze muur met aerogel.

- 3p 22 Geef op de uitwerkbijlage met een kruisje aan of deze uitspraken waar of niet waar zijn.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Airbus E-fan

De Airbus E-fan is een klein, tweepersoons elektrisch vliegtuig. Het vliegtuig heeft twee motoren met een vermogen van 4,0 kW per motor. Elke motor heeft een eigen accu, met een spanning van 250 V. De E-fan maakte zijn eerste vlucht op 11 maart 2014 op een luchtshow in Engeland. Het vliegtuig kwam los van de grond bij een snelheid van 32 knopen.



- 2p 23 Reken deze snelheid om naar km h^{-1} .
- 2p 24 Bereken de stroomsterkte die elke accu aan zijn motor levert.

Bij een maximaal vermogen van 4,0 kW kan een motor maximaal 1 uur en 10 minuten werken. De massa van een accu is 40 kg.

- 3p 25 Bereken de energiedichtheid in J kg^{-1} van een accu.

In plaats van elke motor op zijn eigen accu aan te sluiten, worden beide motoren en beide accu's in één schakeling aangesloten.

Als één motor uitvalt, moet de andere wel blijven werken. Op de uitwerkbijlage staan drie schakelingen getekend.

- 2p 26 Geef bij elke schakeling aan of de motoren juist of onjuist zijn aangesloten.

Omdat het vliegtuig slechts korte vluchten kan maken op de twee volle accu's, wil de fabrikant een hybride model op de markt brengen dat langere vluchten kan maken. In deze variant worden de accu's opgeladen door een verbrandingsmotor op benzine.

Deze variant kan 2,5 uur **langer** in de lucht blijven dan de E-fan.

Het rendement van de verbrandingsmotor is 35%.

- 4p 27 Bereken hoeveel liter benzine deze variant minimaal verbruikt tijdens zijn vlucht.

Examen HAVO

2017

tijdvak 1
maandag 22 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 28 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.

Elektrische doorstroomverwarmer

Een elektrische doorstroomverwarmer is een apparaatje dat in de koudwaterleiding gemonteerd wordt om koud water op te warmen.

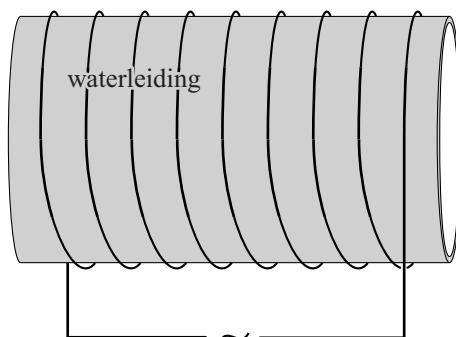
In een oud type doorstroomverwarmer is een weerstandsdraad om de waterleiding gewikkeld. Zie figuur 1.

De weerstandsdraad dient als verwarmingselement.

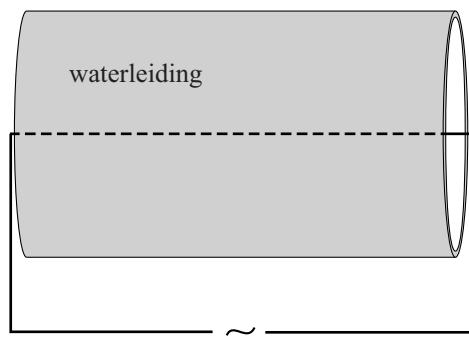
In nieuwe types loopt de weerstandsdraad door de waterleiding heen en wordt direct omspoeld door het leidingwater. Zie figuur 2.



figuur 1



figuur 2



Het nieuwe type doorstroomverwarmer (figuur 2) heeft een hoger rendement dan het oudere type (figuur 1).

- 1p 1 Geef hiervoor een natuurkundige reden.

Om de juiste elektrische doorstroomverwarmer te kiezen wordt de volgende vuistregel gebruikt:

$$P = 70 \cdot \text{debiet} \cdot \Delta T$$

Het debiet is het aantal liter water dat per minuut door de doorstroomverwarmer wordt verwarmd.

In een folder van een bepaald type doorstroomverwarmer staan de volgende technische gegevens:

Technische gegevens	
spanning	230 V
maximaal vermogen	5000 W
maximaal debiet	2,9 L/min

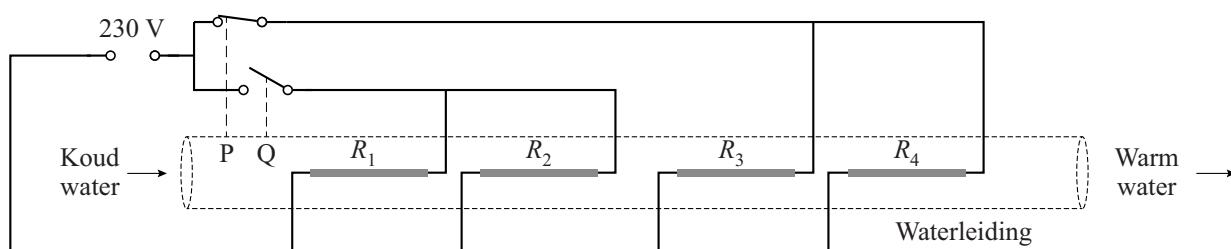
- 2p 2 Bereken met behulp van de vuistregel de (minimale) temperatuurstijging van het water bij gebruik van dit type doorstroomverwarmer bij maximaal vermogen.

Deze doorstroomverwarmer moet aangesloten worden op een zekering. Er kan gekozen worden uit zekeringen van 16 A, 20 A, 25 A of 40 A.

- 3p 3 Leg met behulp van de technische gegevens uit welke zekering hiervoor het meest geschikt is en waarom de andere zekeringen niet geschikt zijn.

In de doorstroomverwarmer wordt het vermogen automatisch aangepast aan de waterbehoefte. In de geïsoleerde kunststof waterleiding zijn hiervoor vier identieke weerstandsdraden R_1 tot en met R_4 als verwarmingselementen gemonteerd. Zie figuur 3.

figuur 3



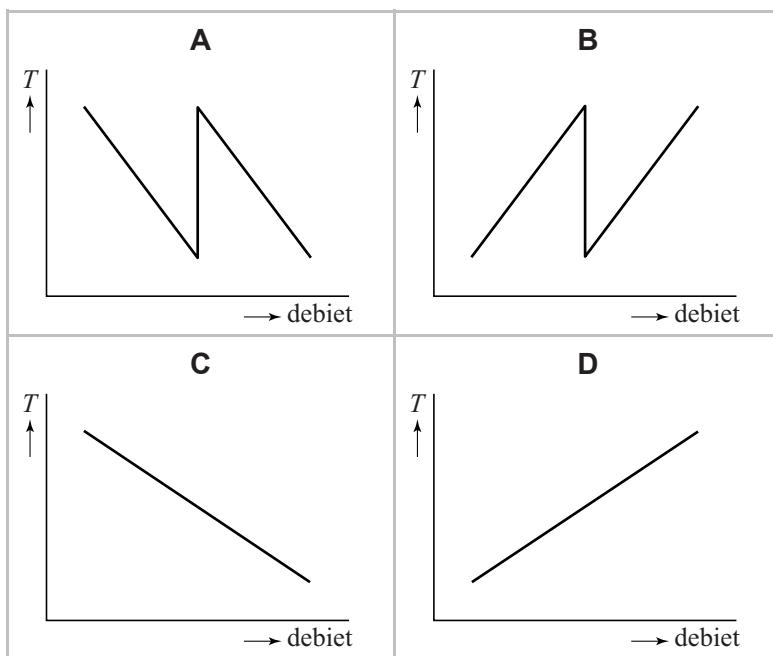
Bij weinig watergebruik is alleen schakelaar P gesloten. Als de vraag naar water groter is, zijn beide schakelaars P en Q gesloten.

Over deze schakeling staan op de uitwerkbijlage drie zinnen.

- 2p 4 Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

De temperatuur van het uitstromende water zal veranderen als het debiet verandert.

- 1p 5 Welke grafiek geeft bij benadering het verloop van de temperatuur weer als het debiet verandert?



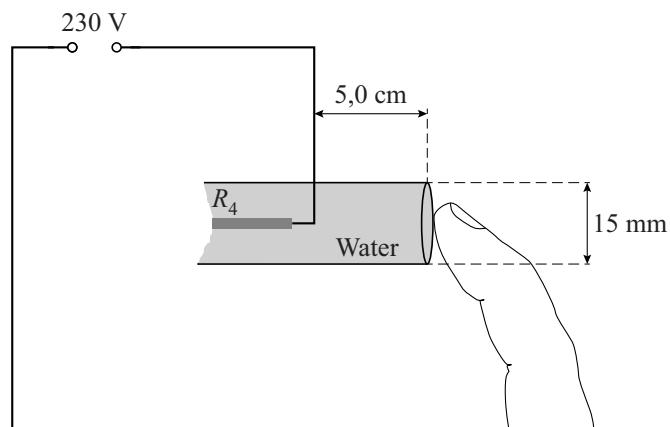
De weerstandsdraden bevinden zich ongeïsoleerd in het water.

Dat lijkt gevaarlijk. De kortst mogelijke afstand tussen een weerstandsdraad en de uitstroomopening met het aan te raken water is 5,0 cm. De diameter van de waterkolom in de leiding is 15 mm. Zie schematisch in figuur 3 en uitvergroot in figuur 4. Het water heeft een soortelijke weerstand van $1,3 \cdot 10^5 \Omega \text{m}$.

De weerstand van de vinger wordt verwaarloosd.

- 4p 6 Bereken de maximale stroomsterkte die door deze waterkolom gaat lopen.
Aanwijzing: bereken hiervoor eerst de weerstand van deze waterkolom.

figuur 4



Molybdeen-99

In Petten staat een kerncentrale waar isotopen voor medische toepassingen worden geproduceerd. Eén van de belangrijkste producten is molybdeen-99 (Mo-99).

Mo-99 wordt geproduceerd door een neutron in de kern van een andere isotoop te schieten. Op de uitwerkbijlage staat de reactie hiervan deels weergegeven.

- 3p 7 Maak de vergelijking van deze reactie op de uitwerkbijlage compleet.

Mo-99 wordt naar ziekenhuizen getransporteerd. Ondertussen vervalt een deel tot technetium-99m (Tc-99m), dat gebruikt wordt voor medische behandelingen. Iedere keer als men Tc-99m nodig heeft voor een behandeling, wordt dit afgescheiden van het molybdeen.

In ziekenhuizen wordt wekelijks een nieuwe voorraad Mo-99 aangevoerd.

- 1p 8 Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Mo-99 is er na een week nog over?
- A minder dan 25%
B tussen 25% en 50%
C tussen 50% en 75%
D meer dan 75%

Tc-99m is metastabiel. Dit betekent dat de protonen en neutronen in de kern van een Tc-99m atoom zich kunnen herschikken tot een toestand met een lagere energie. Bij het verval van Tc-99m naar Tc-99 komt een foton vrij met een energie van 0,141 MeV.

- 4p 9 Bereken de golflengte van dit foton.

Door deze fotonen is Tc-99m geschikt als tracer.

Een voorwaarde voor een radioactieve tracer is dat de totale dosis voor de patiënt zo laag mogelijk blijft. Een arts kan voor een behandeling kiezen uit tracers met verschillende halveringstijden.

In de figuur op de uitwerkbijlage staat het verval in de eerste 12 uur voor Tc-99m. In de figuur is ook het verval voor twee tracers met andere halveringstijden weergegeven.

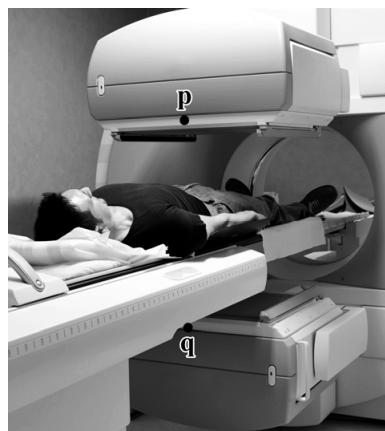
Voor een bepaalde diagnose is 3,0 uur na het toedienen van de radioactieve tracer ($N = 1,0 \cdot 10^{12}$ op $t = 0$ uur) een activiteit nodig van minimaal $2,0 \cdot 10^7$ Bq.

- 4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of Tc-99m aan deze eis voldoet.
 - Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage uit waarom er meer tracer toegediend moet worden bij stoffen met halveringstijden van 60 uur en 0,6 uur om tot dezelfde activiteit te komen 3,0 uur na het toedienen.

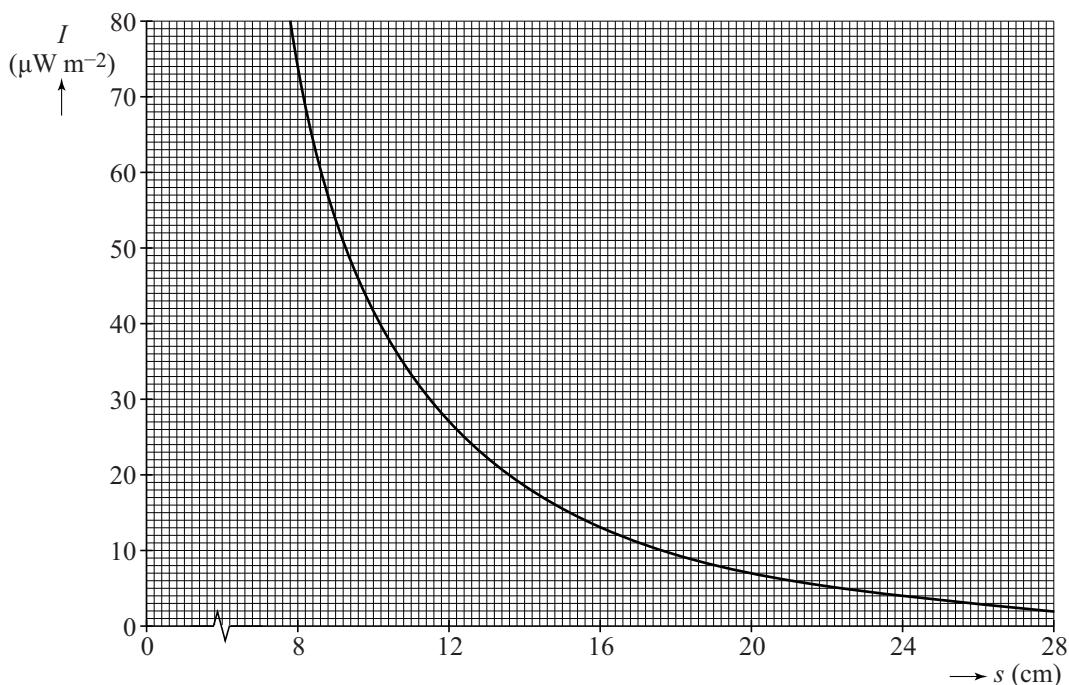
De plaats van de tracer kan worden bepaald door twee fotondetectoren p en q rond de patiënt te plaatsen, zie figuur 1. Deze detectoren meten de intensiteit van de uitgezonden straling.

De detector meet een lagere intensiteit I van de straling als de afstand tot de tracer groter is. Het verband tussen de intensiteit van de straling en de afstand die deze straling heeft afgelegd in menselijk weefsel is weergegeven in figuur 2.

figuur 1



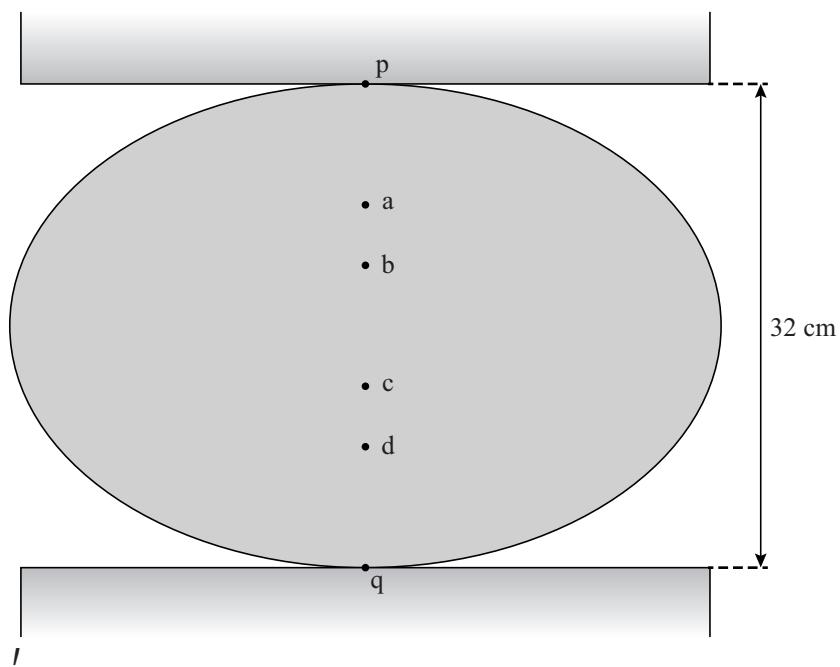
figuur 2



- 1p 11 Geef een reden voor het afnemen van de intensiteit I als de afstand tot de tracer toeneemt.

Tijdens een meting worden detectoren p en q tegen de patiënt geschoven. De afstand tussen p en q is dan 32 cm. In figuur 3 is dit schematisch en op schaal weergegeven. In de tekening komt 1 cm overeen met 5 cm in werkelijkheid.

figuur 3



De intensiteit I die detector p meet, is 4 keer zo groot als de intensiteit I die detector q meet.

Figuren 2 en 3 staan ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 12 Beredeneer met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage of de tracer zich in a, b, c of d bevindt.

Road-train

Een ‘road-train’ is een lange combinatie die bestaat uit een vrachtwagen met meerdere aanhangers, zie figuur 1.

Road-trains worden vooral veel gebruikt voor de lange reisafstanden in Australië. De maximale snelheid voor een road-train is 90 km h^{-1} . Op de uitwerkbijlage is een kaart van een deel van Australië gegeven met mogelijke routes voor road-trains.

figuur 1

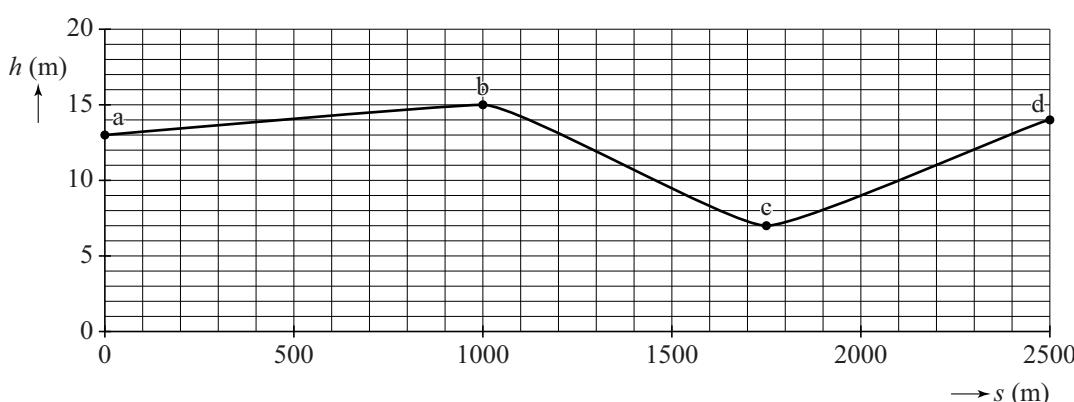


- 3p 13 Bepaal met behulp van de kaart op de uitwerkbijlage hoeveel uur een reis van Port Augusta naar Port Lincoln minstens zal duren.

Een deel van de route gaat over een licht glooiende weg. De hele weg wordt met een constante snelheid van 90 km h^{-1} afgelegd.

In figuur 2 staat de hoogte van deze weg als functie van de afgelegde afstand uitgezet.

figuur 2



In deze figuur zijn drie trajecten ab, bc en cd aangegeven. De motor van een road-train met een massa van 160 ton moet op traject ab meer vermogen leveren dan op een horizontale weg.

- 4p 14 Bereken hoeveel extra vermogen de motor van deze road-train op traject ab moet leveren.

Op de uitwerkbijlage staan drie beweringen over deze drie trajecten van de route van de road-train.

- 2p 15 Geef op de uitwerkbijlage van elke bewering aan of die juist of onjuist is.

Road-trains zijn veel zwaarder dan normale vrachtwagens. In het verkeer kan dit een groter risico opleveren.

De Australische regering heeft daarom een onderzoek laten uitvoeren naar verschillen in rijeigenschappen tussen een road-train en een gewone vrachtwagen op een vlakke weg. In een bepaalde test werden na de eerste 100 m van een traject de tijd en de snelheid gemeten. De beginsnelheid was 0 m s^{-1} , de versnelling was constant.

In figuur 3 staat een tabel met de resultaten van dit onderzoek. Twee waarden ontbreken nog in deze tabel.

figuur 3

	massa (ton)	tijd (s)	snelheid (m s^{-1})	kracht (kN)	kinetische energie (MJ)
vrachtwagen	40	19,2	10,4	22	2,2
road-train	160	28,2	7,09		

Een onderzoeker beweerde:

- 1 De motor van de road-train van 160 ton levert over deze 100 m meer kracht dan de motor van de vrachtwagen van 40 ton.
- 2 De road-train van 160 ton heeft na 100 m meer kinetische energie dan de vrachtwagen van 40 ton.

- 4p **16** Geef op de uitwerkbijlage aan of deze beweringen juist of onjuist zijn. Bereken hiervoor eerst de ontbrekende waarden voor de kracht en de kinetische energie van de road-train van 160 ton.

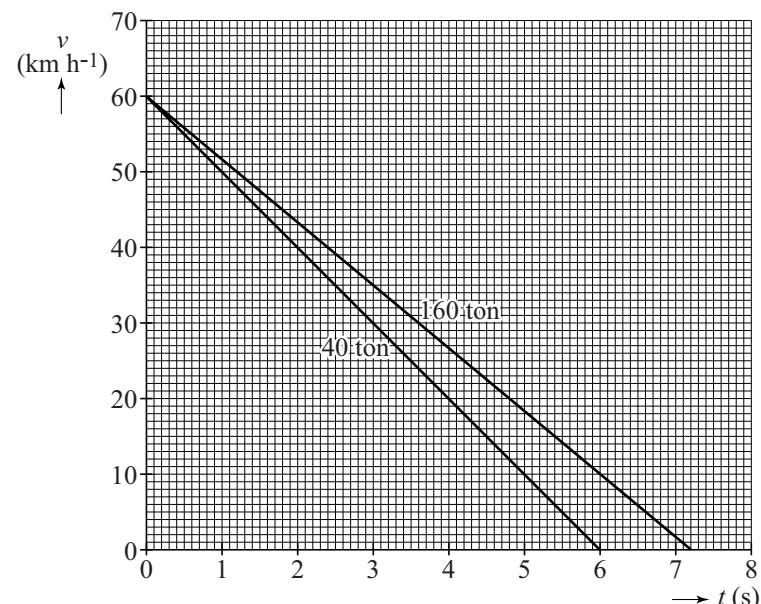
In een andere test werd er met de twee voertuigen een noodstop gemaakt vanaf 60 km h^{-1} tot stilstand.

In figuur 4 is het

(v, t) -diagram hiervan
weergegeven.

- 3p **17** Bepaal met behulp van figuur 4 het verschil in remweg tussen de twee voertuigen.

figuur 4



Metaalmoeheid

Soms kan een spaak in een fietswiel plotseling breken, zie figuur 1. In een onderzoek naar de oorzaak hiervan, worden roestvrijstalen spaken in een fietswiel gemonteerd. Als een spaak in het fietswiel wordt gemonteerd, wordt de spaak ook gespannen. Dit wordt voorspannen genoemd. In dit onderzoek krijgt een roestvrijstalen spaak een spanning van $190 \text{ MPa} (= 190 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2})$. De doorsnede van de spaak is $2,63 \text{ mm}^2$.

figuur 1



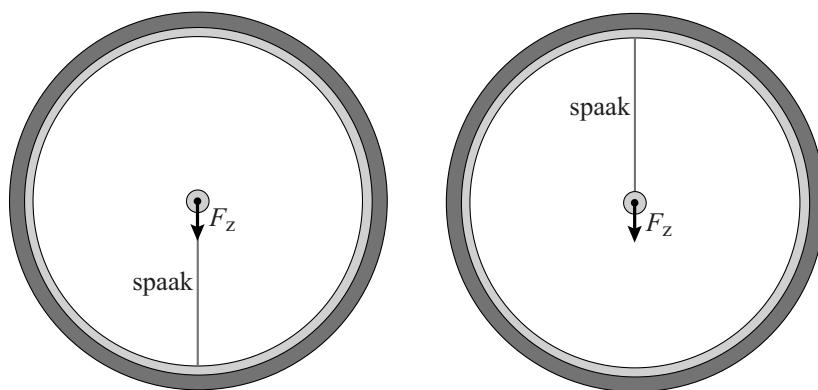
- 3p 18 Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak.

- 2p 19 Bereken de (relatieve) rek van de voorgespannen spaak.

Een spaak kan breken bij een spanning die kleiner is dan de treksterkte van het metaal. De breuk wordt dan veroorzaakt doordat het metaal is verzwakt door het afwisselend afnemen en toenemen van de spanning. Dit verschijnsel wordt metaalmoeheid genoemd.

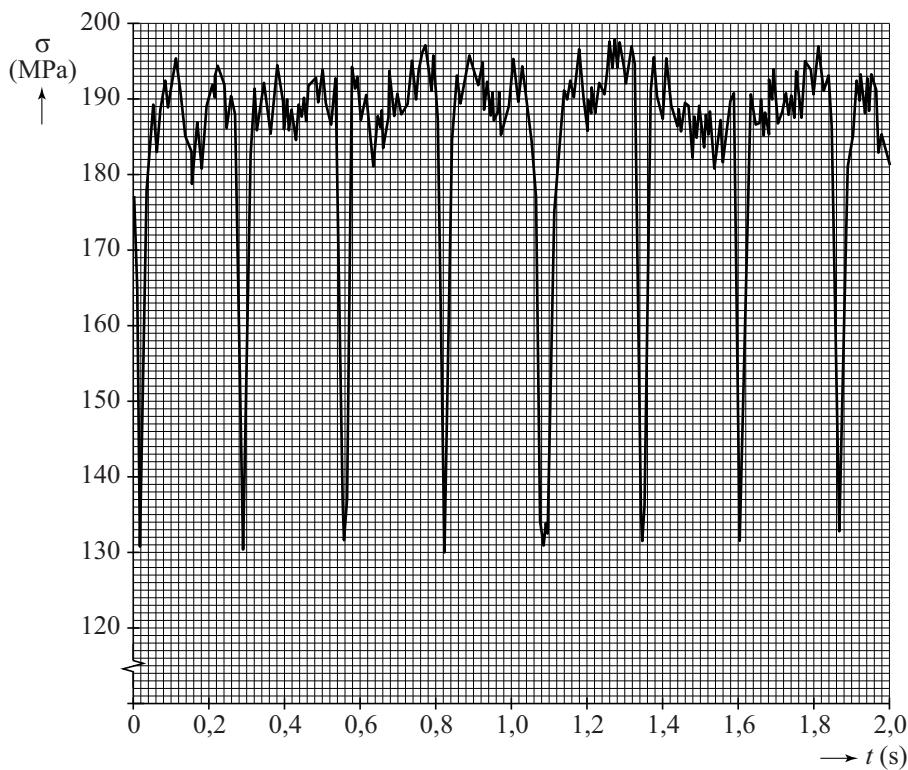
In figuur 2 is schematisch getekend hoe metaalmoeheid kan optreden in de spaak van een fietswiel. Door de zwaartekracht F_z op de fiets en de fietser wordt de spaak afwisselend ingeduwd (links) en uitgerekt (rechts).

figuur 2



In het onderzoek is de spanning in de spaak gemeten tijdens het fietsen.
In figuur 3 zijn de meetresultaten weergegeven.

figuur 3



Figuur 3 is ook op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 2p 20 Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie in 3 significante cijfers waarmee de spanning tijdens het fietsen wisselt.

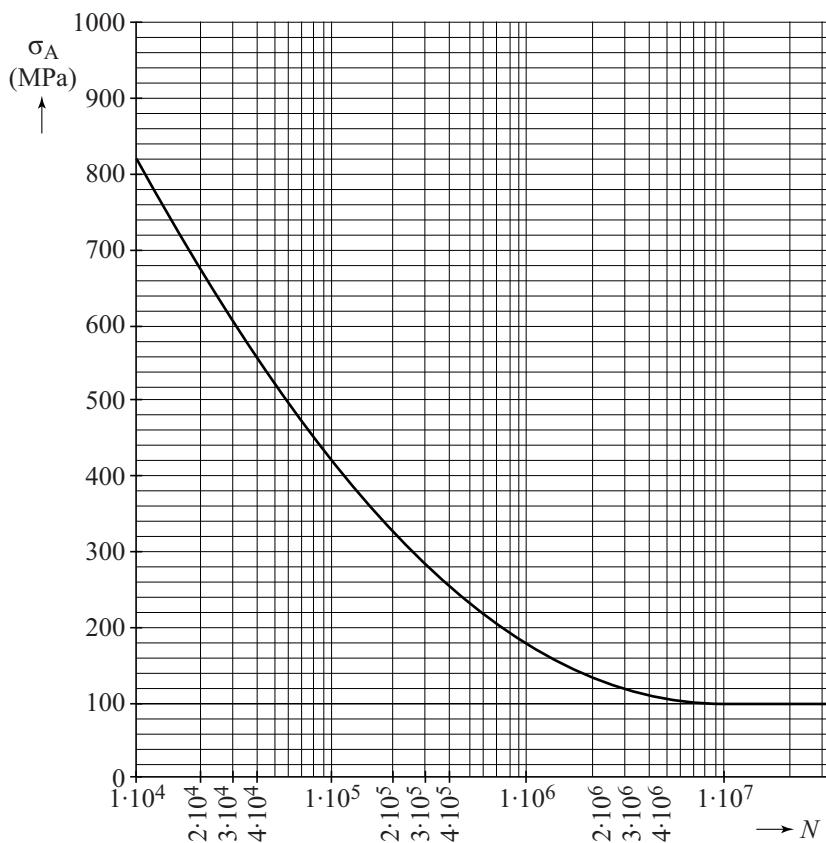
Bij metaalmoeheid hangt de levensduur van een spaak af van de spanningsamplitude.

Voor de spanningsamplitude geldt: $\sigma_A = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$.

De levensduur N is het aantal wielomwentelingen dat de spaak kan ondergaan tot hij breekt.

In figuur 4 is het (σ_A, N) -diagram van de spaak in dit onderzoek gegeven. De horizontale as heeft een niet-lineaire schaalverdeling.

figuur 4



Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **21** Beantwoord de volgende vragen:

- Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de spanningsamplitude van de spaak.
- Leg hiermee uit of deze spaak $1 \cdot 10^7$ wielomwentelingen kan halen.

Vervolgens wordt de spaak strakker aangespannen. De voorspanning en de spanningsamplitude worden hierdoor verhoogd. De spanningsamplitude σ_A wordt nu 120 MPa.

De diameter van het gebruikte wiel is 70 cm.

- 3p **22** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage na hoeveel kilometer de spaak zal breken.

Naaldjes rond de aarde

In de tijd van de Koude Oorlog droomde het Amerikaanse leger van communicatiesatellieten in de ruimte.

Men kwam op het idee om een kunstmatige ring van kleine koperen naaldjes rond de aarde te maken. Via die naaldjes kon er dan met radiosignalen over grote afstanden gecommuniceerd worden.

figuur 1



Op 9 mei 1963 werden $480 \cdot 10^6$ kleine koperen naaldjes in een ring om de aarde gebracht. Figuur 1 geeft een artist's impression van deze ring om de aarde.

Elk cilindervormig naaldje was 1,8 cm lang en had een massa van $40 \mu\text{g}$.

De diameter van een mensenhaar is $50 \mu\text{m}$.

- 3p 23 Laat met een berekening zien of zo'n naaldje dunner is dan een mensenhaar.

De lengte van een naaldje was gelijk aan de helft van de golflengte van de microgolfstraling die voor de communicatie werd gebruikt.

- 3p 24 Bereken de frequentie van deze straling.

Als een naaldje door deze straling werd geraakt, ging het als een antenne werken. Het naaldje zond dan deze straling weer uit.

Het lukte om signalen met $2,0 \cdot 10^4$ bits per seconde te verzenden via de naaldjes in de ruimte. Een digitale foto van nu is 5 megabyte (MB). In het dataverkeer is 1 byte gelijk aan 8 bits.

- 2p 25 Bereken hoeveel uur het zou duren om een foto van 5 MB via de naaldjes te verzenden.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

De naaldjes bewogen op $3,70 \cdot 10^3$ km boven de evenaar in een cirkelbaan rond de aarde. Voor de snelheid van een naaldje geldt:

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

Hierin is:

- G de gravitatieconstante;
- M de massa van de aarde;
- r de straal van de cirkelbaan.

Er waren veel naaldjes nodig om gedurende langere tijd signalen te kunnen versturen. Een enkel naaldje was maar kort binnen bereik van de zender op aarde. Dit was omdat de omlooptijd van een naaldje om de aarde korter was dan de tijd T_{aarde} die de aarde nodig heeft voor een rotatie om haar eigen as.

4p **26** Bereken de omlooptijd van een naaldje.

De baanstraal en de snelheid van een naaldje werden constant beschouwd.

2p **27** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

De ring van naaldjes bleef uiteindelijk niet intact.

Inmiddels zijn bijna alle $480 \cdot 10^6$ naaldjes gelijkmatig verdeeld weer op de aarde terechtgekomen op een strook die 20% van het aardoppervlak in beslag neemt. De NASA was van plan om enkele naaldjes te gaan zoeken om te bestuderen wat het effect van een verblijf in de ruimte geweest is. Om de haalbaarheid van deze zoektocht te beoordelen was het voor de NASA belangrijk in te schatten hoeveel naaldjes er per km^2 te vinden zouden zijn.

3p **28** Bereken hoeveel naaldjes er gemiddeld per km^2 terechtgekomen zijn.

Examen HAVO

2017

tijdvak 2
dinsdag 20 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 28 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 75 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.

Panfluit

Janneke maakt voor een praktische opdracht een panfluit. Een panfluit bestaat uit buizen van diverse lengte. Zie figuur 1.

Als zij over een buis blaast, gaat de lucht in deze buis trillen en ontstaat er geluid.

Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over de geluidsgolven in deze buis.

figuur 1



- 2p 1 Omcirkel op de uitwerkbijlage in elke zin het juiste alternatief.

Een buis is weergegeven op de uitwerkbijlage. Beide uiteinden van deze buis zijn open.

- 2p 2 Teken in de buis het patroon van knopen (K) en buiken (B) dat hoort bij de grondtoon.

Janneke sluit vervolgens met kurken de onderkant van elke buis af. Zie figuur 2. In een boek over muziekinstrumenten heeft zij gelezen dat bij een panfluit het patroon van knopen en buiken niet precies eindigt in de opening van een buis maar een klein stukje daarbuiten.

Voor de grondtoon geldt de formule:

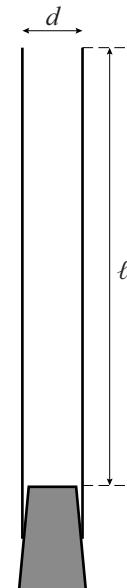
$$\frac{1}{4}\lambda = \ell + 0,31 \cdot d$$

Hierin is ℓ de lengte en d de diameter van de luchtkolom in de buis. Zie figuur 3.

figuur 2



figuur 3

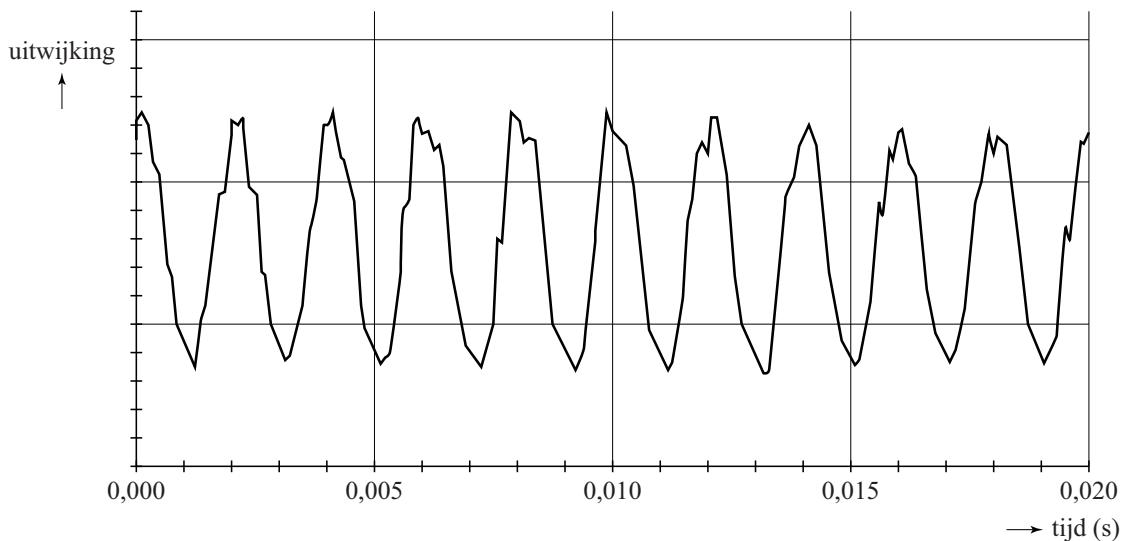


Zij meet de diameter van de luchtkolom in een buis. Deze is 1,8 cm. De buis is 18,8 cm lang. De kurk steekt 1,0 cm in de buis. Janneke gaat uit van een luchttemperatuur van 20 °C.

- 4p 3 Bereken de frequentie van de grondtoon die de buis dan laat horen.

Om te controleren of elke buis inderdaad de juiste toon voortbrengt, meet zij met de computer de toon die elke buis produceert. In figuur 4 staat het (u, t) -diagram dat de computer van een van deze buizen heeft gemaakt.

figuur 4



Met dit diagram is de grondtoon van deze buis te bepalen.

- 2p **4** Bepaal de frequentie van de grondtoon.

De frequentie van deze grondtoon is hoger dan de waarde die zij had verwacht op basis van een berekening. Janneke denkt dat dit komt doordat de luchttemperatuur in haar panfluit hoger is dan 20 °C.

- 4p **5** Beantwoord de volgende twee vragen:

- Leg uit of een hogere luchttemperatuur een oorzaak kan zijn van de te hoge frequentie van de grondtoon.
- Leg uit of Janneke de frequentie van de grondtoon op een lagere waarde kan krijgen door de kurk dieper of juist minder diep in de buis te steken.

Stretchsensor

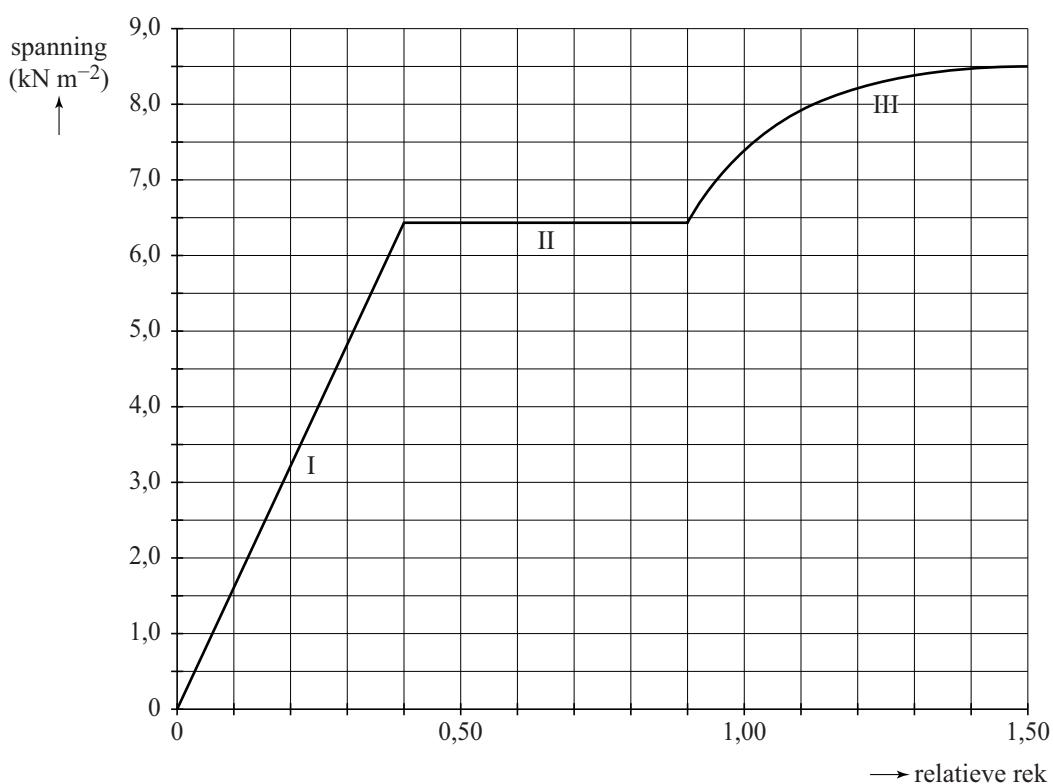
Een stretchsensor is een sensor die wordt gebruikt om een lichaamsbeweging om te zetten in een computerbeeld.

Een stretchsensor bevat een strookje rekbaar materiaal, waarvan de elektrische weerstand verandert als het wordt uitgerekt.



In figuur 1 is het spanning-rekdiagram van het rekbaar materiaal weergegeven.

figuur 1



In figuur 1 zijn drie gebieden aangegeven. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met die drie gebieden.

- 2p 6 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elk gebied aan of er elastische, plastische of geen vervorming in het materiaal optreedt.

Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 7 Bepaal met behulp van figuur 1 de elasticiteitsmodulus van het materiaal.

De sensor mag de lichaamsbeweging niet hinderen. De kracht die nodig is voor het uitrekken van het materiaal moet dus klein zijn.

Bij het uitrekken krijgt het materiaal op een gegeven moment een relatieve rek van 0,20. De doorsnede van het rekbaar materiaal is $1,8 \text{ mm}^2$.

- 3p 8 Bepaal de kracht waarmee dan aan het materiaal getrokken wordt.

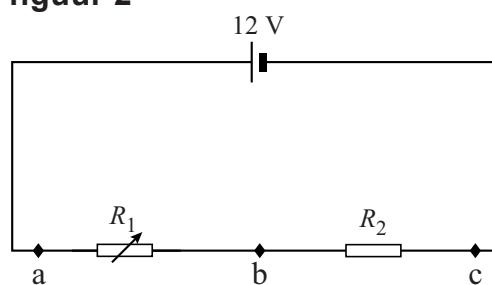
In figuur 2 is het schakelschema gegeven van de stretchsensor.

Het strookje rekbaar materiaal wordt weergegeven als R_1 . Als dit strookje wordt uitgerekt, neemt de grootte van de elektrische weerstand van R_1 toe. R_1 is in serie geschakeld met een weerstand R_2 met een vaste waarde.

Er wordt een voltmeter aangesloten. De spanning die de voltmeter aangeeft, is het signaal van de sensor. Dit signaal moet veranderen met het veranderen van de lengte van R_1 .

De voltmeter kan aangesloten worden over de punten ab, bc of ac.

figuur 2



- 2p 9 Omcirkel op de uitwerkbijlage per aansluiting ab, bc en ac het juiste alternatief.

De weerstand van R_1 kan variëren van $1,0 \text{ k}\Omega$ tot $2,5 \text{ k}\Omega$.

R_2 is een weerstand van $5,6 \text{ k}\Omega$.

- 4p 10 Bereken het maximale vermogen dat de spanningsbron moet leveren aan de stretchsensor.

Stretchsensoren worden gebruikt om realistisch bewegende animaties te maken in animatiefilms en games. Hiervoor worden vele stretchsensoren op een pak gezet dat wordt gedragen door een acteur.

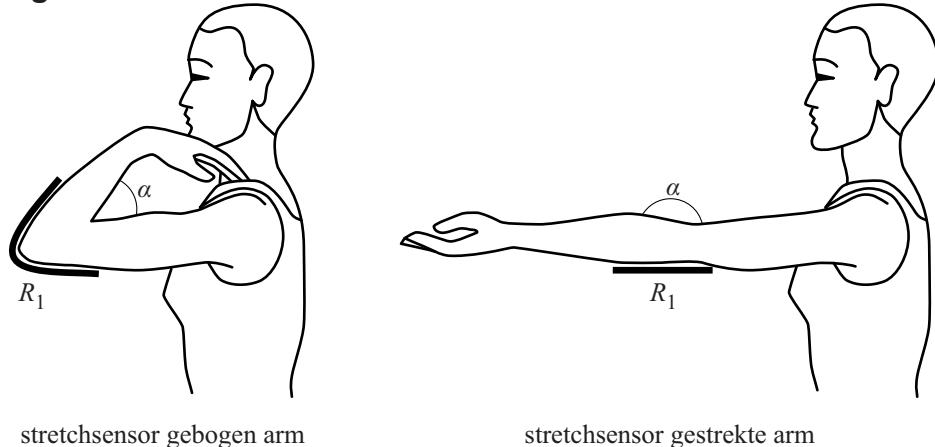
De elektronica in dit pak heeft een totaal vermogen van 19 W. Het pak wordt van energie voorzien door een 12 V-accu met een capaciteit van 2,0 Ah. Dat betekent dat de accu gedurende 2,0 h een stroomsterkte kan leveren van 1,0 A, gedurende 1,0 h een stroomsterkte van 2,0 A, enzovoort.

- 3p 11 Bereken hoeveel uur het pak op deze accu kan werken.



In de arm van het pak is de strook rekbaar materiaal R_1 verbonden met de bovenarm en de onderarm. Als de hoek α die de arm maakt groter wordt, wordt de lengte van het rekbaar materiaal R_1 kleiner. Zie figuur 3.

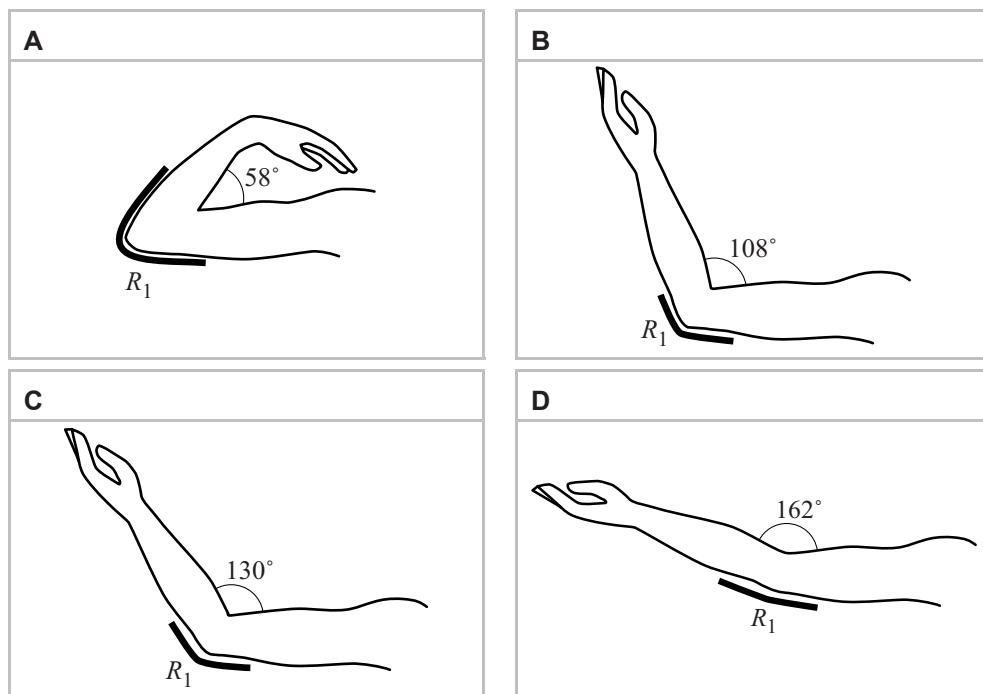
figuur 3



De computer die met het pak verbonden is, meet de elektrische spanning over het rekbaar materiaal. Op de uitwerkbijlage staat in een ijkgrafiek het verband weergegeven tussen de spanning over en de weerstand van dat rekbaar materiaal. In een tweede grafiek is het verband weergegeven tussen de weerstand van het rekbaar materiaal en de hoek die de arm dan maakt.

Bij een bepaalde stand van de arm van de acteur meet de computer een spanning van 2,7 V.

- 1p 12 In welke figuur is de stand van de arm dan het beste weergegeven?

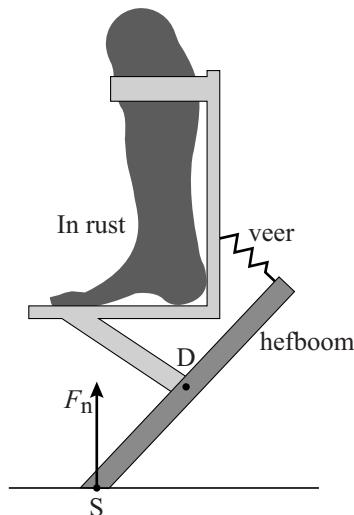


Powerskips

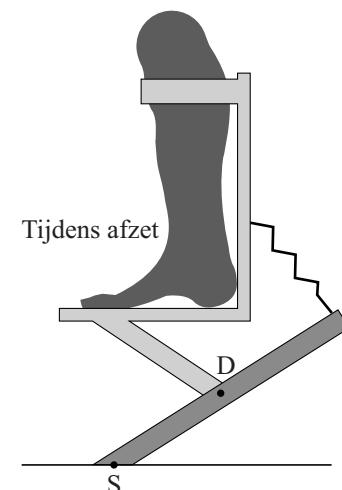
Powerskips zijn een soort schoenen waarmee het mogelijk is om hoge sprongen te maken. Zie figuur 1.

Een Powerskip bevat een hefboom en een veer en wordt aan het onderbeen vastgemaakt. In figuur 2 is een Powerskip in rust vereenvoudigd en op schaal weergegeven. De hefboom draait om punt D en staat met punt S op de grond. Vóór het maken van een sprong wordt de veer eerst verder uitgerekt. Zie figuur 3. Tijdens de afzet voor de sprong levert de veer dan extra kracht.

figuur 2



figuur 3



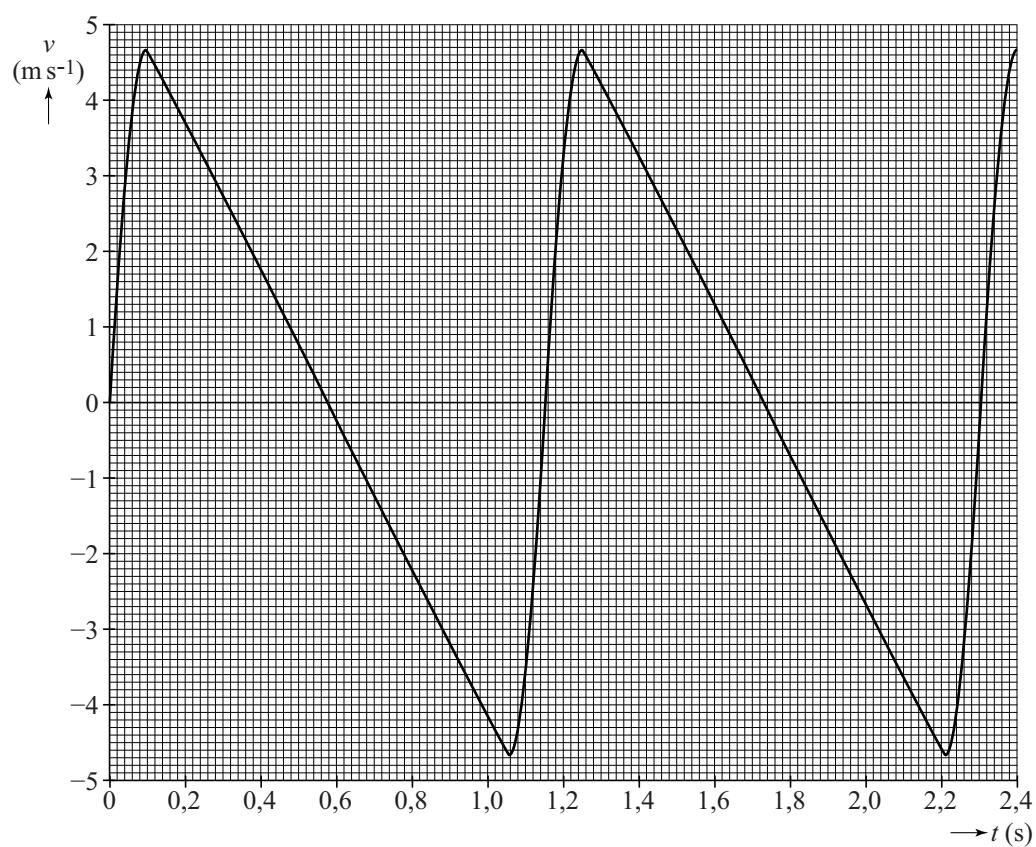
figuur 1



- 5p 13 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de kracht van de veer op de hefboom in één van de Powerskips in rust.

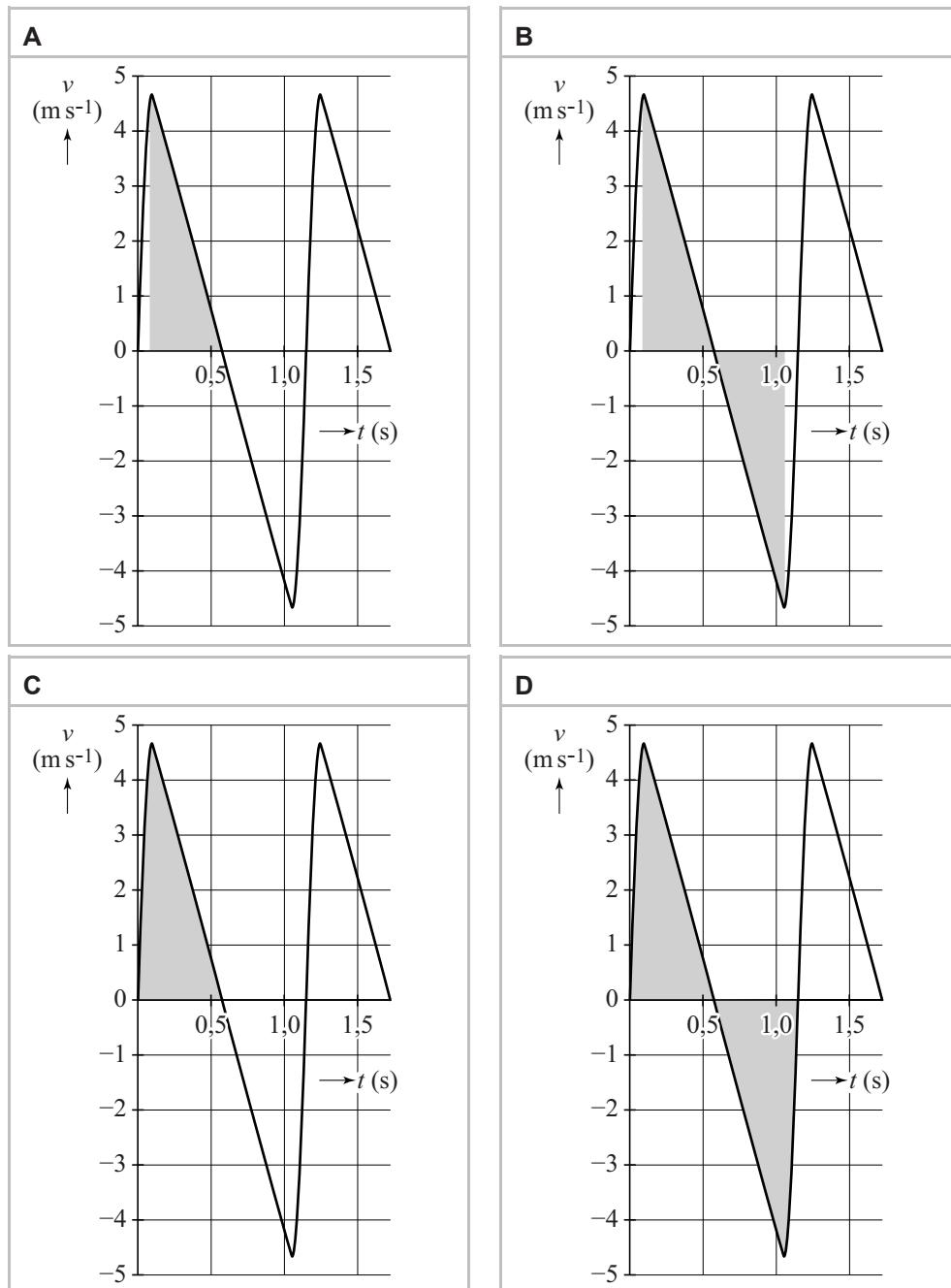
In figuur 4 is een (v, t) -diagram gegeven van een aantal sprongen van de atlete op Powerskips.

figuur 4



Met figuur 4 is de afstand tussen het loskomen van de grond en de maximale hoogte boven de grond te bepalen.

- 1p 14 In welk (v, t)-diagram is de genoemde afstand juist gearceerd weergegeven?



Tijdens het landen remmen de Powerskips de atlete af. Op $t = 1,15$ s is de resulterende kracht op de atlete ($m = 65$ kg) het grootste.

Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 15 Bepaal deze resulterende kracht met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage.

De twee veren in de Powerskips worden samen het veersysteem genoemd. Tijdens het landen wordt energie in dit veersysteem opgeslagen. Voor deze (veer)energie in dit veersysteem geldt:

$$E_{\text{veer}} = \frac{1}{2} Cu^2$$

Hierin is:

- C de veerconstante in N m^{-1} en
- u de uitrekking van het veersysteem in m.

- 2p **16** Toon aan dat de eenheden links en rechts van het '='-teken aan elkaar gelijk zijn.

Bij het landen wordt kinetische energie omgezet in veerenergie. Het verschil in zwaarte-energie tijdens het indrukken van de Powerskips mag verwaarloosd worden. Het veersysteem in de Powerskips heeft een veerconstante van $1,0 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}$.

- 3p **17** Bepaal de maximale uitrekking van het veersysteem in de Powerskips tijdens een sprong met behulp van de wet van behoud van energie en figuur 4.

Een set Powerskips kan volgens de fabrikant maximaal $1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$ aan energie in het veersysteem opslaan. In figuur 5 is de rechtermans ($m = 75 \text{ kg}$) gefotografeerd op het hoogste punt van zijn sprong.

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **18** Laat met behulp van een schatting zien of voor deze sprong een veerenergie van $1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$ nodig was.

figuur 5



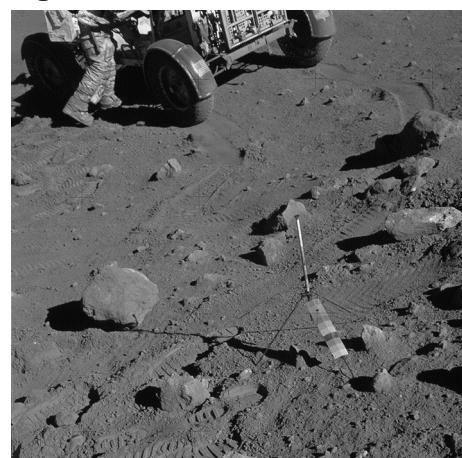
Dateren met Rb en Sr

Tijdens de maanmissies in de jaren 60 en 70 van de vorige eeuw zijn stenen van de maan meegenomen naar de aarde. Zie figuur 1.

Deze stenen zijn tijdens de vorming van de maan ontstaan door het stollen van magma. Tijdens het stollen zijn diverse soorten isotopen ingesloten in de steen, waaronder de instabiele isotoop Rb-87.

Rb-87 vervalt tot het stabiele Sr-87. Bij deze vervalreactie wordt een deeltje uitgezonden.

figuur 1



- 1p 19 Welk deeltje komt bij de vervalreactie vrij?

- A elektron
- B neutron
- C proton
- D α -deeltje

Dankzij deze vervalreactie is het voor een onderzoeker mogelijk om de leeftijd van één van deze stenen te bepalen.

Hiervoor moet eerst de halveringstijd van Rb-87 bekend zijn.

De halveringstijd van Rb-87 is groter dan de ouderdom van de aarde zodat de activiteit van Rb-87 tijdens een mensenleven bijna constant is. Om toch de halveringstijd van Rb-87 te kunnen bepalen, wordt gebruikgemaakt van de formule:

$$A = \frac{0,693 N}{t_{\frac{1}{2}}}$$

Hierin is:

- A de activiteit in Bq,
- N het aantal instabiele kernen en
- $t_{\frac{1}{2}}$ de halveringstijd in s.

De onderzoeker bepaalt van 1,0 mg Rb-87 de activiteit. Deze is 3,09 Bq. De onderzoeker vindt vervolgens een halveringstijd van $4,9 \cdot 10^{10}$ jaar.

- 4p 20 Toon dat aan met een berekening.

Voor de leeftijdsbepaling zaagt de onderzoeker de steen in negen even grote stukken.

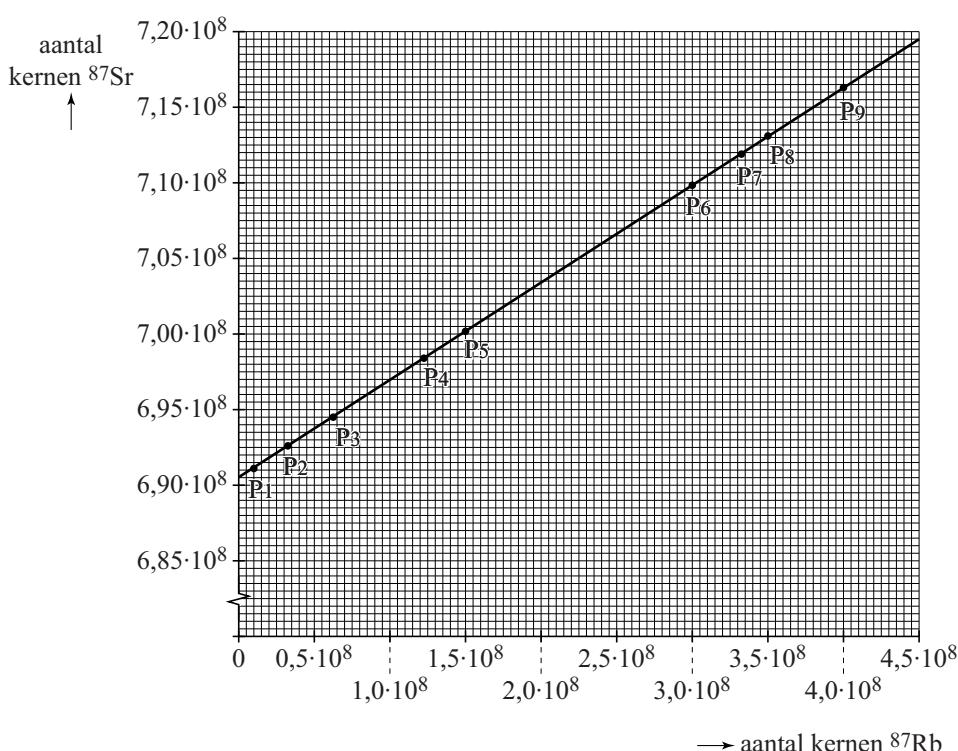
Van ieder stuk steen wordt het volgende bepaald:

- het aantal instabiele Rb-87 kernen;
- het aantal stabiele Sr-87 kernen (het vervalproduct van Rb-87).

Ondanks dat de stukken steen hetzelfde volume hebben, blijkt het aantal Rb-87 en Sr-87 kernen niet in ieder stuk hetzelfde te zijn. De verdeling van de kernen door de steen was dus niet overal gelijk.

Voor ieder stuk steen P_1 tot en met P_9 is in een diagram het aantal kernen Sr-87 uitgezet tegen het aantal kernen Rb-87. Zie figuur 2.

figuur 2



Met behulp van de steilheid van de lijn in figuur 2 kan de onderzoeker de leeftijd t van de hele steen bepalen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de formule:

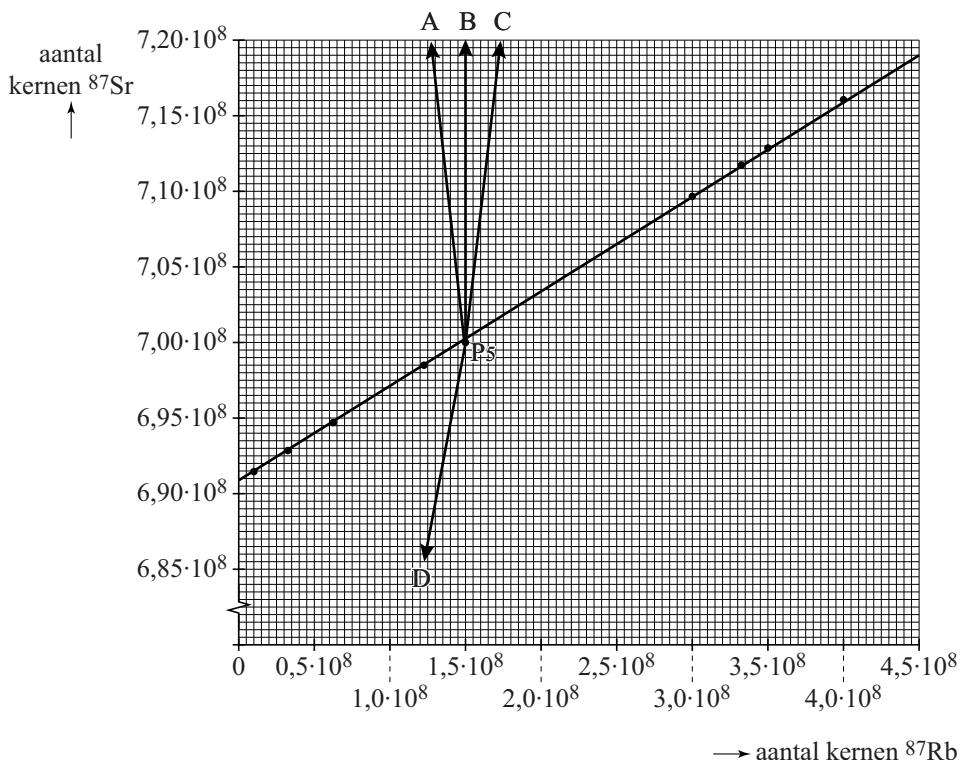
$$\text{steilheid} = \frac{0,693 \cdot t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

De halveringstijd is $4,9 \cdot 10^{10}$ jaar.

- 3p 21 Bepaal de leeftijd van de steen.

Naarmate de steen ouder wordt, vervallen er meer kernen. De plaats van meetpunt P_5 schuift daardoor op in het diagram. In figuur 3 staan vier mogelijke verplaatsingen van meetpunt P_5 in het diagram.

figuur 3



- 1p 22 Welke pijl geeft de juiste verplaatsing aan van punt P_5 tijdens het verouderen van de steen?

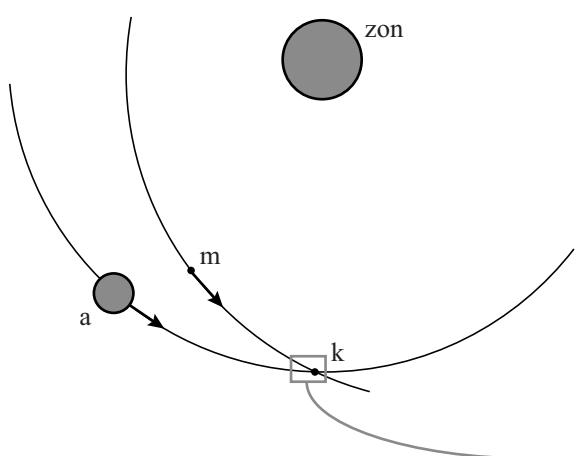
Meteoriet van Tsjeljabinsk

Op 15 februari 2013 vroeg in de ochtend sloeg een klein deel van een meteoriet in bij het Russische plaatsje Tsjeljabinsk. Onderzoekers onderzochten hoe de vlucht van de meteoriet was verlopen. Ze bekeken daarbij de banen van de meteoriet en de aarde, vlak voor deze botsten.

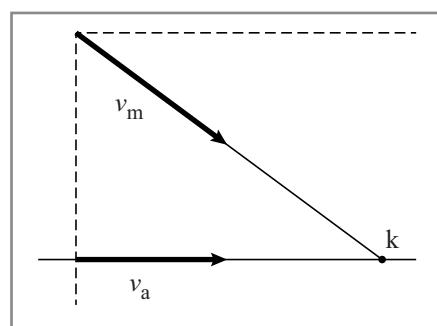
- 3p 23 Bereken de grootte van de baansnelheid van de aarde om de zon in 2 significante cijfers.

Figuur 1 geeft schematisch de banen van de meteoriet m en de aarde a om de zon weer. Figuur 1 is niet op schaal.

figuur 1



figuur 2



Vlak voor de botsing in punt k zijn deze banen te benaderen als rechte lijnen. Zie figuur 2. De vectoren in figuur 2 zijn op schaal en geven de richting en grootte van de baansnelheid van de meteoriet v_m en de baansnelheid v_a van de aarde.

Snelheidsvectoren zijn op dezelfde manier te ontbinden als krachtvectoren. De snelheidsvector van de meteoriet v_m is te ontbinden in twee richtingen: één parallel aan de baan van de aarde en één loodrecht op de baan van de aarde. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage. Hierin is met lijnen aangegeven waar de aarde en de meteoriet zich op bepaalde tijdstippen ten opzichte van elkaar bevonden.

Vroeg in de ochtend leek het vanaf de aarde gezien alsof de meteoriet vanuit de richting van de zon naar de aarde bewoog.

- 2p 24 Leg uit dat de meteoriet vanuit de richting van de zon leek te komen. Ontbind hiertoe eerst snelheidsvector v_m .

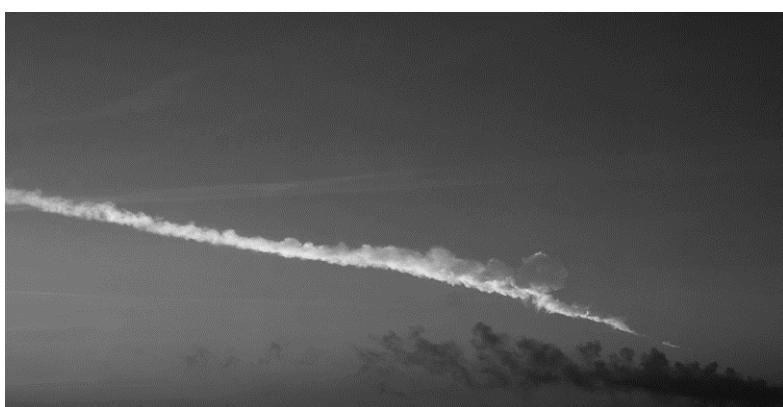
Op 150 km boven het aardoppervlak ondervond de meteoriet luchtweerstand door de dampkring. Door de wrijving werd de meteoriet heet en een deel van de meteoriet ging direct over in de gasfase.

1p 25 Hoe heet deze faseovergang?

- A condenseren
- B smelten
- C stollen
- D sublimeren
- E verdampen

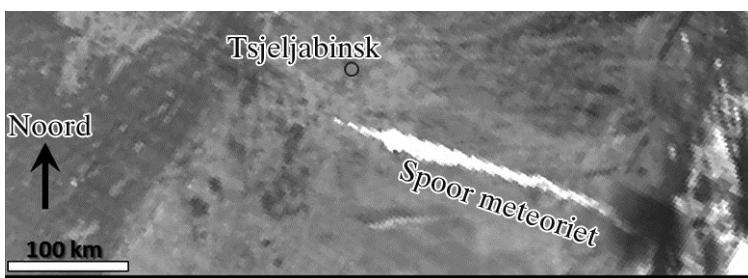
Door de hitte van de meteoriet werd er in 13 s een zichtbaar spoor langs de hemel getrokken. In figuur 3 zie je een foto van dit spoor gezien vanaf de aarde. De snelheid van de meteoriet wordt constant beschouwd.

figuur 3



Hetzelfde spoor is ook gefotografeerd door een satelliet vanuit de ruimte. Zie figuur 4.

figuur 4



Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

Met deze figuur is te bepalen dat de snelheid van de meteoriet ten opzichte van de aarde gelijk was aan $20 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$.

3p 26 Toon deze snelheid aan met een bepaling.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

De meteoriet explodeerde in de lucht. Bij de explosie werd de kinetische energie van de meteoriet omgezet.

De energie die bij grote explosies vrijkomt, wordt vergeleken met de energie die vrijkomt bij de explosie van een kiloton van de explosieve stof TNT. Een kiloton TNT levert een energie van $4,2 \cdot 10^{12}$ J. De massa van de meteoriet vlak voor de explosie werd geschat op $9 \cdot 10^3$ ton.

- 4p 27 Bereken hoeveel energie vrijkwam bij de explosie van de meteoriet, uitgedrukt in kiloton TNT.

Een klein deel van de meteoriet kwam uiteindelijk neer op de aarde. Dit stuk was bij benadering kubusvormig. Zie figuur 5.

figuur 5



Dit stuk had een massa van $6 \cdot 10^2$ kg. Sommige meteorieten bestaan (voornamelijk) uit ijzer en worden daarom ijzermeteorieten genoemd.

- 4p 28 Leg met een berekening uit of de meteoriet van Tsjeljabinsk een ijzermeteoriet is. Maak eerst een beredeneerde schatting van het volume van dit stuk meteoriet.

Examen HAVO

2018

tijdvak 1
maandag 14 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter dit examen is een erratum opgenomen.

Dit examen bestaat uit 29 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 75 punten te behalen.

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

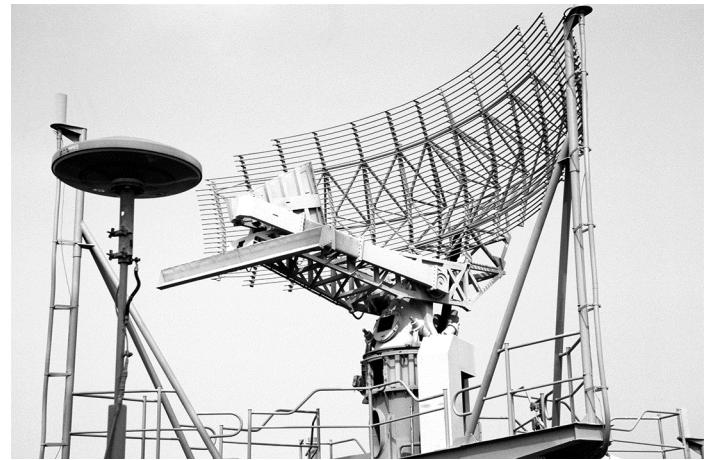
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

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.

Scheepsradar

Sommige schepen hebben een radarinstallatie om de afstand tot andere schepen of voorwerpen in de omgeving te meten. Een radarinstallatie zendt hiervoor elektromagnetische signalen uit die weerkaatst worden door een voorwerp. Door de tijd tussen het uitzenden en het ontvangen van een signaal te meten, kan de afstand tot het voorwerp bepaald worden, ook als dat voorwerp zich op grote afstand van het schip bevindt.

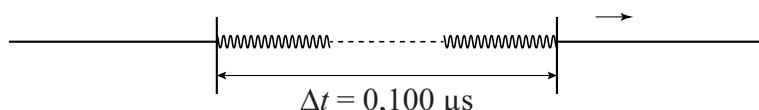


Een veelgebruikt type radar is de pulsradar. Dit type radar zendt een kort elektromagnetisch signaal uit en ontvangt even later de echo van dit signaal. Op een bepaald moment wordt er $0,26$ ms gemeten tussen het uitzenden en het ontvangen van een signaal.

- 3p 1 Bereken de afstand tot het voorwerp.

Het signaal is een puls die bestaat uit een aantal opeenvolgende elektromagnetische golven. Deze golven worden gemaakt met een vaste frequentie van $9,38$ GHz. Eén puls duurt $0,100$ μ s. Zie figuur 1.

figuur 1



- 2p 2 Bereken uit hoeveel golven één puls bestaat.

Details met afmetingen van 10% van de golflengte zijn door de pulsradar net waar te nemen.

- 3p 3 Bereken de minimale afmeting van een voorwerp dat met deze pulsradar waar te nemen is.

Het bereik van een radar is de grootste afstand die met de radar gemeten kan worden. Het bereik wordt onder andere bepaald door het vermogen van de radar en de oppervlakte van het voorwerp dat de straling reflecteert, ook wel het doel genoemd.

Dit wordt beschreven met de radarvergelijking:

$$\frac{r^4}{PA} = \text{constant}$$

Hierin is:

- r het bereik (in m);
- P het vermogen van de radar (in W);
- A de reflecterende oppervlakte van het doel (in m^2).

Het bereik van een pulsradar is 30 km voor een doel met een reflecterende oppervlakte van $6,0 \text{ m}^2$. Bij gelijk vermogen is het bereik van deze radar voor een ander doel gelijk aan 45 km.

- 2p 4 Bereken hoe groot de reflecterende oppervlakte van dat andere doel is.

Het bereik wordt ook bepaald door de herhalingsfrequentie.

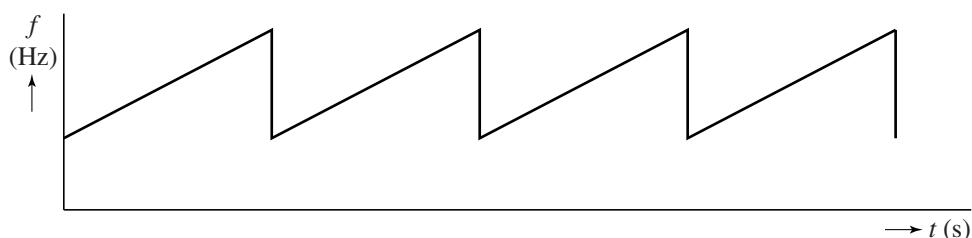
Dit is de frequentie waarmee de pulsen uitgezonden worden. Een nieuwe puls mag niet uitgezonden worden voordat de vorige puls is ontvangen. Op de uitwerkbijlage staan hierover drie zinnen.

- 2p 5 Omcirkel in deze zinnen telkens het juiste alternatief.

Naast de pulsradar bestaat er ook de breedbandradar. Dit type radar heeft twee antennes, één om continu uit te zenden en één om continu te ontvangen. Het vermogen van de zender blijft constant.

Het uitgezonden signaal is schematisch weergegeven in figuur 2.

figuur 2



- 1p 6 Geef aan of hier sprake is van frequentiemodulatie of van amplitudemodulatie.

Op de uitwerkbijlage is naast het uitgezonden signaal ook het signaal weergegeven dat de radar ontvangen heeft na weerkaatsing op een reflecterend doel. In deze figuur is de tijd tussen het uitzenden en het ontvangen van het signaal aangegeven met Δt . Ook de periode T van het signaal is aangegeven. Uit de verhouding $\Delta t/T$ is de afstand tot het reflecterende doel te bepalen.

Deze radar heeft een bereik van 75 km. Bij deze afstand geldt $\Delta t = T$. De echo is dan net terug voordat het signaal opnieuw wordt uitgezonden.

- 2p 7 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de afstand tot dit reflecterende doel.

Operatiedekken

Kleding wordt meestal gemaakt van textiel dat geweven is: de draden zijn in de lengterichting en in de breedterichting met elkaar verbonden, waardoor er een samenhang ontstaat. Zie vergroot in figuur 1.

Om $1,0 \text{ m}^2$ van dit weefsel te maken is $8,8 \text{ km}$ draad nodig.

Elke draad heeft een doorsnede met een oppervlakte van $3,85 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$. De massa van $1,0 \text{ m}^2$ van het weefsel is 47 gram.

- 3p 8 Bereken de dichtheid van de draad.

Niet-geleidend weefsel kan elektrisch geleidend gemaakt worden door metaaldraden in de lengterichting mee te weven in de stof. In de breedte zijn geen geleidende draden opgenomen. Zie figuur 2.

Een materiaal dat gebruikt kan worden voor de geleidende draden is een legering van koper (Cu) en nikkel (Ni).

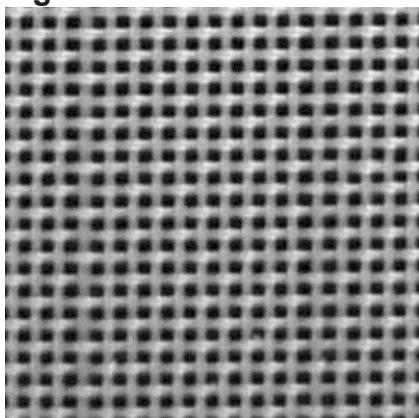
Deze CuNi-draden hebben een diameter van $40 \mu\text{m}$. De weerstand van $1,00 \text{ m}$ van deze CuNi-draad is 250Ω bij een temperatuur van 293 K.

In figuur 3 is de soortelijke weerstand van deze CuNi-draad als functie van het massapercentage nikkel gegeven bij $T = 293 \text{ K}$.

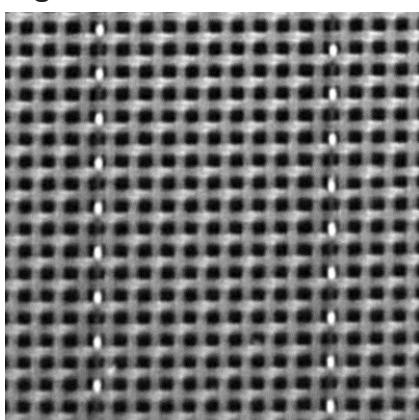
Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p 9 Bepaal met behulp van figuur 3 het massapercentage nikkel voor deze CuNi-draad.

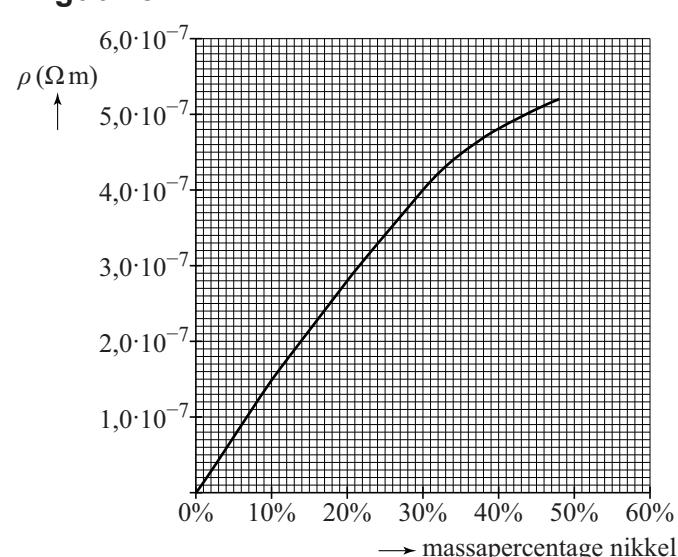
figuur 1



figuur 2



figuur 3



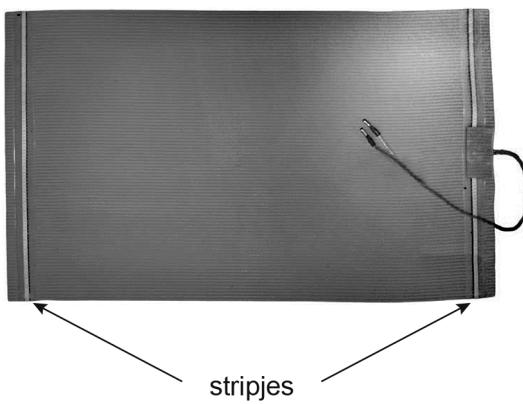
Geleidend textiel kan onder andere gebruikt worden als elektrisch verwarmde deken tijdens operaties. Zie figuur 4.

De geleidende draden in het weefsel van de deken zijn allemaal identiek. Deze verwarmingsdraden zijn met metalen stripjes met elkaar verbonden. Zie figuur 5 en 6. De weerstand van de metalen stripjes is te verwaarlozen.

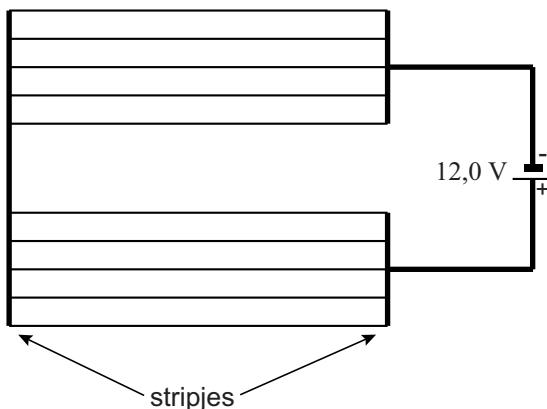
figuur 4



figuur 5



figuur 6



In de deken zitten 10 verwarmingsdraden volgens de schakeling van figuur 6. De verwarmingsdraden in de deken zijn van een ander materiaal dan CuNi gemaakt.

Eén verwarmingsdraad heeft bij kamertemperatuur een weerstand van $3,6 \Omega$.

De deken heeft een totale weerstand van $1,4 \Omega$.

- 3p 10 Toon dit aan met behulp van een berekening.

Een patiënt wordt warm gehouden door de deken aan te sluiten op een spanningsbron van 12,0 V.

- 3p 11 Bereken het elektrisch vermogen van de deken direct na het inschakelen.

De operatiedeken mag tijdens het gebruik niet te warm worden. Het is voor het ontwerp van de deken belangrijk om te weten of de draden van PTC- of van NTC-materiaal gemaakt moeten worden. Op de uitwerkbijlage staan hierover een aantal zinnen.

- 3p 12 Omcirkel in deze zinnen telkens het juiste alternatief.

SpaceShipOne

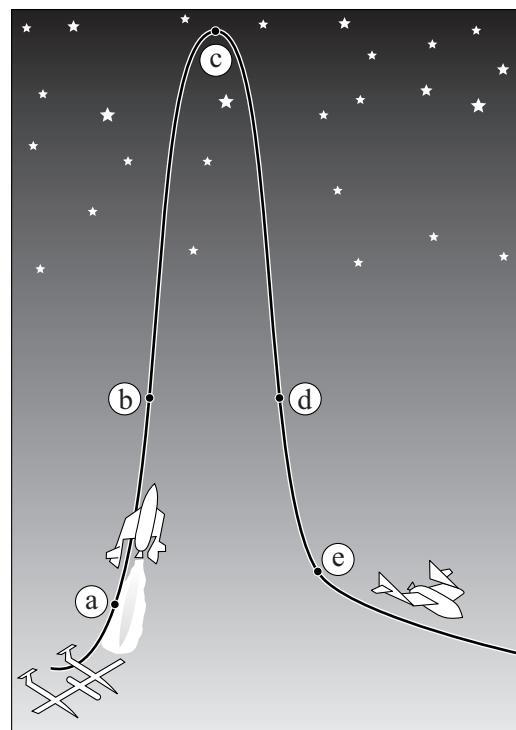
Sinds 2004 bestaat de mogelijkheid om met het ruimteschip SpaceShipOne een paar minuten in de ruimte te verblijven. In figuur 1 is getekend hoe dat gaat.

Figuur 1 is niet op schaal.

Een speciaal daarvoor gemaakt vliegtuig (de White Knight) brengt het ruimteschip SpaceShipOne naar een hoogte van ongeveer 15 km waar het ruimteschip wordt losgekoppeld. In de figuur zijn de punten a, b, c, d en e aangegeven.

- In punt a schakelt de raketmotor aan en dan gaat SpaceShipOne met een grote versnelling vrijwel verticaal omhoog.
- In punt b gaat de raketmotor uit.
- Punt c is het hoogste punt van de baan. Na het passeren van dit punt valt SpaceShipOne terug naar de aarde.
- Na het passeren van punt d begint het ruimteschip door de luchtweerstand weer af te remmen.
- Vanaf punt e gaat SpaceShipOne als zweefvliegtuig verder tot de landing.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage staat de grafiek van de verticale snelheid v_y als functie van de tijd van een vlucht van het ruimteschip. De tijdstippen die horen bij het passeren van de punten a, b, c en d zijn op de horizontale as aangegeven.

Tijdstip t_c hoort bij het hoogste punt c van de baan.

- 1p 13 Geef aan hoe dat uit de grafiek blijkt.
- 3p 14 Bepaal met behulp van de grafiek op de uitwerkbijlage de versnelling in punt c.

Op een bepaalde hoogte ten opzichte van de aarde (maar ook aan het aardoppervlak zelf) geldt voor de valversnelling:

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Hierin is:

- G de gravitatieconstante (in $\text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}$);
- M de massa van de aarde (in kg);
- r de afstand tot het middelpunt van de aarde (in m).

4p **15** Bereken de valversnelling op 100 km hoogte.

De inzittenden van het ruimteschip zijn op een deel van hun vlucht gewichtloos; dit betekent dat de normaalkracht op de inzittenden op dat moment gelijk is aan 0 N.

Op de uitwerkbijlage staat hierover een tabel.

2p **16** Kruis in de tabel op de uitwerkbijlage aan of de inzittenden van het ruimteschip wel of niet gewichtloos zijn op de trajecten ab, bc, cd en in punt c.

Op tijdstip t_b wordt de motor uitgeschakeld en bevindt het ruimteschip zich op een hoogte van 45 km. Op tijdstip t_c wordt het hoogste punt bereikt.

Mensen die op een hoogte van 100 km of meer zijn geweest, mogen zich astronaut noemen.

4p **17** Toon met behulp van de grafiek op de uitwerkbijlage aan of de inzittenden van het ruimteschip zich astronaut mogen noemen na de vlucht.

Verontreinigd technetium

Technetium-99m wordt in ziekenhuizen gebruikt als tracer. Het Tc-99m dat daar voor nodig is, wordt in het ziekenhuis zelf geproduceerd. Tc-99m is een vervalproduct van molybdeen-99. Tc-99m is metastabiel. Dit betekent dat de protonen en neutronen in de kern van een Tc-99m atoom zich nog kunnen herschikken tot een toestand met minder energie.

- 3p 18 Geef de vergelijking van de vervalreactie waarbij Tc-99m ontstaat.
- 2p 19 Leg uit of er bij het gebruik van een tracer voor de patiënt sprake is van bestraling of van besmetting.

In het ziekenhuis wordt het Tc-99m van het Mo-99 gescheiden. Tijdens dit scheidingsproces blijft er Mo-99 in de oplossing van het Tc-99m achter. Deze verontreiniging van het Tc-99m is ongewenst, omdat Mo-99 bètastraling uitzendt.

Volgens wettelijke eisen mag de activiteit van de Mo-99 verontreiniging maximaal 0,15 kBq zijn per 1,0 MBq activiteit van het Tc-99m.

De verhouding van activiteiten is te berekenen met:

$$\frac{A(t)_{\text{Mo-99}}}{A(t)_{\text{Tc-99m}}} = \frac{t_{\frac{1}{2}}^{\text{Tc-99m}} \cdot N(t)_{\text{Mo-99}}}{t_{\frac{1}{2}}^{\text{Mo-99}} \cdot N(t)_{\text{Tc-99m}}}$$

- 3p 20 Bereken hoeveel Mo-99-kernen er maximaal per miljoen Tc-99m-kernen mogen voorkomen.

Het geproduceerde Tc-99m wordt bewaard in potten gemaakt van 6,0 mm dik lood. In een pot ontstaat de volgende straling:

- gammafotonen, met een energie van 0,1 MeV, uitgezonden door Tc-99m;
- bètadeeltjes, uitgezonden door Mo-99;
- gammafotonen, met een energie van 1,0 MeV, uitgezonden door Mo-99.

- 1p 21 Geef een reden waarom de bètadeeltjes, uitgezonden door Mo-99, niet buiten de pot gedetecteerd kunnen worden.

De intensiteit van de gammastraling van het Tc-99m buiten de pot is relatief klein.

Het percentage van de oorspronkelijke intensiteit dat aan de buitenkant van de pot gemeten wordt, kan zowel voor Tc-99m als Mo-99 met behulp van de halveringsdikte bepaald worden. Op de uitwerkbijlage staan hierover twee tabellen.

3p **22** Voer de volgende opdrachten uit:

- Noteer op de uitwerkbijlage in de eerste tabel de halveringsdikte (in cm) van lood voor gammastraling met een energie van 0,1 MeV en met een energie van 1,0 MeV.
- Omcirkel op de uitwerkbijlage in de tweede tabel de intensiteit (in % van de oorspronkelijke intensiteit) van de gammastraling van Tc-99m en van Mo-99 buiten de pot.

Als voor een behandeling in het ziekenhuis het Tc-99m te vroeg wordt geproduceerd, neemt de verontreiniging met Mo-99 toe. Op de uitwerkbijlage staan hierover drie zinnen.

2p **23** Omcirkel in deze zinnen telkens het juiste alternatief.

Auto uit het ijs

In een filmpje op internet is te zien hoe enkele Russen met een staalkabel en houten planken een auto die door het ijs is gezakt weer boven water halen.

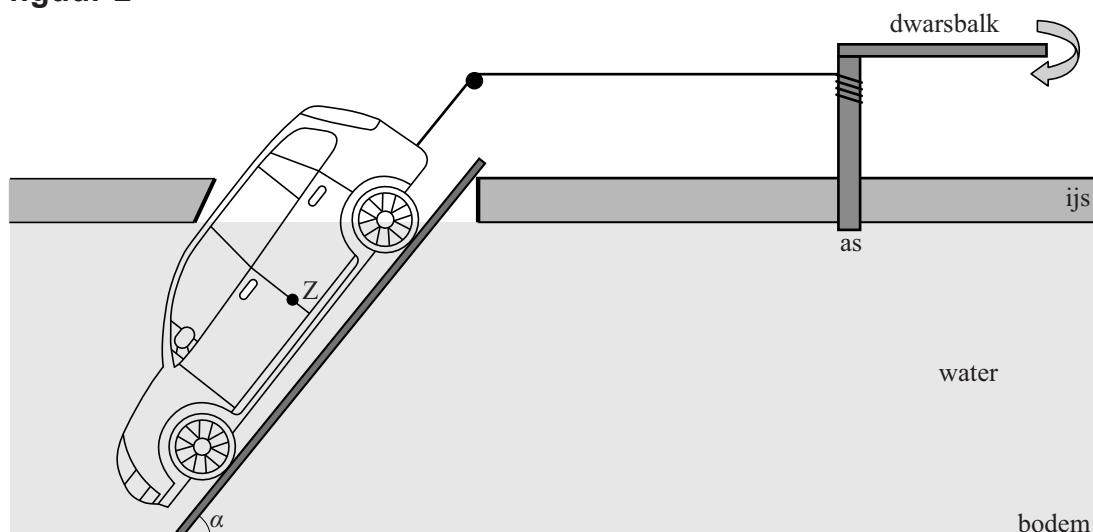
Tussen de auto en het ijs zijn planken gezet waarlangs de auto naar boven getrokken kan worden. In het ijs is een ronde as geslagen waar een dwarsbalk aan is vastgemaakt.

De staalkabel tussen de auto en de as kan worden opgedraaid door tegen deze dwarsbalk te duwen. Zie de foto in figuur 1 en het zijaanzicht in figuur 2.

figuur 1



figuur 2



De planken maken een hellingshoek α met de bodem. Op de auto werken in deze situatie een spankracht, een normaalkracht en een kracht F recht omlaag. De kracht F is de resultante van de zwaartekracht omlaag en de kracht van het water op de auto omhoog. De auto wordt met constante snelheid tegen de helling naar boven getrokken.

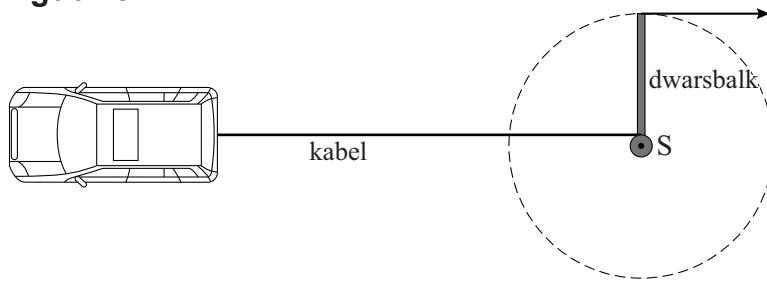
Als de auto net is los getrokken van de bodem is de spankracht in de kabel $6,1 \cdot 10^3$ N. Een deel van figuur 2 staat op schaal op de uitwerkbijlage. De spankracht en de werklijn van F zijn hierin getekend vanuit het zwaartepunt Z.

- 4p 24 Voer de volgende opdrachten uit op de uitwerkbijlage:

- Construeer de kracht F en de normaalkracht vanuit punt Z.
- Bepaal de grootte van F met behulp van deze constructie.

De lengte van het uiteinde van de balk tot het draaipunt S is 5,0 m. De as heeft een diameter van 18 cm. Zie het bovenaanzicht in figuur 3.

figuur 3



In het begin duwt één man tegen het uiteinde van de balk. Zie de krachtvector in figuur 3. Deze figuur is niet op schaal.
De spankracht in de kabel is op dat moment $6,1 \cdot 10^3$ N.

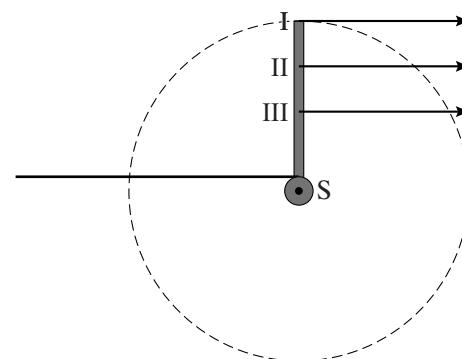
- 3p 25 Bereken de kracht waarmee de man tegen het uiteinde van de balk moet duwen om deze spankracht te kunnen leveren.

De kabel is gemaakt van koolstofstaal met een elasticiteitsmodulus van $0,20 \cdot 10^{12}$ N m $^{-2}$ (1 N m $^{-2}$ = 1 Pa). De spankracht is $6,1 \cdot 10^3$ N. Tijdens het spannen rekt de kabel uit. De kabel heeft een doorsnede met een oppervlakte van 80 mm 2 en een beginlengte van 15 m.

- 4p 26 Bereken de lengteverandering van de kabel tijdens het spannen.

Naarmate de auto verder uit het water komt, wordt de verticale kracht F op de auto groter en is er een grotere spankracht nodig. Daarom moeten drie mannen tegen de balk duwen op de plaatsen I, II en III. Zie figuur 4.

figuur 4



- 1p 27 Welke man loopt met de grootste snelheid?
A man I
B man II
C man III
D Iedere man loopt met dezelfde snelheid

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

- De drie mannen leveren ieder een even grote arbeid.
- 1p 28 Welke man duwt met de grootste kracht?
- A man I
 - B man II
 - C man III
 - D Iedere man duwt met een even grote kracht.
- In het ontwerp zijn verschillende veranderingen mogelijk. In de tabel op de uitwerkbijlage staan enkele voorstellen voor veranderingen.
- 3p 29 Kruis in de tabel per verandering aan of de kracht die één man op het einde van de dwarsbalk moet uitoefenen om de auto uit het ijs te takelen groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.

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.

natuurkunde havo

Centraal examen havo/vwo

Tijdvak 1

Opgaven

Aan de secretarissen van het eindexamen van de scholen voor havo,

Bij het centraal examen natuurkunde havo op maandag 14 mei, aanvang 13.30 uur, moeten de kandidaten de volgende mededeling ontvangen. Deze mededeling moet bij het begin van de zitting worden voorgelezen en/of aan de kandidaten worden uitgereikt.

Op pagina 12 moet vraag 28 worden overgeslagen. Streep deze vraag door.

Namens het College voor Toetsen en Examens,

drs. P.J.J. Hendrikse,
voorzitter

Examen HAVO

2018

tijdvak 2
dinsdag 19 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 28 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.

Magische lamp

Amy heeft in een techniekmuseum een demonstratie van een magische lamp gezien. Zie figuur 1.

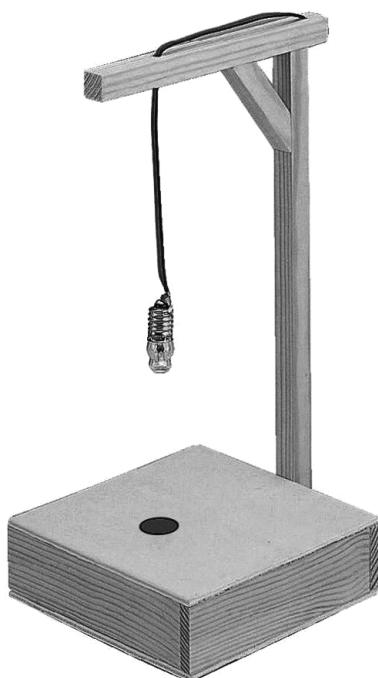
De demonstratie ging als volgt:

- Er werd een (brandende) lucifer onder een lampje gehouden. Het lampje ging vervolgens aan.
- Toen de lucifer werd weggehaald bleef het lampje licht geven.
- Vervolgens werd er tegen het lampje geblazen. Tijdens het blazen bewoog het lampje opzij en stopte het met licht geven.

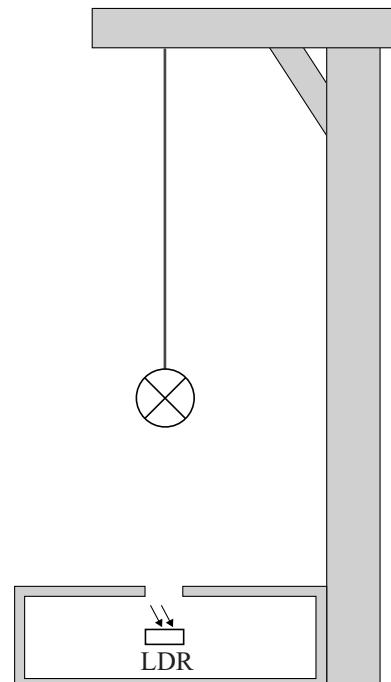
In het doosje onder het lampje zit een klein gat waar het lampje doorheen schijnt.

Amy vermoedt dat er in de opening onder het lampje een lichtgevoelige weerstand (LDR) zit. Zie figuur 2.

figuur 1



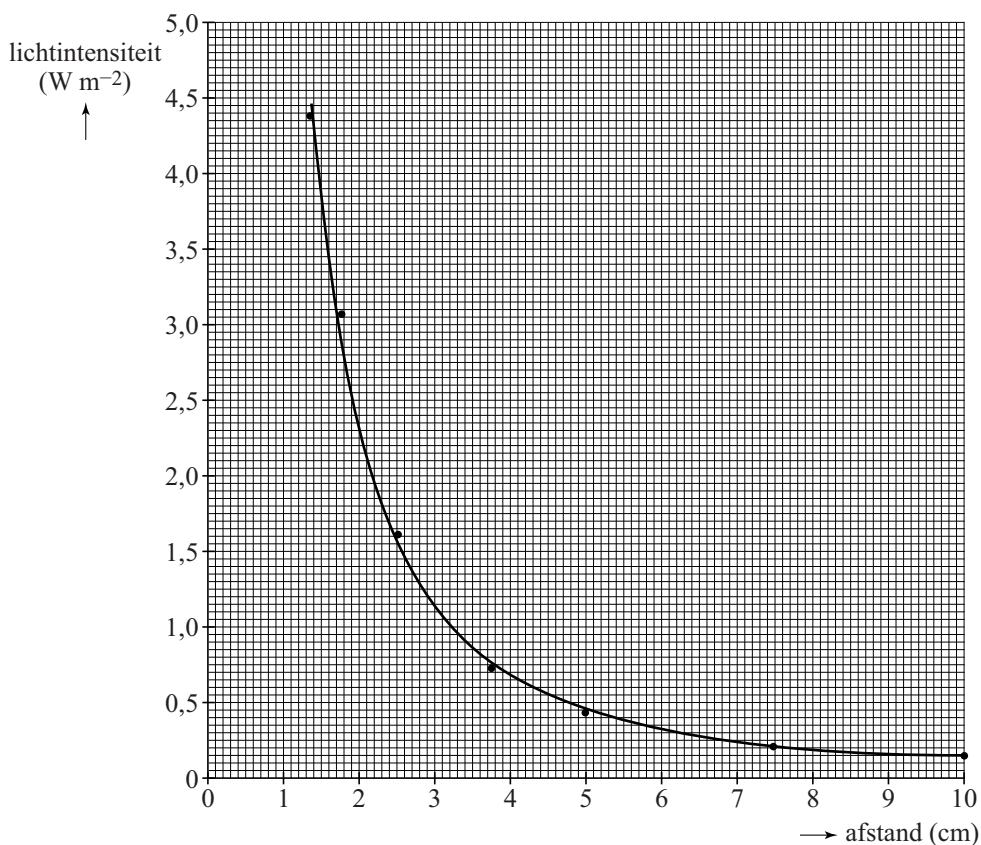
figuur 2



Ze wil zelf een magische lamp gaan maken met een LED als lampje en een LDR.

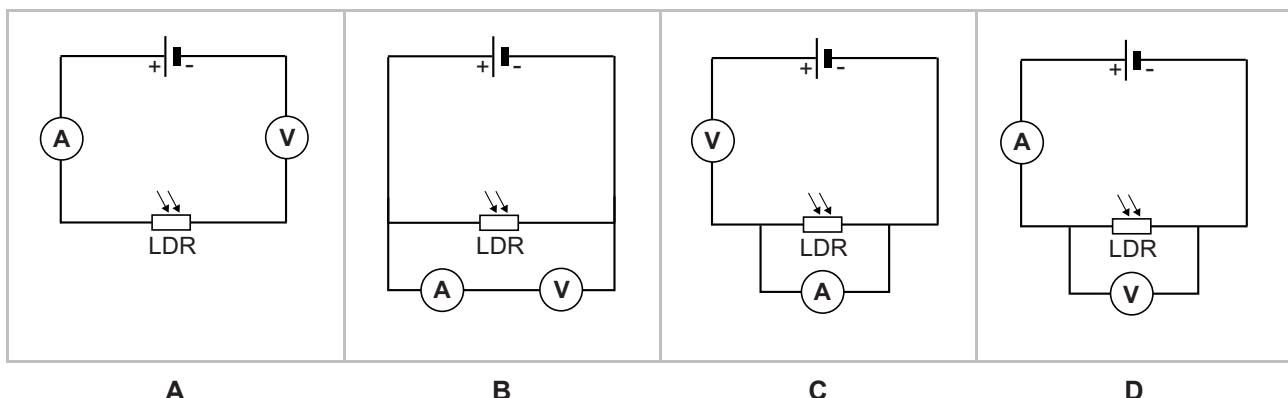
Eerst meet ze de lichtintensiteit (in W m^{-2}) op verschillende afstanden van het lampje. Van deze metingen maakt ze het diagram dat is weergegeven in figuur 3.

figuur 3



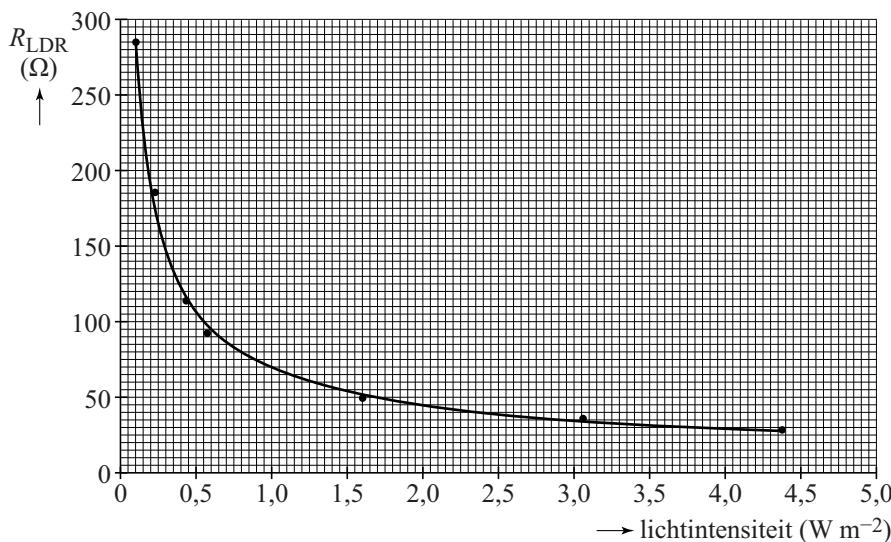
Vervolgens wil ze het verband onderzoeken tussen de weerstand van de LDR en de lichtintensiteit. Ze heeft een schakeling nodig om de weerstand van de LDR te kunnen bepalen.

- 1p 1 Welke van de onderstaande elektrische schakelingen moet Amy daarvoor gebruiken?



Uit haar meting volgt het diagram dat is weergegeven in figuur 4.

figuur 4



De figuren 3 en 4 zijn ook weergegeven op de uitwerkbijlage.

Amy bouwt zelf een magische lamp met deze LDR en het lampje.

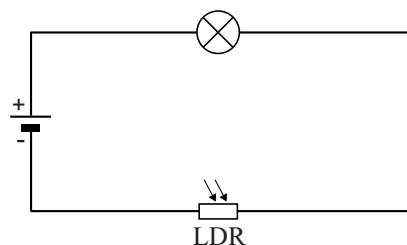
Het lampje hangt ze boven de LDR. Er valt alleen licht van het lampje op de LDR. Het lampje brandt normaal, de weerstand van de LDR is dan 40Ω .

- 2p 2 Bepaal hoe hoog Amy het lampje boven de LDR heeft gehangen.

Haar schakeling is weergegeven in figuur 5.

figuur 5

De spanningsbron geeft een spanning van 3,6 V. Het lampje brandt normaal op een spanning van 1,9 V. De LDR gaat kapot als hij meer dan 200 mW aan warmte produceert. !



- 4p 3 Toon met een berekening aan of de LDR heel blijft als het lampje normaal brandt.

Voordat het lampje licht gaat geven, moet het eerst 'aangestoken' worden. Dat doet Amy door een brandende lucifer tussen het lampje en de LDR te houden. Na afloop kan Amy het lampje laten uitgaan door er tegen te blazen.

- 4p 4 Leg uit:

- Waarom het lampje licht gaat geven wanneer de lucifer tussen het lampje en de LDR wordt gehouden.
- Waarom het lampje licht blijft geven als de lucifer daarna wordt weggehaald.
- Waarom het lampje vervolgens uitgaat als het opzij wordt geblazen.

Heftruck

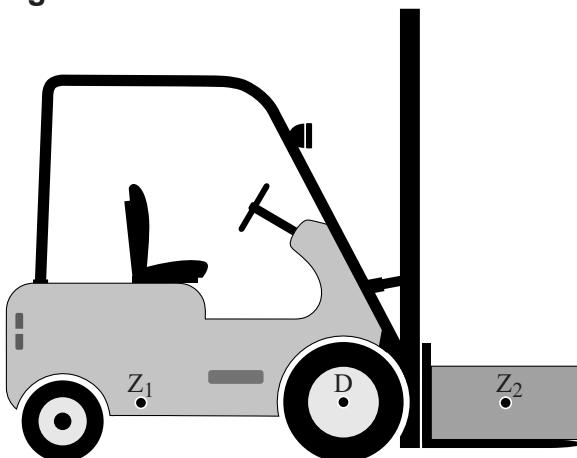
Met een heftruck kunnen zware pakketten worden opgetild en vervoerd. Zie figuur 1.

figuur 1



Als een pakket te zwaar is, kantelt de heftruck voorover. Neem aan dat het draaipunt D in de voorste as ligt. Zie figuur 2.

figuur 2

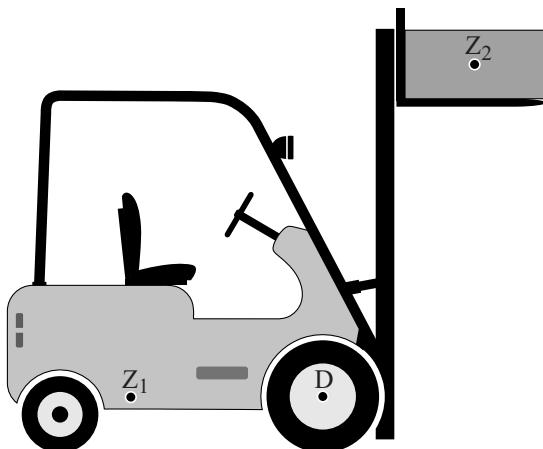


Het zwaartepunt van de heftruck is aangegeven met Z_1 en het zwaartepunt van het pakket met Z_2 . De massa van de heftruck zonder de lading is 3,4 ton. Figuur 2 staat ook vergroot en op schaal op de uitwerkbijlage.

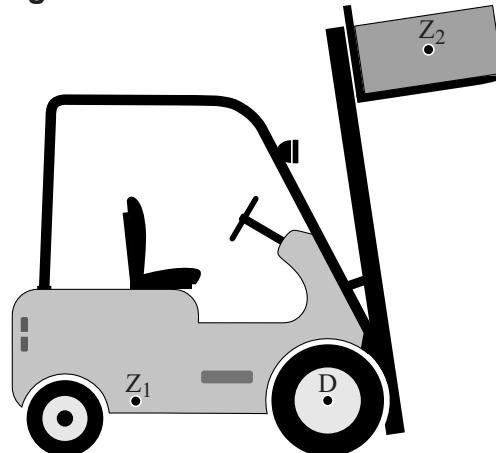
- 3p 5 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoe groot de massa van het pakket maximaal mag zijn voordat de heftruck gaat kantelen.

Een heftruck heeft een lift om pakketten hoog weg te kunnen zetten. In figuur 3 is het pakket door de lift verticaal omhoog getild. In figuur 4 is de lift een beetje schuin gezet.

figuur 3



figuur 4



De heftruck staat stil in beide situaties. Het risico voor de heftruck om voorover te kantelen neemt door het schuin zetten van de lift af.

- 1p 6 Welke van de volgende stellingen geeft hiervoor de juiste reden?
- A De arm van de kracht op de lading is kleiner geworden.
 - B De normaalkracht op de voorwielen is groter geworden.
 - C De normaalkracht op het pakket is afgenomen.
 - D De plaats van het zwaartepunt Z_1 van de heftruck is richting het draaipunt verschoven.

Tijdens het rijden en het remmen mag het pakket niet van de lift afschuiven. Vergelijk de stand van de lift in figuren 3 en 4 met elkaar.

- 1p 7 Geef een natuurkundige reden waarom het pakket tijdens het remmen in figuur 3 eerder van de lift schuift dan in figuur 4.

De lift wordt omhoog getrokken door 2 kettingen. Zie figuur 5. Een ketting is gemaakt van schakels. Iedere schakel bestaat uit 2 staalplaatjes. De treksterkte van een ketting is gelijk aan de totale treksterkte van die staalplaatjes in een schakel. Op de uitwerkbijlage staan op ware grootte een vooraanzicht en zijaanzicht van de 2 kettingen. Met een lijn is aangegeven waar de schakels breken bij te zware belasting. Op de uitwerkbijlage staat ook het spanning-rekdiagram van de gebruikte staalsoort.

figuur 5



- 5p 8 Bepaal de maximale (span)kracht die de kettingen samen kunnen uitoefenen zonder blijvend te vervormen.

De heftruck wordt gebruikt om identieke pakketten te stapelen in een magazijn.

De lift tilt ieder pakket in (gemiddeld) 7,0 s recht omhoog met een snelheid van $0,44 \text{ m s}^{-1}$. Eén pakket heeft een massa van $2,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

Het elektrische vermogen van de lift is 11 kW.

- 3p **9** Bereken het rendement van de lift.

De lift is aangesloten op een accu waarop staat: 48 V; 400 Ah. Deze 400 Ah betekent: de accu kan 400 uur lang een stroom leveren van 1 A, 200 uur lang 2 A, enzovoort.

- 3p **10** Bereken hoe lang de lift kan werken als begonnen wordt met een volle accu.

Heftrucks worden ook gebruikt om via een helling vrachtwagens te laden. Zie figuur 6.

figuur 6



De zwaartekracht op de heftruck met lading is $5,3 \cdot 10^4 \text{ N}$. De hoek van de helling met de (horizontale) grond is 11° . De heftruck rijdt met een constante snelheid tegen de helling omhoog.

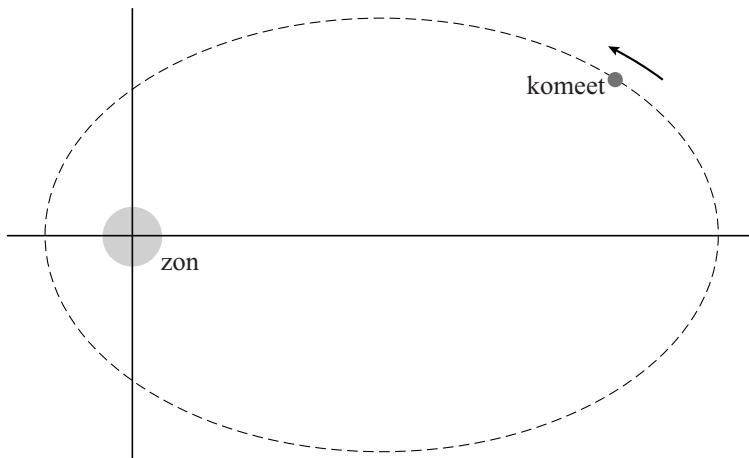
- 2p **11** Bereken de grootte van de kracht die de motor dan minimaal moet leveren.

Rosetta

In 1969 is de komeet Churyumov-Gerasimenko ontdekt.

Deze komeet beweegt in een ellipsvormige baan om de zon. In figuur 1 staat een bovenaanzicht van de baan. Deze figuur staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



De pijl geeft de bewegingsrichting van de komeet om de zon aan. De zon oefent een gravitatiekracht uit op de komeet.

- 4p **12** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de gravitatiekracht op de komeet als een pijl met een lengte van 5 cm in de juiste richting.
 - Ontbind deze kracht in een component langs de baan en een component loodrecht op de baan.
 - Leg uit of de grootte van de snelheid van de komeet op dit punt in de baan verandert.

Wetenschappers hebben een eerste schatting kunnen maken van de massa en de dichtheid van de komeet:

- De massa ligt tussen $0,9 \cdot 10^{13}$ kg en $1,1 \cdot 10^{13}$ kg;
- De dichtheid ligt tussen 500 kg m^{-3} en 550 kg m^{-3} .

Zij willen berekenen wat de **grootste** waarde is die het volume van de komeet zou kunnen hebben.

- 1p **13** Welke waarden moeten zij dan in hun berekening gebruiken?
- A De grootste massa en de grootste dichtheid.
 - B De grootste massa en de kleinste dichtheid.
 - C De kleinste massa en de grootste dichtheid.
 - D De kleinste massa en de kleinste dichtheid.

Om Churyumov-Gerasimenko van dichtbij te kunnen onderzoeken is de ruimtesonde Rosetta gelanceerd. Na een reis van 10 jaar en 6,5 miljard kilometer is Rosetta aangekomen bij de komeet.

- 3p 14 Bereken de gemiddelde snelheid in km s^{-1} van Rosetta tijdens de reis.

Rosetta draait in een cirkelvormige baan rondom de komeet. De baan heeft een straal van $20 \cdot 10^3 \text{ m}$.

De komeet heeft een massa van $M = 1,0 \cdot 10^{13} \text{ kg}$.

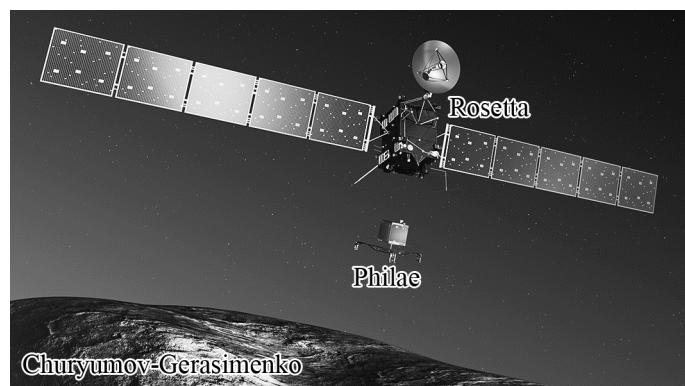
- 4p 15 Bereken de baansnelheid van Rosetta.

Rosetta doet vanuit haar baan metingen aan de komeet. Zo is de temperatuur van de komeet bepaald met behulp van de straling die door de komeet wordt uitgezonden. De straling die de komeet het meest uitzendt heeft een golflengte van $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

- 3p 16 Bereken de temperatuur van de komeet in $^\circ\text{C}$.

Vanuit Rosetta is de komeetlander Philae naar de komeet afgedaald. Zie figuur 2. De landing op de komeet is anders verlopen dan van tevoren was bedacht. Philae zou na de landing verankerd worden aan het oppervlak van de komeet. Dat is echter niet gebeurd, zodat Philae weer omhoog is gestuiterd na de landing. Zie figuur 3. De snelheid vlak voor de landing is $1,1 \text{ m s}^{-1}$. Vlak na het opstuiten is de snelheid $0,38 \text{ m s}^{-1}$.

figuur 2



ESA-C. Carreau/ATG medialab

- 3p 17 Bereken hoeveel procent van de kinetische energie van Philae na de landing nog over is.

De ontsnappingssnelheid is de snelheid die minimaal nodig is om te ontsnappen van een hemellichaam en er niet meer op terug te vallen. Hiervoor geldt:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

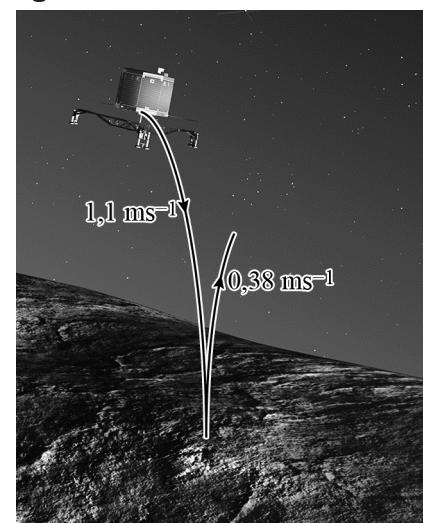
Hierin is G de gravitatieconstante.

Voor de komeet geldt:

- $R = 2,9 \text{ km}$;
- $M = 1,0 \cdot 10^{13} \text{ kg}$.

- 3p 18 Toon aan of Philae weer terug is gevallen naar de komeet.

figuur 3



ESA-C. Carreau/ATG medialab

Renium-188

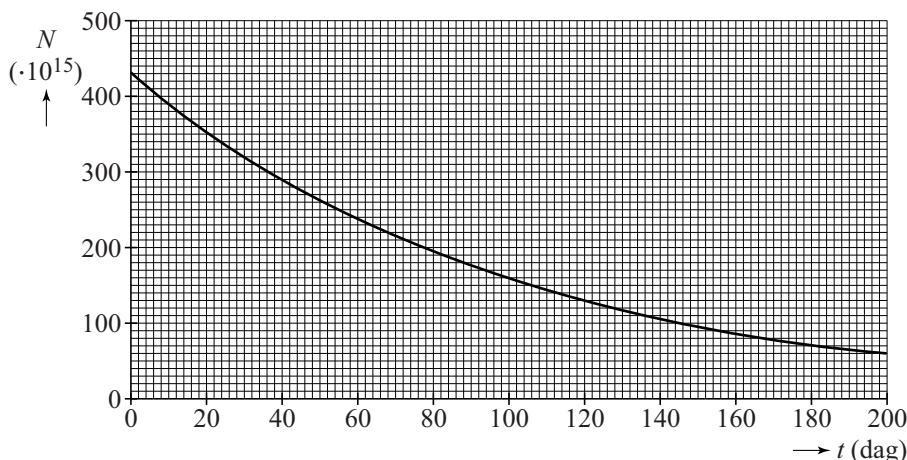
Renium-188-HEDP is een vorm van bestraling die gebruikt wordt om bottumoren te behandelen. Atomen van het radioactieve renium-188 (Re-188) worden daarvoor gekoppeld aan atomen van een stof die door botten wordt opgenomen. Hiermee kan men specifieke tumoren in botten bestralen.

Re-188 ontstaat door het verval van wolfraam-188 (W-188). In een laboratorium wordt eerst van het stabiele W-186 het isotoop W-188 gemaakt.

- 1p 19 Hoe verschillen de atomen W-186 en W-188 van elkaar?
- A Een atoom W-188 heeft alleen twee elektronen meer dan een atoom W-186.
 - B Een atoom W-188 heeft alleen twee neutronen meer dan een atoom W-186.
 - C Een atoom W-188 heeft alleen twee protonen meer dan een atoom W-186.
 - D Een atoom W-188 heeft twee protonen en twee elektronen meer dan een atoom W-186.

Een laborant heeft een bepaalde hoeveelheid W-188 aangemaakt op $t = 0$ s. In figuur 1 staat de grafiek van het verdere verloop van het aantal kernen W-188 als functie van de tijd.

figuur 1



Figuur 1 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 20 Bepaal de activiteit van het wolfraam op $t = 0$ s. Geef daarbij in de figuur op de uitwerkbijlage aan hoe je aan je antwoord komt.

Re-188 is een β - en γ -straler. In figuur 2 staat een tabel met een aantal eigenschappen van Re-188.

figuur 2

Eigenschap	Re-188
Uitgezonden straling	β en γ
Energie van de γ -fotonen	0,155 MeV
Energie van de β -deeltjes	2,12 MeV
Halveringstijd	17 uur

- 3p 21 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Re-188 waarbij ook een γ -foton wordt uitgezonden.
- 3p 22 Welke soort straling levert de grootste bijdrage aan de behandeling van de bottumor? Geef twee argumenten waarom de bijdrage van die soort straling het grootst is.

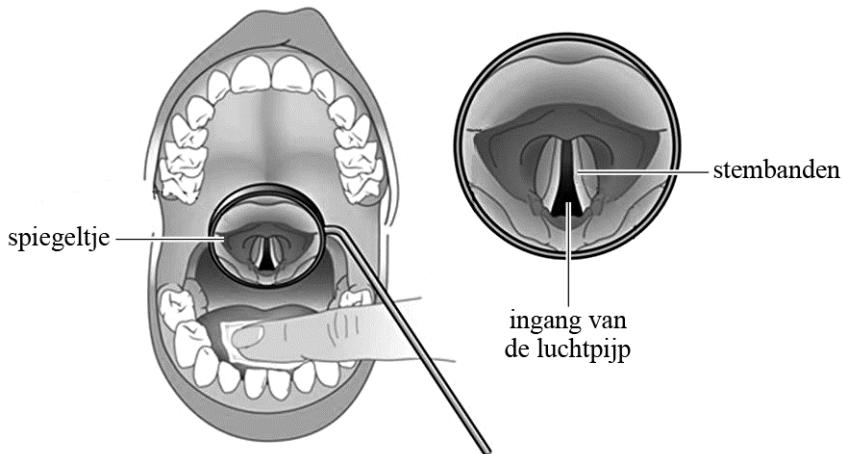
In het ziekenhuis kan de arts een hoeveelheid van het gevormde renium uit de generator halen voor de behandeling van een patiënt. Bij deze patiënt wordt een hoeveelheid renium-188 toegediend met een activiteit van 120 MBq. Omdat renium vervalt en ook wordt uitgescheiden via de urine, is de totale stralingsbelasting door de β -straling voor het lichaam niet zo hoog, namelijk 0,070 mGy per toegediende MBq.

- 3p 23 Bereken de equivalente dosis die de patiënt als gevolg van de β -straling zal ontvangen.

Elektrolarynx

De menselijke stem produceert geluid door het in trilling brengen van de stembanden achter in de keel. Zie figuur 1.

figuur 1



Deze trilling ontstaat als er lucht langs de stembanden geperst wordt. De stembanden zijn dan te beschouwen als snaren die trillen.

Op de uitwerkbijlage staat een reeks foto's die gemaakt zijn tijdens het trillen van de stembanden van een man. De stembanden van deze man zijn 22 mm lang. In deze opgave wordt aangenomen dat dit gelijk is aan de golflengte.

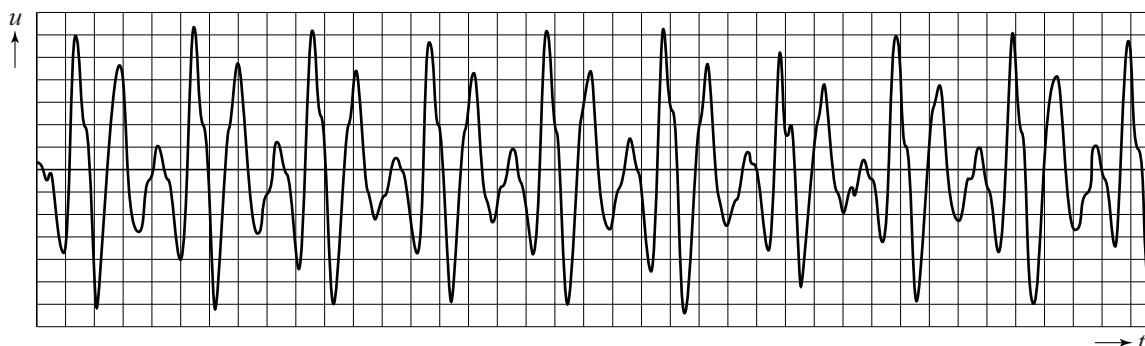
- 3p 24 Bepaal met behulp van de foto's de golfsnelheid in de stembanden.

Roken kan ervoor zorgen dat de stembanden opzwollen door een ophoping van vocht. Hierdoor neemt de massa van de stembanden toe. De stembanden kunnen beschouwd worden als een massa-veersysteem met een constante veerconstante.

- 2p 25 Leg met behulp van de formule voor een massa-veersysteem uit of roken zorgt voor een toename of afname van de frequentie van het stemgeluid.

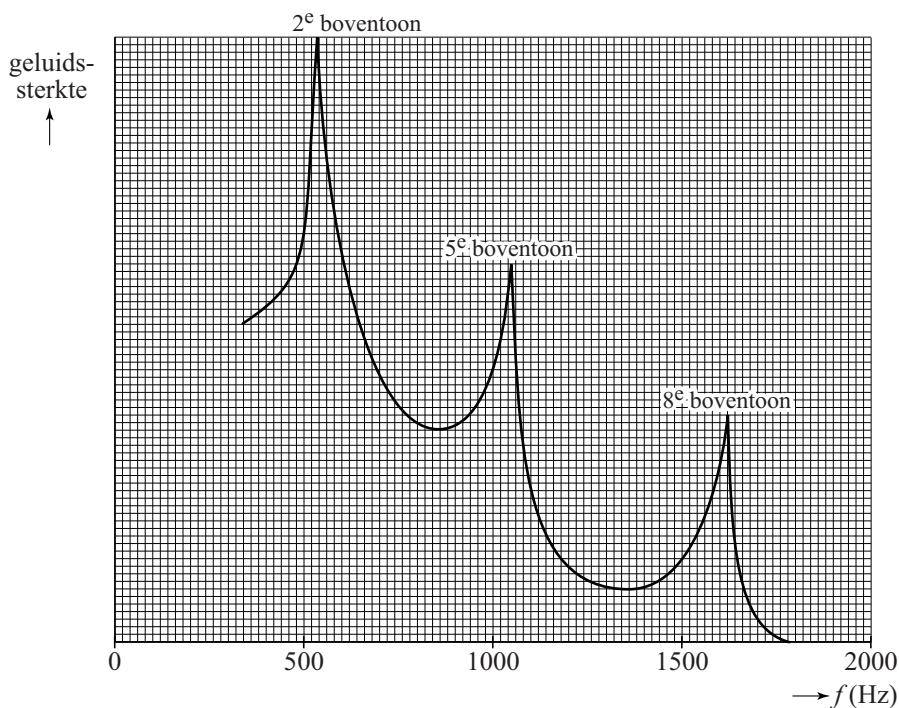
Het (u, t) -diagram in figuur 2 is van een vrouw die een toon zingt. De toon is een combinatie van een grondtoon met boventonen.

figuur 2



Van het (u, t) -diagram is een zogenaamde frequentiekarakteristiek gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



Op de horizontale as van dit diagram is de frequentie uitgezet. Op de verticale as staat een maat voor geluidssterkte.

In de karakteristiek zijn pieken te zien. Dit zijn boventonen van de stembanden en deze boventonen bepalen de klank van het stemgeluid. De pieken in de karakteristiek horen bij de 2e, 5e en 8e boventoon.

Voor de grondtoon en boventonen geldt:

$$\frac{n}{f} = c$$

Hierin is:

- n de toon; $n = 1$ is de grondtoon, $n = 2$ de eerste boventoon, etc.;
- f de frequentie in Hz;
- c een constante.

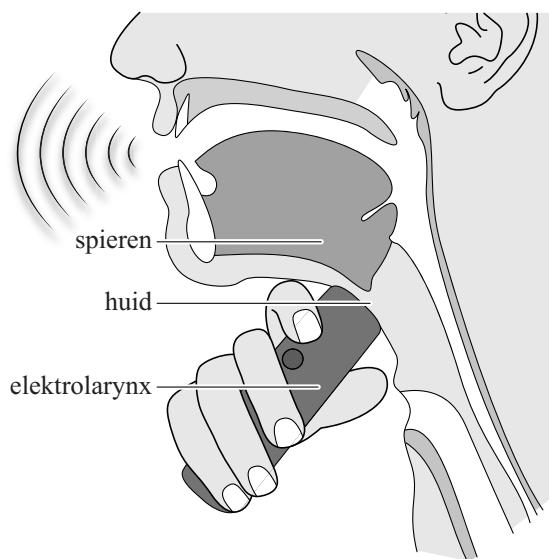
- 3p **26** Bepaal met behulp van deze formule en de grafiek in figuur 3 de grondtoon van de stembanden van de vrouw.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Soms is het noodzakelijk om de stembanden te verwijderen. Ter vervanging van de stembanden kan een elektrolarynx worden gebruikt. Dit is een apparaatje dat tegen de keel wordt gedrukt. Het produceert trillingen en geeft deze via de huid en de spieren door aan de mond. Zie figuur 4. De frequentie van deze trillingen blijft gelijk tijdens de voortplanting door de huid en de spieren. De voortplantingssnelheid in de huid is $1,73 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$.

- 3p 27 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage aan hoe de grootheden veranderen bij de overgang van huid naar spieren.

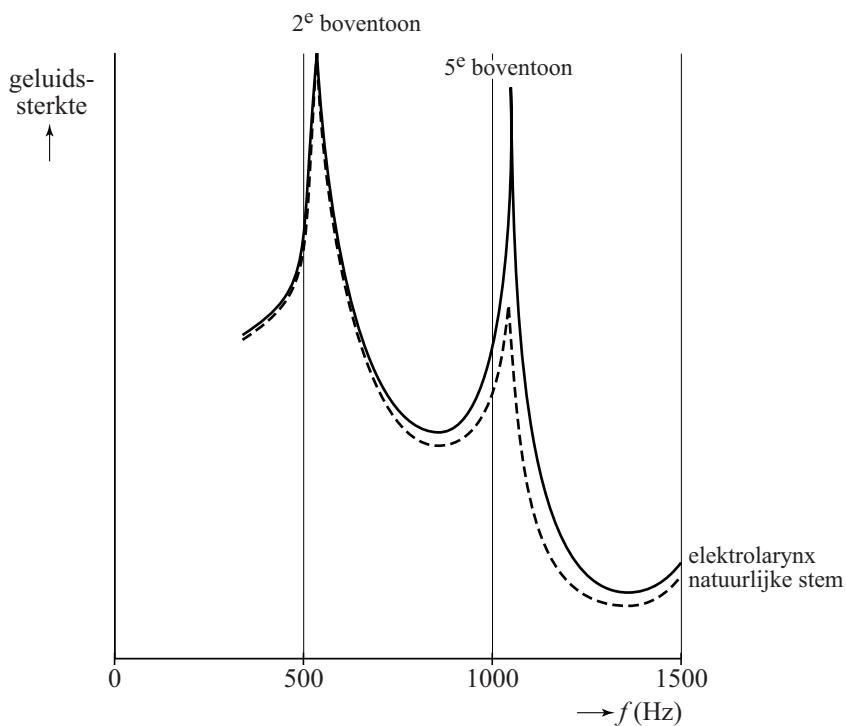
figuur 4



Het geluid van een elektrolarynx klinkt niet altijd zo natuurlijk als het geluid van stembanden.

In figuur 5 staan de frequentiekarakteristieken van de natuurlijke stem van een persoon en van dezelfde persoon die een elektrolarynx gebruikt.

figuur 5



- 2p 28 Omcirkel in de zinnen op de uitwerkbijlage telkens het juiste alternatief.

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.

Examen HAVO

2019

tijdvak 1
maandag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 29 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

Walstroom

De Nederlandse marine heeft een artikel uitgebracht over de energievoorziening van marineschepen. In dit artikel wordt de vergelijking gemaakt tussen het elektrisch energieverbruik van een marineschip en dat van huishoudens. Zie figuur 1. Eén huishouden gebruikt per jaar gemiddeld $3,5 \cdot 10^3$ kWh.

figuur 1

Energie verbruik



1 schip = ca. 3.000 Huishoudens

Uit deze gegevens volgt dat het elektrisch vermogen van het marineschip $1,2 \cdot 10^6$ W is.

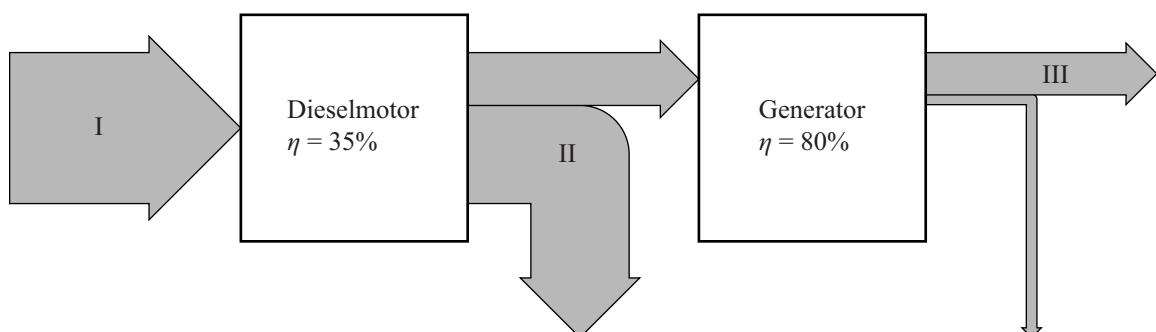
- 3p 1 Toon dat aan met een berekening.

Op het marineschip wordt elektriciteit opgewekt met een dieselmotor.

Deze motor verbrandt stookolie en drijft een generator aan.

Het rendement van de dieselmotor is 35%. Het rendement van de generator is 80%. In figuur 2 is dit met pijlen op schaal weergegeven.

figuur 2



Iedere pijl staat voor een bepaalde soort energie. Deze figuur is ook op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 2p 2 Omcirkel in de tabel op de uitwerkbijlage de juiste energiesoort bij de gegeven pijlen I, II en III.

De generator van het schip wekt een elektrisch vermogen op van $1,2 \cdot 10^6$ W.

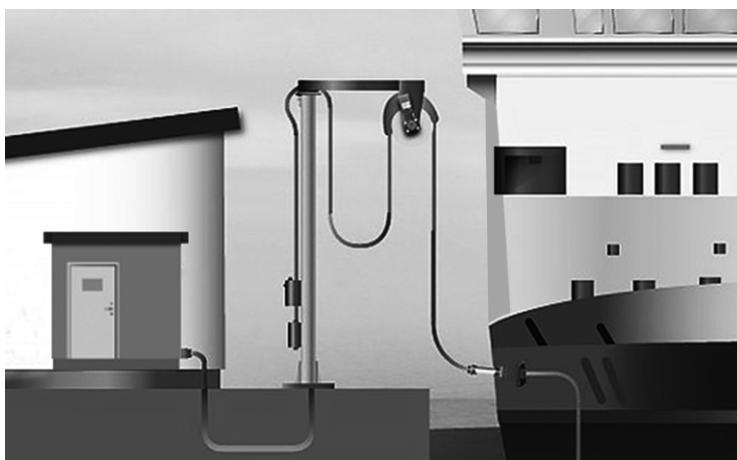
- 5p 3 Bereken het volume van de stookolie in m^3 dat het schip per 24 uur gebruikt om elektriciteit op te wekken.

In de haven kan een schip aangesloten worden op de elektriciteit aan land, de zogenaamde walstroom. De dieselmotor hoeft dan niet te draaien. Voor een marineschip worden 36 identieke kabels parallel aangesloten tussen land en schip. Er wordt een spanning gebruikt van 440 V om $1,2 \cdot 10^6\text{ W}$ aan elektrisch vermogen te leveren.

- 3p 4 Bereken de stroomsterkte door één van de 36 kabels.

De Nederlandse marine gebruikt tegenwoordig een nieuwe methode om schepen aan te sluiten op het elektriciteitsnet in de haven. Ze gebruiken daarbij een spanning van $6,6\text{ kV}$ en nog maar één hoogspanningskabel. Deze kabel vervangt alle 36 kabels die eerst nodig waren. Zie figuur 3.

figuur 3



De hoogspanningskabel is 13 m lang. De kabel is gemaakt van koper. De kabel heeft een doorsnede met een oppervlakte van 25 cm^2 .

- 3p 5 Bereken de weerstand van de hoogspanningskabel.

De nieuwe methode van aansluiten heeft veel voordelen. Het schip kan door minder mensen in kortere tijd aangesloten worden op het elektriciteitsnet aan wal. Voor de nieuwe kabel is veel minder koper nodig dan voor de 36 oorspronkelijke kabels. Bovendien is het energieverlies in de kabel lager.

De dunneren hoogspanningskabel is even lang, maar heeft een veel grotere weerstand dan de oorspronkelijke 36 kabels parallel samen. Het elektrisch vermogen van het schip is gelijk gebleven.

- 2p 6 Omcirkel op de uitwerkbijlage in elke zin het juiste alternatief.

Wereldrecord blobspringen

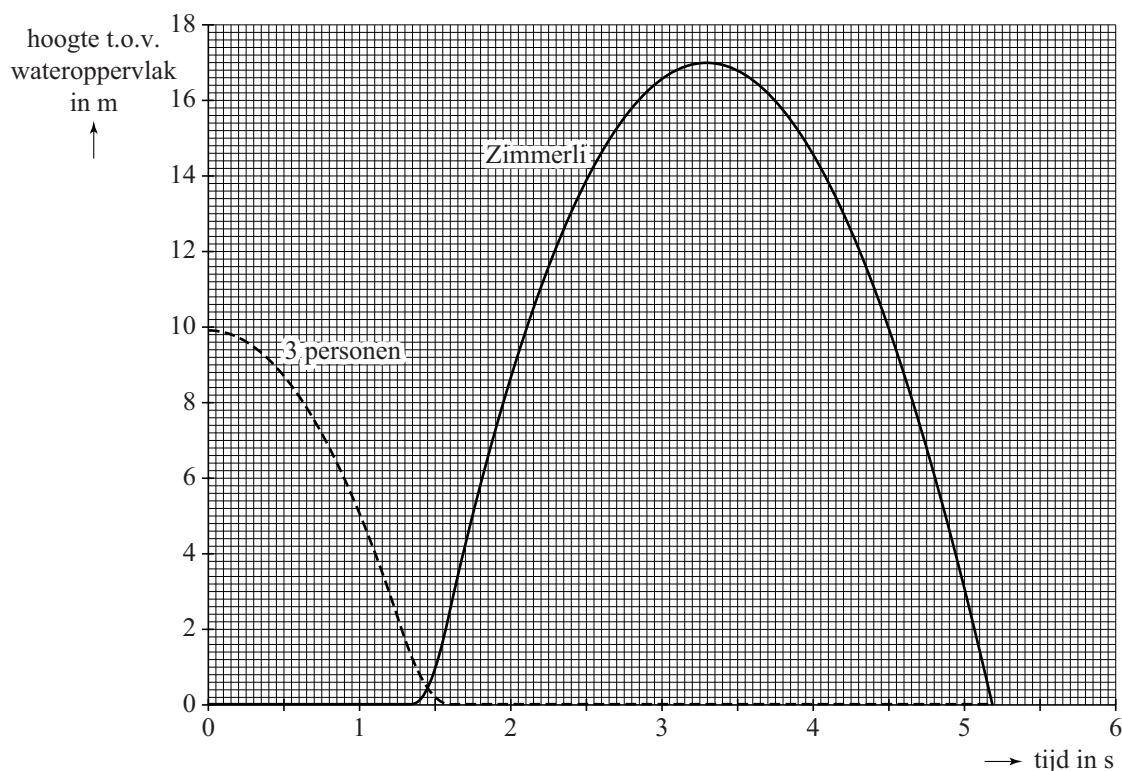
In juni 2011 werd het wereldrecord blobspringen verbeterd door Reto Zimmerli. Zie de fotomontage in figuur 1. Voor deze afbeelding zijn diverse na elkaar gemaakte foto's van de recordpoging samengevoegd tot één beeld. Zes van deze foto's zijn ook apart weergegeven op de uitwerkbijlage. Links sprong een groep van drie personen tegelijk van een hoge toren. Ze landden op het uiteinde van een met lucht gevulde zak op het water, de blob. Hierdoor werd Zimmerli, die diep weggezakt in het andere uiteinde van de blob lag te wachten, de lucht in geschoten.

figuur 1



Van de beweging van de deelnemers aan deze recordpoging is met behulp van een videometing een (h, t) -diagram gemaakt. Zie figuur 2. De hoogte is gemeten ten opzichte van het wateroppervlak.

figuur 2



Tijdens de val ondervindt de groep van drie personen weerstand. De drie personen die op de blob vallen, raken de blob op $t = 1,27$ s. Figuur 2 is ook op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 3p 7 Bepaal, met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage, de snelheid waarmee de groep de blob raakt. Geef in deze figuur aan hoe je aan je antwoord komt.

Als de drie personen op $t = 1,27$ s de blob raken, begint er in de blob een drukgolf te bewegen van de groep naar Zimmerli.

Op $t = 1,34$ s komt de drukgolf bij Zimmerli aan.

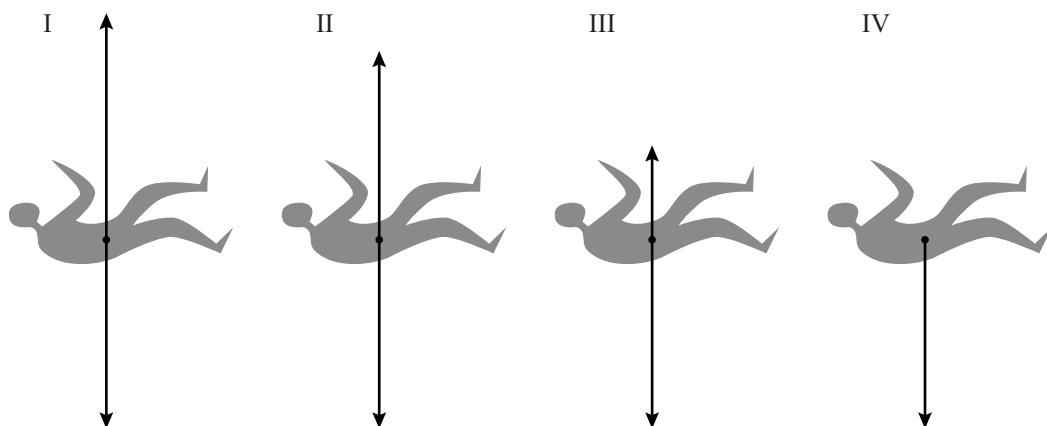
- 3p 8 Toon aan of de snelheid waarmee die drukgolf beweegt gelijk is aan de geluidssnelheid in lucht. Maak daarvoor eerst een beredeneerde schatting van de afstand waarover de drukgolf reist. Gebruik hierbij figuur 1.

Uit de videometing volgt dat Zimmerli tijdens de lancering door de blob een gemiddelde versnelling omhoog heeft ondergaan van $1,78 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-2}$. Zimmerli heeft een massa van 80 kg.

- 3p 9 Bereken de gemiddelde kracht omhoog die de blob tijdens de lancering op Zimmerli heeft uitgeoefend.

Foto 3 op de uitwerkbijlage toont Zimmerli op weg naar het hoogste punt.

- 1p 10 Geef aan in welke van de onderstaande tekeningen I, II, III of IV de krachtvector of de krachtvectoren op Zimmerli in verticale richting op dat moment juist is of zijn weergeven.



De groep van drie personen met een gezamenlijke massa van 300 kg viel over een afstand van 9,9 m omlaag. Zimmerli heeft een massa van 80 kg.

- 3p 11 Bereken de hoogte die Zimmerli maximaal had kunnen bereiken als alle energieverliezen verwaarloosd mogen worden.

De luchtweerstand is niet verwaarloosbaar, waardoor Zimmerli bij deze recordpoging minder hoog kwam dan de maximale hoogte die hij zou kunnen bereiken. Op de uitwerkbijlage staan nog drie mogelijke verklaringen voor het niet bereiken van de maximale hoogte.

- 2p 12 Geef op de uitwerkbijlage van elke verklaring aan of deze juist of onjuist is.

Kookstenen

In de prehistorie kookten mensen water met behulp van kookstenen. Deze stenen werden in hete as opgewarmd en daarna in een eikenhouten pot met koud water gedaan. Na enige tijd begon het water te koken. Zie figuur 1.

Archeologen van de Universiteit Leiden experimenteerden met deze methode. De stenen die zij gebruikten waren van granaat. Met behulp van een infrarood-thermometer kon de temperatuur van zo'n steen in de as bepaald worden omdat een hete steen infraroodstraling uitzendt. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2



De temperatuur van de steen is 384 °C.

- 3p 13 Bereken de golflengte van de straling die het meest door de steen wordt uitgezonden.

In figuur 3 staat een tabel met een aantal stofeigenschappen van materialen die in deze opgave een rol spelen.

figuur 3

	dichtheid 10^3 kg m^{-3}	warmtegeleidingscoëfficiënt $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	soortelijke warmte $10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
	graniet	basalt	eikenhout
	2,7	3,5	0,82
	3,0	1	0,88
	0,78	0,4	2,4

De steen van graniet heeft een massa van 2,3 kg en een begintemperatuur van 384 °C. De steen koelt af in het water. Door de vrijgekomen energie wordt het water verwarmd van 18 °C tot het kookpunt van 100 °C. Verwaarloos het opwarmen van de houten pot en warmteverlies naar de omgeving.

- 4p **14** Bereken de massa van het water dat met deze steen tot het kookpunt verwarmd kan worden.

Het experiment wordt herhaald onder dezelfde omstandigheden. Nu wordt een kooksteen van basalt gebruikt in plaats van de kooksteen van graniet. De begintemperatuur van beide kookstenen is even hoog.

- 2p **15** Leg uit of de kooksteen van basalt zwaarder, lichter of precies even zwaar moet zijn als de kooksteen van graniet om dezelfde hoeveelheid water te verwarmen.

De eikenhouten pot met water verliest in werkelijkheid wel warmte aan de omgeving.

De opwarmtijd van een bepaalde hoeveelheid water zal variëren onder verschillende omstandigheden. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met vijf verschillende situaties waarin steeds één omstandigheid verschilt. Alle overige omstandigheden blijven gelijk.

- 3p **16** Geef in de tabel bij iedere gegeven situatie met een kruisje aan of de opwarmtijd langer of korter wordt.

De warmtestroom door de wand van de eikenhouten pot is het grootst als het water aan de kook is. De archeologen hebben de oppervlakte van de wand van de pot geschat op $1 \cdot 10^3 \text{ cm}^2$ en de dikte van de wand op 3 cm. De temperatuur van de buitenlucht is 20 °C.

- 3p **17** Bereken de warmtestroom door de wand van de pot als het water aan de kook is.

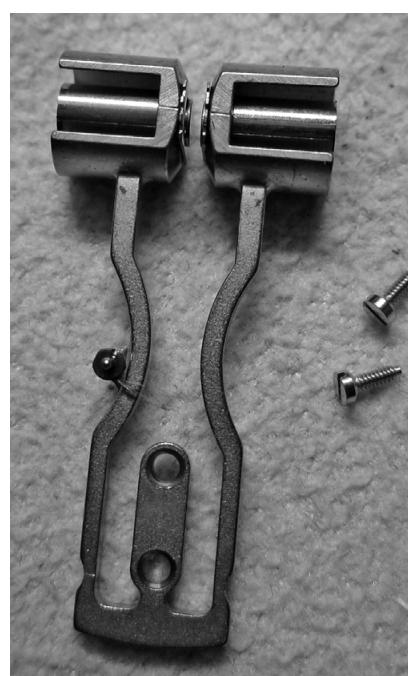
Oude horloges

In de jaren '60 en '70 kwamen er horloges op de markt waarin nieuwe technische ontwikkelingen werden toegepast. Eén van de ontwikkelingen was gericht op de nauwkeurigheid van de horloges. Horloges werkten tot dan toe mechanisch; de wijzers werden daarbij aangedreven door een veer. Een horlogemaker kwam in 1960 met de 'Accutron', het eerste elektronische horloge. Het horloge maakte gebruik van een stemvork. Zie figuren 1 en 2. De harmonische trilling van de stemvork werd gebruikt om de draaisnelheid van de wijzers te regelen.

figuur 1



figuur 2



- 1p **18** Hoe noemt men de frequentie waarmee de stemvork trilt na het aanslaan?

Op de uitwerkbijlage zie je een oscillogram van de stemvork. Hierin is de uitwijking uitgezet tegen de tijd. Eén hokje staat voor 1,0 ms. De mens hoort frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz.

- 3p **19** Toon met behulp van het oscillogram aan of de toon van de stemvork in het hoorbare gebied ligt.

De NASA wilde deze techniek ook gebruiken voor klokken in de ruimtevaart. Een stemvork kun je beschouwen als een massa-veersysteem met een bepaalde veerconstante C . Voor de nauwkeurigheid van de klok is het belangrijk dat de trillingstijd van de stemvork heel constant is.

- 2p **20** Leg uit of de NASA voor de stemvork in deze klok rekening moest houden met een andere trillingstijd in de ruimte dan op aarde.

Een andere nieuwe ontwikkeling had te maken met de afleesbaarheid van horloges. De wijzers en getallen werden geverfd met een mengsel van promethium-147 en zinksulfide zodat deze oplichtten in het donker. Op de wijzerplaat werd dit aangegeven met een ®. Zie figuur 3.

- Promethium-147 (Pm-147) is een radioactieve stof die alleen β-straling uitzendt.
- 3p **21** Geef de vergelijking van de vervalreactie van promethium-147.

figuur 3



De wijzers zenden ook röntgenstraling uit. Deze is niet afkomstig van het promethium-147. De behuizing van het horloge is gemaakt van ijzer. Het ioniserend vermogen van β-straling is groter dan dat van röntgenstraling. Toch blijkt de röntgenstraling voor (de pols van) de drager van het horloge een groter risico dan de β-straling.

- 2p **22** Leg uit hoe dit komt.

De röntgenstraling heeft een energie van 0,05 MeV per foton. De dikte van het ijzer aan de achterzijde van het horloge is 1,47 mm.

- 3p **23** Omcirkel in de tabel op de uitwerkbijlage hoeveel procent van de röntgenstraling de achterkant van het horloge doorlaat. Licht je antwoord toe.

Het deel van de pols dat wordt bestraald door de röntgenstraling heeft een massa van 75 gram en ontvangt gedurende een jaar gemiddeld 25 röntgenfotonen per seconde. De stralingsweegfactor voor röntgenstraling is gelijk aan 1. De jaarlijkse dosislimiet voor ledematen bedraagt $50 \cdot 10^{-3}$ Sv.

- 5p **24** Toon aan of de equivalente dosis als gevolg van het dragen van het horloge onder deze jaarlijkse dosislimiet blijft.

Elysium

In de film ‘Elysium’ uit 2013 is een enorm, ringvormig ruimtestation te zien waarvan de rand bewoond wordt. Zie figuur 1.

In deze opgave worden twee waarnemingen uit de film op natuurkundige juistheid gecontroleerd.

Het ruimtestation ‘Elysium’ draait in een cirkelbaan rond de aarde. Als de hoogte van Elysium boven het aardoppervlak bekend is, is het mogelijk om de baansnelheid van Elysium rond de aarde uit te rekenen.

figuur 1



1p **25** Hoe kun je die baansnelheid uitrekenen?

- A door de gravitatiekracht gelijk te stellen aan de middelpuntzoekende kracht
- B door de gravitatiekracht gelijk te stellen aan de zwaartekracht
- C door de kinetische energie gelijk te stellen aan de zwaarte-energie
- D door de som van de krachten gelijk te stellen aan nul

In de film lijkt het erop dat Elysium zich voortdurend boven hetzelfde punt van de aarde bevindt. In dat geval zou Elysium zich in de geostationaire baan moeten bevinden.

Voor de cirkelvormige baan van een object om een planeet geldt:

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

Hierin is:

- r de straal van de cirkelbaan;
- T de omlooptijd;
- G de gravitatieconstante;
- M de massa van de planeet.

De geostationaire baan bevindt zich op een hoogte van $36 \cdot 10^3$ km boven het aardoppervlak.

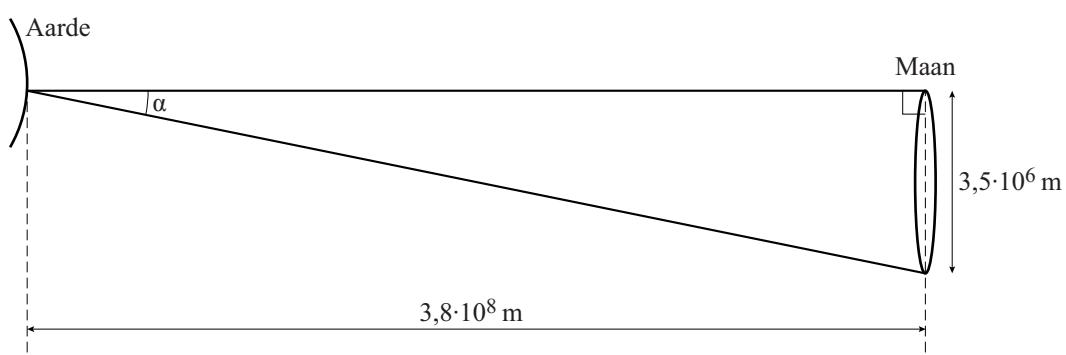
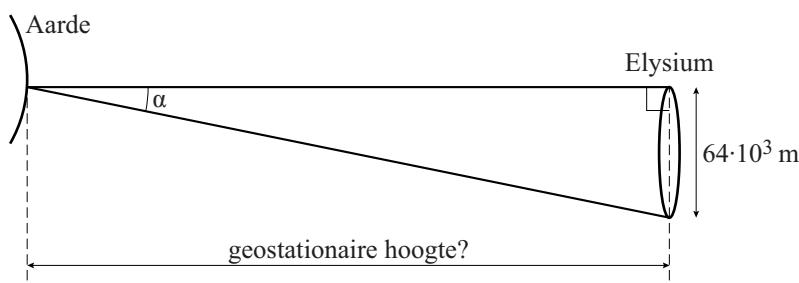
4p **26** Toon aan dat die baan geostationair is.

Om te controleren of Elysium in de geostationaire baan zit is een andere waarneming uit de film te gebruiken. In de film lijkt Elysium vanaf de aarde gezien even groot als de maan. Dat betekent dat je Elysium en de maan allebei onder dezelfde hoek α vanaf de aarde ziet. Zie figuur 2.

Deze figuur is niet op schaal.

De diameter van het ruimtestation is $64 \cdot 10^3$ m. De maan heeft een diameter van $3,5 \cdot 10^6$ m.

figuur 2



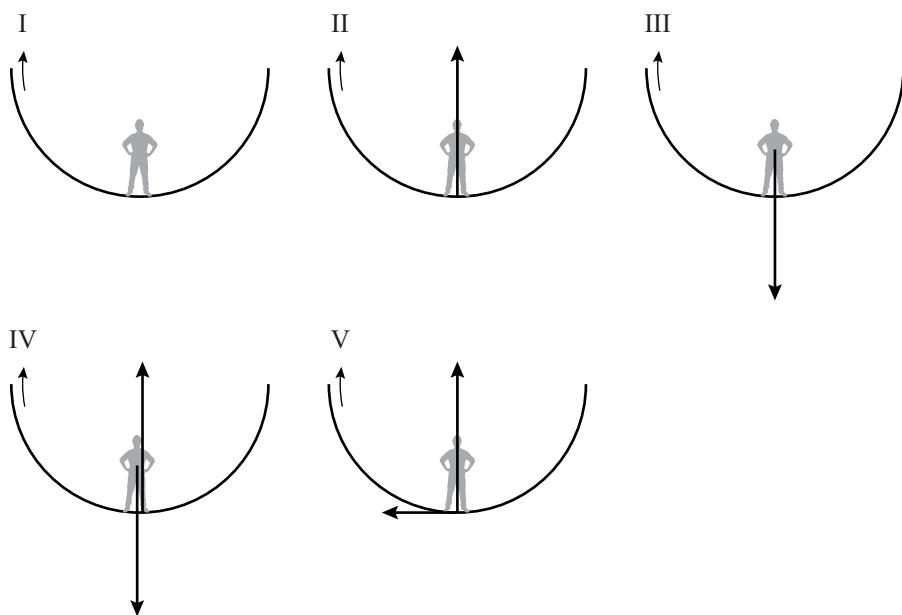
- 2p 27 Toon met figuur 2 aan of uit deze waarneming volgt dat Elysium zich in de geostationaire baan bevindt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

In een baan om de aarde ervaar je geen normaalkracht; je bent gewichtloos.

Elysium draait als een wiel met constante baansnelheid om zijn as S. Zie figuur 1. Een bewoner in de ring ervaart hierdoor wel een normaalkracht waardoor het lijkt alsof hij op het aardoppervlak staat. Deze normaalkracht werkt als middelpuntzoekende kracht.

- 1p 28 Geef aan in welk plaatje I, II, III, IV of V de kracht of de krachten op de bewoner als gevolg van het draaien van de ring juist is of zijn weergegeven.



In de film ervaart een bewoner van de ring van Elysium dezelfde normaalkracht als hij op het aardoppervlak zou ervaren. Om dat effect te bereiken zou de rand van Elysium met een baansnelheid van $5,8 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$ om S moeten draaien.

In de film is te zien dat Elysium om zijn eigen as draait. In 3,2 s draait het station over een hoek van 3,0 graden. Na 360 graden draaien heeft Elysium een volledige omwenteling afgelegd. De straal van Elysium is 32 km.

- 3p 29 Toon met een berekening aan of uit deze waarneming blijkt dat de rand van Elysium met de benodigde $5,8 \cdot 10^2 \text{ m s}^{-1}$ draait.

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.

Examen HAVO

2019

tijdvak 2
dinsdag 18 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 74 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.

Koper-67

Koper-67 (Cu-67) is een geschikte isotoop voor radiotherapie. De halveringstijd van 62 uur is lang genoeg om de stof te laten ophopen in tumorweefsel en dit van binnenuit te bestralen. Het Cu-67 zendt β -straling en γ -straling uit.

- 3p 1 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Cu-67.

Cu-67 kan zowel voor beeldvorming van tumorweefsel als voor behandeling ervan worden gebruikt.

- 2p 2 Leg dit uit.

Cu-67 moet worden geproduceerd. Bij een bepaalde methode worden kernen van zink-70 (Zn-70) beschoten met protonen. Als een proton doordringt in een kern Zn-70 ontstaat een nieuwe kern x. In figuur 1 wordt deze reactie weergegeven met pijl I. Deze nieuwe kern x valt direct daarna uiteen in twee deeltjes. Eén van die deeltjes is Cu-67. Deze reactie wordt weergegeven met pijl II.

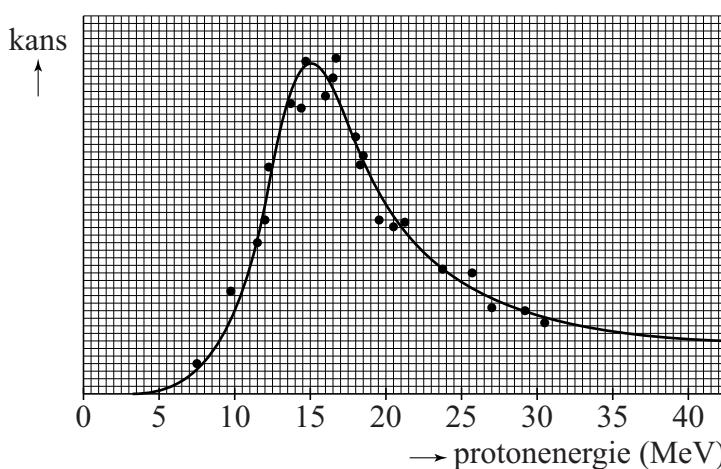
- 2p 3 Leg met behulp van figuur 1 uit welk ander deeltje vrijkomt bij deze tweede reactie.

De kans dat deze reactie lukt is afhankelijk van de kinetische energie van de afgeschoten protonen. Dit is weergegeven in figuur 2.

figuur 1

A	71			I	x	
	70			Zn		
	69					
	68					
	67			II	Cu	
	66					
	28	29	30	31	32	
						Z

figuur 2



- 3p 4 Bepaal met behulp van de figuur de snelheid die de protonen moeten hebben om de kans op succes zo groot mogelijk te maken.

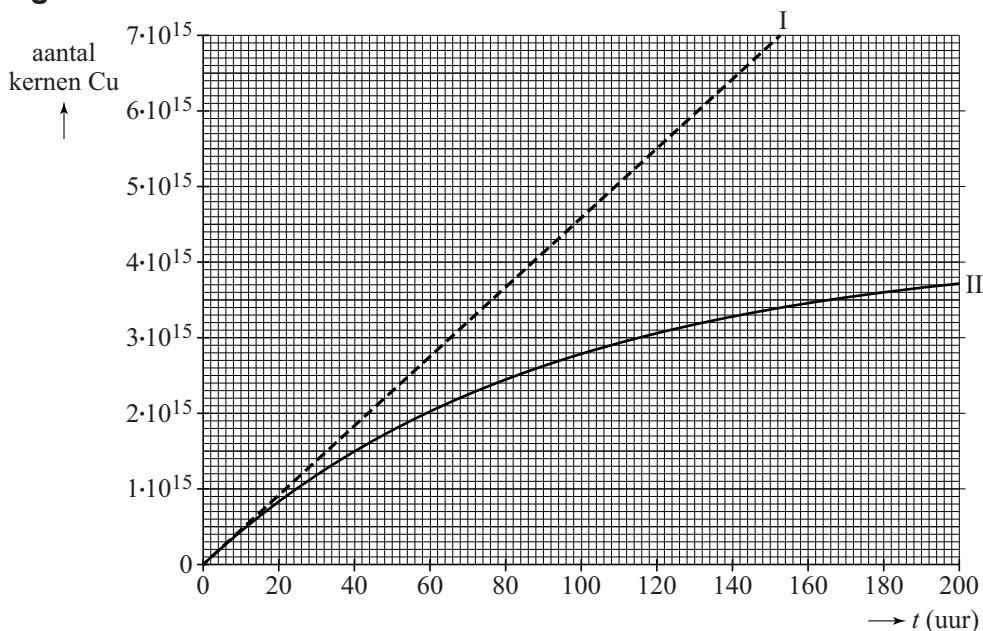
Een tweede methode om Cu-67 te maken is door zink-68 (Zn-68) te beschieten met zeer snelle protonen uit een protonenversneller. Bij deze botsing wordt door het snelle proton een ander proton uit de Zn-68 kern gestoten. Uit de oorspronkelijke Zn-68 kern is dan een proton verdwenen. Deze reactie heeft maar een heel kleine kans van slagen. Er moeten veel protonen worden afgeschoten op het zink om af en toe een koperkern te laten ontstaan.

Voor een bepaalde medische behandeling zijn $3,2 \cdot 10^{15}$ kernen Cu-67 nodig. De protonenversneller levert een protonen-stroomsterkte van $43 \mu\text{A}$. Als het verval van Cu-67 wordt verwaarloosd zou het 70 uur duren om genoeg kernen te produceren voor de behandeling.

- 3p 5 Bereken hoeveel protonen er gemiddeld afgeschoten moeten worden om één Cu-67 deeltje te produceren.

In figuur 3 staat het aantal koperkernen uitgezet tegen de tijd. Lijn I geeft de productie van koperkernen weer, zonder rekening te houden met het verval van de koperkernen. Lijn II geeft het werkelijk aantal aanwezige koperkernen als functie van de tijd.

figuur 3!



Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 6 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef op de uitwerkbijlage aan hoe lang de productie van $3,2 \cdot 10^{15}$ koperkernen voor één behandeling in de praktijk duurt.
 - Bepaal met de figuur op de uitwerkbijlage hoeveel koperkernen vervallen tijdens de productie.

Buisisolatie

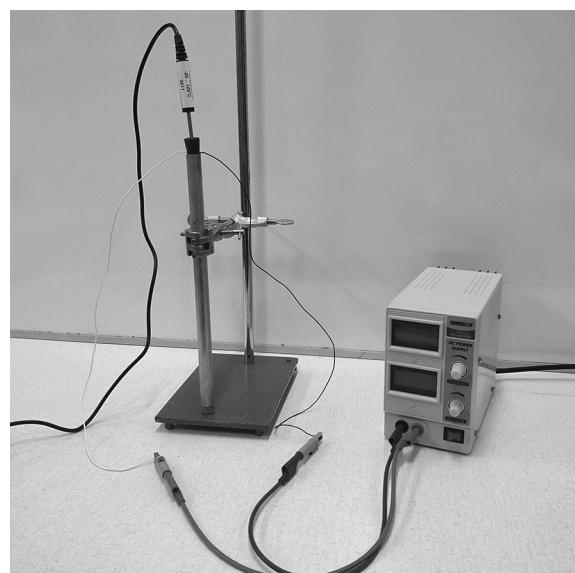
Richard wil de verwarmingsbuizen in zijn huis gaan isoleren. Hij maakt een testopstelling om te meten hoe groot het effect van buisisolatie kan zijn. Hij vult een stuk koperen verwarmingsbuis met water. In het water hangt hij twee weerstanden om het water te verwarmen. Deze zijn aangesloten op een regelbare spanningsbron. Hij sluit de buis af met een kurk met een thermometer. Zie figuur 1.

Richard gebruikt twee parallel geschakelde weerstanden. Iedere weerstand heeft een opschrift: "27 Ω, max. 20 W". !

Voor het door een weerstand opgenomen vermogen geldt:

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

figuur 1



4p 7 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leid deze formule af met behulp van formules uit het tabellenboek.
- Bereken de spanning die nodig is om de weerstanden te laten werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

De buis bevat 26 g water van 18 °C. Het water in de verwarmingsbuizen in huis is 75 °C.

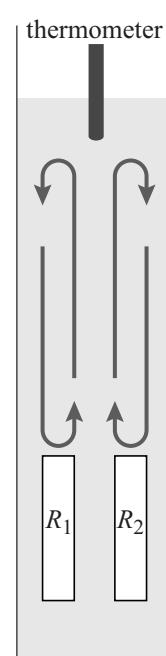
Veronderstel dat er geen energieverlies is.

4p 8 Bereken de tijd die minimaal nodig is om het water in de proefopstelling te verwarmen tot 75 °C wanneer de twee weerstanden werken op het maximale vermogen volgens de opschriften.

De thermometer zit bovenin de buis. Alleen boven de weerstanden is er sprake van warmtetransport door stroming. Richard heeft de weerstanden niet helemaal onderin de buis geplaatst. Zie figuur 2.

1p 9 Geef een natuurkundige reden waarom de thermometer al eerder een temperatuur van 75°C aangeeft.

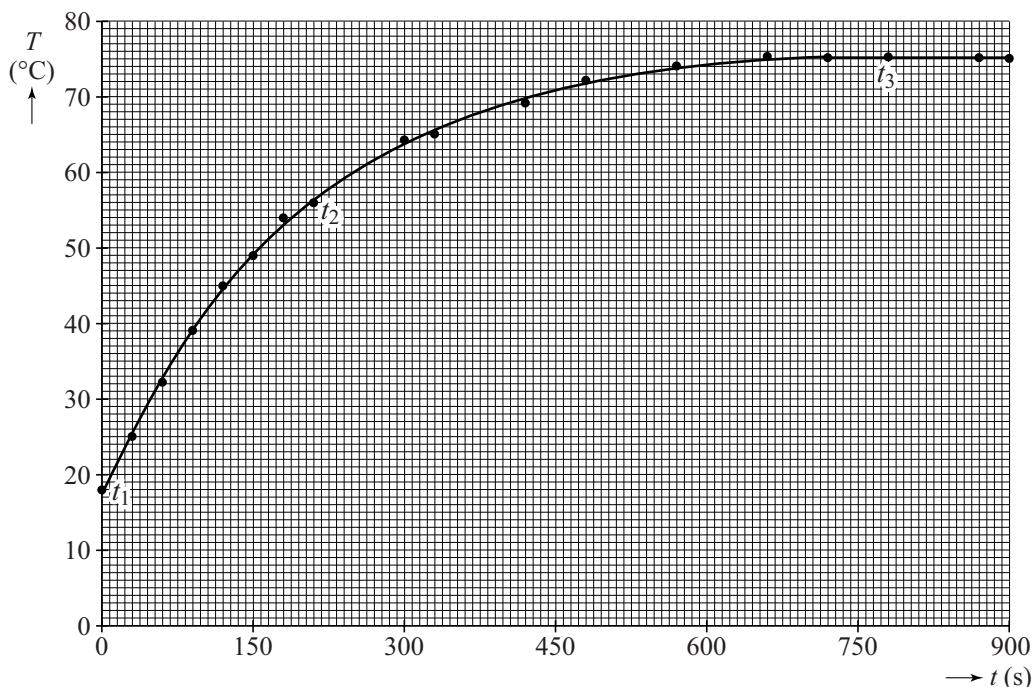
figuur 2



In werkelijkheid is er wel energieverlies.

Richard stelt de spanning zo in dat de eindtemperatuur van 75 °C precies wordt behaald en zet zijn metingen vervolgens uit in een diagram. Zie figuur 3.

figuur 3



In de grafiek zijn drie tijdstippen t_1 , t_2 en t_3 aangegeven. Aan de buis wordt een constant elektrisch vermogen $P_{\text{elektrisch}}$ toegevoerd. Op de uitwerkbijlage staat een tabel. Het energieverlies per seconde aan de omgeving wordt P_{verlies} genoemd.

- 2p 10 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor ieder tijdstip t_1 , t_2 en t_3 met een kruisje aan of $P_{\text{elektrisch}}$ groter is dan, even groot is als of kleiner is dan P_{verlies} .

Richard constateert dat de verwarmingsbuizen in zijn huis niet van koper maar van ijzer zijn. Hij vraagt zich af of dit verschil maakt voor het warmteverlies bij gelijk temperatuurverschil.

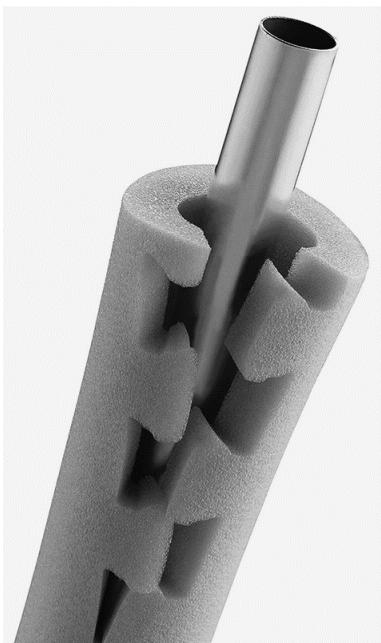
Voor de warmtestroom door de wand van een buis geldt:

$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$$

- 2p 11 Leg met behulp van de formule uit of de warmtestroom bij een koperen buis groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de warmtestroom bij een identiek gevormde ijzeren buis.

Richard isoleert de dunne wand van de buis met een isolatielaag. Zie figuur 4. In figuur 5 staat een overzicht van de technische gegevens van de isolatielaag.

figuur 4



figuur 5

Technische gegevens	
Materiaal	PE schuim
Isolatiedikte	13 mm
Warmtegeleidingscoëfficiënt	$0,038 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$

Zonder isolatie is het energieverlies per seconde (P_{verlies}) gelijk aan 27 W. De isolatie zorgt voor een kleiner energieverlies per seconde. Het temperatuurverschil over de isolatie is 57 °C. Het temperatuurverschil over de buis is verwaarloosbaar. Richard bepaalt dat de oppervlakte van de isolatie $4,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ is.

- 3p 12 Bereken de factor waarmee P_{verlies} verkleind wordt door het gebruik van de buisisolatie.

Hyperloop

Een hyperloop is een toekomstontwerp voor snel transport over lange afstanden. Hierbij reizen passagiers in een zogenaamde 'pod' met hoge snelheid door een buis. Zie figuur 1.

figuur 1

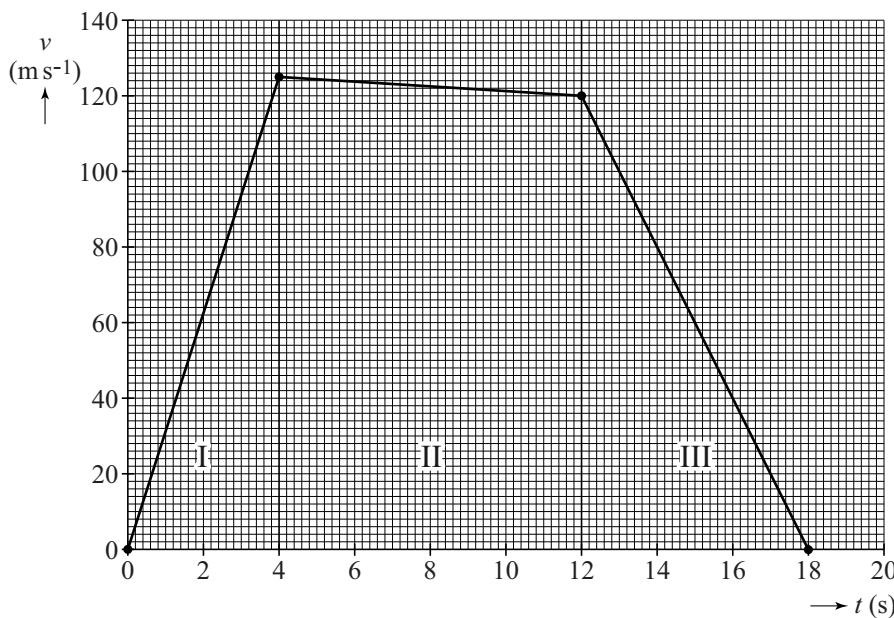


Om de ontwikkeling van de hyperloop te stimuleren is er een ontwerpwedstrijd uitgeschreven voor bedrijven en universiteiten.

Voor deze wedstrijd zijn veel deelontwerpen bedacht en getest om diverse deelproblemen van de hyperloop op te lossen.

Een deel van de testen is eerst gemodelleerd. Zo is van een pod die getest moet worden met een vereenvoudigd model een (v,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2



In deel I wordt de pod met een motor versneld, in deel II is de motor uitgeschakeld en in deel III wordt de pod door de motor afgeremd.

- 2p 13 Leg met behulp van figuur 2 uit of in het model rekening is gehouden met wrijving.

Om pod-ontwerpen te testen is een testtraject gebouwd. Dat testtraject is 1,7 km lang.

- 3p 14 Toon met behulp van figuur 2 aan of het traject lang genoeg is voor de test met de pod uit het model.

Voor de luchtweerstandskracht geldt:

$$F_w = k \cdot \rho \cdot v^2$$

Hierin is:

- k een constante;
- ρ de dichtheid van de lucht;
- v de snelheid van de pod.

En voor het gebruikte motorvermogen:

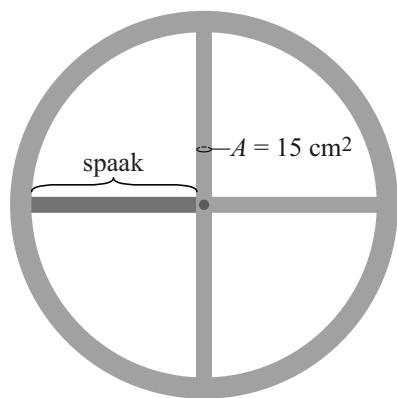
$$P_{\text{motor}} = F_w \cdot v$$

De pod moet aangedreven gaan worden door een motor met hetzelfde motorvermogen als een gewone treinmotor. Een trein haalt daarmee een snelheid van $1,2 \cdot 10^2 \text{ km h}^{-1}$. De pod moet een snelheid halen van $1,2 \cdot 10^3 \text{ km h}^{-1}$. Dit kan door de dichtheid van de lucht in de buis aan te passen. Constante k wordt gelijk beschouwd voor trein en pod.

- 2p 15 Op de uitwerkbijlage staan twee tabellen. Omcirkel in iedere tabel het juiste antwoord.

Sommige ontwerpers gaan uit van een pod op wielen. Bij hoge snelheid breken wielen als de middelpuntzoekende kracht in het wiel te groot wordt. De ontwerpers gebruiken een model van een wiel om in een simulatie te testen of hun wielontwerp sterk genoeg is. In het model wordt het wiel voorgesteld als een ring van 10 kg met 4 spaken. Iedere spaak is van aluminium en heeft een doorsnede met een oppervlakte van 15 cm^2 . Zie figuur 3.

figuur 3

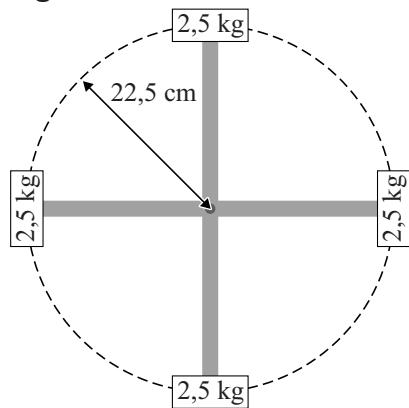


In de simulatie is aan iedere spaak een kwart van de totale massa van de ring bevestigd. Zie schematisch in figuur 4. Deze massa's krijgen een baansnelheid van $1,2 \cdot 10^3 \text{ kmh}^{-1}$ en beschrijven een cirkelbaan met een straal van 22,5 cm. De zwaartekracht wordt verwaarloosd.

- 4p 16 Voer de volgende opdrachten uit:

- Toon aan dat bij $1,2 \cdot 10^3 \text{ kmh}^{-1}$ de middelpuntzoekende kracht op één massa gelijk is aan $1,2 \cdot 10^6 \text{ N}$.
- Toon aan of de spaak sterk genoeg is.

figuur 4



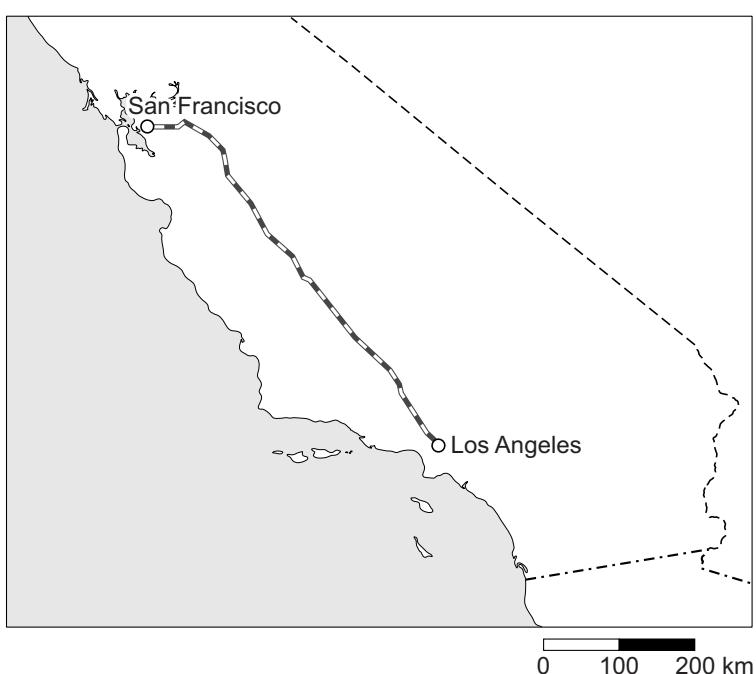
Andere ontwerpers hebben niet voor wielen gekozen, maar voor magneten die de pod boven de rails laten zweven en kleine schokken opvangen. Dit systeem met magneten werkt als een soort veer met veerconstante C .

Een beladen pod ($m = 1,30 \cdot 10^3$ kg) zweeft 4,0 cm boven de rail. Een lege pod ($m = 8,0 \cdot 10^2$ kg) zweeft 7,0 cm boven de rail.

- 3p 17 Bereken de veerconstante van dit systeem.

Uiteindelijk kan de hyperloop worden ingezet om grote steden met elkaar te verbinden. In figuur 5 is op een kaart een voorgesteld traject van San Francisco naar Los Angeles weergegeven.

figuur 5



De hyperloop moet met een gemiddelde snelheid van $1,2 \cdot 10^3$ km h⁻¹ gaan reizen. Nu duurt een treinreis tussen deze steden nog 6,0 uur. Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage.

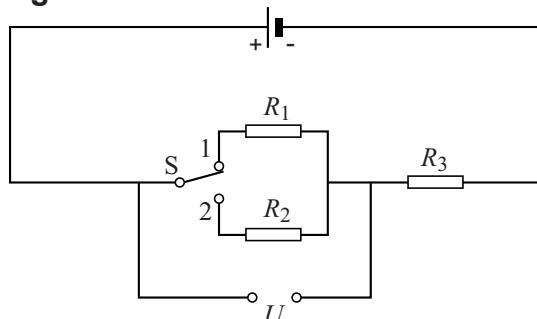
- 3p 18 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de verwachte tijdwinst.

Mountainbikers gebruiken speciale lampen voor nachritten. Zie figuur 1. Zo'n lamp werkt op een accu die een constante spanning levert van 8,4 V. In de fietslamp zit een led. De fietslamp heeft twee standen voor de lichtsterkte.

Daan onderzoekt hoe de lamp op verschillende sterktes kan branden, terwijl de spanning van de accu constant is.

Daan gebruikt eerst een schakeling zoals weergegeven in figuur 2.

figuur 2



Met schakelaar S kan Daan kiezen of weerstand R_1 of weerstand R_2 in serie wordt geschakeld met weerstand R_3 . Door dit omschakelen verandert de spanning U .

De led wordt aangesloten op de spanning U .

In stand 1 brandt de led feller dan in stand 2.

- 3p 19 Leg uit of weerstand R_1 groter of kleiner is dan weerstand R_2 .

Een nadeel van deze schakeling is dat er veel energie verloren gaat in de weerstanden. Daan wil weten hoeveel energie er verloren gaat in de weerstanden. Het elektrisch vermogen van de aangesloten led in één van de standen is 0,52 W. De spanningsbron van 8,4 V levert dan een stroomsterkte van 375 mA.

- 3p 20 Bereken het elektrische rendement van deze schakeling in deze stand.

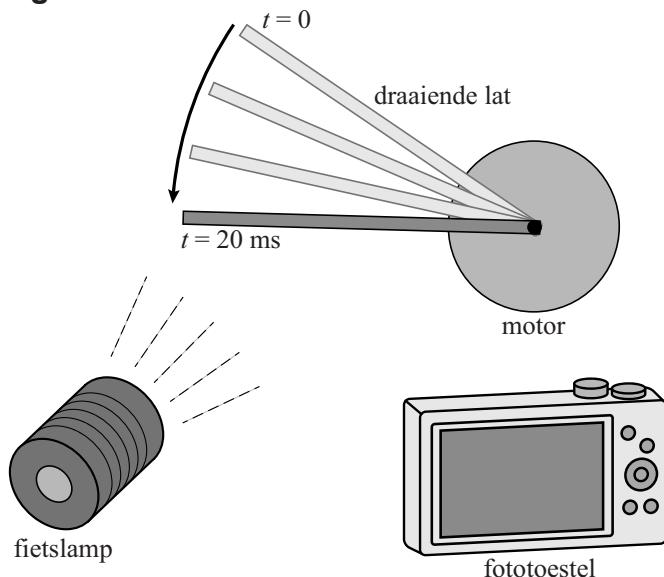
figuur 1



Op internet leest Daan over PWM (Pulse Width Modulation), een andere methode om leds te kunnen dimmen. Hierbij wordt de led met een hoge frequentie aan- en uitgeschakeld. In de gedimde stand brandt de led dan afwisselend op volle sterkte en helemaal niet. Het oog ervaart dat als een zwakker brandende led.

Daan onderzoekt nu of zijn fietslamp gebruikmaakt van PWM. Hij maakt een proefopstelling met een lat aan een motor. Hij laat de lat in het donker ronddraaien. Vervolgens belicht hij de draaiende lat met de fietslamp en maakt daarvan een foto. Zie de schematische opstelling in figuur 3.

figuur 3



Daan maakt twee foto's, één in iedere stand van de fietslamp. Figuur 4 is de foto waarop de led fel brandt (stand 1), figuur 5 is de foto waarop de led gedimd brandt (stand 2).

figuur 4



figuur 5

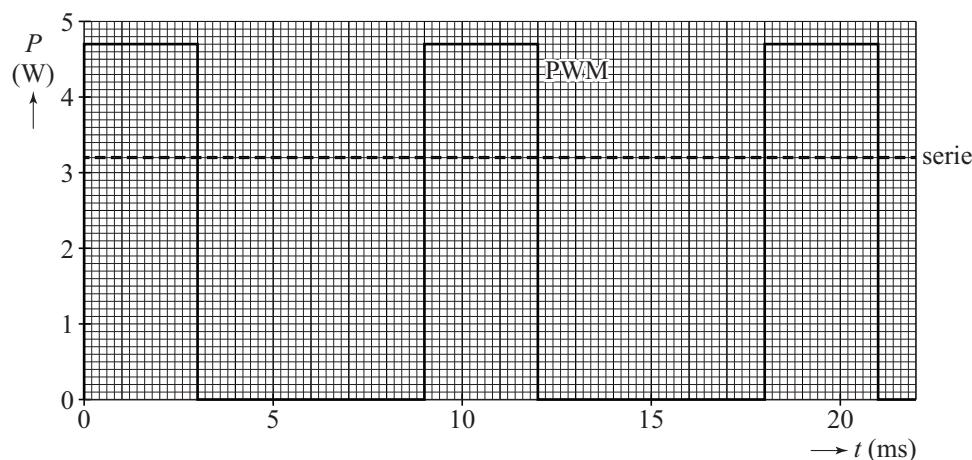


Voor beide foto's is de beeldchip 20 ms belicht. De lat staat 'uitgesmeerd' op de foto's doordat de lat verder draait in de tijd dat de foto gemaakt wordt.

- Uit figuur 5 blijkt dat de led knippert in de gedimde stand 2. Figuur 5 staat vergroot op de uitwerkbijlage.
- 3p 21 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de frequentie waarmee de led knippert.

In figuur 6 staat een (P, t) -diagram van de accu van de fietslamp voor zowel een PWM-schakeling als een schakeling zoals in figuur 2. De led lijkt in beide gevallen even fel te branden.

figuur 6



Daan denkt dat voor de PWM-schakeling minder energie nodig is dan voor de andere schakeling met twee weerstanden in serie. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

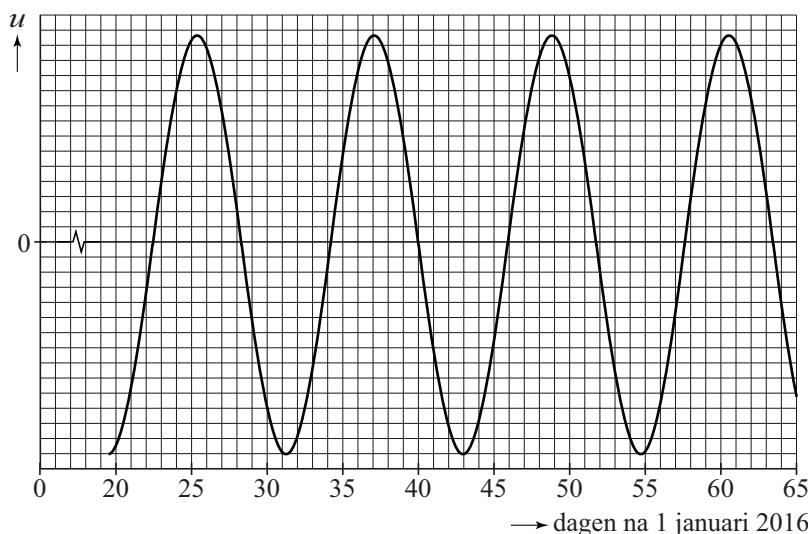
- 2p 22 Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage uit of dit waar is.

Proxima b

Een exoplaneet is een planeet die draait om een andere ster dan de zon. Een nieuw ontdekte exoplaneet draait om de ster Proxima Centauri. De nieuw ontdekte exoplaneet is Proxima b genoemd.

Proxima b is door onderzoekers ontdekt aan de hand van de beweging van de ster Proxima Centauri. Vanaf de aarde gezien lijkt deze ster heen en weer te bewegen. Figuur 1 geeft deze ‘schommeling’ in de tijd weer.

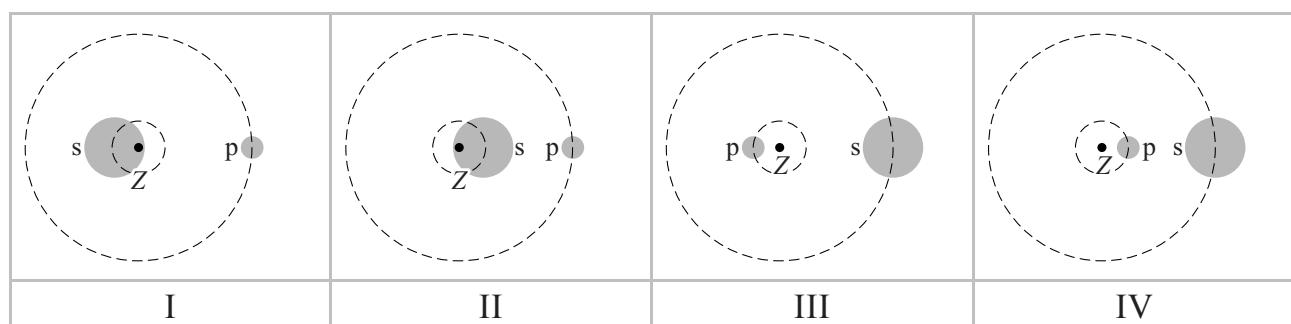
figuur 1



- 2p 23 Bepaal de periode van deze schommeling.

Proxima Centauri en de planeet draaien allebei om hun gezamenlijke zwaartepunt Z waardoor de schommelbeweging ontstaat. In figuur 2 staan vier schematische afbeeldingen waarin mogelijke banen en posities van de ster s en de planeet p ten opzichte van elkaar zijn weergegeven.

figuur 2



- 1p 24 In welke afbeelding zijn de banen en posities goed ten opzichte van elkaar en ten opzichte van zwaartepunt Z ! weergegeven?

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

Over Proxima Centauri en Proxima b zijn een aantal gegevens bekend. Zie de tabel in figuur 3.

figuur 3

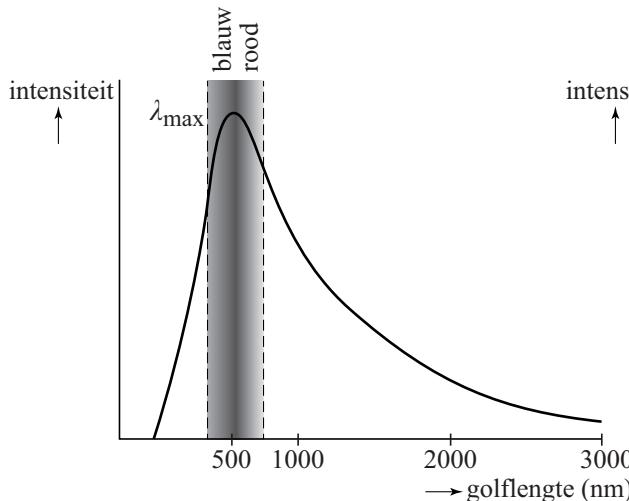
	ster Proxima Centauri	planeet Proxima b
massa	$M_{\text{Centauri}} = 0,123 \cdot M_{\text{zon}}!$	$M_b = 1,3 \cdot M_{\text{aarde}}!$
straal van het hemellichaam	$r_{\text{Centauri}} = 0,141 \cdot r_{\text{zon}}!$	$r_b = 1,2 \cdot r_{\text{aarde}}!$
temperatuur aan het oppervlak	$3042 \text{ K} \pm 117 \text{ K}!$	
afstand tot de aarde	4,22 lichtjaar	
afstand tot de ster		$7,0 \cdot 10^6 \text{ km}!$

De kans op leven op een exoplanteet is groter als de valversnelling aan het oppervlak vergelijkbaar is met de valversnelling op aarde (g_{aarde}).

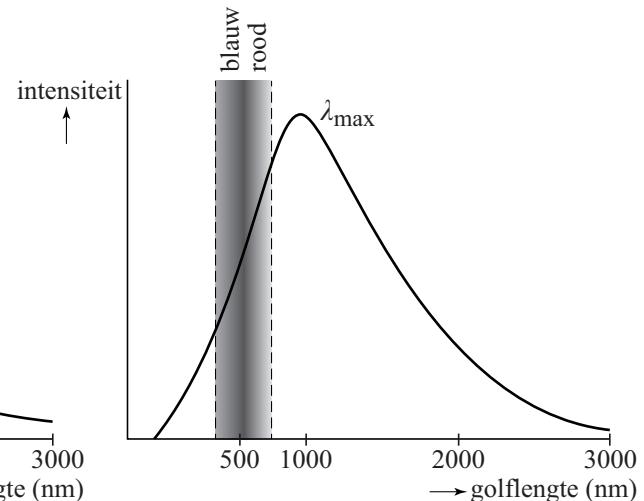
- 4p 25 Bereken de valversnelling op Proxima b uitgedrukt in g_{aarde} .

De kleur van een ster hangt af van zijn temperatuur. Een ster zendt straling met veel golflengtes uit. In figuren 4 en 5 zijn twee diagrammen weergegeven; één voor de zon en één voor Proxima Centauri. In ieder diagram is de intensiteit van de uitgezonden straling uitgezet tegen de golflengte van die straling. De verticale schaalverdeling is niet gelijk in beide figuren.

figuur 4



figuur 5



- 4p 26 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg uit welke figuur bij Proxima Centauri hoort. Vergelijk hiertoe de temperaturen aan het oppervlak van de zon en Proxima Centauri.
- Leg uit of Proxima Centauri roder of blauwer is dan de zon.

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

Proxima Centauri is na de zon de ster die het dichtst bij de aarde staat. Er bestaat een plan om een onbemand ruimteschip met grote snelheid naar deze ster te sturen: project Breakthrough Starshot.

In het plan legt het ruimteschip de reis af met een gemiddelde snelheid van 15% van de lichtsnelheid.

- 3p 27 Bereken de tijd in jaren dat de reis naar Proxima Centauri dan zou duren.

Examen HAVO

2021

tijdvak 1
donderdag 20 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift zijn twee aanvullingen op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 30 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

Lassen

Voor deze opgave moet je gebruikmaken van de tabel met stofeigenschappen van ijzer in figuur 1.

figuur 1

stofeigenschap	waarde
dichtheid	$7,87 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
elasticiteitsmodulus	$2,20 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
smeltpunt	$1,811 \cdot 10^3 \text{ K}$
soortelijke warmte	$0,46 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
soortelijke weerstand	$1,05 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m}$
treksterkte	$3,5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$
warmtegeleidingscoëfficiënt	$80,3 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Lassen is een techniek om metalen delen aan elkaar te bevestigen. Dit kan door die delen met een brander zo te verhitten dat op de plek van de verhitting het materiaal van beide delen smelt en vervolgens na afkoeling tot één geheel samen vast wordt. Zie figuur 2. Deze plek wordt een ‘las’ genoemd.

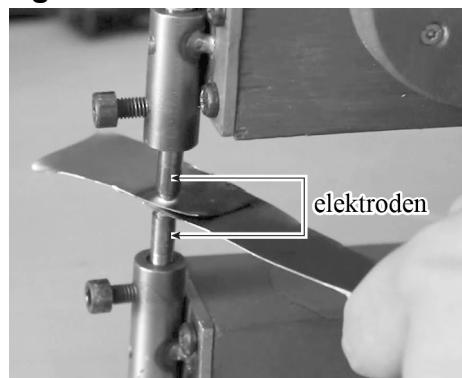
figuur 2



- 1p 1 Hoe heet de tweede faseovergang in het beschreven lasproces?
- A bevriezen
 - B condenseren
 - C stollen
 - D sublimeren

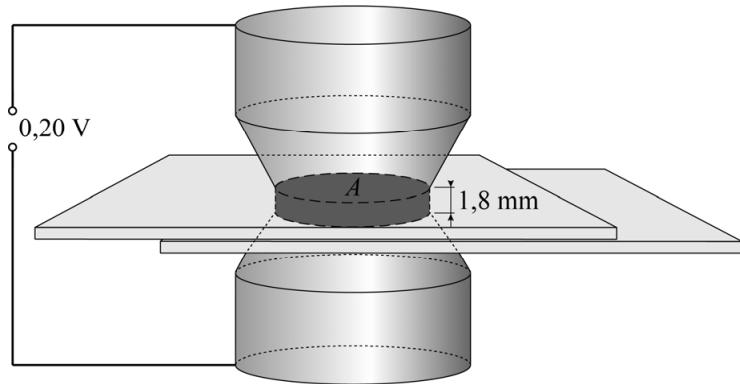
Het smeltpunt kan ook bereikt worden door een elektrische stroom door de metalen delen te laten lopen. Hiervoor wordt een puntlasapparaat gebruikt. Een puntlasapparaat levert een hoge stroomsterkte bij een lage spanning over twee elektroden. Twee plaatjes ijzer worden met een puntlasapparaat aan elkaar gelast. Zie figuur 3. De plaatjes worden op elkaar gelegd en krachtig op elkaar gedrukt door de twee elektroden.

figuur 3

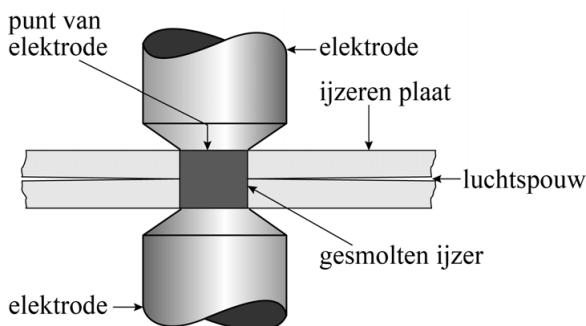


Als de elektroden tegen de plaatjes worden gedrukt gaat er een stroom I door het ijzer tussen de elektroden lopen. Het ijzer tussen de elektroden is bij benadering cilindervormig. Zie figuur 4a. De ijzeren plaatjes tussen de elektroden zijn samen 1,8 mm dik en raken elkaar alleen tussen de elektroden. De oppervlakte A waarmee de ijzeren plaatjes elkaar raken, is $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$; deze is even groot als de oppervlakte van de punt van een elektrode. Zie figuur 4a en 4b.

figuur 4a



figuur 4b



Over de plaatjes staat een spanning van 0,20 V. De stroomsterkte door het ijzer is op dat moment gelijk aan 68 kA.

- 3p 2 Toon dat aan met een berekening.

De massa van het cilindervormige deel ijzer tussen de elektroden is $9,1 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$. Het ijzer heeft een begintemperatuur van 20°C . Van de warmte die ontstaat tussen de elektroden wordt 15% gebruikt om het ijzer tussen de elektroden tot het smeltpunt te verhitten. De weerstand van het ijzer tussen de elektroden wordt als constant beschouwd.

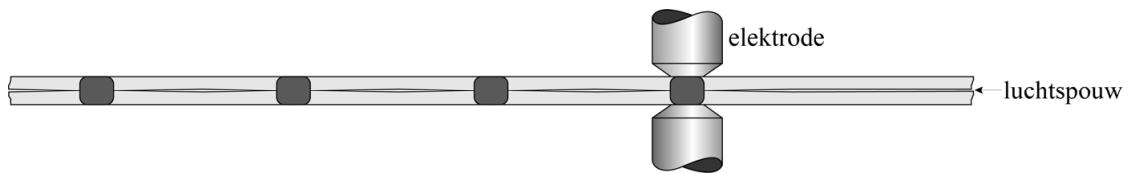
- 5p 3 Bereken na hoeveel tijd het ijzer begint te smelten.

Vaak worden meerdere lassen naast elkaar gemaakt. Zie figuur 5 en schematisch in figuur 6. De elektrische spanning over de elektroden is voor iedere las even groot.

figuur 5



figuur 6



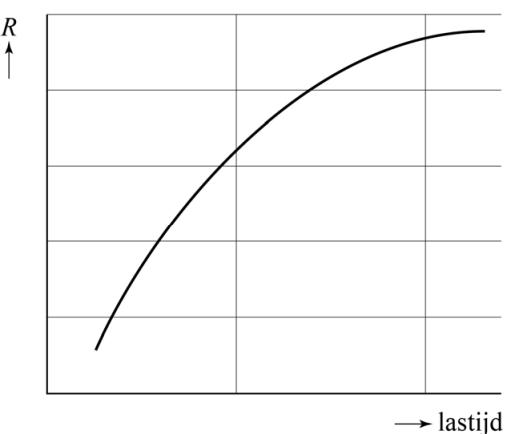
De platen raken elkaar alleen op de lassen. Zie figuur 6.

- 2p 4 Leg uit of de stroomsterkte door de elektroden tijdens het maken van meerdere lassen naast elkaar groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft.

In werkelijkheid blijft de weerstand van het ijzer tussen de elektroden niet constant gedurende het vormen van een las (de 'lastijd'). Zie figuur 7.

- 2p 5 Leg met behulp van figuur 7 uit of ijzer een PTC-materiaal of een NTC-materiaal is.

figuur 7



De koperen elektroden worden heet tijdens het lassen. Ze moeten daarom gekoeld worden door er met slangen water doorheen te pompen. Zie figuur 8.

figuur 8



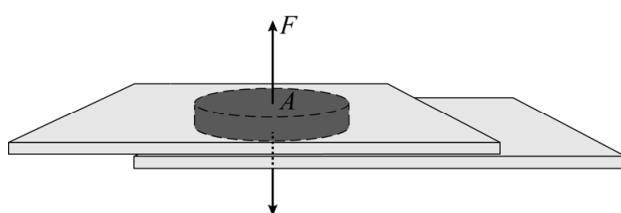
Op de uitwerkbijlage staan drie stellingen over het heet worden van de elektroden.

- 2p **6** Geef op de uitwerkbijlage per stelling met een kruisje aan of deze waar of niet waar is.

Als de las is afgekoeld zijn de ijzeren plaatjes op die plek tot één geheel met elkaar verbonden. De oppervlakte A van de las is $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$.

Op de las kan een trekkracht F uitgeoefend worden. Zie figuur 9.

figuur 9

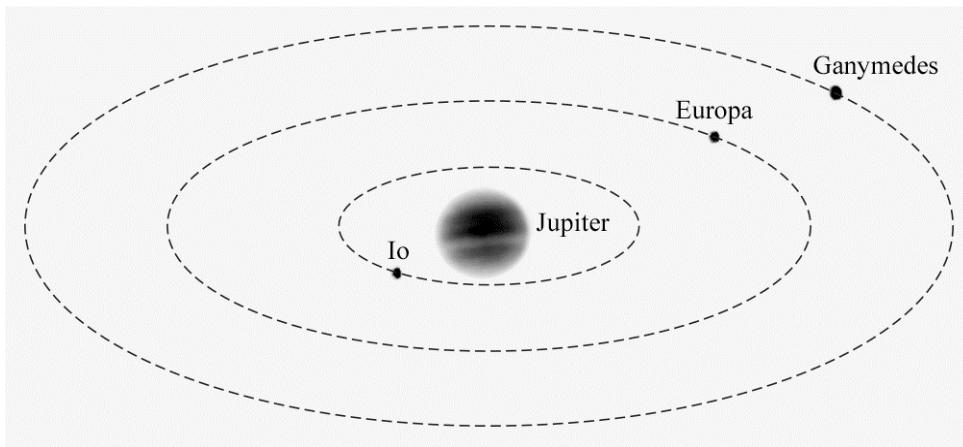


- 2p **7** Bereken de maximale trekkracht F op de las zonder dat de las breekt.

De maan Europa

De planeet Jupiter heeft meerdere manen. Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal. Een van deze manen heet Europa. Gegevens over de maan Europa zijn te vinden in Binas-tabel 31 of Sciencedata-tabel 3.3a.

figuur 1



De straal van de baan van Europa is $670,9 \cdot 10^6$ m.

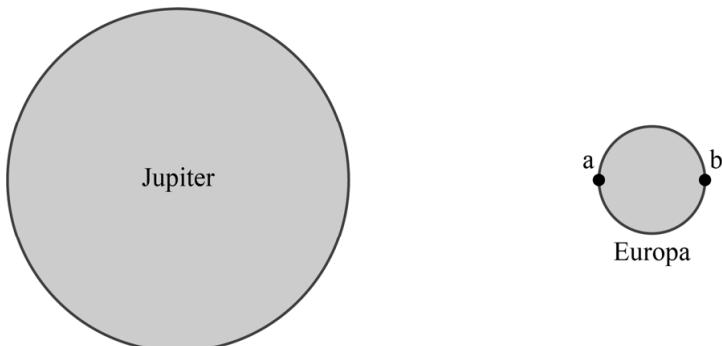
- 3p 8 Bereken de baansnelheid van Europa rond Jupiter.

De oppervlaktetemperatuur van Europa is 173 K. Dit is bepaald door λ_{\max} te meten van het infraroodspectrum dat deze maan uitzendt.

- 3p 9 Bereken de frequentie die hoort bij deze λ_{\max} .

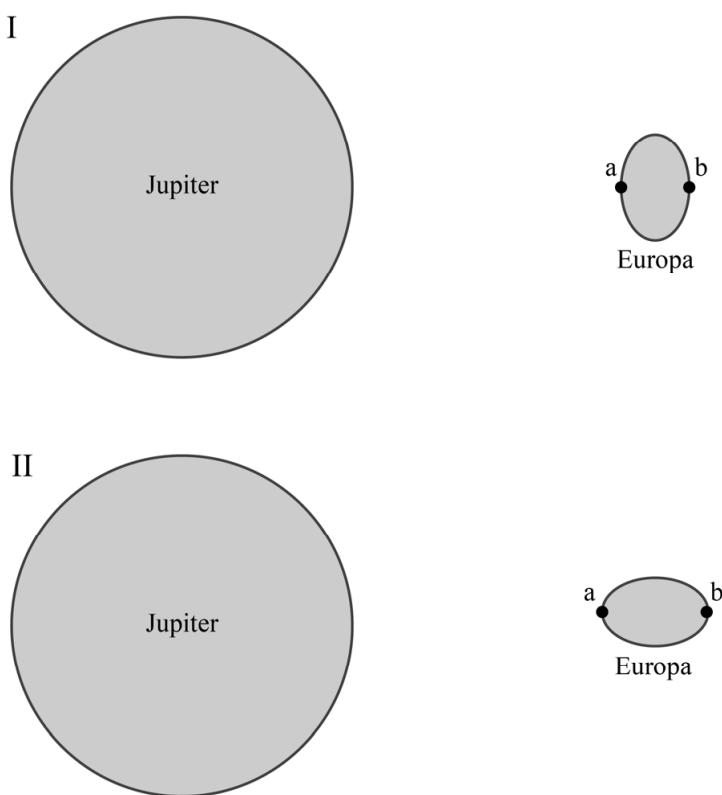
Sommige wetenschappers denken dat de temperatuur onder het oppervlak van Europa veel hoger is dan 173 K. Hun verklaring hiervoor is de voortdurende verandering van de gravitatiekracht op de maan Europa. In figuur 2 zijn Jupiter en Europa getekend. Deze figuur is niet op schaal. Op de maan Europa zijn twee punten gemarkeerd met 'a' en 'b'.

figuur 2



De gravitatiekracht die Jupiter op Europa uitoefent is in punt a niet even groot als in punt b. Hierdoor wordt Europa een beetje vervormd. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.

figuur 3

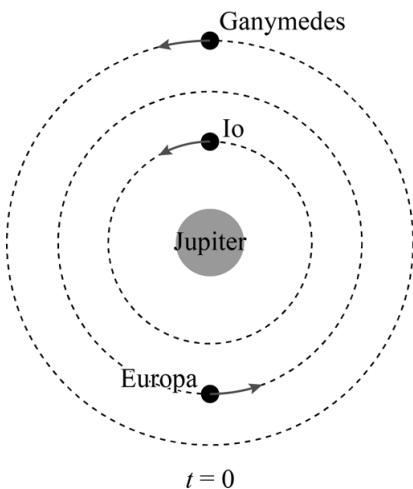


- 2p 10 Beredeneer met behulp van de formule voor de gravitatiekracht welke figuur (I of II) de vervorming van Europa het best weergeeft.

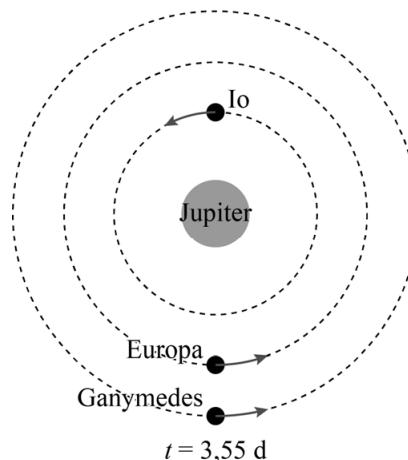
Behalve Jupiter oefenen ook de manen Ganymedes en Io een (kleine) gravitatiekracht uit op Europa. Omdat deze drie manen ten opzichte van elkaar in beweging zijn, veranderen deze gravitatiekrachten steeds. De wetenschappers denken dat de maan Europa zo 'gekneed' wordt. Hierbij zou dan warmte ontstaan waardoor de temperatuur in het inwendige van Europa kan stijgen.

In figuur 4 is de stand van de drie manen op een bepaald moment $t = 0$ weergegeven. Neem aan dat Jupiter stilstaat en dat de drie manen in een cirkelbaan in de aangegeven richting bewegen. Op $t = 3,55$ d heeft de maan Io 2,0 omwentelingen om Jupiter gemaakt en is de stand zoals in figuur 5. Figuur 4 en 5 zijn niet op schaal.

figuur 4



figuur 5



Vergelijk de resulterende kracht op (het zwaartepunt van) Europa in figuur 5 met die in figuur 4.

1p **11** Welke uitspraak is waar?

- A De resulterende kracht op Europa in figuur 5 is kleiner dan die in figuur 4.
- B De resulterende kracht op Europa in figuur 5 is even groot als die in figuur 4.
- C De resulterende kracht op Europa in figuur 5 is groter dan die in figuur 4.

De omlooptijden van de manen van Jupiter hebben een vaste verhouding tot elkaar. Er geldt:

$$T_{\text{Io}} : T_{\text{Europa}} : T_{\text{Ganymedes}} = 1 : 2 : 4$$

Figuur 4 en figuur 5 staan ook op de uitwerkbijlage.

4p **12** Teken in de derde figuur op de uitwerkbijlage de stand van de manen op $t = 5,32$ d. Leg je antwoord uit met behulp van een berekening.

Kitmarker

Een kitmarker is een permanente lichtbron die aan een sleutelbos gehangen kan worden. Zie figuur 1. Zo zijn sleutels in het donker terug te vinden. Een kitmarker heeft geen batterij. Het is een glazen buisje met daarin gasvormig H-3 (tritium). Tritium is een β -straler.

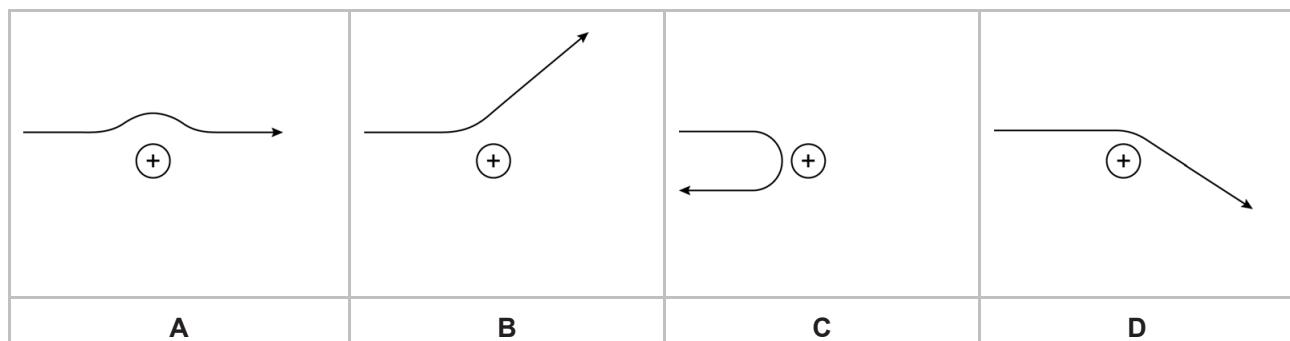
- 3p 13 Geef de vergelijking van de vervalreactie van tritium.

De binnenkant van de glazen buis is voorzien van een speciale verflaag. De vrijgekomen straling uit het tritiumverval zorgt ervoor dat de verflaag groenblauw licht gaat uitzenden. De fotonen van dit zichtbare licht hebben een energie van 2,5 eV.

- 3p 14 Bereken de frequentie van deze fotonen.

De uitgezonden β -deeltjes passeren de positieve kernen van het tritium. Hierbij verandert de richting van de baan van het β -deeltje.

- 1p 15 In welke figuur is een mogelijke verandering van de richting van de baan juist weergegeven?



Bij de verandering van de baan van een β -deeltje komt energie vrij. Deze energie komt vrij als een foton met een energie van $1,0 \cdot 10^{-2}$ MeV. Dit foton wordt ook door de kitmarker uitgezonden.

- 1p 16 Welke soort elektromagnetische straling is dit?
A ultraviolette straling
B röntgenstraling
C zachte gammastraling
D harde gammastraling

figuur 1

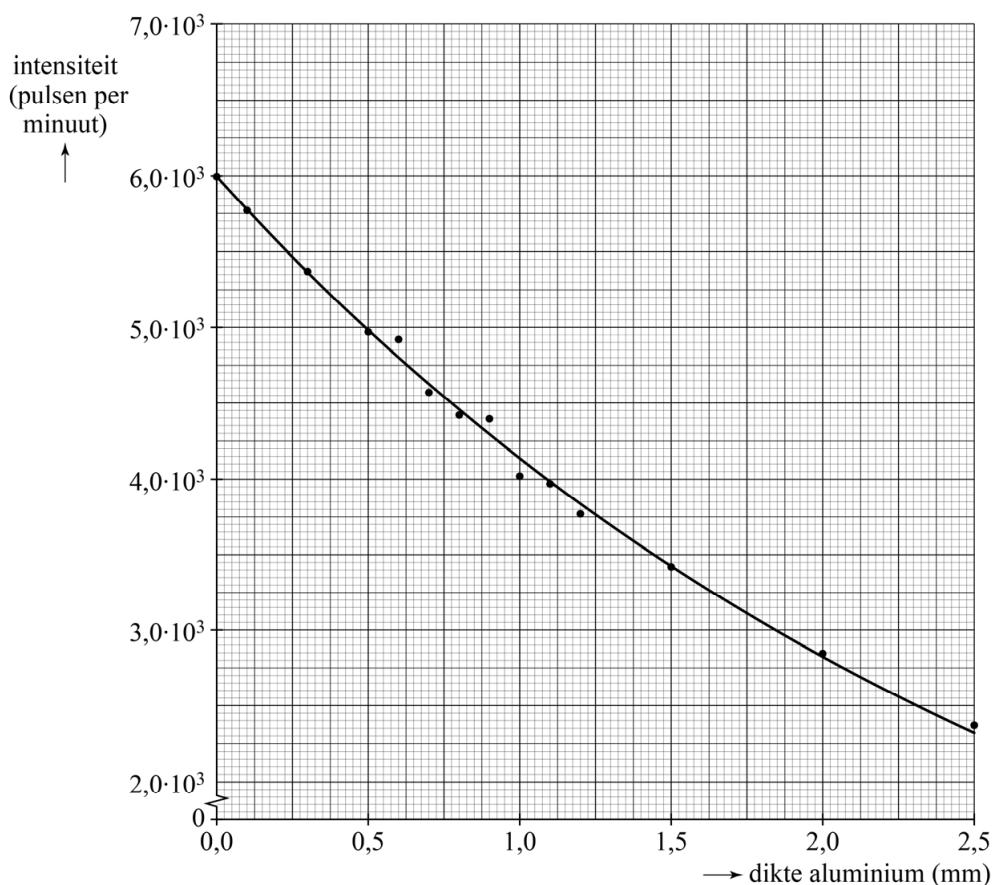


Sleutels worden vaak meegenomen in een broekzak. De kitmarker wordt dan langdurig tegen het lichaam gedragen. Een onderzoeker wil het risico hiervan onderzoeken. Hij wil veilig de halveringsdikte voor deze fotonen in menselijk lichaamsweefsel bepalen. In plaats van menselijk weefsel gebruikt hij aluminium en hanteert hij daarbij de volgende vuistregel:

De halveringsdikte van menselijk lichaamsweefsel voor dit soort straling is 10 keer zo groot als de halveringsdikte van aluminium.

Achter aluminium plaatjes van diverse diktes meet de onderzoeker de intensiteit van de straling afkomstig van de kitmarker. Hij meet met een GM-teller het aantal pulsen per minuut. Zijn metingen zijn uitgezet in een diagram. Zie figuur 2.

figuur 2



Ten slotte heeft hij de achtergrondstraling bepaald. Deze is $1,00 \cdot 10^3$ pulsen per minuut. Figuur 2 is ook op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 4p 17 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de halveringsdikte voor de straling van de kitmarker in menselijk lichaamsweefsel.

De onderzoeker neemt aan dat iemand de kitmarker 8,0 uur per dag in zijn zak heeft. De bestraalde lichaamsmassa is $1,5 \cdot 10^2$ gram. Deze massa absorbeert per seconde de energie van $1,25 \cdot 10^3$ fotonen.

De weegfactor voor deze straling is 1. Ieder foton heeft een energie van $1,6 \cdot 10^{-15}$ J. De equivalente dosislimiet voor dit deel van het lichaam is 50 mSv per jaar.

- 4p 18 Toon met een berekening aan of de opgelopen straling beneden de jaarlijkse equivalente dosislimiet blijft.

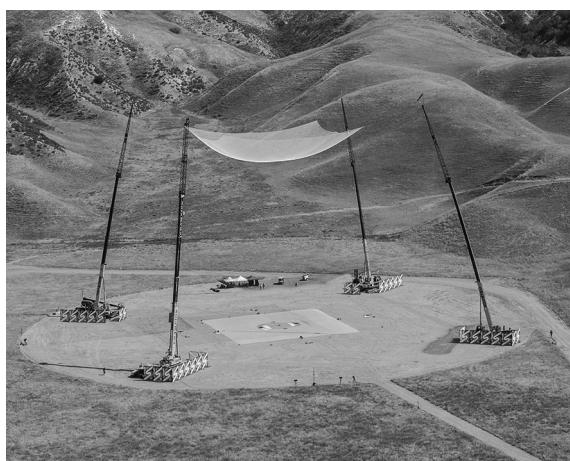
Sprong van Luke Aikins

In 2016 sprong skydiver Luke Aikins zonder parachute vanaf een hoogte van bijna 8 km recht naar beneden. Boven de grond was een groot net opgespannen om hem veilig op te vangen. Zie figuur 1 en 2.

figuur 1



figuur 2



Aikins ondervond een luchtweerstandskracht. Hiervoor geldt:

$$F_w = kAv^2$$

Hierin is:

- k een constante;
- A de frontale oppervlakte van Aikins;
- v de snelheid ten opzichte van de lucht.

- 2p 19 Leid de eenheid van k af in (grond)eenheden van het SI zoals vermeld in Binas-tabel 3a of Sciencedata-tabel 1.3a.

Dankzij de luchtweerstandskracht bereikte hij na verloop van tijd een constante snelheid van 54 m s^{-1} . Zijn massa is 75 kg en zijn frontale oppervlakte is $0,80 \text{ m}^2$.

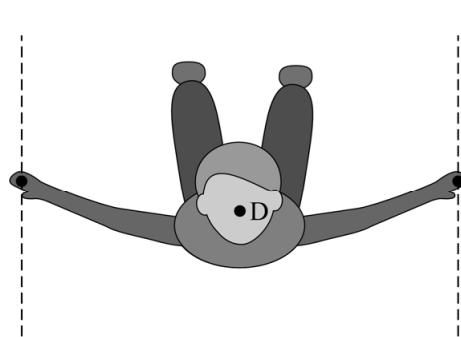
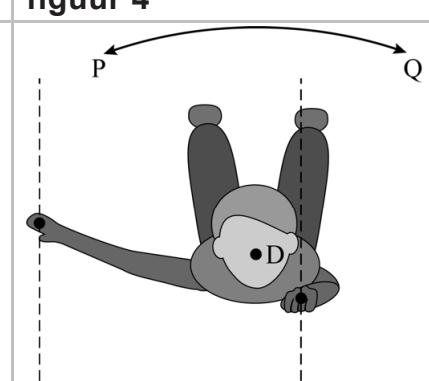
- 2p 20 Bereken de waarde van k .

Tijdens de laatste 1,0 kilometer op weg naar het net was Aikins' valsnelheid 54 m s^{-1} . Ook was er zijwind die hem een constante horizontale snelheid zou geven van $4,9 \text{ km h}^{-1}$. Aikins moest tijdens zijn val daarom bijsturen op weg naar het net.

4p 21 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de valtijd waarin Aikins de 1,0 kilometer naar het net aflegde.
- Bereken hoe ver Aikins zou afwijken van de koers als hij niet zou bijsturen.

Een landing op de buik is gevaarlijk. Aikins moet daarom vlak voor de landing draaien. Dat deed hij door een van zijn handen dichter bij zijn lichaam te houden. In figuren 3 en 4 is dat weergegeven. Aikins wordt hierbij als stilstaand beschouwd, terwijl de bewegende lucht weerstandskracht op zijn beide handen uitoefent. Andere krachten worden niet meegenomen.

figuur 3	figuur 4
	

Op beide handen werken even grote luchtweerstandskrachten. De werklijnen en aangrijpingspunten van deze krachten zijn weergegeven in de figuur. Aikins is hierbij in evenwicht.

Aikins buigt één hand dichter naar zich toe. De grootte van de luchtweerstandskrachten op zijn handen blijft constant. Hierdoor ontstaat een verschil in moment links en rechts. Als gevolg van het buigen begint Aikins te draaien rondom draaipunt D, in de richting van de kracht met het grootste moment.

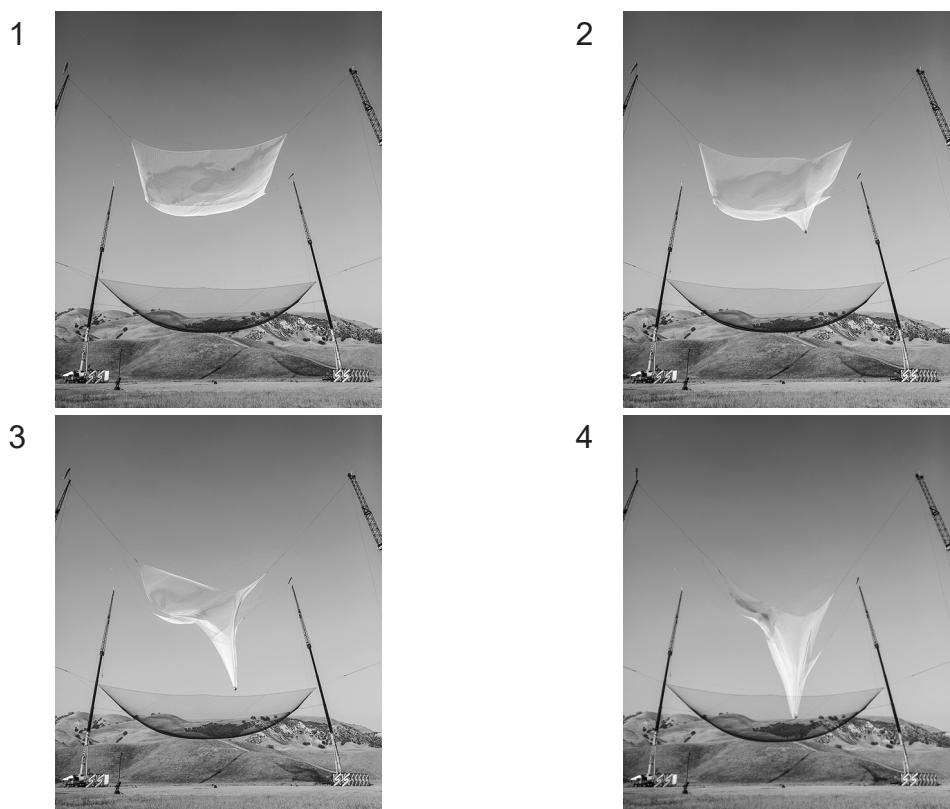
Op de uitwerkbijlage staan figuren 3 en 4 en twee invulzinnen.

4p 22 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken op de uitwerkbijlage in beide figuren de luchtweerstandskrachten op de handen. Teken alle krachten in de juiste onderlinge verhouding.
- Teken in beide figuren de armen die horen bij deze krachten.
- Omcirkel in iedere zin het goede antwoord.

Van de landing in het net is een videometing gemaakt. Zie figuur 5.

figuur 5



Het net remde Aikins af van 54 m s^{-1} tot stilstand. Tijdens het afremmen legde Aikins nog 37 m naar beneden af. Verwaarloos de arbeid door de luchtwrijvingskracht tijdens het remmen.

- 4p **23** Bereken de energie die het net geabsorbeerd heeft.

Het net moest aan diverse eisen voldoen om Aikins veilig tot stilstand te brengen. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met technische ontwerpoplossingen voor het net en natuurkundige concepten die daarbij een rol spelen.

- 2p **24** Omcirkel bij elke ontwerpoplossing het beste bijbehorende natuurkundige concept.

Op de uitwerkbijlage staat het (ν, t) -diagram van het laatste deel van de stunt van Aikins: het afremmen in het net. Ook staat op de uitwerkbijlage een tweede diagram. In dit diagram is af te lezen gedurende hoeveel tijd een mens een bepaalde vertraging veilig kan ondergaan voordat deze vertraging schadelijk wordt.

- 4p **25** Voer de volgende opdrachten uit met behulp van de grafieken op de uitwerkbijlage:
- Bepaal de grootte en de tijdsduur van de maximale vertraging die Aikins onderging.
 - Toon aan of deze maximale vertraging veilig was voor Aikins.

Cicaden

In het bos zijn in de zomer vaak cicaden te vinden. Zie figuur 1 en 2. Figuur 2 is hier op ware grootte.

figuur 1



figuur 2



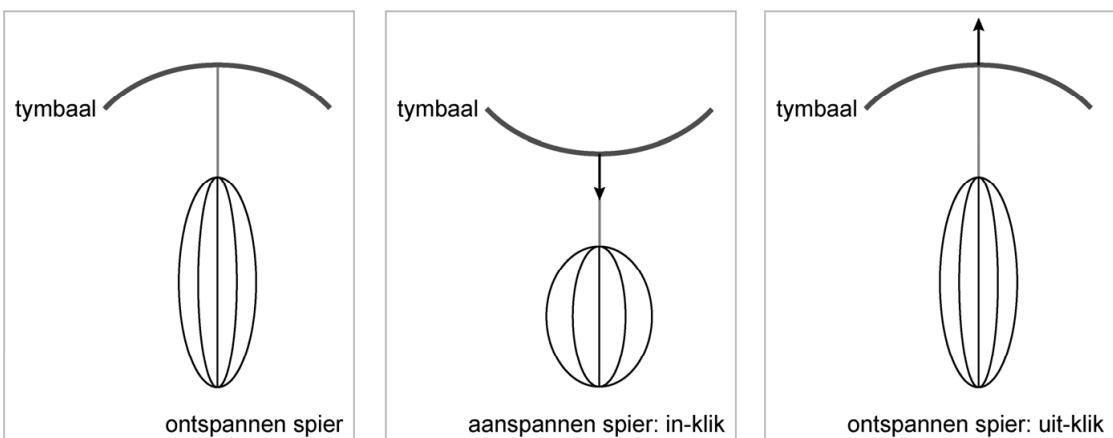
De mannetjes van deze insectensoort produceren een hard geluid om vrouwtjes te zoeken.

- 2p 26 Omcirkel in iedere zin op de uitwerkbijlage het goede antwoord.

De mannetjes produceren het geluid door het afwisselend samentrekken en ontspannen van een spier, waardoor een zogenaamde tymbaal van vorm verandert.

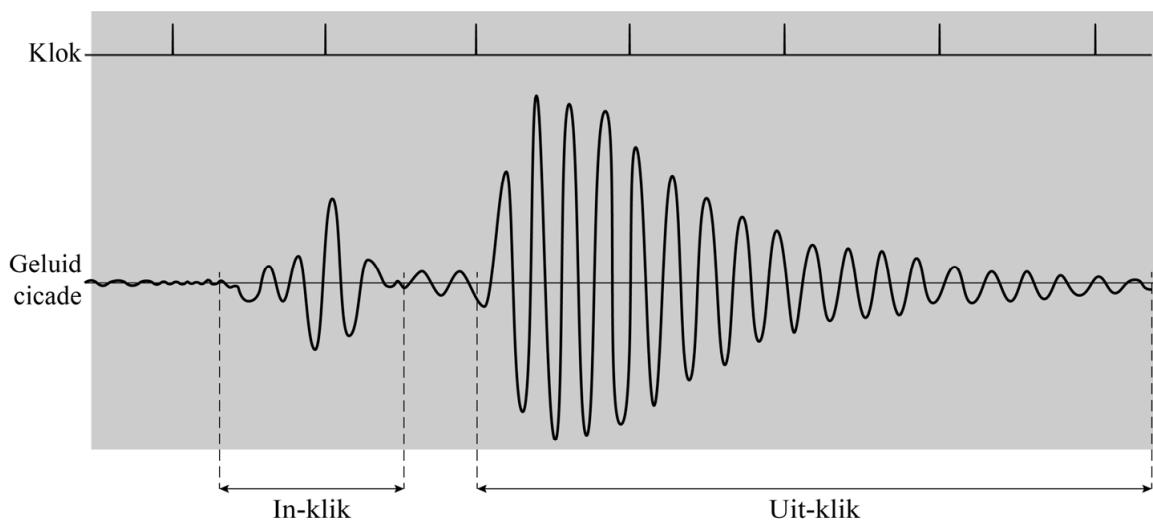
Bij het aanspannen van de spier veroorzaakt die vormverandering van de tymbaal kortstondig een geluidspuls (de ‘in-klik’). Door de spier te ontspannen klapt de tymbaal weer terug en wordt opnieuw een korte geluidspuls gemaakt (de ‘uit-klik’). Zie figuur 3.

figuur 3



Van het geluid van een cicade is een oscillogram gemaakt. Zie figuur 4.

figuur 4



In figuur 4 is opeenvolgend het patroon van de geluidspuls van de in-klik en van de uit-klik te zien.

Het oscillogram is gemaakt met een meetapparaat dat voor de tijdsregistratie gebruikmaakt van een klok. De klok produceert om de 10 ms een piek. Die pieken zijn ook weergegeven in figuur 4. Deze figuur staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p **27** Bepaal de frequentie van het geluid van de uit-klik.

Het geluid wordt door de buikholte versterkt.

- 1p **28** Geef de naam van dit verschijnsel.

In figuur 4 is te zien dat de amplitude van de trilling van de uit-klik afneemt.

- 1p **29** Wat betekent dat voor het geluid dat bij die trilling hoort?

- A De toon wordt in de loop van de tijd luider.
- B De toon wordt in de loop van de tijd hoger.
- C De toon wordt in de loop van de tijd lager.
- D De toon wordt in de loop van de tijd zachter.

De mannetjescicaden maken dit geluid om vrouwtjes te vinden. Een vrouwtje reageert door geluid te maken met haar vleugels. In het bos kunnen bomen het geluid blokkeren als de golflengte van het geluid korter is dan de breedte van een boom. Bij een langere golflengte buigt het geluid om de boom heen en is het ook achter de boom te horen. De temperatuur in het bos is 30 °C.

- 3p **30** Bepaal de maximale frequentie van het geluid van het vrouwtje dat ook achter de boom uit figuur 1 te horen is. Schat daartoe eerst de dikte van die boom met behulp van figuur 1 en 2.

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.

Examen HAVO

2021

tijdvak 2
donderdag 17 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 27 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 75 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.

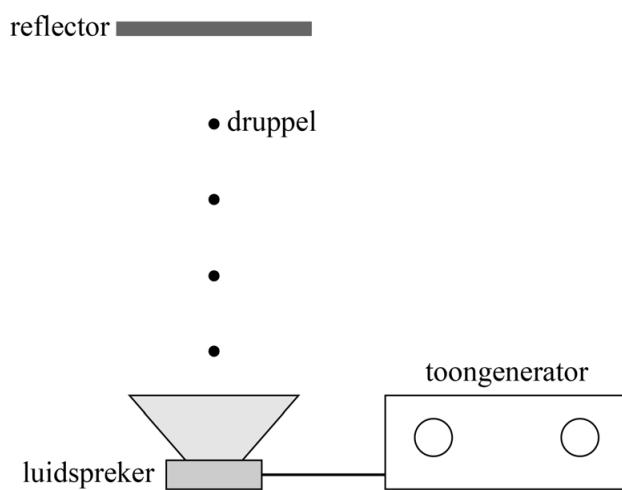
Zweven op geluid

Het is mogelijk om kleine druppels te laten zweven op geluid. Zie figuur 1. De opstelling die daarvoor nodig is, bestaat uit een toongenerator met een losse luidspreker en een reflector die het geluid terugkaatst. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



figuur 2



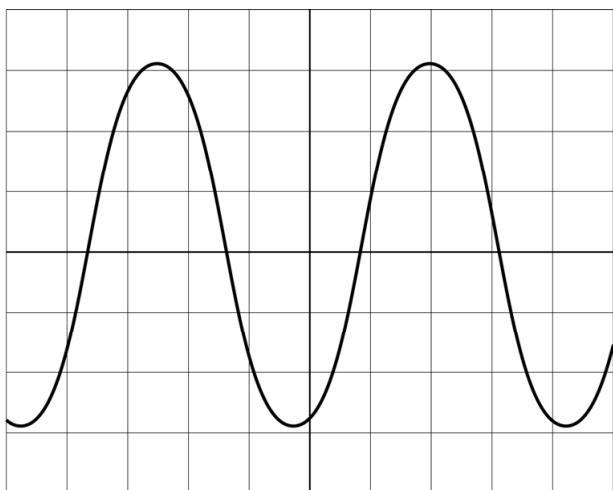
Tussen de luidspreker en de reflector wordt de lucht in trilling gebracht en er ontstaat een golfpatroon van knopen en buiken.

Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over de golven tussen de luidspreker en de reflector.

- 2p 1 Omcirkel in iedere zin het juiste antwoord.

In figuur 3 is een oscilloscoopweergave van het signaal van de toongenerator tijdens een experiment met de opstelling van figuur 2.

figuur 3



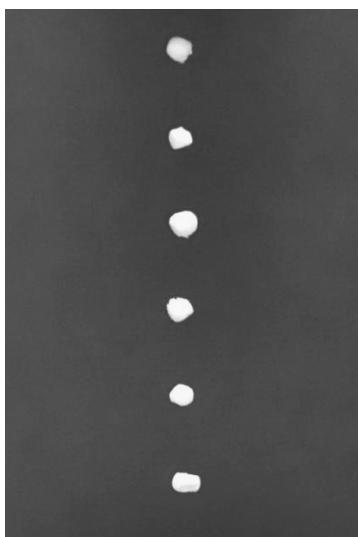
De horizontale schaalverdeling is $10 \mu\text{s}$ per hokje.

De toongenerator is ingesteld op 22 kHz.

- 3p 2 Toon dat met behulp van figuur 3 aan.

Figuur 4 is een foto van zes zwevende druppels. De afbeelding is niet op ware grootte.

figuur 4



De zwevende druppels bevinden zich in opeenvolgende knopen. De toongenerator is ingesteld op 22 kHz. De temperatuur van de omgeving is 20 °C.

- 4p 3 Bereken de werkelijke afstand tussen (het midden van) de eerste en de zesde druppel.

Onderzocht wordt of met deze methode druppels vloeibaar medicijn opgeslagen kunnen worden. Door het zweven is de kans op vervuiling van het medicijn namelijk kleiner.

Probleem is dat de druppels niet te groot gemaakt mogen worden. Een te grote druppel wordt platgedrukt in de geluidsgolf en springt vervolgens uit elkaar. Zie figuur 5.

figuur 5



Er zijn twee mogelijke oplossingen voor dit probleem:

- de geluidssterkte verlagen,
- de toonhoogte verlagen.

Op de uitwerkbijlage staat het (u,t) -diagram van een signaal waarbij alleen een kleine druppel heel blijft.

- 2p 4 Schets op de uitwerkbijlage in het (u,t) -diagram een signaal waarin beide oplossingen gecombineerd zijn, zodat ook een grotere druppel heel blijft.

Sirius

Sterren vormen soms een zogenaamd dubbelstersysteem.

In een vereenvoudigd dubbelstersysteem bewegen twee sterren in eigen cirkelbanen om een gemeenschappelijk middelpunt M. Zie figuur 1.

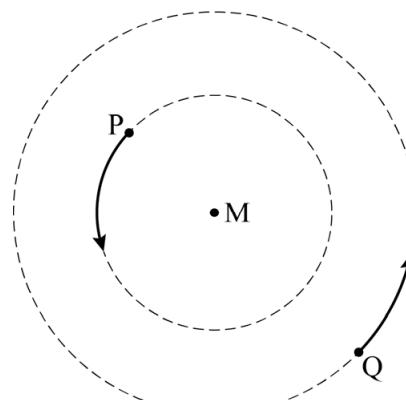
Sterren P en Q hebben dezelfde omlooptijd.

- 2p 5 Zet in de tabel op de uitwerkbijlage in elke rij een kruisje in de juiste kolom.

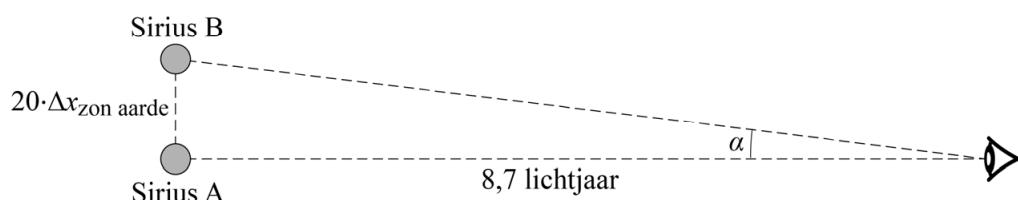
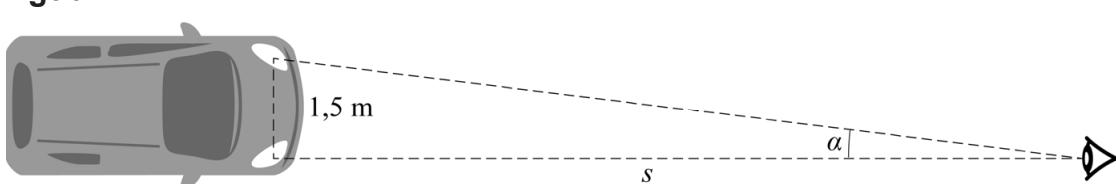
De ster Sirius lijkt in de tijd heen en weer te bewegen. In 1844 concludeerden astronomen hieruit dat Sirius een dubbelstersysteem is, bestaande uit Sirius A en Sirius B.

Dat de twee sterren van Sirius toen niet apart van elkaar werden waargenomen, komt doordat de hoek α waaronder Sirius A en Sirius B vanaf de aarde gezien kunnen worden zeer klein is. Deze hoek kan worden vergeleken met de hoek waaronder koplampen van een auto gezien worden. De (gemiddelde) afstand tussen Sirius A en Sirius B is 20 keer zo groot als de afstand tussen de aarde en de zon. Sirius staat op 8,7 lichtjaar van de aarde. De afstand tussen twee koplampen is 1,5 m. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

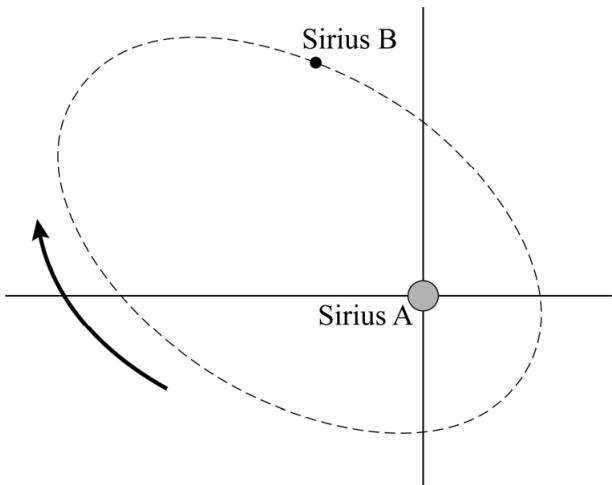


Sirius A en Sirius B worden onder een bepaalde hoek α gezien vanaf de aarde.

- 3p 6 Bereken op welke afstand s van de waarnemer de auto moet staan om de koplampen onder dezelfde hoek α te zien.

In 1862 werd met een verbeterde telescoop de kleinere Sirius B voor het eerst apart van Sirius A gezien. Daarna noteerden astronomen de positie van Sirius B ten opzichte van Sirius A. Sirius B beschrijft dan een baan om Sirius A met de wijzers van de klok mee. Deze baan is een ellips. Zie figuur 3.

figuur 3



4p 7 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de gravitatiekracht die Sirius B op Sirius A uitoefent als een pijl met een lengte van 3 cm.
- Teken de gravitatiekracht die Sirius A op Sirius B uitoefent.
- Leg uit of de snelheid van Sirius B ten opzichte van Sirius A in deze situatie toeneemt, afneemt of gelijk blijft.

Uit de waarnemingen waren diverse gegevens over Sirius A en Sirius B te bepalen. Zie figuur 4. Gegevens van sterren worden vaak uitgedrukt in vergelijking met onze zon.

figuur 4

eigenschap	Sirius A	Sirius B
massa	$2,063 \cdot M_{\text{zon}}$	$1,018 \cdot M_{\text{zon}}$
straal	$1,8 \cdot R_{\text{zon}}$	$0,022 \cdot R_{\text{zon}}$
λ_{max}	$293 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	$117 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Een van de eigenschappen waarmee sterren onderling vergeleken worden is de dichtheid.

- 3p 8 Beredeneer met behulp van figuur 4 welke van de sterren (Sirius A of Sirius B) de grootste dichtheid heeft.

Sterren zijn op basis van hun eigenschappen in te delen in categorieën. Een vereenvoudigd overzicht van vijf categorieën sterren staat in figuur 5.

figuur 5

categorie	m	T
bruine dwerg	$0,01 \cdot M_{\text{zon}} < M_{\text{ster}} < 0,08 \cdot M_{\text{zon}}$	$T_{\text{ster}} < 1,6 \cdot 10^3 \text{ K}$
rode dwerg	$0,08 \cdot M_{\text{zon}} < M_{\text{ster}} < 0,5 \cdot M_{\text{zon}}$	$2,3 \cdot 10^3 \text{ K} < T_{\text{ster}} < 3,5 \cdot 10^3 \text{ K}$
witte dwerg	$0,5 \cdot M_{\text{zon}} < M_{\text{ster}} < 1,4 \cdot M_{\text{zon}}$	$3,5 \cdot 10^3 \text{ K} < T_{\text{ster}}$
rode reus	$0,3 \cdot M_{\text{zon}} < M_{\text{ster}} < 8 \cdot M_{\text{zon}}$	$T_{\text{ster}} < 4,75 \cdot 10^3 \text{ K}$
blauwe reus	$8 \cdot M_{\text{zon}} < M_{\text{ster}}$	$1,0 \cdot 10^4 \text{ K} < T_{\text{ster}} < 6,0 \cdot 10^4 \text{ K}$

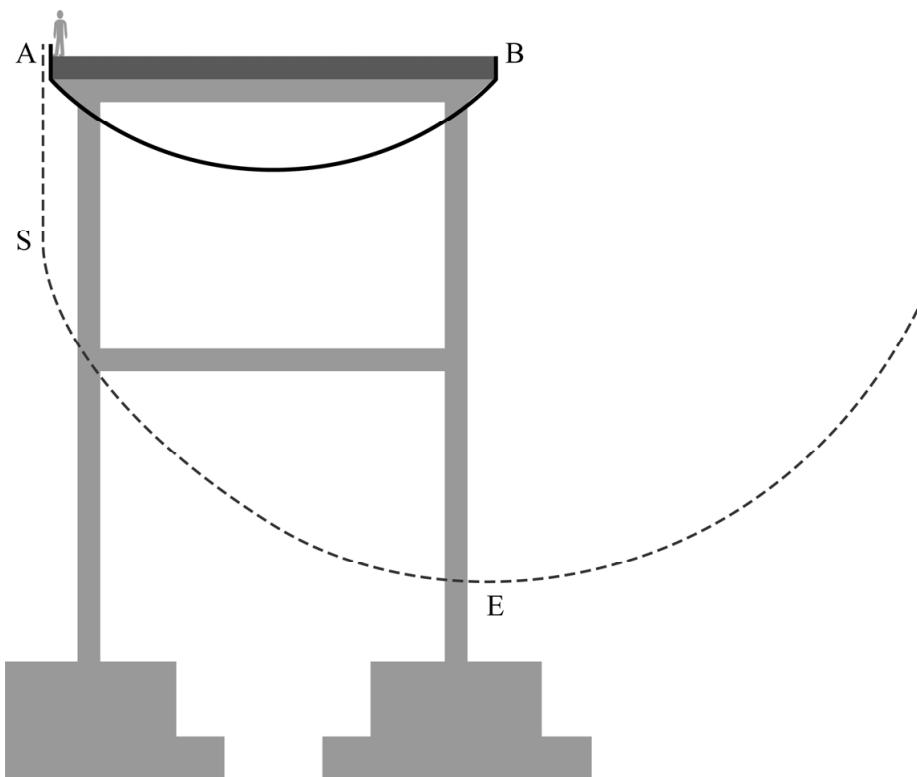
- 4p 9 Toon met een berekening aan in welke categorie Sirius B valt. Gebruik daarbij figuren 4 en 5.

Schommelsprong

Een schommelsprong is een stunt waarbij een springer aan een speciaal touw van een brug springt. Het touw hangt onder de brug door en is aan de andere zijde bevestigd. Na een korte val recht omlaag gaat de springer daardoor over in een schommelbeweging. Zie de figuren op de uitwerkbijlage.

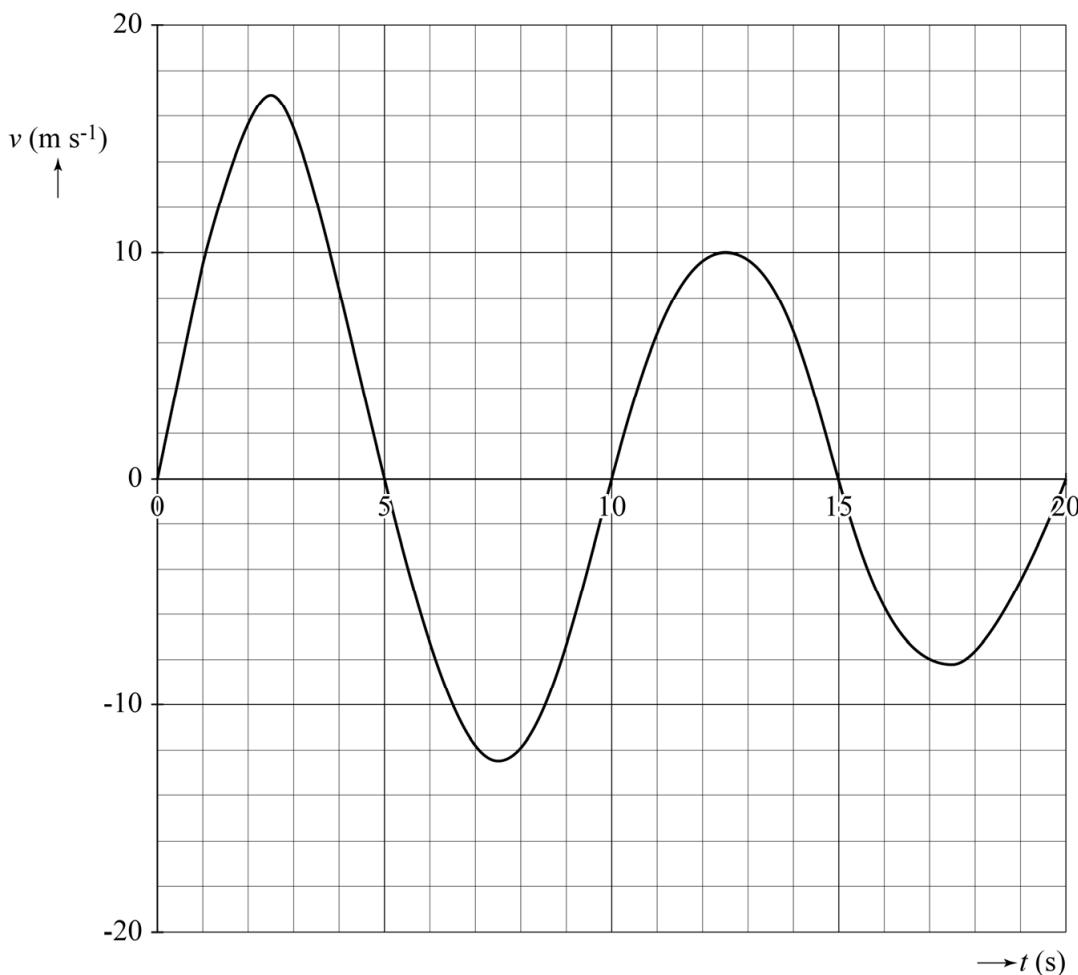
In figuur 1 zijn schematisch de beginsituatie en de baan van de beweging getekend. Er wordt gesprongen vanaf punt A. Het touw zit vast in punt B. In het laagste punt van de baan gaat de springer door evenwichtsstand E.

figuur 1



Lara voert voor een praktische opdracht metingen uit aan een video van een vrouw die een schommelsprong maakt. Uit de videometing volgt het (v, t) -diagram in figuur 2. Hierbij is de grootte van de snelheid positief weergegeven op de heenweg (van S richting E) en negatief op de terugweg (van E richting S).

figuur 2



De schommelsprong begint met een val totdat het touw strak staat. Daarna gaat de beweging over in een schommelbeweging. Zie punt S in figuur 1. Een deel van figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 3p **10** Bepaal de afstand van de val met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage.

Op het moment dat de springer voor de eerste keer in het laagste punt van de baan door de evenwichtsstand E slingert, is de spanskraft in het touw maximaal. Deze maximale spanskraft $F_{s\max}$ is op dat moment te bepalen met de volgende formule:

$$F_{s\max} = F_z + F_{mpz}$$

De springer ($m = 60 \text{ kg}$) gaat met een snelheid van $16,8 \text{ m s}^{-1}$ door de evenwichtsstand E. Het touw heeft een lengte van 18 m.

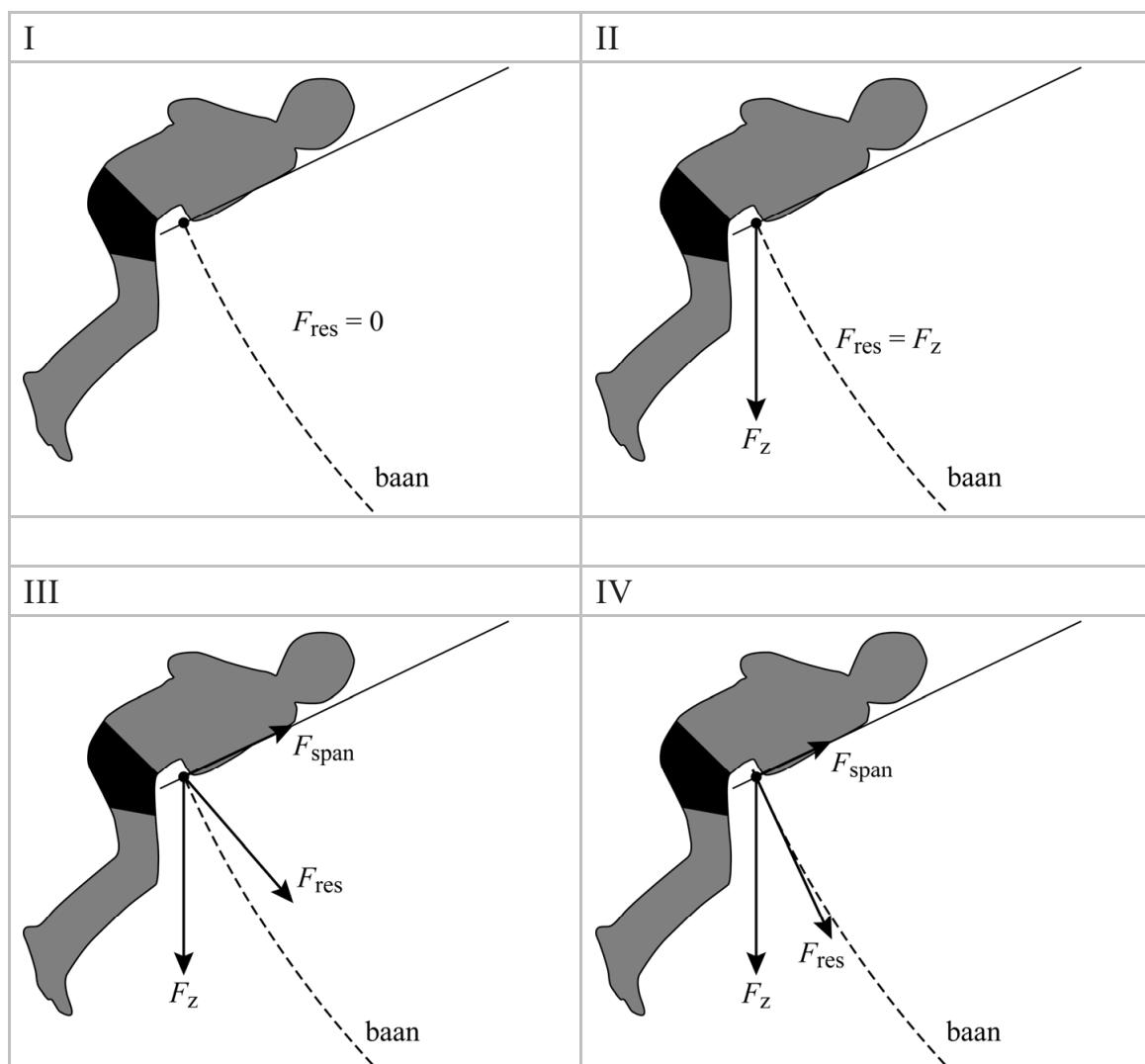
- 3p **11** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken met behulp van de snelheid de grootte van de middelpuntzoekende kracht.
 - Toon aan dat de maximale spanskraft gelijk is aan $1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$.

Bergbeklimmers gebruiken speciaal touw om veilig te kunnen klimmen. Een veelgebruikt klimmerstouw heeft een diameter van 10 mm en een treksterkte van $2,4 \cdot 10^8 \text{ N m}^{-2}$. Volgens de fabrikant mag het touw niet zwaarder belast worden dan 20% van de treksterkte. Lara vraagt zich af of dat touw ook sterk genoeg is voor deze schommelsprong met een maximale spankracht van $1,5 \cdot 10^3 \text{ N}$.

- 4p 12 Toon aan of dit touw sterk genoeg is voor de schommelsprong die Lara heeft onderzocht.

In de uiterste standen van de schommelbeweging is de snelheid nul. In figuur 3 staan vier verschillende opties voor de kracht of krachten op de springer in de uiterste stand. Voor alle krachten is het bevestigingspunt van het touw als aangrijpingspunt gebruikt. De baan waarlangs de springer beweegt, is ook weergegeven.

figuur 3



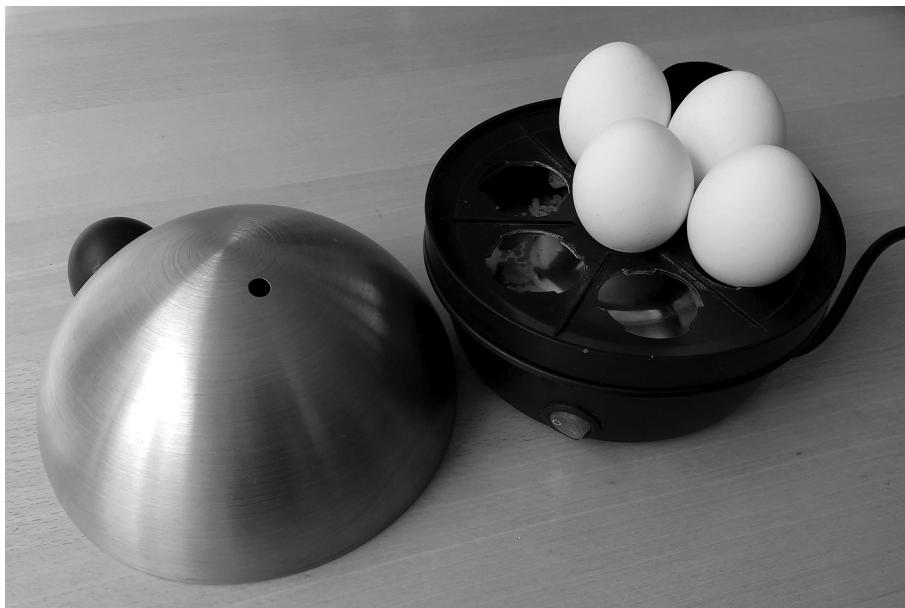
- 1p 13 Geef aan welke optie (I, II, III of IV) de resulterende kracht het best weergeeft.

- De springer heeft een massa van 60 kg. Ze ondervindt luchtwrijving waardoor ze afgeremd wordt. De rek in het touw wordt hier verwaarloosd.
- 4p 14 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de arbeid die de luchtwrijvingskracht heeft verricht tussen het passeren van de evenwichtsstand op tijdstippen t_p en t_q .

Elektrische eierkoker

Aart heeft een elektrische eierkoker. Zie figuur 1.

figuur 1



Deze eierkoker werkt als volgt:

De eierkoker wordt gevuld met maximaal 7 eieren en een beetje koud water en afgedekt met een deksel.

Na inschakelen wordt het water door een elektrisch verwarmingselement tot het kookpunt verhit en omgezet in waterdamp. De waterdamp verhit de eieren. Zodra het water volledig is verdampd, loopt de temperatuur van het element op tot boven 100°C . Op dat moment schakelt het verwarmingselement uit en schakelt een zoemer in.

Op de uitwerkbijlage staat een deel van het elektrisch schakelschema getekend. In de eierkoker zit een automatische schakelaar T met twee standen. Als de temperatuur lager is dan of gelijk is aan 100°C staat de schakelaar in stand I. Als de temperatuur hoger is dan 100°C staat de schakelaar in stand II.

De eierkoker voldoet aan de volgende drie ontwerpeisen:

- 1 De eierkoker gaat aan en uit met een schakelaar S.
- 2 Als het verwarmingselement R aan is, brandt een controlelampje L. Beide werken op een spanning van 230 V.
- 3 Als de temperatuur boven de 100°C komt, schakelen R en L uit en schakelt een zoemer Z in.

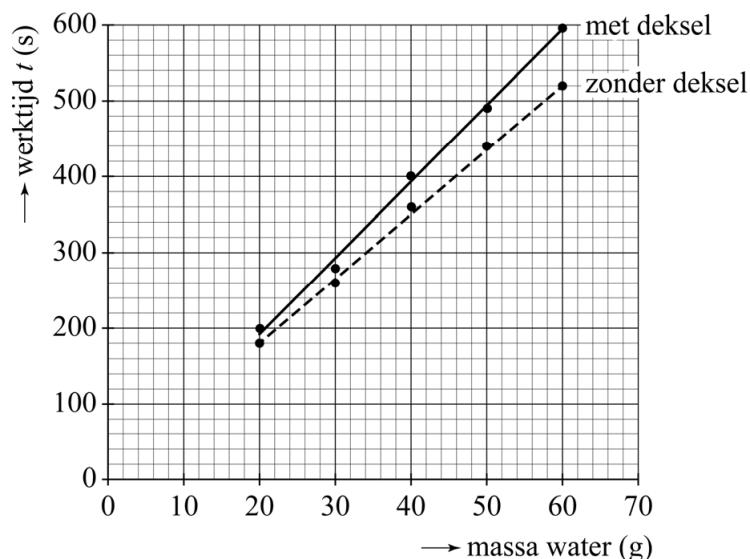
- 4p 15 Teken op de uitwerkbijlage de overige draden in het schema zodat de eierkoker functioneert volgens de drie ontwerpeisen.

De eierkoker heeft een deksel met een gaatje waar waterdamp door ontsnapt. Zie figuur 1.

De werktijd t is de tijd tussen het aanzetten van de eierkoker en het automatisch uitschakelen van het verwarmingselement.

Aart meet nog zonder eieren hoe t afhangt van de massa van het water. Hij voert de metingen uit zonder deksel en met deksel. Het resultaat staat in figuur 2.

figuur 2



Aart ziet dat waterdamp op het deksel condenseert en terugloopt in de eierkoker.

- 2p 16 Leg uit dat deze waarneming in overeenstemming is met zijn meting dat de werktijd met deksel langer is dan zonder deksel.

De werktijd t wordt bepaald door het ontwerp van de eierkoker. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met mogelijke aanpassingen in het ontwerp.

- 2p 17 Geef per aanpassing aan of t daardoor afneemt of toeneemt.

In de gebruiksaanwijzing vindt Aart een tabel met een opvallende opmerking. Zie figuur 3.

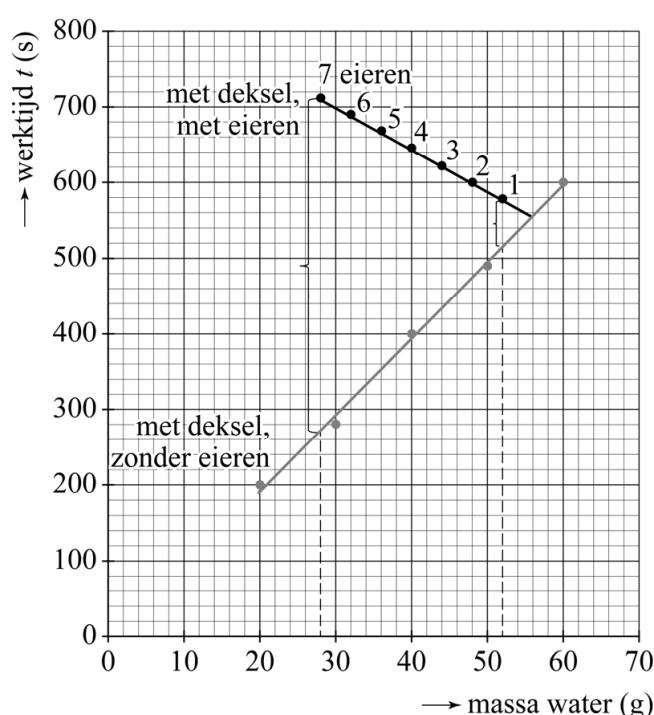
figuur 3

'Hoe **meer** eieren er gekookt worden, hoe **minder** water er toegevoegd hoeft te worden.'

aantal eieren	1	2	3	4	5	6	7
toe te voegen water (gram)	52	48	44	40	36	32	28

Aart meet t voor 1 tot en 7 eieren en zet zijn resultaten in een grafiek. Zie figuur 4. Voor iedere meting zijn het deksel en de voorgeschreven hoeveelheid water gebruikt.

figuur 4



In figuur 4 staat ook de grafiek van de eerdere metingen met deksel, zonder eieren. In figuur 4 is te zien dat t voor 7 eieren en 28 gram water veel langer is dan voor alleen 28 gram water. Voor 1 ei en 52 gram water is t maar iets langer dan voor alleen 52 gram water.

Het rendement van het koken van de eieren is de verhouding tussen de nuttige energie die door de eieren is opgenomen en de totale elektrische energie die de eierkoker heeft opgenomen.

- 3p 18 Leg met behulp van figuur 4 uit of het rendement van de eierkoker bij het in één keer koken van 7 eieren groter is dan, kleiner is dan of even groot is als bij het koken van 1 ei.

Het verwarmingselement heeft een vermogen van 320 W.
Op internet leest Aart dat een ei tijdens het koken ongeveer 14 kJ energie opneemt.

- 3p 19 Toon met figuur 4 en met een berekening aan of deze stelling kan kloppen voor het koken van 1 ei met de eierkoker.

Tot slot wil Aart weten of eieren koken met de elektrische eierkoker energiezuiniger is dan eieren koken in een pan met water op een gaspit. Hij kookt vier eieren op een gaspit. Zie figuur 5.

figuur 5



De elektrische eierkoker gebruikt voor het koken van vier eieren $5,7 \cdot 10^{-2}$ kWh elektrische energie. Met de pan gebruikt Aart 14 gram aardgas.

- 3p 20 Toon met een berekening aan of de elektrische eierkoker energiezuiniger is dan de gaspit bij het koken van vier eieren. Ga uit van ‘Gronings’ aardgas (Binas) of ‘gemiddeld’ aardgas (Sciencedata).

Stralingsdetectie

In een ziekenhuis wordt vaak gewerkt met radioactieve isotopen.

Medewerkers moeten daarbij goed in de gaten houden dat ze geen te grote stralingsdosis oplopen. Hiervoor bestaan verschillende vormen van stralingsdetectie.

Een van de isotopen waarmee wordt gewerkt is kobalt-60. Op de uitwerkbijlage staat een (N,Z) -diagram. Hierin is Z het aantal protonen en N het aantal neutronen in een kern.

Kobalt-60 zendt β - en γ -straling uit.

4p 21 Voer de volgende opdrachten uit:

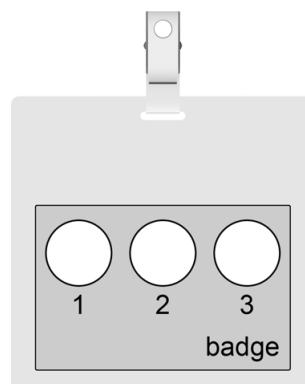
- Geef de vergelijking van de vervalreactie van kobalt-60.
- Geef op de uitwerkbijlage deze reactie in het (N,Z) -diagram aan met een pijl.

Bij een bepaalde methode van stralingsdetectie wordt gebruikt gemaakt van een zogenaamde badge. Deze wordt door een medewerker aan de kleding bevestigd. Zie figuur 1.

figuur 1



figuur 2



Een badge registreert hoeveel ioniserende straling er op valt. In een bepaalde badge zit filmmateriaal dat steeds donkerder wordt naarmate er meer ioniserende straling op valt. Vóór de film zijn drie verschillende ‘vensters’ naast elkaar aangebracht. Zie figuur 2. Deze vensters zijn ieder van een ander materiaal gemaakt:

- 1 mica
- 2 karton
- 3 lood

De badge wordt geraakt door γ -straling afkomstig van een bepaalde bron. Lood heeft een halveringsdikte van 0,061 cm voor deze fotonen. Karton heeft een grotere halveringsdikte. Het karton en het lood hebben elk een dikte van 0,183 cm.

3p **22** Beantwoord de volgende vragen:

- Bereken het percentage van de γ -straling dat door het lood wordt doorgelaten.
- Leg uit of het percentage doorgelaten γ -straling bij het karton groter is dan, kleiner is dan of even groot is als bij het lood.

Na verloop van tijd wordt de badge geopend en is uit de kleur van het filmmateriaal af te leiden welke soort straling de badge heeft geraakt. Gegeven is dat α -straling alleen door mica heen gaat en β -straling zowel door mica als karton.

Op de uitwerkbijlage staan twee badges die ieder gedurende langere tijd door één soort straling geraakt zijn.

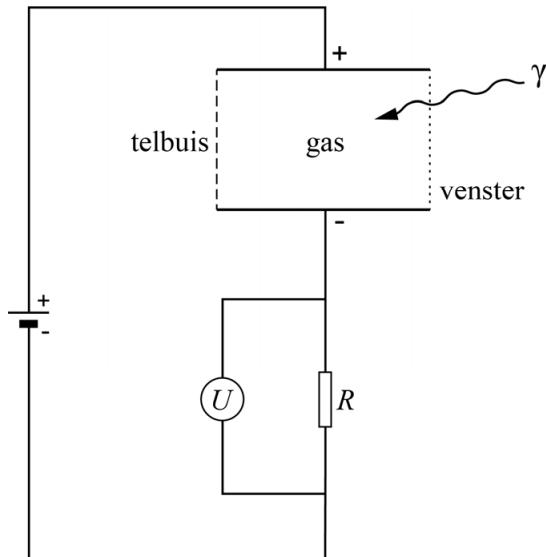
1p **23** Omcirkel voor iedere badge de soort straling die de film op deze manier heeft gekleurd.

De badge wordt tegenwoordig vaak vervangen door een moderne stralingsdetector, de draagbare geiger-müllerteller (GMT). Zie figuur 3.

figuur 3



figuur 4



Een GMT bevat een serieschakeling van een telbuis en een weerstand R . Zie figuur 4. De telbuis is gevuld met een niet-geleidend gas. Over de telbuis staat een spanning. Zolang er geen ioniserende straling op de telbuis valt, werkt deze telbuis als een open schakelaar in de serieschakeling. Wanneer ioniserende straling door het venster valt en het gas raakt, wordt een deel van de gasatomen gesplitst in ionen en elektronen.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel over de beweging van de deeltjes in de telbuis.

- 2p 24 Geef met een kruisje in iedere rij aan in welke richting de deeltjes bewegen.

Door de ioniserende straling werkt de telbuis even als een gesloten schakelaar. Hierdoor verandert de spanning U over weerstand R . Zie figuur 4. Dit wordt door een teller geregistreerd.

- 2p 25 Leg uit wat er gebeurt met de spanning U over weerstand R zodra de telbuis geraakt wordt door ioniserende straling.

De GMT van figuur 3 wordt gedragen door een werknemer (ouder dan 18 jaar) die beroepshalve te maken heeft met straling. Deze werknemer leest de meetwaarde af van het scherm. Zie figuur 3.

- 3p 26 Leg met een berekening uit of deze werknemer met deze stralingsbelasting het risico loopt om over de jaarlijkse dosislimiet voor werknemers te gaan.

- De GMT heeft als technisch ontwerp voordeelen ten opzichte van de badge als het gaat om de bescherming van de medewerker.
- 1p 27 Geef een voordeel van de GMT ten opzichte van de badge.

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.

Examen HAVO

2021

tijdvak 3
woensdag 7 juli
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 29 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.

Lutetium-177

Lutetium-octreotaat is een radioactief eiwit waarmee patiënten met diepliggende tumoren inwendig en lokaal bestraald kunnen worden. In dit eiwit wordt de radioactieve isotoop Lu-177 gebruikt. Lu-177 vervalt door het uitzenden van β^- en γ -straling.

- 3p 1 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Lu-177.

De straling die door Lu-177 wordt uitgezonden, wordt gebruikt om de tumoren in het weefsel te vernietigen, maar ook om te kijken of de tumor het lutetium goed heeft opgenomen. Daarvoor is het belangrijk dat de straling die Lu-177 uitzendt buiten het lichaam kan worden opgevangen.

- 1p 2 Welk soort straling is dit?

- A α
- B β
- C β en γ
- D γ

Lu-177 zendt straling uit met een energie van $7,05 \cdot 10^{-14}$ J.

- 3p 3 Bereken de golflengte van deze straling.

Bij een patiënt wordt bij een behandeling een hoeveelheid Lu-177 in de bloedsomloop gebracht.

Als de activiteit van het Lu-177 is afgenumen tot 0,001-ste deel van de oorspronkelijke activiteit, moet de patiënt in het ziekenhuis terugkomen. De halveringstijd van Lu-177 is 6,7 dagen.

- 3p 4 Beredeneer na hoeveel dagen de eerstvolgende afspraak dan op zijn vroegst kan plaatsvinden.

Als de patiënt naar huis gaat krijgt hij leefregels mee: de patiënt is immers radioactief. In de folder van een ziekenhuis staat:

Algemene leefregels voor thuis na therapie met radioactief lutetium

- U moet afstand bewaren tot uw huisgenoten en bezoekers: minimaal één meter, liefst meer. Het is aan te bevelen dat u en uw partner apart slapen op minstens twee meter afstand van elkaar, indien mogelijk in aparte kamers.

De intensiteit van de straling van de γ -straling is omgekeerd kwadratisch evenredig met de afstand.

- 2p 5 Beredeneer hoeveel keer zo klein de intensiteit van de straling wordt als de afstand tot de patiënt wordt vergroot van 1 m naar 2 m.

In de 'Algemene leefregels' staat dat het voor de patiënt en zijn partner wordt aangeraden om in een aparte kamer te slapen. Een muur tussen twee slaapkamers is van beton en 10,5 cm dik.

- 3p 6 Bereken hoeveel procent van de intensiteit van straling met een energie van 0,05 MeV door deze muur komt. Geef je antwoord in één significant cijfer.

Accuboormachine

Inge gebruikt regelmatig een accuboormachine. Het valt haar op dat deze boormachine niet voor iedere boorklus geschikt is. Zij wil weten hoe dat komt en besluit daarom enkele eigenschappen van de boormachine te onderzoeken.

Op de doos van de boormachine staat een tabel met eigenschappen van de boormachine. Zie figuur 1.

figuur 1

	capaciteit	1,3 Ah
	spanning	10,8 V
	(maximaal) vermogen	180 W
	(maximaal) koppel	16 Nm

Inge is vergeten wat capaciteit betekent. Ze zoekt op internet en vindt het volgende:

“Met capaciteit wordt bedoeld hoeveel stroomsterkte de accu gedurende een bepaalde tijd kan leveren. 3,0 Ah betekent dat de accu gedurende één uur 3,0 A kan leveren, of 1,5 A gedurende twee uur.”

- 3p 7 Bereken hoeveel minuten Inge met deze boormachine op maximaal vermogen kan boren met één volle accu.

Sommige accuboormachines zijn voorzien van een lampje dat de plek verlicht waar geboord wordt. Zie figuur 2.

De schakeling hiervoor voldoet aan de volgende eisen:

- Als de motor van de boor met een schakelaar wordt ingeschakeld, gaat het lampje ook branden.
- Door het lampje loopt een kleine stroomsterkte, door de motor loopt een grote stroomsterkte.

Op de uitwerkbijlage zijn vijf verschillende schakelingen getekend.

- 3p 8 Geef op de uitwerkbijlage per schakeling aan of deze wel of niet aan de gestelde eisen voldoet.

figuur 2



Inge monteert een boortje met een diameter van 10 mm in de boormachine. Als de boormachine vrij draait, is het toerental 1500 omwentelingen per minuut.

- 3p 9 Bereken de snelheid van de zijkant van het boortje in m s^{-1} .

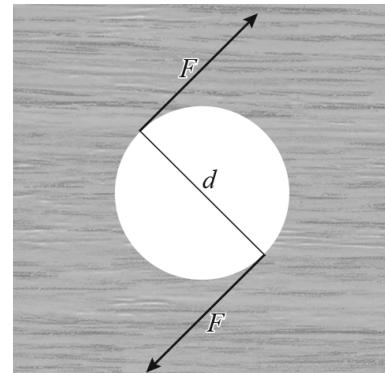
Inge boort gaatjes in verschillende houtsoorten. Ze merkt dat de boormachine bij hardere houtsoorten minder toeren maakt. Ze neemt aan dat de boormachine wel steeds hetzelfde maximale vermogen levert.

- 2p 10 Leg uit waarom het toerental minder wordt bij hardere houtsoorten. Gebruik hierbij $P = Fv$, waarin v de snelheid van de zijkant van het boortje is.

Als Inge gaten boort in verschillende materialen, merkt ze dat de maximale diameter van het gat afhangt van de hardheid van het materiaal. Ze veronderstelt dat dit te maken heeft met het maximale koppel van de boormachine. Zij gaat op zoek naar uitleg over het koppel van een boormachine.

Ze vindt de volgende definitie van het koppel van een boormachine:

“Het koppel van de boormachine is de kracht F die op het uiteinde van een boorgat wordt uitgeoefend, vermenigvuldigd met de diameter d van het boorgat.”



Inge boort een gat met een diameter van 15 mm. Het koppel van haar boor is 16 Nm.

- 2p 11 Bereken de kracht op het uiteinde van het boorgat.

Op een internetforum ziet zij dat iemand beweert:

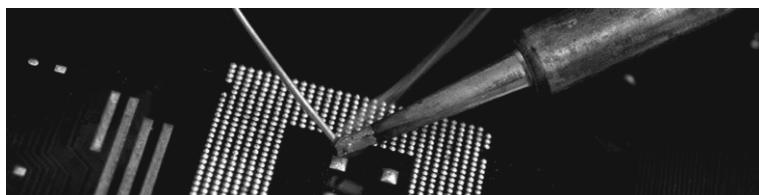
“Als het koppel van een boormachine niet verandert, geldt: hoe groter de diameter van het boorgat, hoe groter de kracht aan de rand van het gat.”

- 2p 12 Leg met behulp van de definitie van koppel uit of deze bewering klopt.

Solderen

Solderen is een techniek om twee metalen onderdelen met elkaar te verbinden. In figuur 1 zie je hoe een onderdeel wordt gesoldeerd.

figuur 1



Voor het solderen wordt de alliage (mengsel van metalen) 'zacht soldeer' gebruikt. Deze alliage heeft een lager smeltpunt dan de metalen onderdelen die met elkaar verbonden moeten worden.

Er wordt een messingdraad met zacht soldeer aan een messingstrip gesoldeerd.

figuur 2

Het solderen gebeurt met (de punt van) een soldeerbout. Zie figuur 2.

- 2p **13** Leg met behulp van het tabellenboek uit tussen welke waarden de temperatuur van de punt van de soldeerbout moet liggen.



In de soldeerbout loopt een elektrische stroomsterkte van 15 A.

Het elektrische vermogen is 90 W.

Het soldeerapparaat is aangesloten op een stopcontact met een spanning van 230 V.

- 3p **14** Laat aan de hand van een berekening zien dat er een transformator in het soldeerapparaat zit.

Via de transformator wordt de energie die uit het stopcontact komt getransporteerd naar de punt. Tijdens het gebruik wordt ook de transformator een beetje warm.

- 1p **15** Bereken of het vermogen dat het stopcontact levert kleiner of groter is dan 90 W.

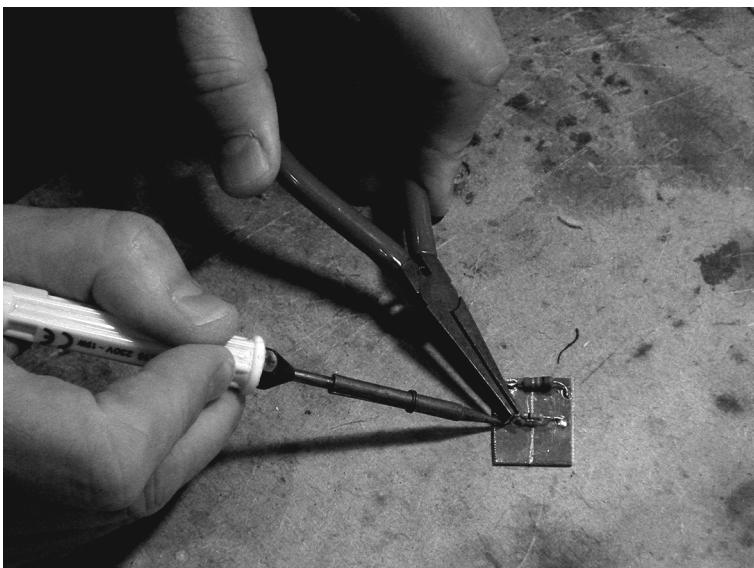
De soldeerbout is te gebruiken als de temperatuur van de punt $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ is. De begintemperatuur is $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. De punt is gemaakt van koper en heeft een massa van 50 gram.

- 4p 16 Bereken hoe lang het minstens duurt voordat de punt deze temperatuur bereikt heeft. Veronderstel dat geen warmte wegglekt naar de omgeving.

Bij het solderen van een klein onderdeel wordt vaak een metalen tang gebruikt, om dit onderdeel te beschermen tegen oververhitting.

Zie figuur 3. Het materiaal van de punt van de tang is hierbij van belang. Op de uitwerkbijlage staan hierover twee zinnen.

figuur 3



- 2p 17 Omcirkel in de zinnen op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

Mondharp

Een mondharp is een muziekinstrumentje met een metaalplaatje dat maar aan één kant vast zit. Dit metaalplaatje kan als ‘trilplaatje’ gebruikt worden, zie figuur 1. Het instrumentje wordt met de pootjes tegen de voortanden gezet. Zie figuur 2. Door het metaalplaatje aan te slaan, gaat het plaatje trillen en produceert een grondtoon.

figuur 1

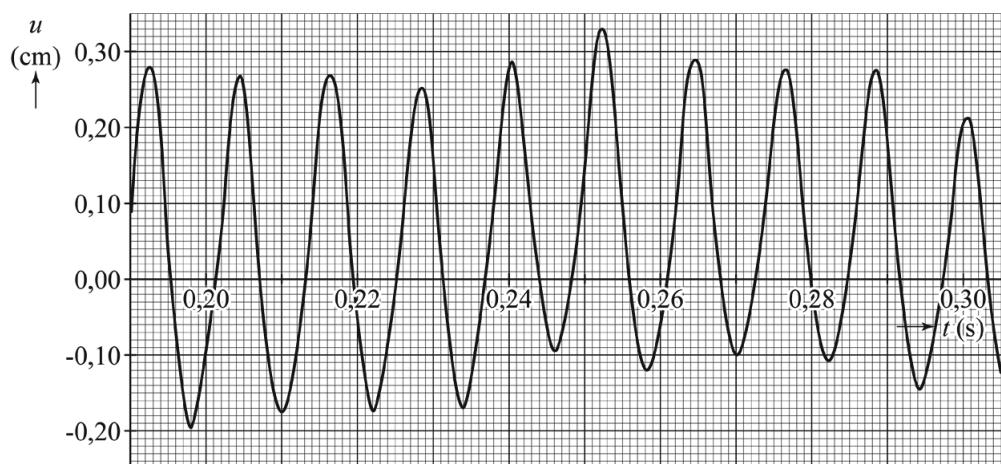


figuur 2



Met behulp van een computermeting kan een (u,t) -diagram van de trilling van het metaalplaatje worden gemaakt. Het diagram hiervan is weergegeven in figuur 3. Hierin is de uitwijking uitgezet tegen de tijd. Op de uitwerkbijlage is figuur 3 nogmaals gegeven.

figuur 3



- 3p 18 Bepaal, met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de frequentie van de grondtoon van deze mondharp.

- Een andere mondharpa heeft een metaalplaatje van 8,5 cm lang, 3,5 mm breed en 0,50 mm dik. Het metaalplaatje is gemaakt van staal.
- 3p 19 Bereken de massa van het metaalplaatje.

De frequentie van de grondtoon van het metaalplaatje wordt gegeven

$$\text{door: } f_g = c \frac{vd}{\ell^2}.$$

Hierin is:

- f_g de frequentie in Hz;
- v de geluidssnelheid in het materiaal van het metaalplaatje in m s^{-1} ;
- d de dikte van het metaalplaatje in m;
- ℓ de lengte van het metaalplaatje in m;
- c een constante, met een waarde van 0,162.

- 3p 20 Toon aan dat de constante c geen eenheid heeft.

- 3p 21 Bereken de frequentie van de grondtoon van deze mondharpa.

Naast de grondtoon produceert een mondharpa ook boventonen.

- 2p 22 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage de plaats van de knopen K en buiken B aan op het metaalplaatje als dit plaatje trilt met de eerste boventoon.

Een mondharpa gebruikt de mondholte en keelholte als klankkast. Deze holtes vormen samen een luchtkolom met een open en een gesloten uiteinde. Door de lengte van deze luchtkolom te veranderen, verandert de klank van de toon, omdat verschillende tonen versterkt worden. Zie figuur 4A en 4B.



figuur 4A



figuur 4B

In figuur 4A is de keelholte open. In figuur 4B staat de mondholte niet meer in verbinding met de keelholte.

- 2p 23 Leg uit welke situatie (figuur 4A of 4B) geschikt is voor het versterken van een zo laag mogelijke toon.

De lengte van de mond- en keelholte tot aan de stembanden is 17 cm.

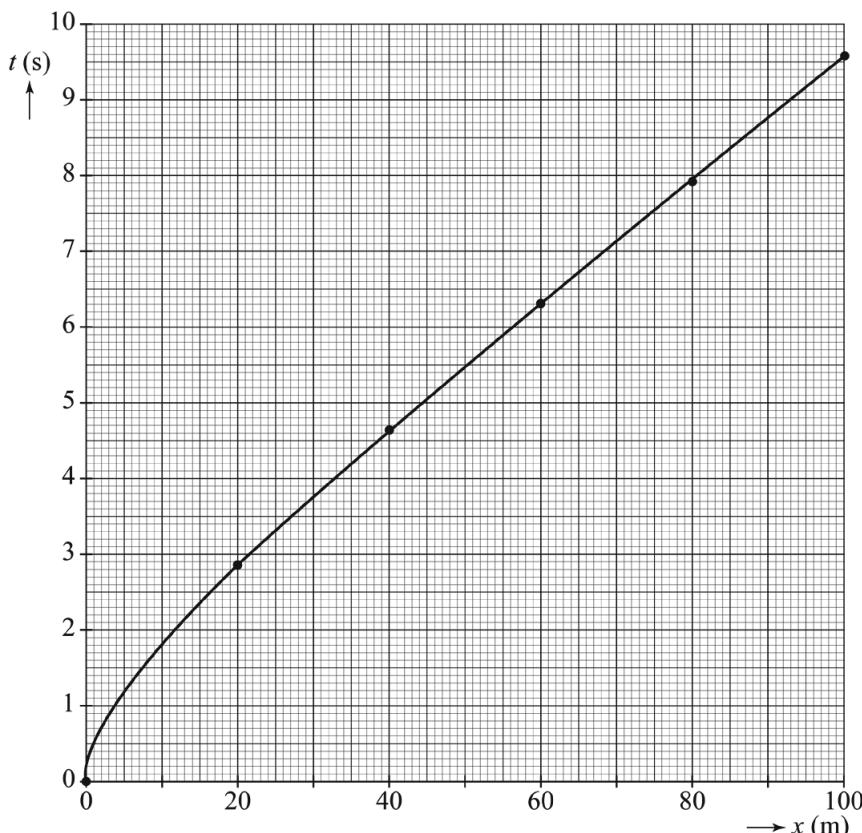
Deze lengte is gelijk aan een kwart van de golflengte. De temperatuur van de lucht in de mond en de keel is 313 K.

- 3p 24 Bereken de frequentie van de laagste toon die dan versterkt wordt.

Wereldrecord Usain Bolt

Tijdens de wereldkampioenschappen van 2009 in Berlijn liep Usain Bolt een nieuw wereldrecord op de 100 m sprint. Medewerkers van de Internationale Atletiek Federatie (IAF) hebben bij deze race niet alleen de eindtijd gemeten, maar ook de tijd na 20 m, 40 m, 60 m, en 80 m. De metingen zijn uitgezet in een (t,x) -diagram), zie figuur 1.

figuur 1



- 3p 25 Bepaal met behulp van figuur 1 de gemiddelde snelheid van Usain Bolt over deze race.

Het team van de IAF beweerde dat Usain Bolt tijdens zijn race een snelheid haalde van bijna 45 km h^{-1} .

- 4p 26 Leg met behulp van figuur 1 uit of deze bewering klopt.

Usain Bolt legde de eerste 20 m af in 2,86 s. Hij had na dit interval een snelheid van 10 m s^{-1} . De metingen toonden aan dat Bolt in dit interval niet eenparig versnelde vanaf stilstand.

Usain Bolt heeft een massa van 93 kg.

- 3p 27 Bereken het (gemiddelde) vermogen dat Usain Bolt minstens moet leveren om een snelheid van 10 m s^{-1} te halen.

Tijdens de start zetten sprinters zich schuin naar voren af. Alleen de horizontale component van de afzetkracht wordt gebruikt om de atleet te versnellen over de baan. In de biomechanica wordt de verhouding van de horizontale component ten opzichte van de totale afzetkracht de efficiëntie genoemd.

figuur 2



In figuur 2 is de totale afzetkracht met een vectorpijl weergegeven. Deze figuur staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 4p **28** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de efficiëntie van Bolt.

Usain Bolt deed ook mee in de estafetteploeg. Hierbij moet alleen de eerste sprinter vanuit stilstand vertrekken. De overige sprinters mogen al snelheid maken voor ze aan hun 100 m beginnen. Bij de estafette vertrok Usain Bolt niet als eerste.

Op de uitwerkbijlage is figuur 1 nogmaals weergegeven.

- 2p **29** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoeveel tijdswinst Usain Bolt maximaal kan behalen door niet vanuit stilstand te vertrekken. Licht je antwoord toe.

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.

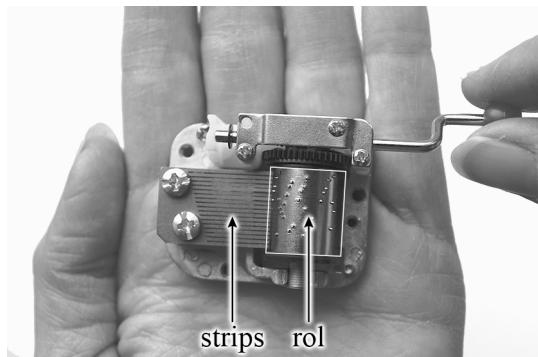
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Ga verder op de volgende pagina.

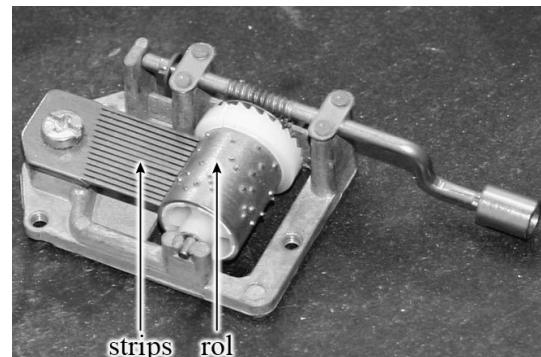
Muziekdoos

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

figuur 1

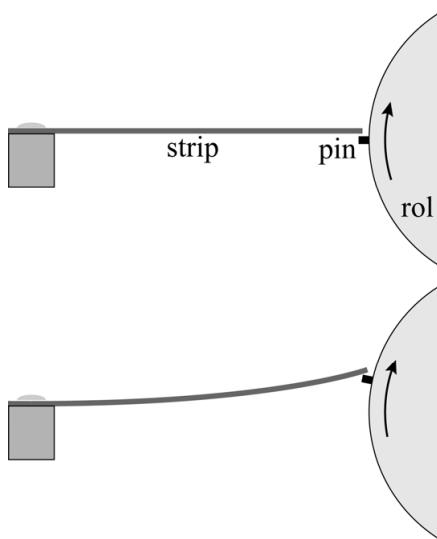


figuur 2



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



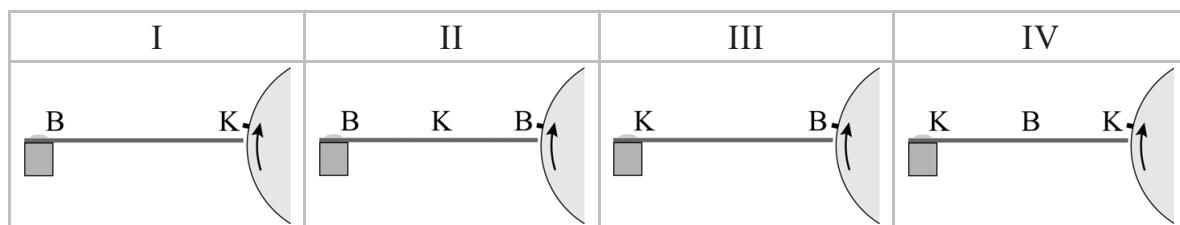
Door meerdere strips naast elkaar te gebruiken, kan een melodie worden gespeeld. Zie figuur 1 en 2.

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

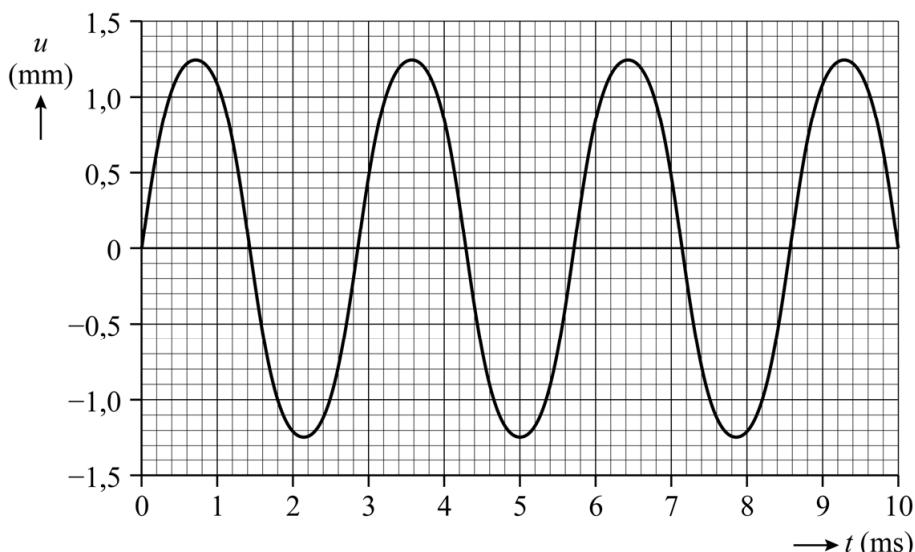


- 1p 2 Welk patroon is juist?

- 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.

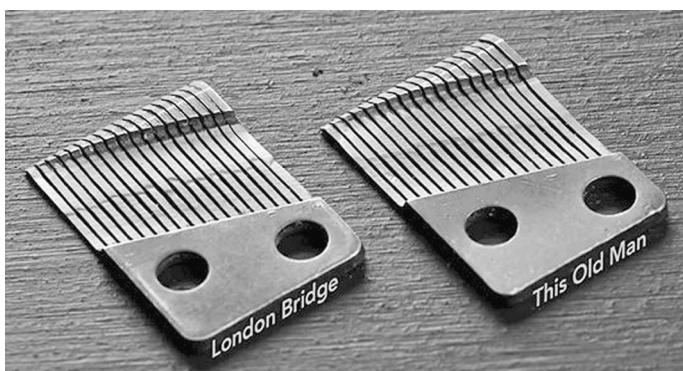
De camera legt de trillende strip vast door er per seconde een bepaald aantal foto's van te maken. Dit aantal foto's per seconde is de zogenaamde beeldfrequentie.

- 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.

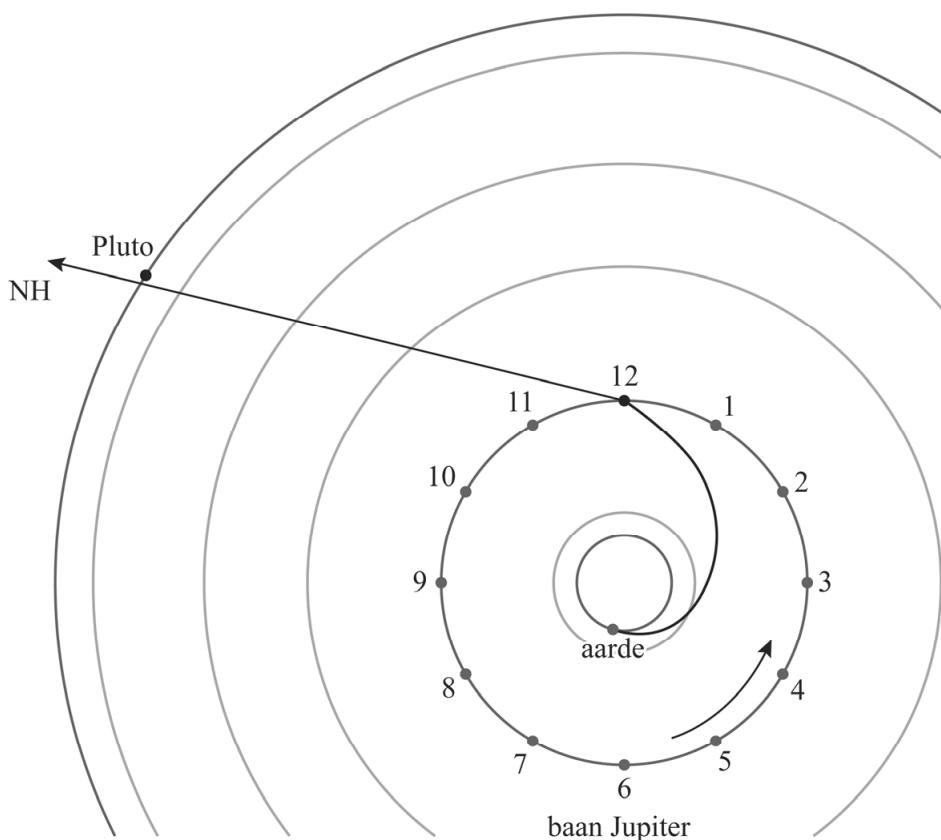
Deze opgave bestaat uit twee delen:

- 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

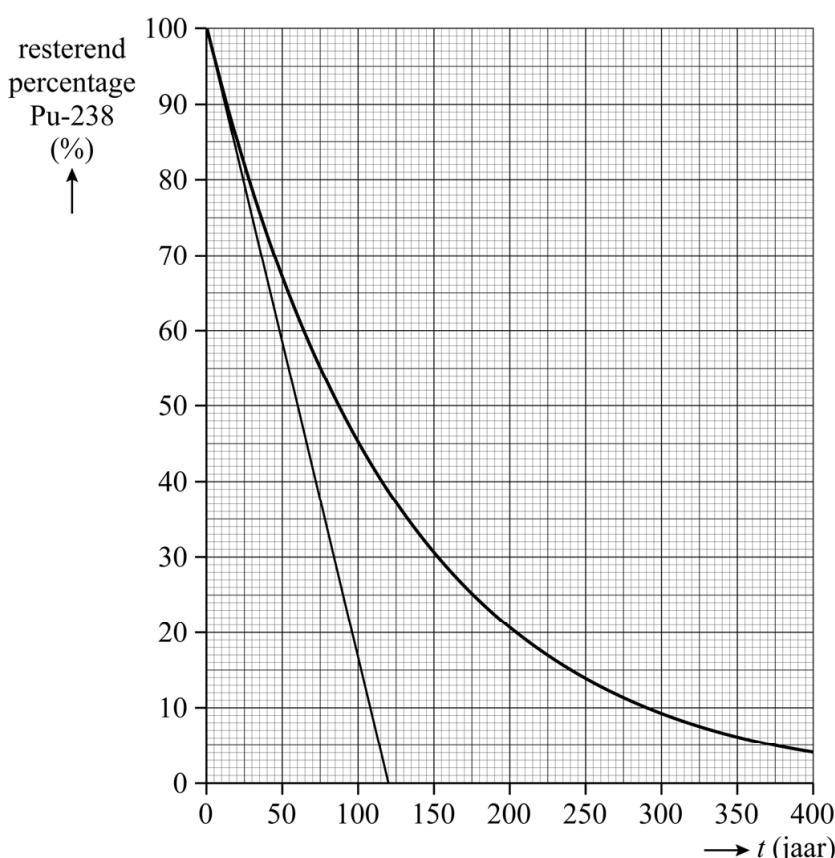
Voor de elektrische apparatuur aan boord van NH is een energiebron nodig. NH gebruikt hiervoor plutonium-238. Deze isotoop zendt alleen α -straling uit.

- 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.

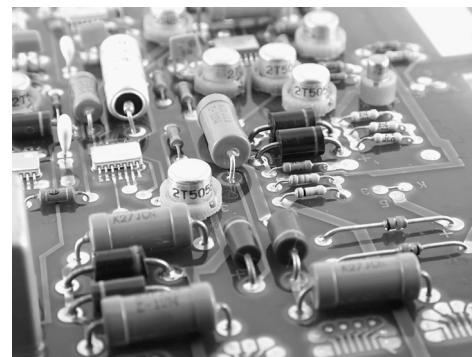
- 3p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage hoelang de energiebron van NH kan functioneren. Geef het antwoord in twee significante cijfers.

Lithografie

Lees het volgende artikel.

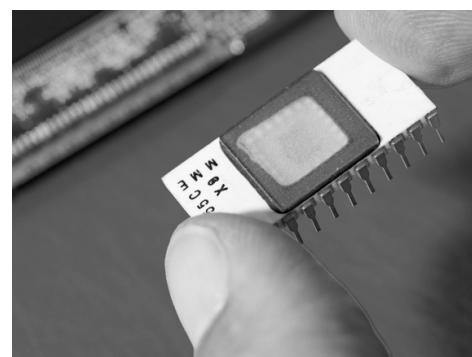
In een elektrisch apparaat zitten onderdelen zoals weerstanden en diodes. Vroeger werden die onderdelen op een kunststof plaat met koperen geleiders bevestigd. Zo'n plaat wordt een printplaat genoemd.
Zie figuur 1.

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



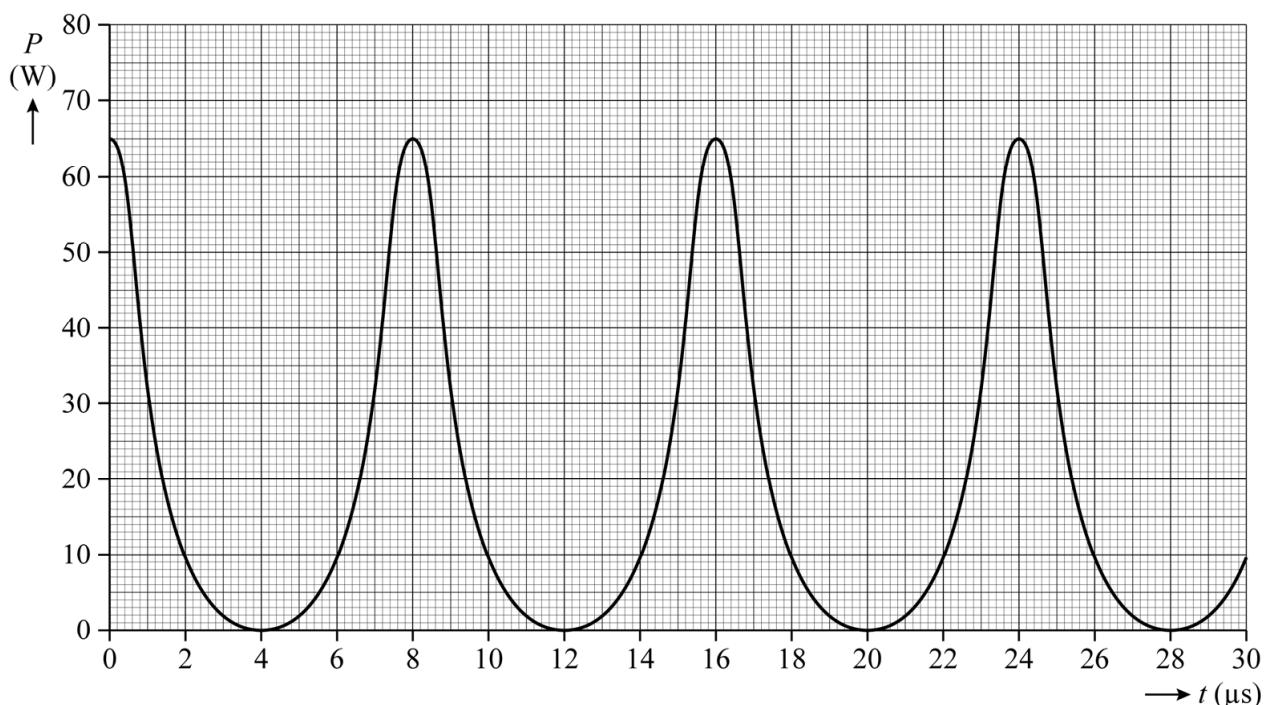
- 1p 13 Tot welk deel van het elektromagnetisch spectrum behoort deze straling?
- A gammastraling
 - B röntgenstraling
 - C UV-straling
 - D zichtbaar licht

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.

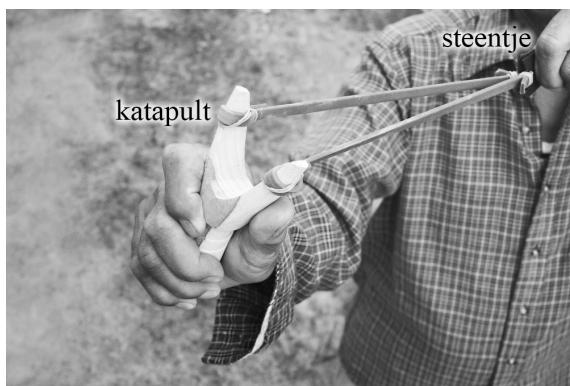
- 4p 16 Bereken de minimale breedte van een geleider die met de nieuwe, kortere golflengte kan worden gemaakt.

Stunt in Dubai

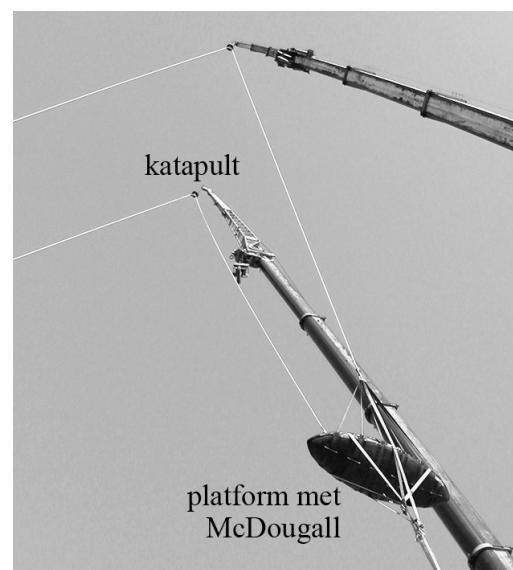
Met een katapult kun je steentjes wegschieten. Zie figuur 1.

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 m s^{-1} .

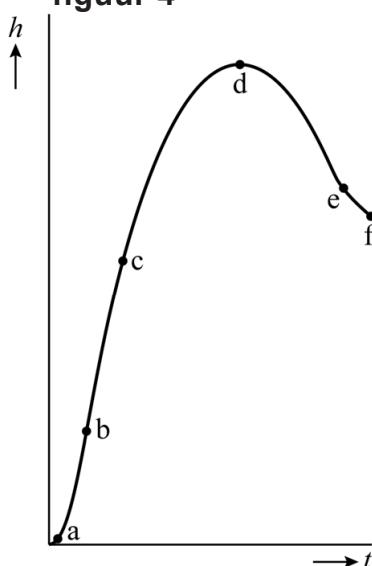
- 4p 17 Bereken het rendement van de katapult.

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.

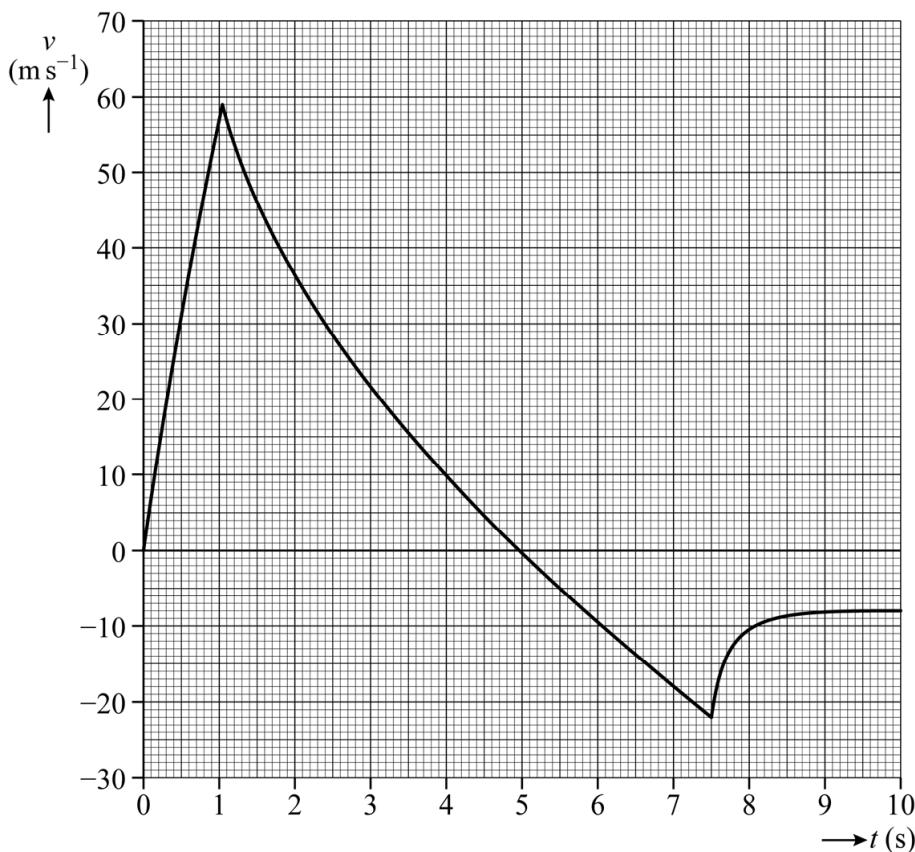
- 2p 18 Omcirkel op de uitwerkbijlage in de tabel per fase met welk punt in de grafiek (a, b, c, d, e of f) deze fase overeenkomt.

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 35Ω . 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.

Examen HAVO

2022

tijdvak 2
tijdsduur: 3 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

Straling tijdens vliegen

Hoog in de atmosfeer ontstaan snelle neutronen en gammastraling door kosmische straling. Hoe hoger iemand zich in de atmosfeer bevindt, hoe groter de schadelijke invloed van deze straling is. Studenten hebben daarom onderzoek gedaan naar de ontvangen dosis als gevolg van snelle neutronen en gammastraling tijdens een vlucht in een vliegtuig.

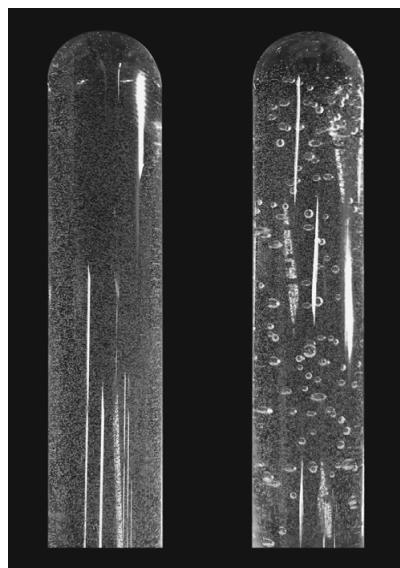
De wand van een vliegtuig is gemaakt van aluminium met een dikte van 2,2 mm. De gammastraling heeft een frequentie van $2,4 \cdot 10^{20}$ Hz.

4p 1 Voer de volgende opdrachten uit:

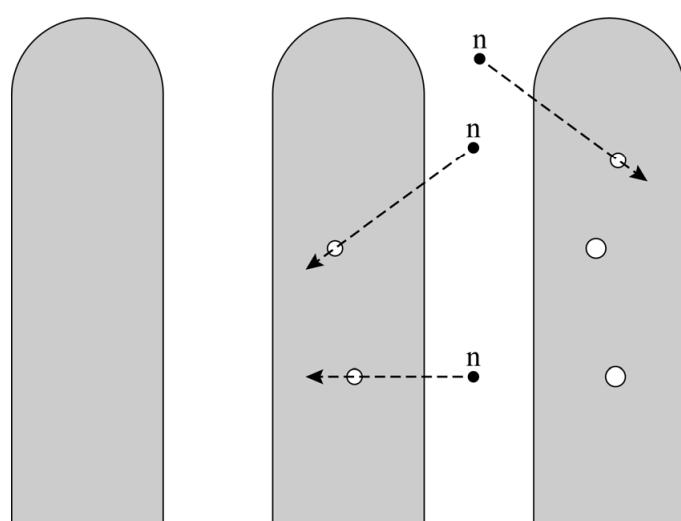
- Bereken de energie van een foton van deze gammastraling in MeV.
- Leg met Binas-tabel 28F of Sciencedata-tabel 5.9 uit of de wand van een vliegtuig veel bescherming biedt tegen deze straling.

Net als gammastraling hebben de snelle neutronen ioniserende eigenschappen. Om snelle neutronen te detecteren wordt een zogenaamde bubbeldetector gebruikt. Dit is een doorzichtige buis gevuld met vloeistof. Als deze vloeistof wordt geraakt door snelle neutronen ontstaan er bellen in de vloeistof. Deze bellen blijven aanwezig tot de bellendetector gereset wordt. Zie figuren 1 en 2.

figuur 1



figuur 2



Om de bubbeldetector vóór de vlucht te testen, hebben de studenten hem naast een bron met Americium-241 en Beryllium-9 gelegd. Am-241 is een alfastraler.

3p 2 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Am-241.

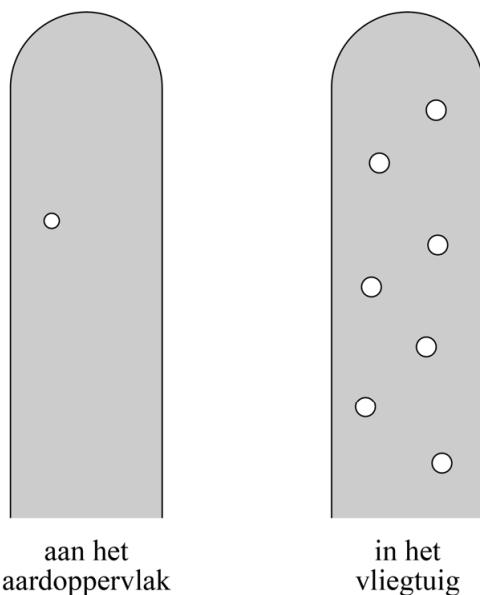
Beryllium-9 neemt een alfadeeltje op. Hierbij ontstaan een nieuw deeltje en een snel neutron. Op de uitwerkbijlage staat een deel van deze reactie weergegeven.

- 3p 3 Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage af.

Snelle neutronen zijn in staat om door de wand van een vliegtuig te dringen. De studenten hebben de bubbeldetector meegenomen tijdens de vlucht om de ontvangen dosis als gevolg van de snelle neutronen te bepalen.

Een tweede, identieke bubbeldetector is ter controle achtergebleven op de grond. Beide detectoren zijn direct na de vlucht geanalyseerd. Zie figuur 3.

figuur 3



In de technische gegevens van de gebruikte bubbeldetectoren staat:

Bij een neutronenergie van 1 MeV ontstaan 3 bubbels per $5,0 \cdot 10^{-8}$ Gy ontvangen stralingsdosis.

- 4p 4 Bepaal met behulp van figuur 3 de extra opgelopen equivalente dosis door neutronen tijdens de vlucht. Ga hierbij uit van neutronen met een energie van 1 MeV.

Ruimtepuin

Versleten satellieten en brokstukken van gebotste satellieten vliegen als ruimtepuin rond de aarde. In 2018 heeft een kunstenaar geprobeerd om mensen bewust te maken van dit ruimtepuin, dat vanaf de aarde onzichtbaar is. Hij heeft met lasers vanaf de grond de positie van ruimtepuin op hoogtes tussen $2,0 \cdot 10^5$ m en $2,0 \cdot 10^7$ m aangeduid. Zie een artist's impression in figuur 1.

figuur 1

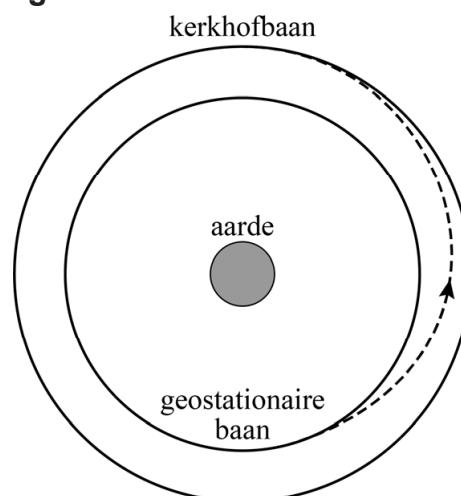


In 2009 vond de eerste botsing tussen twee satellieten plaats. Door deze botsing ontstonden veel brokstukken die nu nog om de aarde cirkelen. De baansnelheid van een van de satellieten in zijn cirkelbaan voor de botsing was $7,75 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$.

- 5p **5** Toon met een berekening aan of deze botsing plaatsvond op een hoogte die de kunstenaar met de lichten heeft aangeduid.

Om botsingen te voorkomen wordt tegenwoordig al vóór de lancering van nieuwe satellieten nagedacht over het opruimen ervan aan het einde van de levensduur. Een mogelijke oplossing voor een geostationaire satelliet is om hem aan het einde van zijn leven naar een speciale baan om de aarde te brengen: de kerkhofbaan. Zie figuur 2. Deze figuur is schematisch en niet op schaal.

figuur 2



Voor de overgang van de geostationaire baan naar de kerkhofbaan moet 7,0 MJ arbeid worden verricht. Deze arbeid wordt geleverd door een stuwraket die brandstof verbrandt met een rendement van 64%. De brandstof die wordt gebruikt, heeft een stookwaarde van $19,4 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$. De orde van grootte van de massa van een kleine satelliet is 100 kg.

5p **6** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken hoeveel kilogram brandstof nodig is om de satelliet in de kerkhofbaan te krijgen.
- Leg uit op basis van deze hoeveelheid of dit een haalbare mogelijkheid is.

Voor brokstukken die zijn ontstaan na een botsing, is een kerkhofbaan sowieso geen oplossing. Een voorstel is om dit ruimtepuin op te ruimen door bestraling met zeer krachtige lasers vanaf de aarde.

Door de bestraling met lasers neemt de snelheid van een brokstuk een beetje af. Hierdoor komt het dichter bij de aarde en zal het uiteindelijk door een snelle toename van temperatuur verdampen.

1p **7** Welke kracht is de directe oorzaak voor deze snelle toename van temperatuur?

- A gravitatiekracht
- B luchtweerstandskracht
- C middelpuntzoekende kracht
- D zwaartekracht

De lasers verrichten arbeid en remmen hierdoor een brokstuk af.

Dergelijke opruimacties zijn al gemodelleerd door wetenschappers, maar zouden de lasers van de kunstenaar ook krachtig genoeg zijn om een brokstuk voldoende af te remmen?

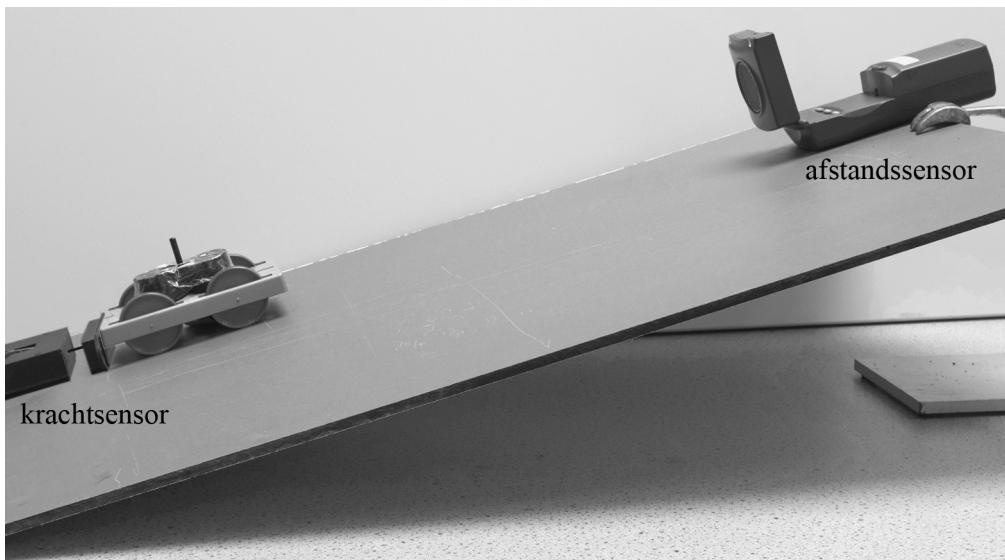
De arbeid die deze lasers samen per seconde verrichten op het brokstuk is $1 \cdot 10^2 \text{ J}$. De snelheid van dit brokstuk ($m = 2 \text{ kg}$) moet worden verlaagd van $7,6 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ naar $7,5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$. De lasers raken het brokstuk in totaal 1 minuut.

4p **8** Leg met behulp van een berekening uit of deze lasers in dat geval genoeg arbeid verrichten om het brokstuk voldoende af te remmen.

Kreukelzone

Inzittenden van een auto worden tijdens een botsing onder andere beschermd door kreukelzones. Jeroen wil het effect van een kreukelzone tijdens een botsing onderzoeken door een karretje van een helling te laten rijden en tegen een zelfgemaakte krachtsensor te laten botsen. Met een afstandssensor bepaalt hij de plaats van het karretje op de baan tijdens een botsproef. Zie figuur 1.

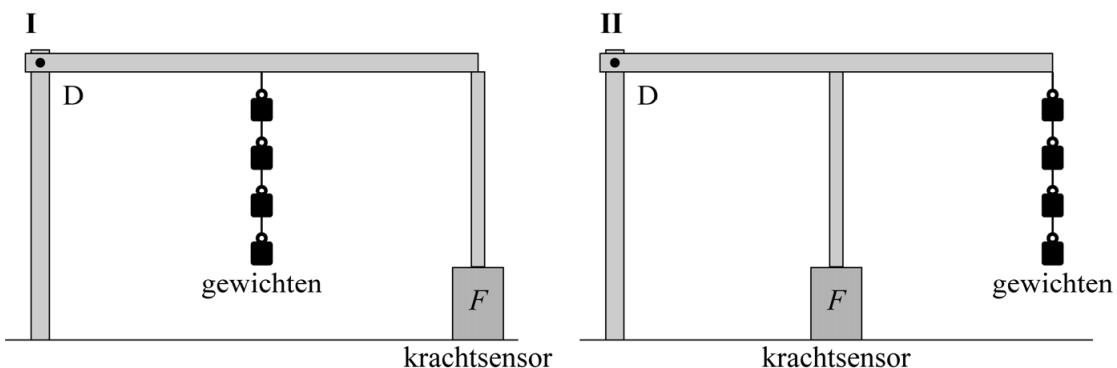
figuur 1



Deel 1: de krachtsensor

Jeroen wil controleren wat de krachtsensor aangeeft voor krachten tot 25 N. Jeroen heeft 25 gewichten van 50 gram. Om tot 25 N te kunnen controleren gebruikt Jeroen een hefboom met draaipunt D waarmee hij met een staafje op de krachtsensor op tafel drukt. Hij kan hier twee verschillende opstellingen (I of II) voor gebruiken. Zie figuur 2. De massa van de hefboom en het staafje mogen verwaarloosd worden.

figuur 2

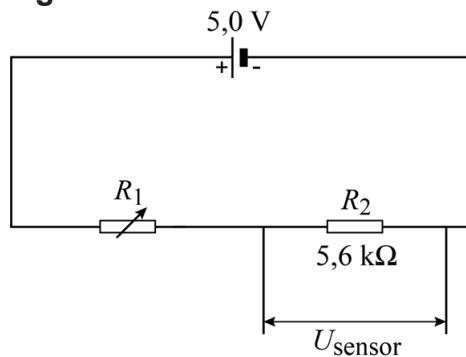


- 3p 9 Leg met de hefboomwet uit welke opstelling (I of II) Jeroen moet gebruiken.

De krachtsensor zelf bestaat uit een serieschakeling van een krachtgevoelige weerstand R_1 en een ohmse weerstand R_2 van $5,6\text{ k}\Omega$. De weerstand van R_1 verandert als er een grotere of kleinere kracht op wordt uitgeoefend.

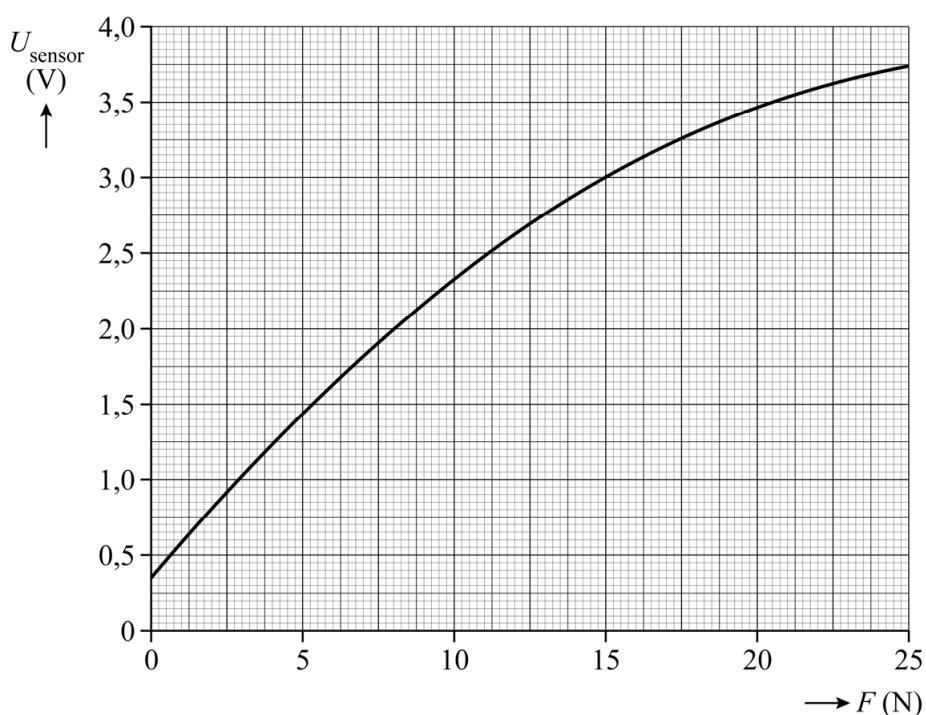
De spanningsbron levert $5,0\text{ V}$. Zie figuur 3.

figuur 3



Jeroen heeft het verband tussen de spanning over R_2 (de zogenaamde sensorspanning U_{sensor}) en de kracht F op de sensor bepaald. Dit is weergegeven in figuur 4.

figuur 4



- 4p 10 Bepaal de grootte van de krachtgevoelige weerstand R_1 bij een kracht van 15 N .

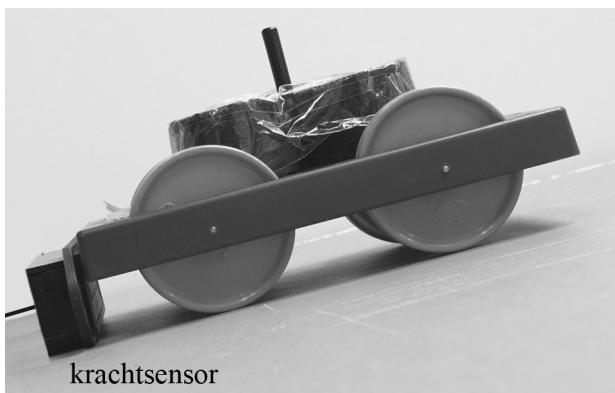
Als er geen kracht op de krachtsensor werkt, geeft deze sensor toch al een beginspanning U_0 die groter is dan 0 V.

- 2p 11 Omcirkel op de uitwerkbijlage in elke zin het juiste antwoord.

Deel 2: de botsproef

Als het karretje in rust tegen de sensor staat, constateert Jeroen dat de krachtsensor al een bepaalde spanning U_A geeft die groter is dan U_0 . Hij concludeert dat dat komt doordat het karretje op een helling staat. Zie figuur 5. De rolweerstands kracht wordt verwaarloosd.

figuur 5



Het karretje heeft een massa van 0,26 kg.

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage. De zwaartekracht F_z is op schaal ingetekend. In deze situatie is de kracht F op de sensor even groot als de component van F_z parallel aan de helling.

- 5p 12 Voer de volgende opdrachten uit:

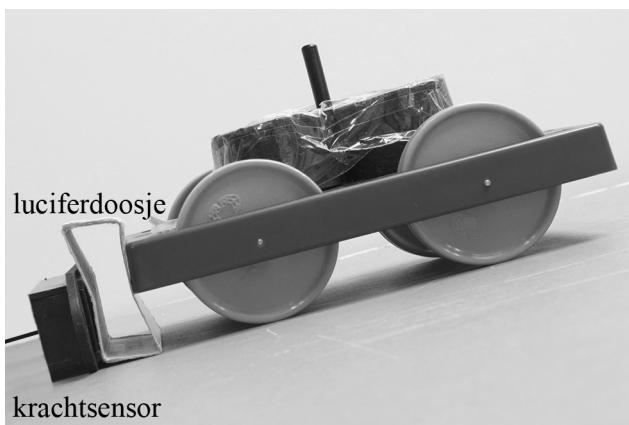
- Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage deze component van F_z .
- Bepaal de grootte van U_A met behulp van figuur 4.

Jeroen test de opstelling. Hij laat het karretje ($m = 0,26 \text{ kg}$) van de helling rijden en tegen de krachtsensor botsen. Van deze test maakt hij een (x,t) -diagram. Dit (x,t) -diagram staat op de uitwerkbijlage.

- 4p 13 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale kinetische energie van het karretje tijdens deze test. Geef in de figuur aan hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Vervolgens voert Jeroen vanaf andere hoogtes twee vergelijkbare botsproeven uit. Hij laat het karretje naar beneden rijden en tegen de krachtsensor botsen. Eén keer botst het karretje direct tegen de sensor. Daarna botst het met een vervormbaar luciferdoosje als kreukelzone tussen het karretje en de krachtsensor. Zie figuur 6. De massa van het luciferdoosje is verwaarloosbaar.

figuur 6



Van beide botsproeven maakt Jeroen een (F, x) -diagram. Hierin is x de plek van het karretje op de baan. Deze diagrammen staan vereenvoudigd op de uitwerkbijlage. De oppervlakte onder iedere grafiek is de arbeid die de krachtsensor heeft verricht om het karretje af te remmen.

Jeroen constateert dat de kreukelzone tijdens de botsing een deel van de energie van het karretje heeft geabsorbeerd. Beide botsingen vinden met dezelfde snelheid plaats.

- 3p 14 Bepaal met behulp van de diagrammen op de uitwerkbijlage de energie die de kreukelzone tijdens de botsing heeft geabsorbeerd. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

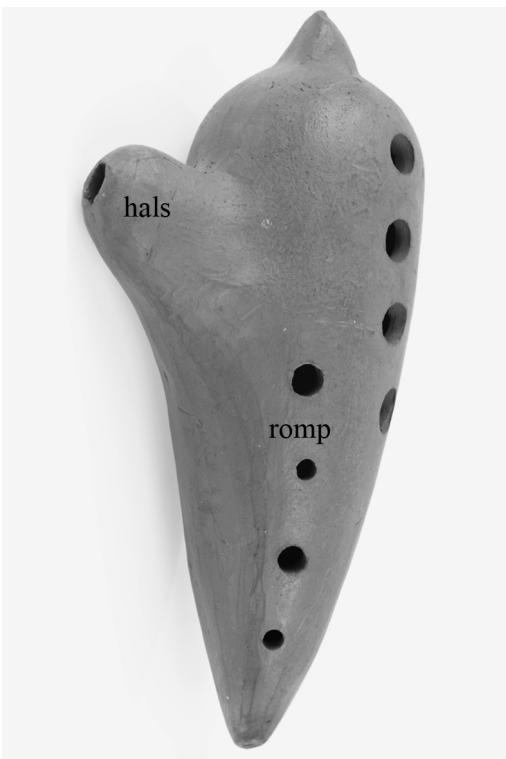
Jeroen trekt naar aanleiding van zijn onderzoek een aantal conclusies over grootheden die kunnen veranderen door het gebruik van een kreukelzone. Deze conclusies staan op de uitwerkbijlage.

- 2p 15 Geef per conclusie met een kruisje aan of deze juist of onjuist is.

Ocarina

Een ocarina is een blaasinstrument dat bestaat uit een romp en een hals. De ocarina wordt aangeblazen door de hals. In de romp zitten diverse gaten die tijdens het spelen met de vingers kunnen worden afgesloten om verschillende tonen te maken. Zie figuren 1 en 2.

figuur 1

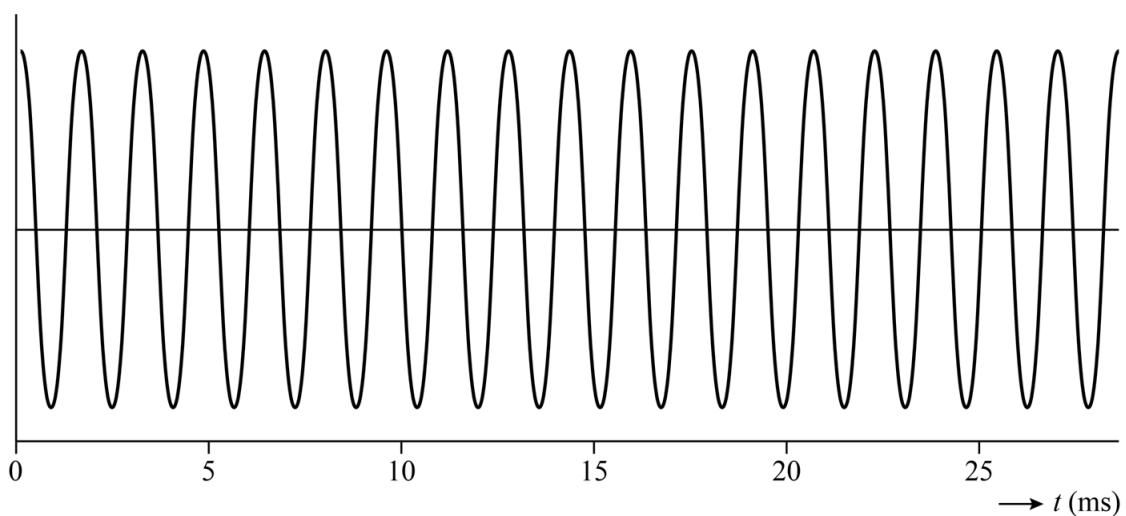


figuur 2



Met de ocarina wordt een toon gespeeld. In figuur 3 staat het oscillogram van deze toon.

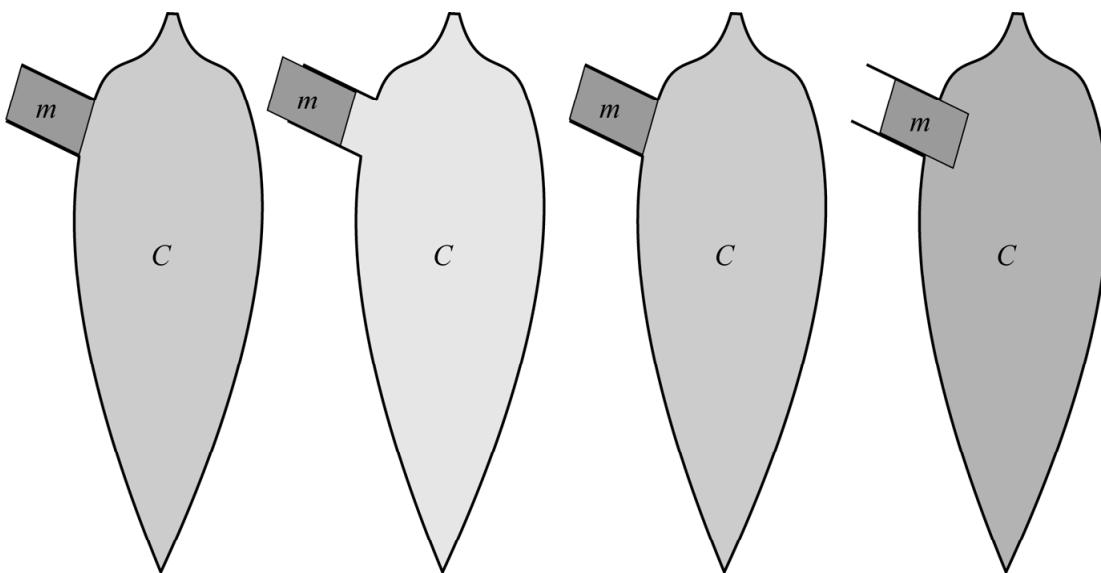
figuur 3



- 2p 16 Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie van deze toon. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Een ocarina produceert op een bijzondere manier geluid: hij werkt als een massa-veersysteem. In figuur 4 is een vereenvoudigd model van dit systeem van de ocarina uit figuur 1 weergegeven.

figuur 4



De lucht in de hals heeft een massa (m). Deze massa wordt als constant beschouwd. De lucht in de hals trilt op en neer. Door de op- en neergaande beweging van de luchtmassa in de hals, werkt de lucht in de romp als een soort veer met veerconstante C die samengedrukt en uitgerekt wordt.

De ocarina brengt een bepaalde toon voort met een trillingstijd van $2,5 \cdot 10^{-3}$ s. De lucht in de hals van de ocarina in figuur 1 heeft een volume van $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$.

- 3p 17 Bereken de grootte van de veerconstante C die uit het model volgt. Noteer het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Voor de ocarina geldt dat de golflengte van het geluid altijd even groot als of groter dan de lengte van het instrument zal zijn.

- 4p 18 Voer de volgende opdrachten uit:
- Maak met behulp van figuur 2 een beredeneerde schatting van de frequentie die deze ocarina produceert als de golflengte gelijk is aan de lengte van het instrument.
 - Beredeneer of dit de hoogste of de laagste frequentie is die deze ocarina kan produceren.

Voor de trillingstijd T van een toon die een ocarina produceert, geldt:

$$T = k \cdot \sqrt{\frac{Vd}{A}} \quad (1)$$

Hierin is:

- A de totale oppervlakte van de (niet-afgesloten) gaten;
- d de wanddikte van de ocarina;
- V het volume van de romp;
- k een constante.

Een ocarina wordt gemaakt van klei. Nadat de klei is gedroogd, wordt de ocarina verder afgebakken in een oven. Tijdens het afbakken wordt het volume van de romp van de ocarina iets kleiner en wordt de toon van de ocarina anders dan wanneer deze volumeverandering niet zou plaatsvinden. De wanddikte blijft bij benadering constant. Om na het bakken de juiste toonhoogte te krijgen, moet men een gat kleiner maken met klei of groter slijpen.

4p **19** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereideneer met behulp van formule (1) of de toon van een ocarina door de volumeverandering tijdens het afbakken hoger of lager wordt.
- Bereideneer of na het bakken een gat groter of kleiner moet worden gemaakt om de oorspronkelijke toonhoogte terug te krijgen.

Koffiepercolator

Een percolator is een apparaat dat in één keer een grote hoeveelheid koffie kan zetten en kan warmhouden.

Een percolator wordt met een verlengsnoer aangesloten op een stopcontact. Zie figuur 1.

Wanneer het verlengsnoer bij gebruik niet volledig is afgerold, ontstaat er brandgevaar bij overbelasting. Op het verlengsnoer is aangegeven hoeveel stroom er maximaal door de kabel mag lopen wanneer hij opgerold of afgerold wordt gebruikt. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

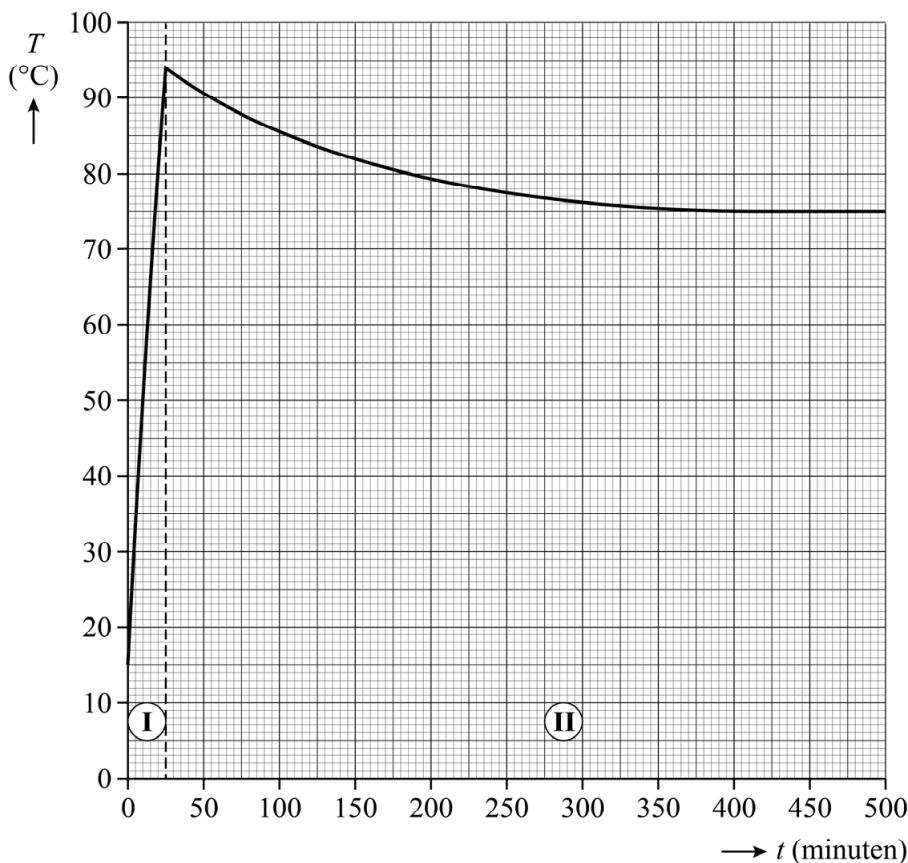


Het vermogen van de koffiepercolator is tijdens het koffiezetten 1,5 kW. De koffiepercolator werkt op 230 V.

- 3p 20 Toon met een berekening aan of het snoer moet worden afgerold voor gebruik.

In figuur 3 is het (T, t)-diagram weergegeven van de koffie in een percolator.

figuur 3



Tijdens fase I wordt de koffie gezet. Er wordt koffie gezet met 3,0 L water. De stofeigenschappen van koffie zijn gelijk aan die van water. Gedurende het koffiezetten is het vermogen van de koffiepercolator 1,5 kW.

- 4p 21 Bepaal met behulp van figuur 3 het rendement van het verwarmen van het water in de koffiepercolator tijdens fase I. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

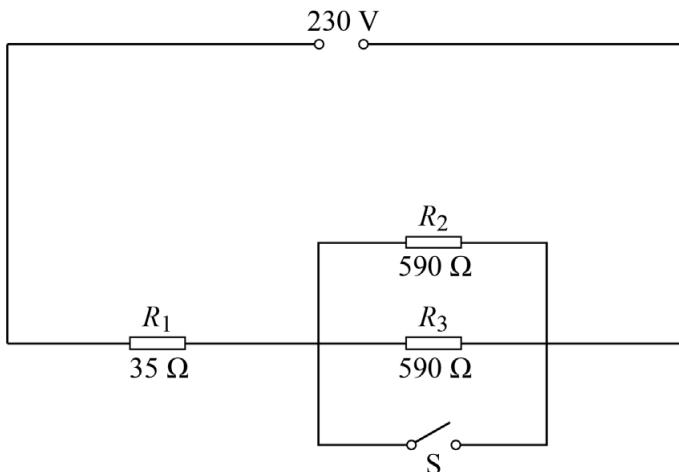
De percolator staat warmte af aan de omgeving. Het energieverlies per seconde aan de omgeving wordt P_{verlies} genoemd. Zodra de koffie een temperatuur van 94 $^{\circ}\text{C}$ heeft bereikt is hij klaar en schakelt het apparaat over op een lager elektrisch vermogen om de koffie warm te houden. Dit is fase II in figuur 3.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel over figuur 3.

- 2p 22 Geef in de tabel voor drie tijdstippen met een kruisje aan of $P_{\text{elektrisch}}$ groter is dan, even groot is als of kleiner is dan P_{verlies} .

De verwarming van de percolator bestaat uit drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 . In figuur 4 is het schakelschema weergegeven van het systeem dat gebruikt wordt.

figuur 4



Gedurende fase I is een groot vermogen ingeschakeld om te verwarmen. Gedurende fase II is een klein vermogen ingeschakeld om warm te houden. Het omschakelen van fase I naar fase II gebeurt door een (temperatuurstuurde) schakelaar S.

- 3p **23** Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg met behulp van de stroomsterkte uit of voor een groot elektrisch vermogen een grote of kleine totale weerstand nodig is.
- Geef aan of de schakelaar tijdens fase I open of gesloten moet zijn.

De ketel van deze percolator is gemaakt van enkelwandig massief roestvrij staal. De fabrikant levert ook een percolator met een dubbele wand van roestvrij staal. De holle ruimte tussen de binnenwand en de buitenwand is vacuüm gemaakt.

- 1p **24** Geef aan welke vorm van warmtetransport naar de buitenlucht wel volledig wordt tegengehouden door een holle wand met vacuüm, maar niet door een massieve wand van roestvrij staal.

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.

Examen HAVO

2022

tijdvak 3
woensdag 6 juli
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 28 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.

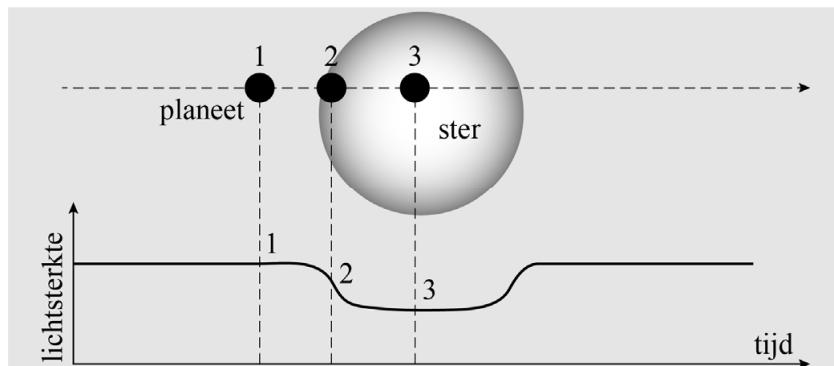
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.

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

Superaarde?

Astronomen zijn voortdurend op zoek naar planeten bij andere sterren dan de zon. Deze zogenaamde exoplaneten zijn niet zichtbaar met een telescoop. Ze kunnen ontdekt worden door een tijd lang de lichtsterkte van een ster te meten. Als deze lichtsterkte niet constant is, dan kan dat veroorzaakt worden door een exoplaneet die voor de ster langs beweegt en daarbij het licht van de ster gedeeltelijk tegenhoudt. Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



Zo is bij de ster met de naam GJ1214 een exoplaneet ontdekt die de naam GJ1214b heeft gekregen. Er zijn veel verschillende soorten exoplaneten. Astronomen proberen exoplaneten te ordenen op basis van een aantal kenmerken. Zo kan ingeschat worden of een exoplaneet op de aarde lijkt en of er misschien leven mogelijk is. In figuur 2 staan enkele gegevens van exoplaneet GJ1214b.

figuur 2

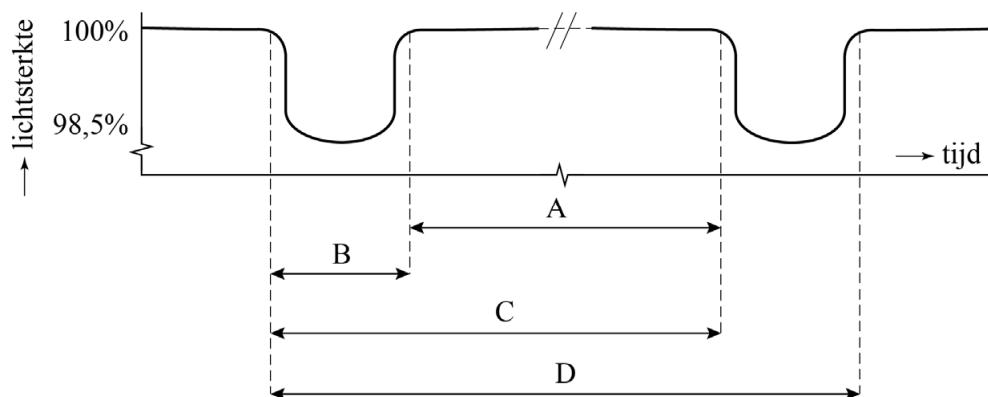
Exoplaneet GJ1214b	
massa	$6,50 \cdot M_{\text{aarde}}$
straal	$2,76 \cdot r_{\text{aarde}}$
omlooptijd rond ster	37,92 uur

De temperatuur aan het oppervlak van de ster is te bepalen door te meten aan het uitgezonden licht van de ster. Uit deze metingen blijkt dat de golflengte met de grootste intensiteit (λ_{\max}) ligt tussen $9,2 \cdot 10^{-7}$ m en $9,9 \cdot 10^{-7}$ m.

- 3p 1 Bereken de hoogste temperatuur die het oppervlak van ster GJ1214 kan hebben volgens deze metingen.

Door het deels afdekken van het zichtbare oppervlak van de ster neemt de waargenomen lichtsterkte af. In figuur 3 is de gemeten lichtsterkte van de ster uitgezet tegen de tijd. Met behulp van deze figuur is de omlooptijd van de exoplaneet rond de ster te bepalen. In de figuur staan vier pijlen.

figuur 3



- 1p 2 Welke pijl komt overeen met de omlooptijd van de planeet om de ster?

- A pijl A
- B pijl B
- C pijl C
- D pijl D

De oppervlakte van het cirkelvormige aanzicht van de ster is $6,487 \cdot 10^{16} \text{ m}^2$. Uit de diepte van het dal in de lichtsterkte-metingen blijkt dat 1,50% hiervan is afgedekt door het cirkelvormige aanzicht van de planeet. Hiermee konden astronomen berekenen dat de straal van deze planeet 2,76 keer zo groot is als de straal van de aarde ($r_{\text{aarde}} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$).

- 3p 3 Toon dit met een berekening aan.

Om een exoplaneet te kunnen vergelijken met de aarde wordt onder andere de valversnelling g aan het oppervlak van die planeet bepaald. Deze valversnelling hangt af van de massa (M) en de straal (r) van de planeet.

- 4p 4 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leid af dat geldt: $g = \frac{GM}{r^2}$
- Bereken de grootte van g voor de planeet GJ1214b. Geef je antwoord in drie significante cijfers.

Astronomen zijn op zoek naar exoplaneten die lijken op de rotsachtige aarde. Als de massa en de straal van de planeet GJ1214b bekend zijn, kan de dichtheid van die planeet worden berekend en vergeleken met die van de aarde.

- 1p 5 Hoe groot is de dichtheid van planeet GJ1214b vergeleken met die van de aarde? Gebruik figuur 2.

A $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

B $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50^2}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

C $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50^3}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

D $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76^2}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

E $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76^3}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

Astronomen proberen exoplaneten in te delen op basis van hun kenmerken. Uit de bepaling van de dichtheid volgde dat planeet GJ1214b een rotsachtige samenstelling heeft. Een rotsachtige planeet krijgt de indeling ‘superaarde’ als de massa groter is dan de massa van de aarde, maar kleiner dan de massa van de planeet Uranus.

- 3p 6 Leg met behulp van een berekening, figuur 2 en het informatieboek uit of planeet GJ1214b een superaarde is.

Concertharp

Een concertharp is een snaarinstrument.

Zie figuur 1. Na aanslaan van een snaar ontstaan er golven in de snaar en in de lucht.

- 2p 7 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elk van deze golven met een kruisje aan of deze voornamelijk transversaal of voornamelijk longitudinaal zijn.

Een snaar wordt aangeslagen. De lengte van deze snaar is 37,9 cm. De snaar produceert een staande golf met een grondtoon van 440 Hz.

- 3p 8 Bereken de golfsnelheid in de snaar.

Bijzonder aan een concertharp is het grote aantal snaren. Zie figuur 1. Iedere snaar kan trillen met een grondtoon en (een veelvoud aan) boventonen. Op de uitwerkbijlage is een snaar getekend.

- 2p 9 Geef met letters langs de snaar het patroon van knopen (K) en buiken (B) aan als deze snaar trilt in de tweede boventoon.

Als bij een concertharp een snaar wordt aangeslagen ontstaan staande golven. In figuur 2 is een aangeslagen snaar getekend in de uiterste stand.

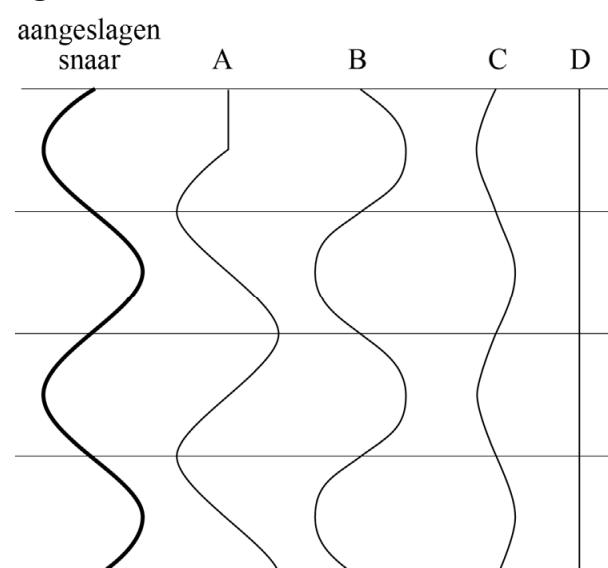
- 1p 10 Welk patroon toont de stand van de snaar een kwart trillingstijd later?

- A patroon A
- B patroon B
- C patroon C
- D patroon D

figuur 1

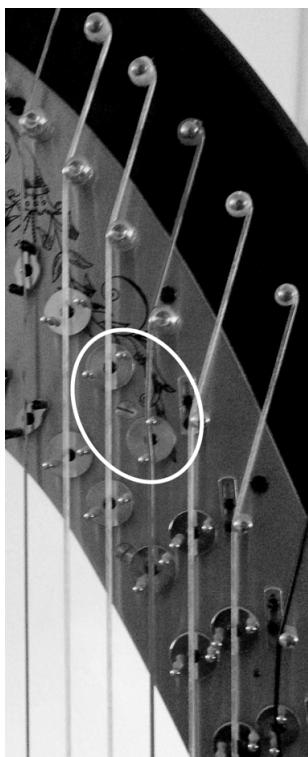


figuur 2

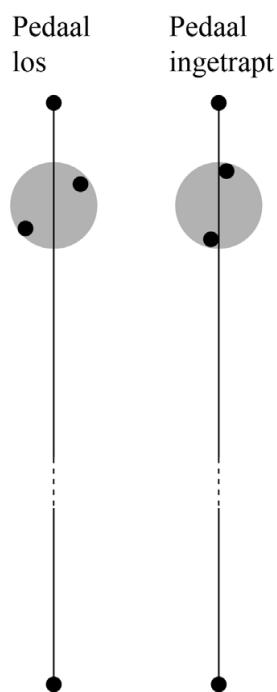


Een concertharp heeft pedalen. Door het intrappen van een pedaal verdraait een wieltje en worden er twee pinnen tegen de snaar gedrukt. Zie figuur 3 en schematisch in figuur 4.

figuur 3



figuur 4

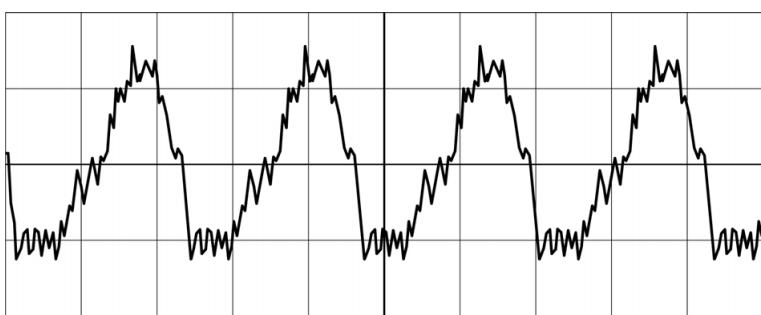


De golfsnelheid in de snaar wordt als constant beschouwd.

- 2p **11** Leg uit of de grondtoon door het intrappen van het pedaal lager of hoger gaat klinken.

Er wordt een andere snaar aangeslagen. Van de trilling is een oscillogram gemaakt. Zie figuur 5. De tijd is ingesteld op 2,0 ms per hokje.

figuur 5



- 4p **12** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal de frequentie van de grondtoon van deze trilling. Geef je antwoord in twee significante cijfers.
- Leg met behulp van het oscillogram uit of het geluid van deze snaar ook boventonen bevat.

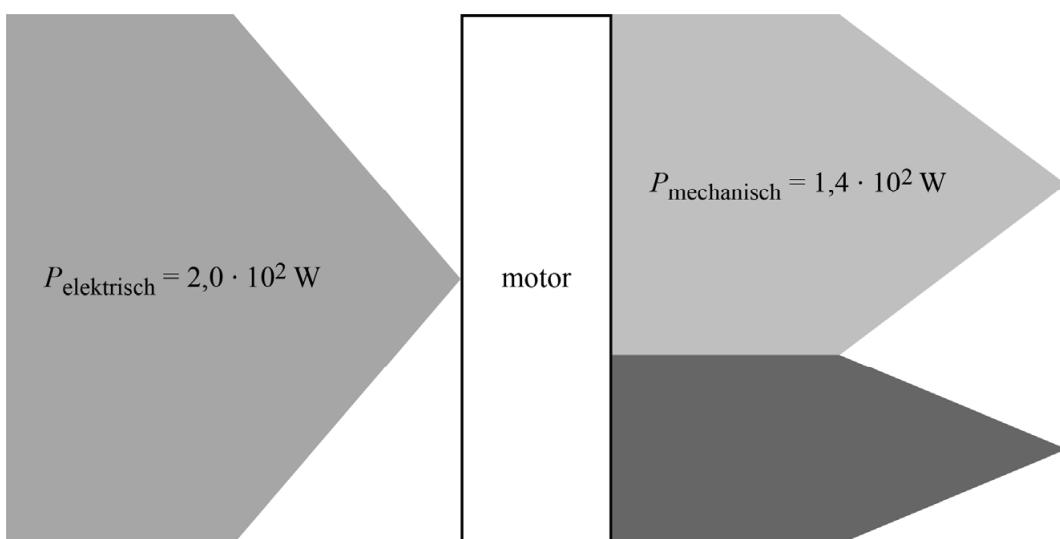
Wielrennen met een motor

Tijdens wielrenwedstrijden is hulp van een motor verboden. Tijdens een wedstrijd kan zo'n motor voor tijdwinst zorgen. In 2016 werd voor het eerst een racefiets ontdekt met een verboden motor in het frame.

De motor werkt op elektrische energie. Een deel van deze energie wordt door de motor gebruikt om arbeid te verrichten.

In figuur 1 is in een diagram weergegeven wat de motor aan elektrisch vermogen ($P_{\text{elektrisch}}$) krijgt en aan arbeid per seconde (mechanisch vermogen $P_{\text{mechanisch}}$) verricht. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



Een bij wielrenners bekende heuvel is de Cauberg. Deze heuvel heeft een hoogteverschil van 64 m.

Een wielrenner van 80 kg levert zelf een vermogen van $4,0 \cdot 10^2 \text{ W}$ tijdens de beklimming van de Cauberg. De motor levert continu een extra mechanisch vermogen van $1,4 \cdot 10^2 \text{ W}$. Zie figuur 1. Alle wrijving wordt verwaarloosd.

- 4p 13 Bereken de tijdwinst die de motor op deze klim oplevert. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

De motor heeft een elektrisch vermogen van $2,0 \cdot 10^2$ W. Zie figuur 1.
De motor krijgt zijn energie van een accu. De accu is onzichtbaar ingebouwd in de fiets. In de tabel in figuur 2 zijn twee eigenschappen van verschillende types accu met elkaar vergeleken.

figuur 2

type accu	energiedichtheid accu (Wh kg ⁻¹)	maximaal vermogen per kilogram accu (W kg ⁻¹)
NiCd	48	200
Li-ion	220	400

Voor de racefiets is een Li-ion-accu gebruikt. Tot voor kort werd in apparaten vooral gebruikgemaakt van NiCd-accu's. Met NiCd konden geen bruikbare accu's worden gemaakt voor racefietsen. In de fiets kan een accu verborgen worden van maximaal 0,80 kg. Een zwaardere (en grotere) accu zou opgemerkt worden.

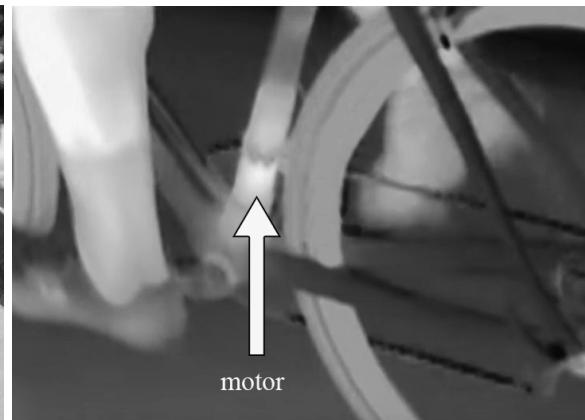
- 2p 14 Leg uit welke van de twee eigenschappen uit de tabel NiCd zeker onbruikbaar maakt voor deze racefiets.
- Er is een Li-ion-accu gebruikt met een massa van 0,80 kg.
- 3p 15 Bereken met behulp van de energiedichtheid de tijd dat de accu de motor van energie kan voorzien.

De motor en de accu zijn verstopt in een buis van de fiets. Zo'n motor kan tijdens het fietsen worden opgespoord omdat hij warmte afgeeft. Met een speciale camera worden de fietsen gefotografeerd. Zie figuur 3. De camera laat met verschillende kleuren verschillen in temperatuur op de foto zien. De warme buis rond de motor komt licht op de foto. Zie figuur 4.

figuur 3



figuur 4



De camera kan het temperatuurverschil zichtbaar maken als het deel van de buis om de motor meer dan $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ warmer is dan de rest van de buis. Zie figuur 4. De motor moet dan wel lang genoeg hebben aangestaan. De buis is van aluminium en heeft rondom de motor een volume van 48 cm^3 . De motor heeft een elektrisch vermogen van $2,0 \cdot 10^2\text{ W}$ en een mechanisch vermogen van $1,4 \cdot 10^2\text{ W}$. Zie figuur 1.

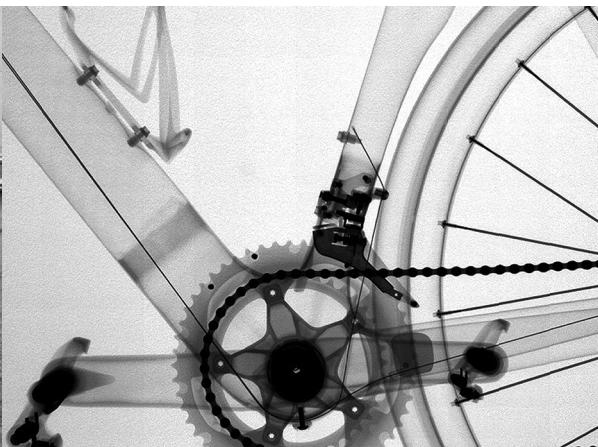
- 5p 16 Bereken de tijd die de motor minimaal moet aanstaan om hem te kunnen detecteren. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- 1p 17 Welke soort elektromagnetische straling zorgt ervoor dat de motor gedetecteerd kan worden door de camera?
- A infrarode straling
 - B zichtbaar licht
 - C ultraviolette straling
 - D röntgenstraling
 - E gammastraling

Een motor in het frame kan ook voor of na de wedstrijd zichtbaar gemaakt worden door een röntgenfoto van de fiets te maken met een röntgenscanner die in een aanhanger ingebouwd is. Zie figuren 5 en 6.

figuur 5



figuur 6



De röntgenscanner wordt gebruikt om de racefietsen op een wedstrijddag te scannen. Een medewerker ($m = 85 \text{ kg}$) die in de aanhanger bij de scanner blijft staan, ontvangt gemiddeld $0,72 \text{ J}$ aan röntgenstraling per wedstrijddag. Mensen die beroepshalve met straling werken, mogen jaarlijks over het lichaam een dosis van 20 mGy ontvangen.

Tijdens het scannen wordt het personeel aangeraden niet in de aanhanger met de scanner te blijven staan.

- 3p **18** Leg met behulp van een berekening uit dat dit een goed advies is.

In figuur 6 is te zien dat de foto lichter wordt als meer röntgenstraling de foto heeft bereikt. De ketting wordt donkerder afgebeeld dan de even dikke aluminium buizen van het frame.

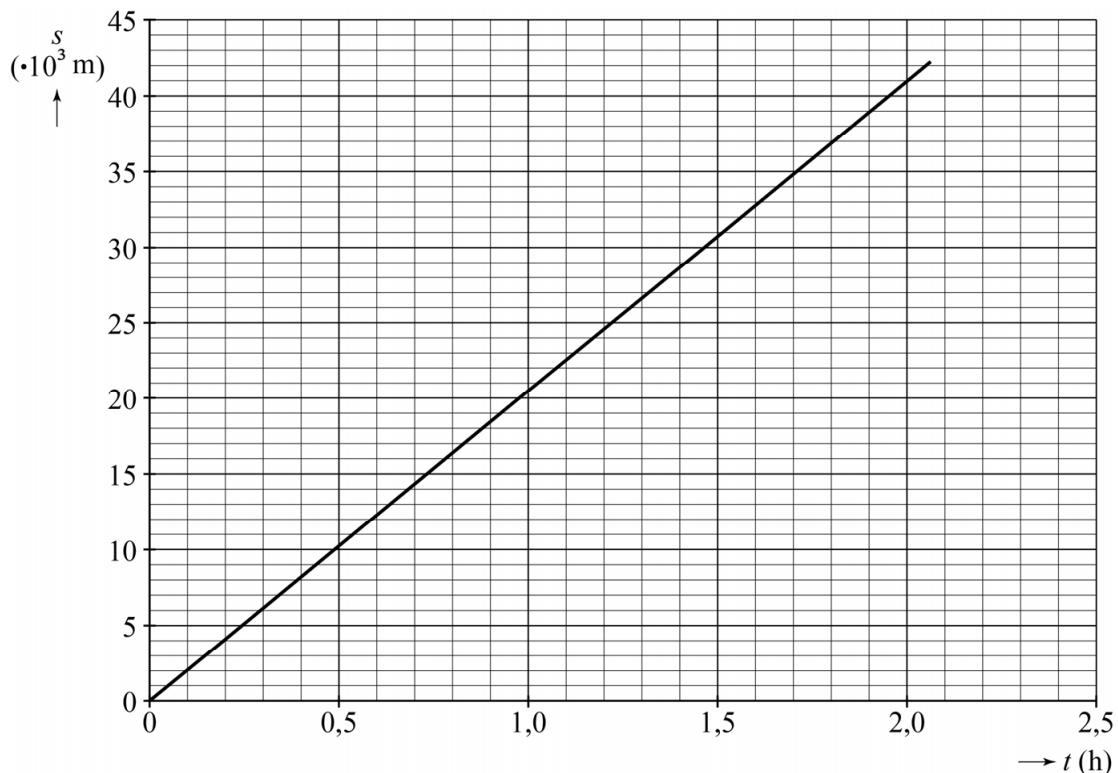
Een motor is gemaakt van metaal. De fiets in figuur 6 blijkt geen motor in het frame te hebben.

- 2p **19** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

Marathon onder de twee uur

Tijdens een marathon wordt een afstand van 42 km en 195 m in een zo kort mogelijke tijd gerend. In 2014 werd het wereldrecord gelopen in 2 uur, 2 minuten en 57 seconden. In figuur 1 staat het (vereenvoudigde) (s, t) -diagram dat hoort bij dit wereldrecord.

figuur 1



- 3p 20 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het (v, t) -diagram van het wereldrecord uit 2014. Licht je antwoord toe met een berekening.

Een looptijd van minder dan twee uur werd lang onmogelijk geacht. Atleten hebben in 2017 geprobeerd dat toch te halen door onder perfecte omstandigheden te lopen. In de voorbereiding werd het (s,t) -diagram van het wereldrecord uit 2014 als richtpunt gebruikt voor een nieuw loopschema voor deze recordpoging. Vóór de atleten zou een auto rijden om het tempo aan te geven volgens dat nieuwe schema. Zie figuur 2.

figuur 2

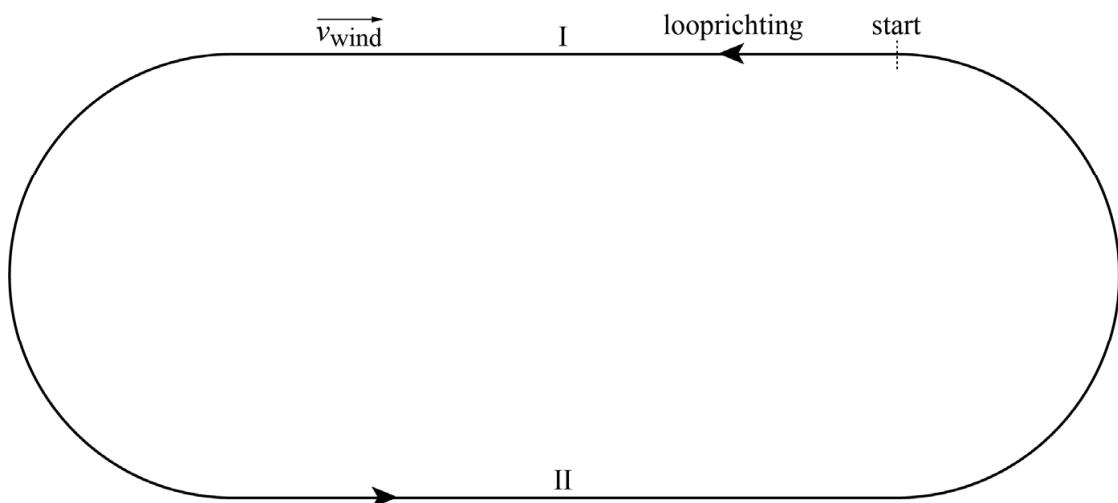


Op de uitwerkbijlage staan drie zinnen over het (v,t) -diagram voor de recordpoging onder de twee uur.

- 2p 21 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

In het nieuwe schema kon nog geen rekening gehouden worden met de wind. Met tegenwind loopt een atleet langzamer, met wind mee loopt hij harder. De race werd gelopen op een deel van het autoracecircuit van Monza. Dit deel van het circuit heeft twee lange rechte stukken I en II. Tijdens de recordpoging was er wind. Zie figuur 3.

figuur 3



Met deze wind loopt een atleet $0,3 \text{ m s}^{-1}$ langzamer dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk I en $0,3 \text{ m s}^{-1}$ sneller dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk II.

Anke beweert: "Een constante wind heeft geen invloed op de looptijd van een hele ronde."

Bert beweert: "Door de wind wordt de looptijd voor een hele ronde langer."

- 2p 22 Beredeneer wie er gelijk heeft: Anke of Bert.

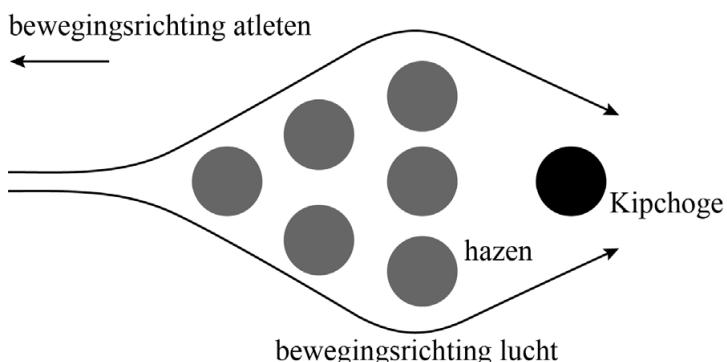
Een van de atleten was Eliud Kipchoge. Om het lopen voor Kipchoge makkelijker te maken, renden er extra lopers (de zogenaamde hazen) vlak voor hem. Zie figuur 4.

figuur 4



Er kan worden aangenomen dat dankzij de hazen een deel van de lucht om Kipchoge heen beweegt. Zie het bovenaanzicht in figuur 5.

figuur 5

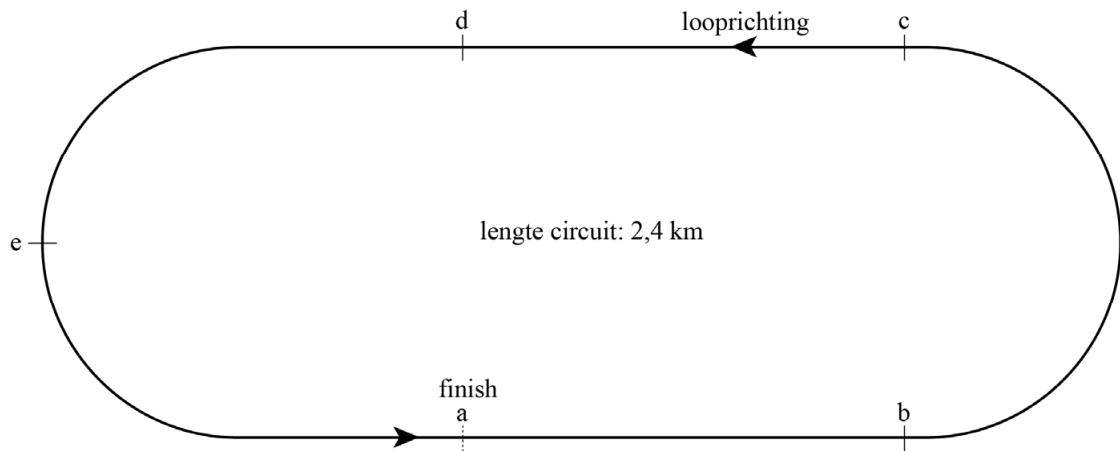


In de groep loopt de voorste haas met een groter vermogen P dan Kipchoge.

- 3p 23 Leg dat uit aan de hand van een formule voor het vermogen.

Helaas is de poging destijds niet gelukt: Kipchoge eindigde in een tijd van 2 uur en 25 seconde met een snelheid van $5,84 \text{ m s}^{-1}$ in de laatste ronde. Het circuit is 2,4 km lang. In figuur 6 is het circuit verdeeld in 5 gelijke segmenten: ab, bc, cd, de, ea.

figuur 6

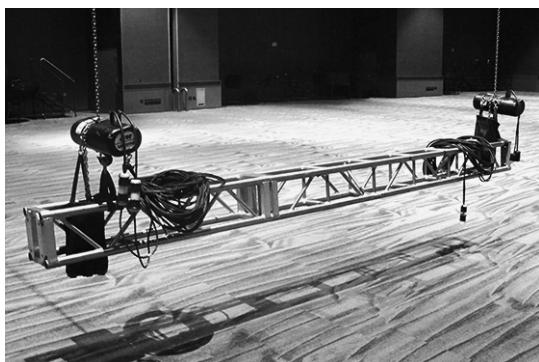


- 4p 24 Leg met een berekening uit in welk segment van het circuit Kipchoge zich bevond toen de klok precies op 2,00 h stond.

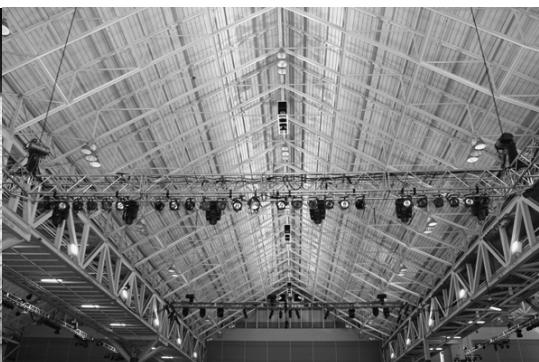
Theaterverlichting

Theaterpodia worden verlicht met lampen. Deze lampen moeten voor iedere show anders worden opgehangen. Om dat veilig te doen, worden de lampen op de grond aan een balk bevestigd. Zie figuur 1. Deze balk wordt vervolgens met twee staalkabels opgehesen naar het plafond. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

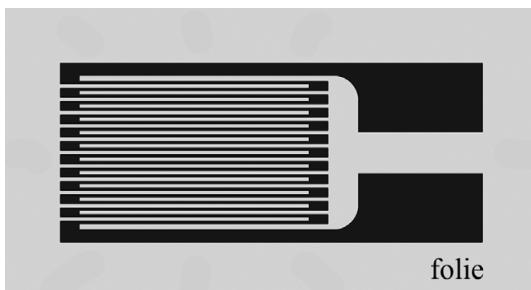


Op de uitwerkbijlage is schematisch en op schaal een balk met lampen getekend. De verdeling van de (niet-afgebeelde) lampen is niet gelijk; de ligging van het zwaartepunt Z van balk en lampen samen is weergegeven. De bevestiging van de linker kabel wordt als draaipunt D beschouwd. De totale massa is 230 kg.

- 4p **25** Bepaal met behulp van de hefboomwet de spankracht in kabel II. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Als de staalkabels te zwaar belast worden, kunnen ze vervormen en breken. Om de vervorming van een staalkabel te meten kan er een sensor op bevestigd worden. Zie figuur 3. In deze sensor zit een rekstrook. Dit is een lange draad die zigzag op een flexibel folie is bevestigd. Zie figuur 4.

figuur 4



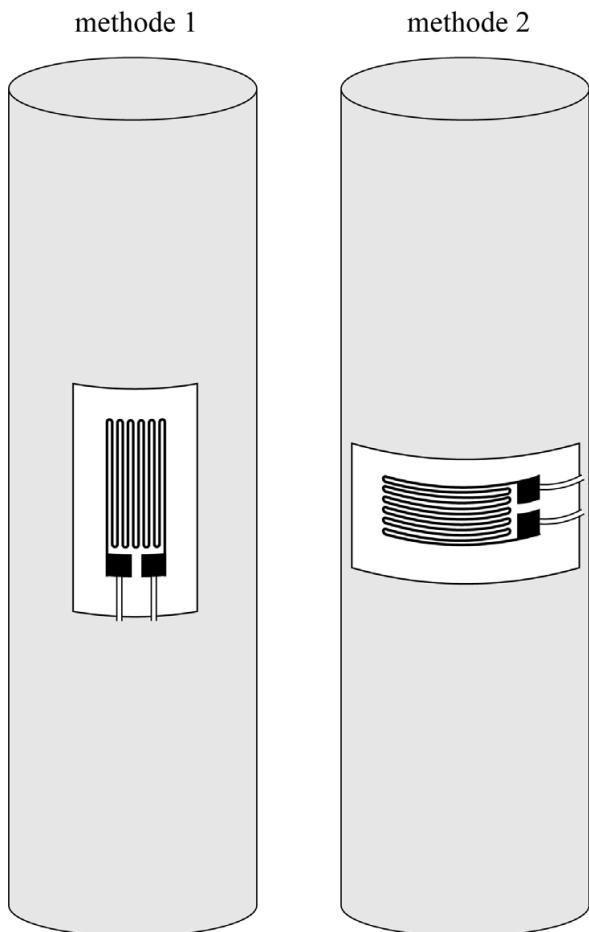
figuur 3



De rekstrook werkt volgens het principe dat de elektrische weerstand ervan toeneemt doordat tijdens het uitrekken de draad op het folie langer en dunner wordt.

Een rekstrook kan in verschillende richtingen op de staalkabel bevestigd zijn. Zie figuur 5.

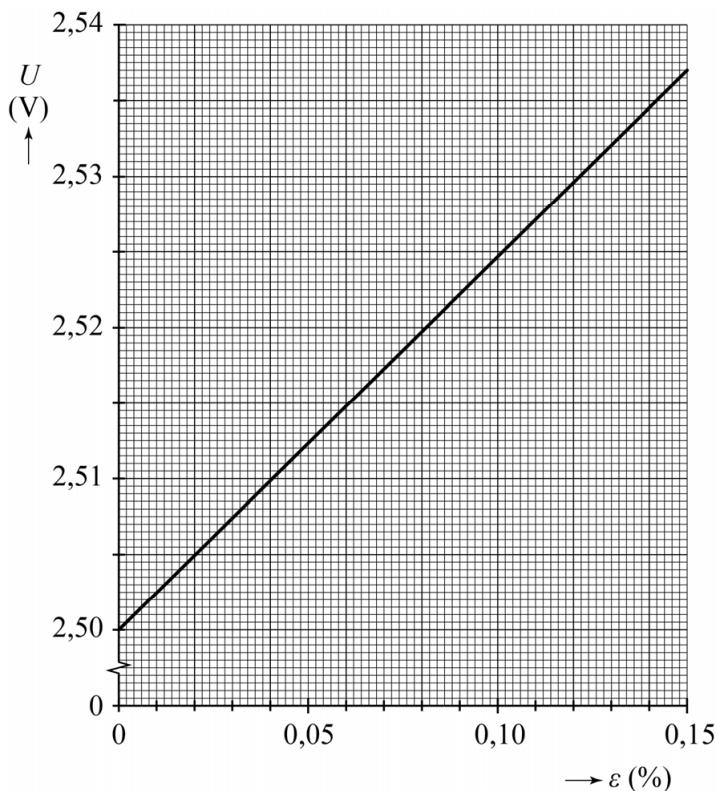
figuur 5



- 2p **26** Leg uit met welke methode (1 of 2) de rekstrook op de staalkabel bevestigd moet worden om de uitrekking van de staalkabel het best te meten.

De rekstrook wordt in serie met een vaste weerstand aangesloten op een spanningsbron van 5,0 V. De weerstand van de draad in de rekstrook neemt toe als de rekstrook wordt uitgerekt. Met een voltmeter wordt de spanning over een van de twee weerstanden gemeten tijdens het uitrekken van de staalkabel. Deze elektrische sensorspanning is uitgezet tegen de relatieve rek van de staalkabel. Zie figuur 6.

figuur 6



- 3p 27 Leg uit of de voltmeter is aangesloten over de rekstrook of over de vaste weerstand.

Met de elektrische sensorspanning wordt bepaald of de mechanische spanning in de staalkabel niet te hoog is. Om de lampen veilig op te hangen moet de mechanische spanning σ in iedere kabel minder zijn dan $2,4 \cdot 10^8 \text{ Nm}^{-2}$.

Na het monteren van een aantal lampen bedraagt de elektrische sensorspanning voor de ene kabel 2,520 V en voor de andere kabel 2,510 V. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p 28 Toon met een bepaling aan of de belasting van de twee staalkabels nog in het veilige gebied zit.

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.

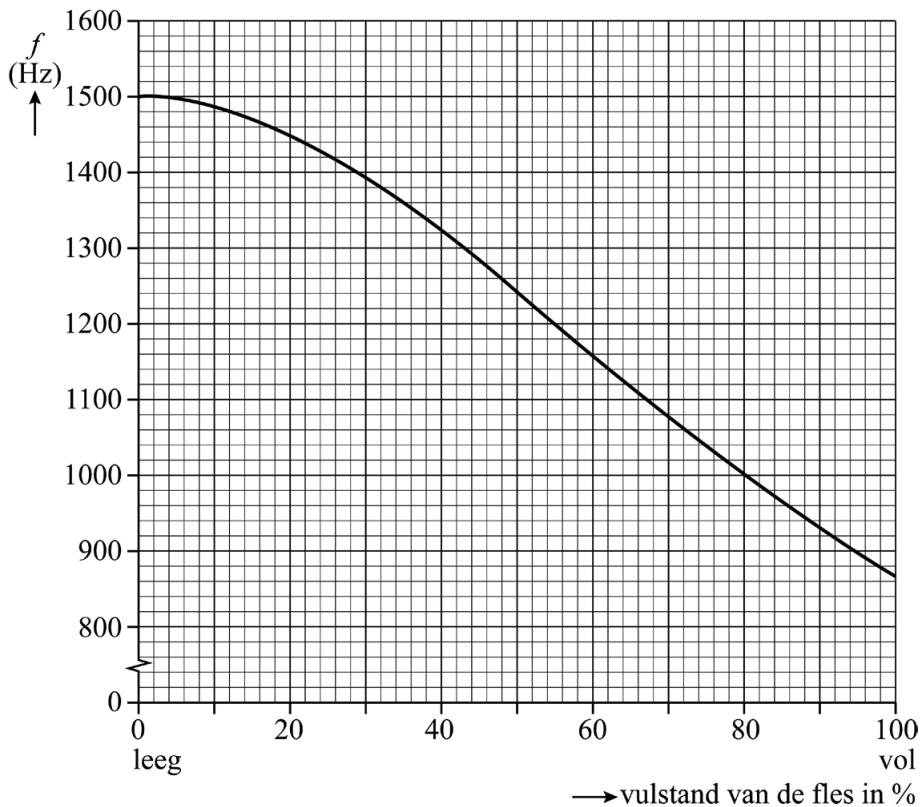
Ze merken dat na een tijd barbecueën de buitenzijde van de fles koud aanvoelt en dat er waterdruppels op de fles ontstaan. Ze beredeneren dat het vloeistofpeil van het propaan ongeveer gelijk moet staan aan de bovenrand van de waterdruppels op de fles. Ze concluderen dat de fles afkoelt door de faseovergang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

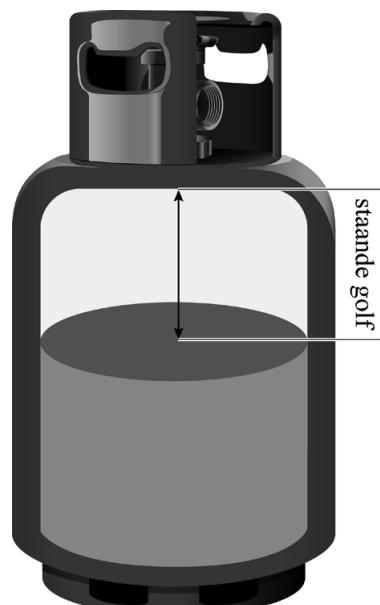
Wanneer Hans tegen de gasfles slaat, produceert deze een toon. Hij vraagt zich af of deze toon afhankelijk is van de vulstand van de fles. Tijdens het vullen van een fles bepaalt Hans de frequentie van de grondtonen die de gasfles produceert bij verschillende vulstanden, van leeg tot vol. Hiervan maakt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

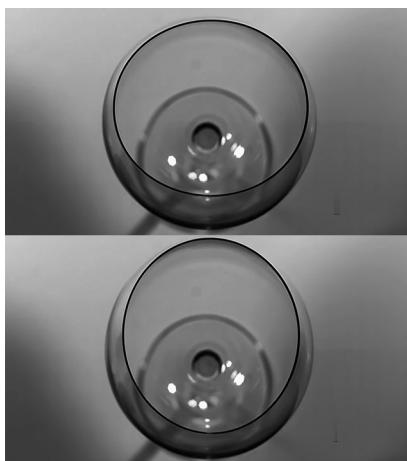
figuur 3



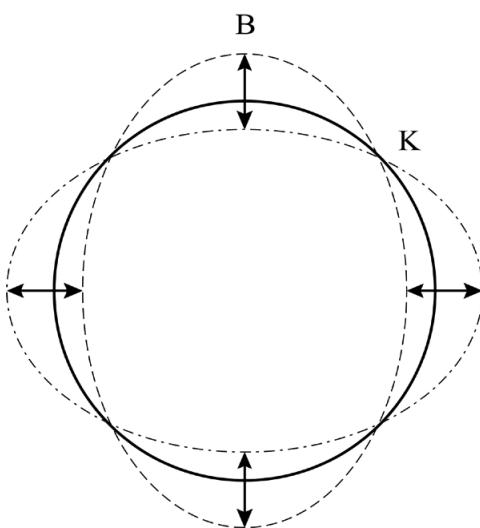
- 3p 3 Leg met behulp van figuren 2 en 3 uit dat Hans ongelijk heeft.

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

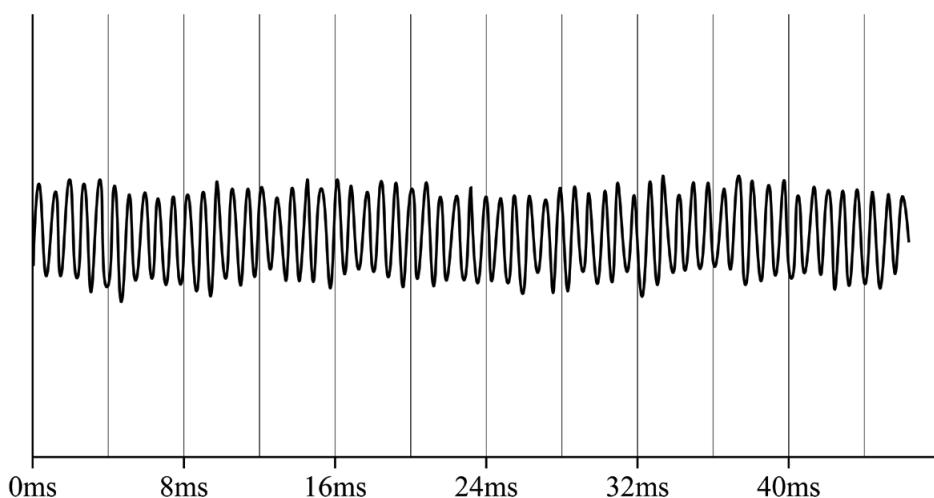


De gasfles is gemaakt van staal en heeft een omtrek van 72 cm. De frequentie van de toon van de lege gasfles is $1,5 \cdot 10^3$ Hz.

- 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 opraadt, hoe dieper de grindlaag wordt waar de vrachtwagen doorheen rijdt. De remkracht van het grind op de vrachtwagen neemt daardoor toe.

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

figuur 1



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.

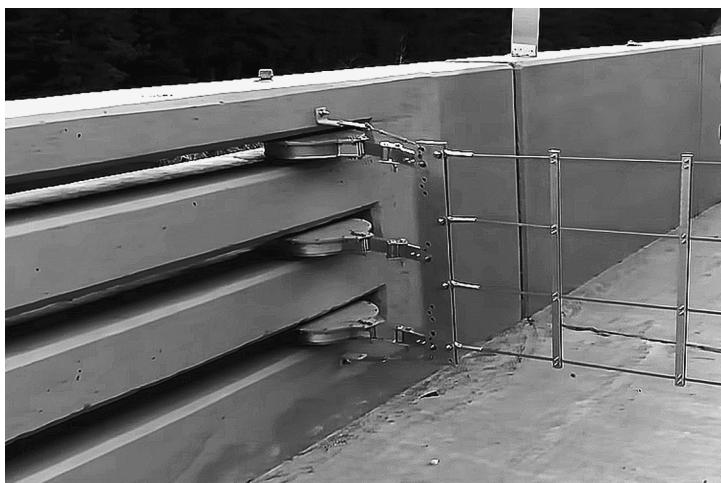
In koude gebieden kan het grind aan elkaar vriezen, waardoor de vrachtwagen er niet meer zo ver in wegzakt.

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

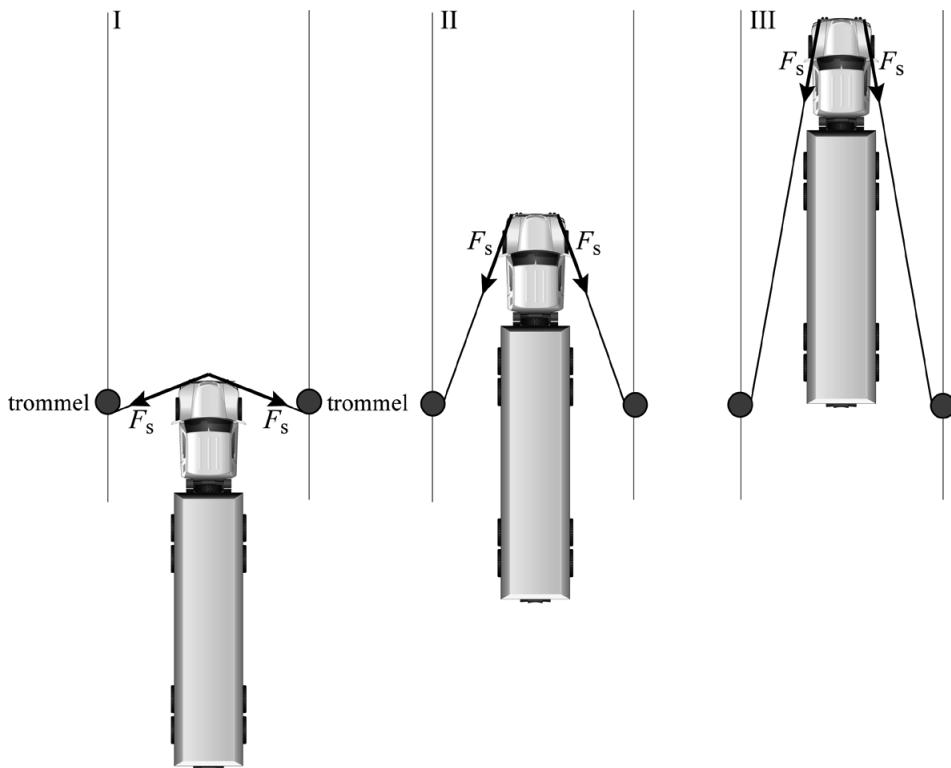


figuur 4



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.

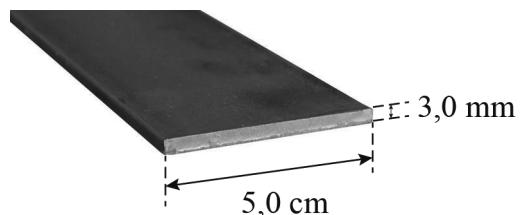
3p 9 Voer de volgende opdrachten uit:

- 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 $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$. De lengte van iedere band is 61 m.

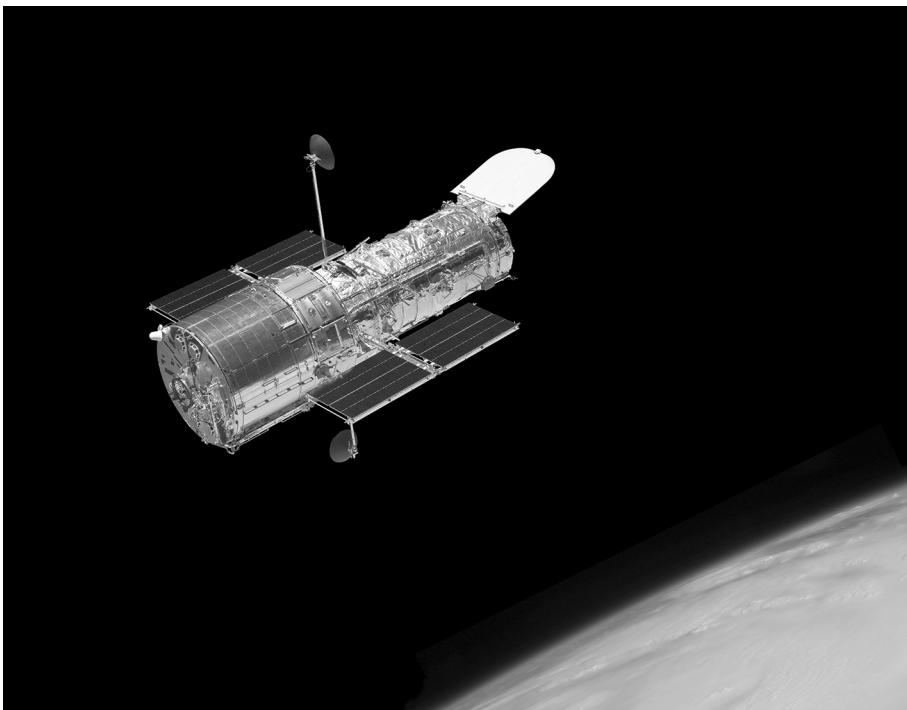
Tijdens een test rijdt een vrachtwagen ($m = 60 \cdot 10^3 \text{ kg}$) met een snelheid van 24 m s^{-1} de noodstopstrook op.

- 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 dichter bij de sterren.
 - D Op een ruimtetelescoop werkt geen zwaartekracht.

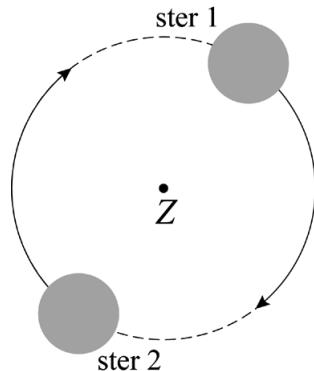
Sommige sterren zitten in een dubbelster-systeem.

figuur 2

Dit is een systeem van twee sterren

die om een gemeenschappelijk zwaartepunt Z

draaien. Zie schematisch in 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:

- λ 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;
- ℓ 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 dichter naar 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.

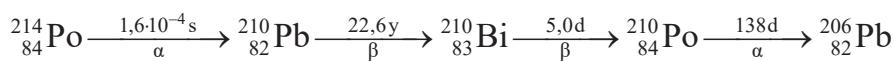
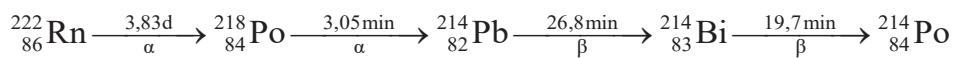
Radioactieve rook

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 vervalt 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_{gem} de gemiddelde activiteit;
- Δt de tijd dat het weefsel bestraald wordt;
- E_d de energie van het vrijgekomen α -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.

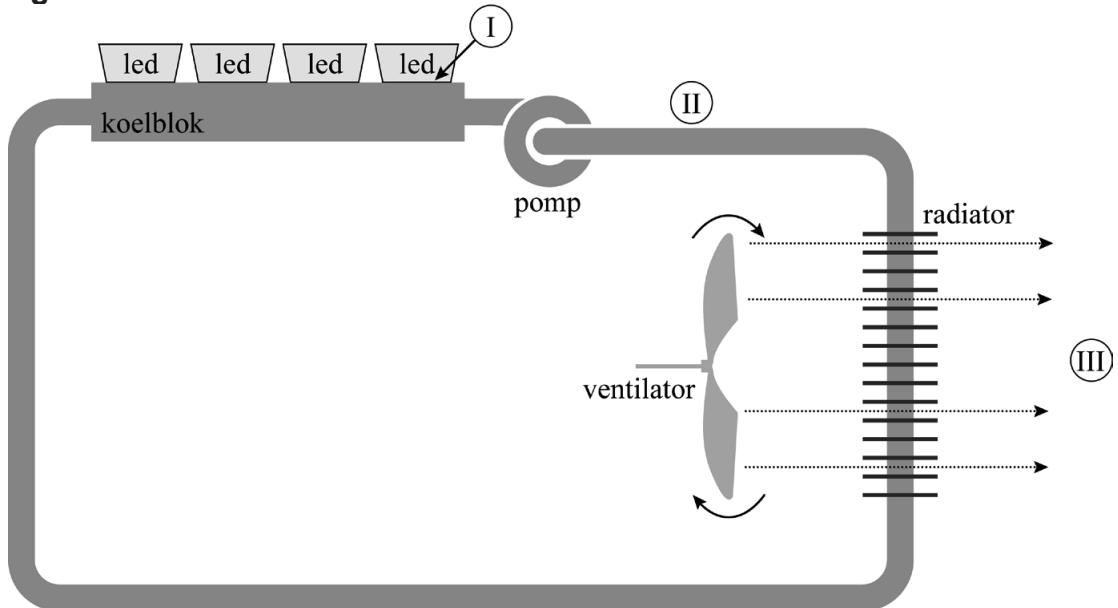
Iedere led heeft een elektrisch vermogen van $1,0 \cdot 10^2$ W. De led levert licht en warmte. Het rendement van de leds is 35%. Om te voorkomen dat de leds te heet worden, zijn deze op koelblokken geplakt. Op één koelblok passen 4 leds. Het koelblok is gevuld met 25 gram water van 20 °C. Als de leds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

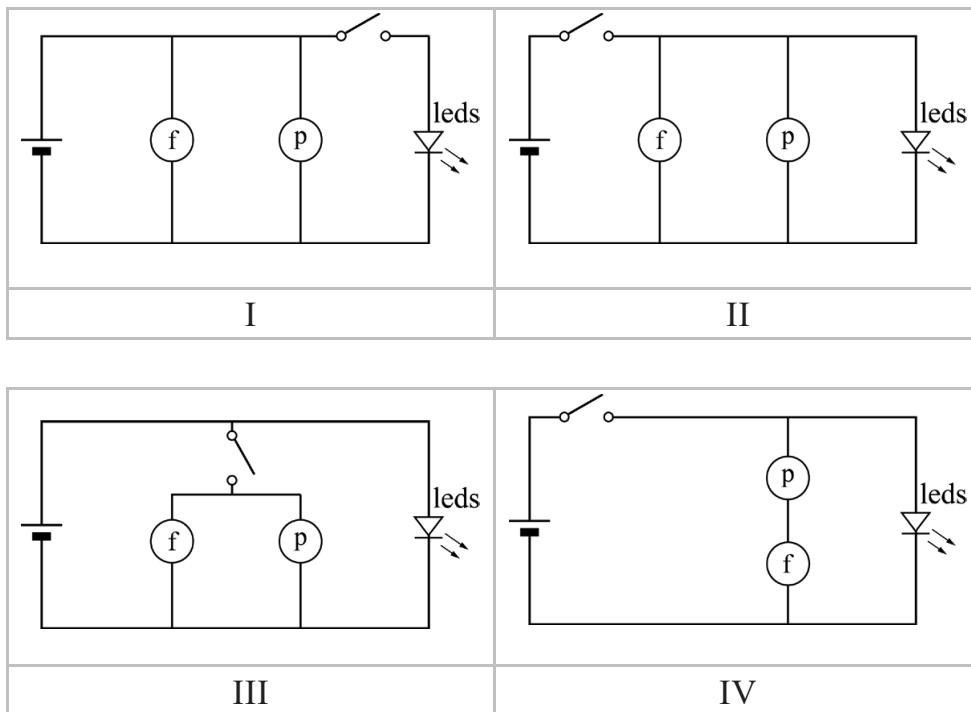


Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 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?

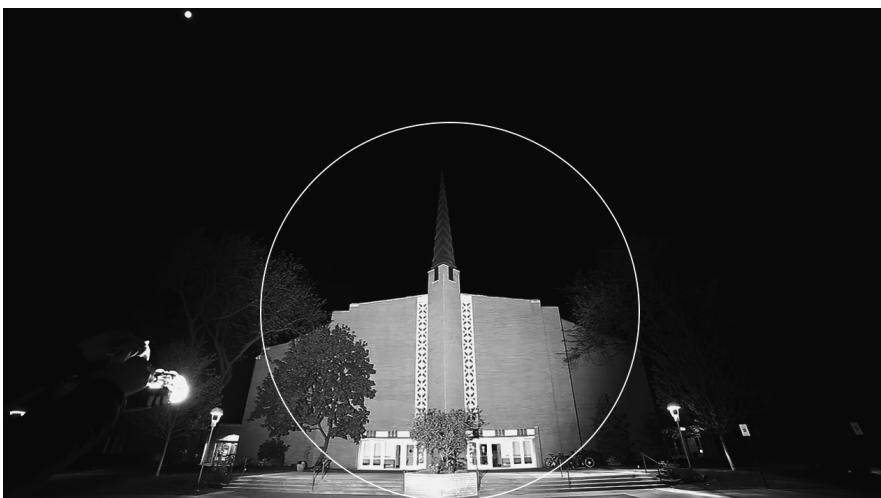
- A schema I
- B schema II
- C schema III
- D schema IV

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.

Examen HAVO

2023

tijdvak 2
tijdsduur: 3 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

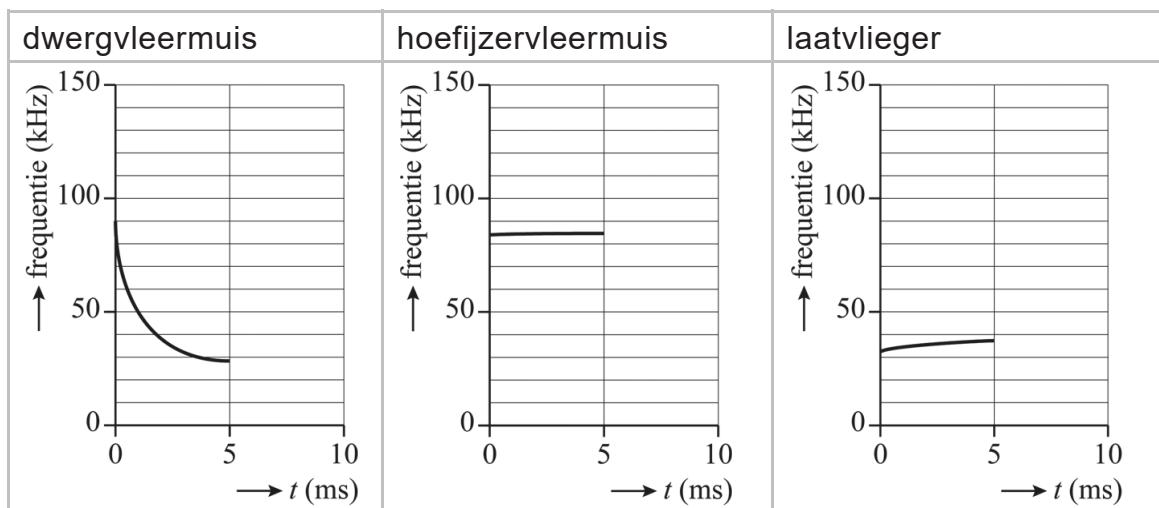
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Vleermuisdetector

Charlotte en Fabio doen onderzoek naar het geluid van de roep van vleermuizen. Ze ontdekken dat iedere soort vleermuis een eigen roep heeft. Per vleermuissoort verschilt het verloop van de frequentie van de roep in de tijd.

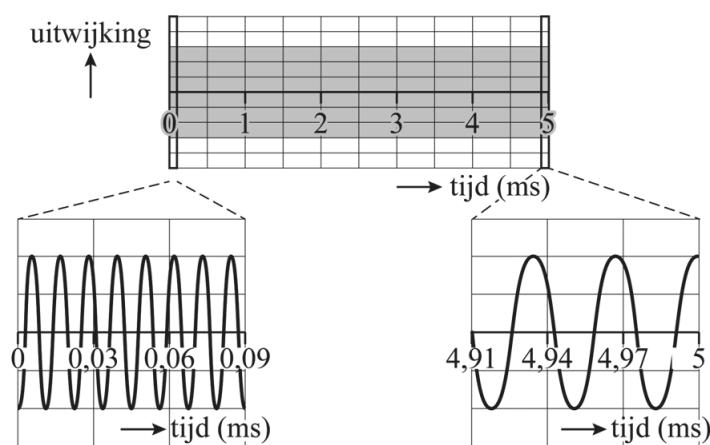
In figuur 1 is voor drie verschillende soorten vleermuizen weergegeven hoe de frequentie van hun roep verloopt in de tijd.

figuur 1



Fabio neemt een roep van een vleermuis op en verwerkt deze opname in een (u,t) -diagram; hij zoomt hierbij in op het begin en het einde van de geluidspuls. Zie figuur 2.

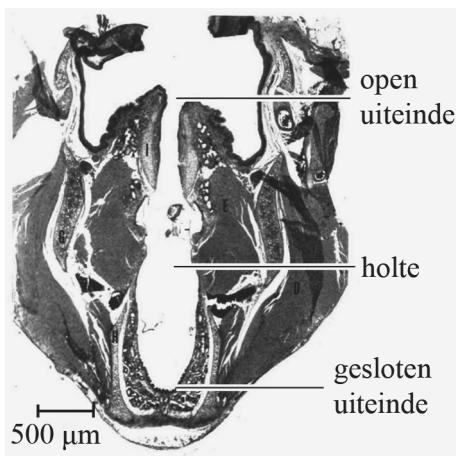
figuur 2



- 2p 1 Leg met behulp van figuur 1 uit van welke vleermuis Fabio de roep heeft opgenomen.

De roep van een vleermuis wordt gevormd in het strottenhoofd. Charlotte vat de holte in het strottenhoofd op als een luchtkolom met een open en een gesloten uiteinde. Zie de dwarsdoorsnede van het strottenhoofd van een vleermuis in figuur 3.

figuur 3



Mensen kunnen geluid met frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz horen.

Figuur 3 staat vergroot op de uitwerkbijlage. Neem aan dat de luchttemperatuur in het strottenhoofd 20 °C is.

- 5p 2 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage het patroon aan van knopen K en buiken B dat hoort bij de grondtoon van deze luchtkolom.
 - Toon met dit patroon aan dat deze grondtoon niet hoorbaar is voor mensen.

Een vleermuisdetector is een apparaat dat het geluid van een vleermuis, dat voor de mens onhoorbaar is, via een tussenstap hoorbaar kan maken. Zie figuur 4.

figuur 4



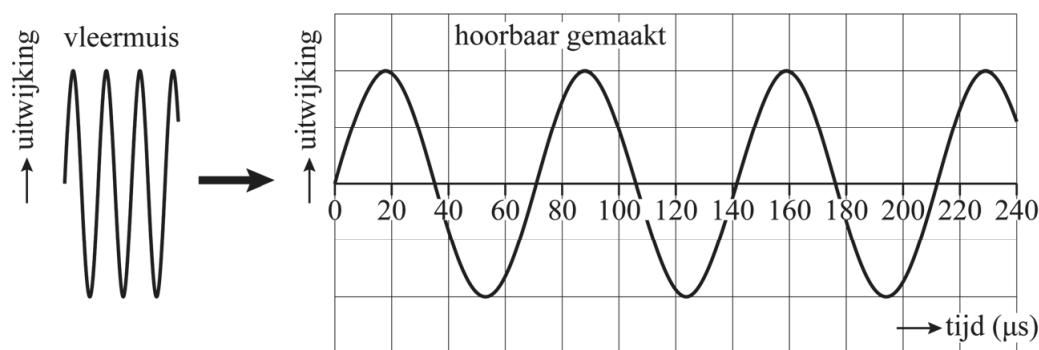
Er bestaan twee verschillende soorten vleermuisdetectoren. De eerste soort is de TE-detector. Deze detector neemt een aantal trillingen op en speelt deze trillingen vertraagd weer af. De frequenties in het geluid van de vleermuis worden daardoor verkleind met een ingestelde factor R.

In formulevorm:

$$f_{\text{TE detector}} = \frac{f_{\text{vleermuis}}}{R} \quad (1)$$

In figuur 5 staat een (u, t) -diagram met daarin een deel van het geluid van de hoefijzervleermuis. De frequentie van dit geluid is 83 kHz. Daarnaast staat het (u, t) -diagram van hetzelfde deel, maar dan na bewerking door de TE-detector.

figuur 5



3p 3 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal de frequentie van het geluid na bewerking door de TE-detector.
- Bepaal met behulp van formule (1) de ingestelde waarde van R.

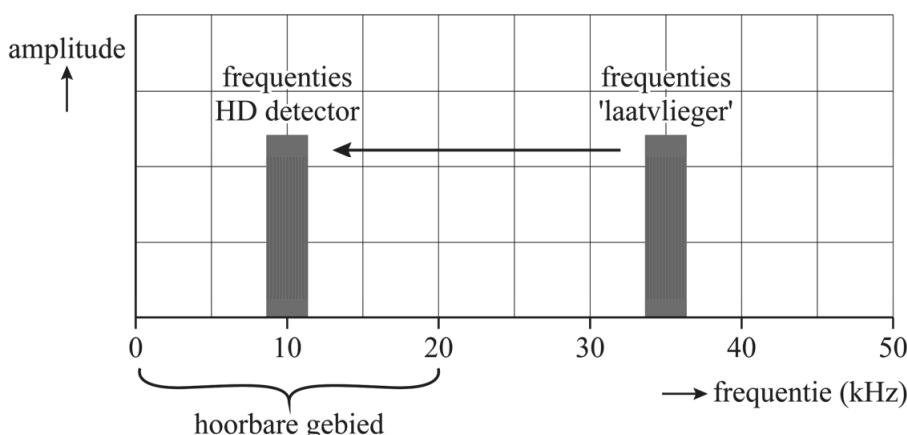
De tweede soort detector is de HD-detector. Deze detector gebruikt een techniek waarbij de frequenties in het geluid worden ‘verschoven’. Met een knop kan worden ingesteld hoeveel de frequenties van het geluid moeten worden verschoven (Δf_{instel}).

In formulevorm:

$$f_{\text{HD detector}} = f_{\text{vleermuis}} - \Delta f_{\text{instel}} \quad (2)$$

In figuur 6 is aangegeven hoe deze techniek werkt voor de roep van de laatvlieger (zie figuur 1).

figuur 6



- 2p 4 Bepaal met behulp van figuur 6 op welke waarde Δf_{instel} is ingesteld om het geluid van de laatvlieger hoorbaar te maken.

Fabio wil de roep van de dwergvleermuis (zie figuur 1) volledig kunnen horen.

- 3p 5 Vul de eerste zin op de uitwerkbijlage aan en omcirkel in iedere volgende zin het juiste antwoord.

Noodstroom voor de Arena

Voetbalstadions als de Johan Cruijff Arena worden gebruikt voor grote evenementen, zoals sportwedstrijden en concerten. Hiervoor wordt in de Arena 9,0 miljoen kWh per jaar aan elektrische energie verbruikt.

De Arena wordt verduurzaamd. Een deel van de energie wordt nu geleverd door een oppervlak van $7,20 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ aan zonnepanelen.

Het rendement van de zonnepanelen is 18%. De zon schijnt gemiddeld $1,2 \cdot 10^3 \text{ h}$ per jaar op de zonnepanelen met een gemiddeld stralingsvermogen van $7,5 \cdot 10^2 \text{ W}$ per vierkante meter zonnepaneel.

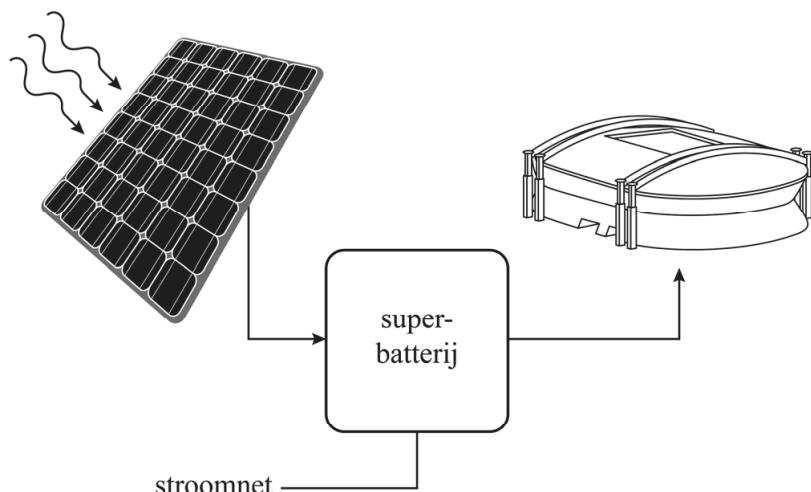
- 5p 6 Bereken hoeveel procent van het jaarlijkse energieverbruik in de Arena door de zonnepanelen wordt geleverd. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

De Arena is ook voorzien van een noodstroomsysteem. Als tijdens een evenement het stroomnet buiten het stadion is uitgevallen, wordt de elektriciteitsvoorziening binnen het stadion overgenomen door dieselgeneratoren die elektriciteit opwekken door diesel te verbranden. Diesel heeft een verbrandingswarmte van $36 \cdot 10^9 \text{ J m}^{-3}$. In de Arena wordt tijdens een evenement $1,3 \cdot 10^3 \text{ kWh}$ elektrische energie voor de verlichting gebruikt.

- 4p 7 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken hoeveel liter diesel minimaal nodig is voor de verlichting tijdens dit evenement.
 - Geef een reden waarom het daadwerkelijke dieselverbruik hoger is.

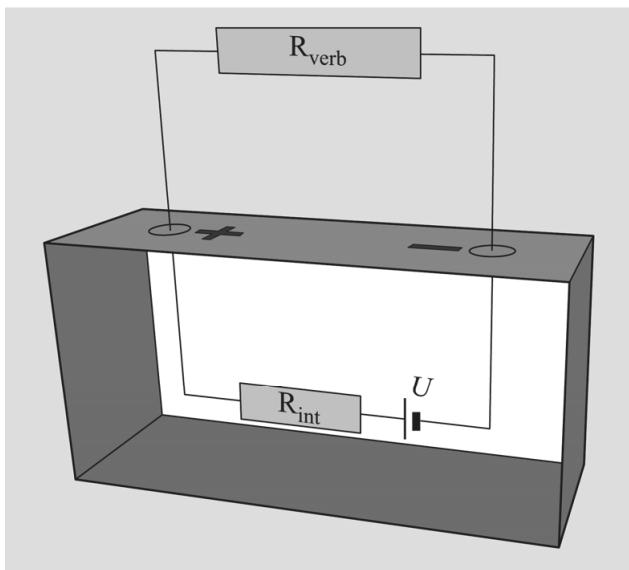
Om de zonnepanelen ook geschikt te maken als duurzaam noodstroomsysteem wordt de energie van de zonnepanelen opgeslagen in een superbatterij. Hierdoor worden de dieselgeneratoren overbodig. Zie figuur 1.

figuur 1



De superbatterij bestaat uit geschakelde accu's.
Een accu is te beschouwen als een serieschakeling van een spanningsbron U en een interne weerstand R_{int} . Deze serieschakeling wordt aangesloten op een verbruiker met weerstand R_{verb} . Zie figuur 2.

figuur 2



De superbatterij van de Arena is gemaakt van gebruikte accu's van elektrische auto's.

Op een gegeven moment wordt de accu uit de auto (R_{verb} is klein) gehaald en in de superbatterij van de Arena geplaatst.

Iedere accu voorziet een klein deel van de Arena van energie. Per accu is de R_{verb} dan groot. De R_{int} verandert niet bij de overplaatsing van de auto naar de superbatterij. Als gevolg van de interne weerstand R_{int} wordt een accu warm tijdens het gebruik.

- 3p 8 Omcirkel in iedere zin op de uitwerkbijlage het juiste antwoord.

Voor het ontwerp van de superbatterij moest berekend worden hoeveel accu's nodig waren. Iedere accu bestaat uit 192 aparte cellen. Zie figuur 3.

figuur 3



Elke cel in een gebruikte accu heeft een capaciteit van 31 Ah bij een spanning van 3,0 V. De superbatterij in de Arena heeft een totale energieopslag nodig van $2,8 \cdot 10^3$ kWh.

- 4p 9 Voer de volgende opdrachten uit.
- Bereken de energieopslag voor één gebruikte accu.
 - Bereken het benodigde aantal accu's voor de Arena.

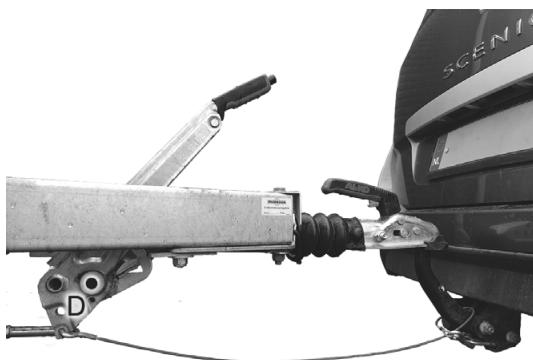
Caravanremmen

Caravans hebben een remssysteem dat remblokken tegen remtrommels in de wielen drukt. Dit remssysteem kan op drie verschillende manieren geactiveerd worden:

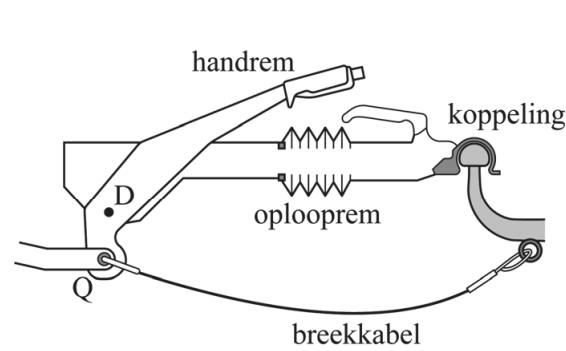
- 1 Handmatig door het aantrekken van een hefboom (handrem).
- 2 Met een breekkabel als de caravan losschiet van de trekhaak (losbreekrem).
- 3 Doordat een afremmende auto tegen de koppeling duwt (oplooprem).

Zie figuren 1 en 2.

figuur 1



figuur 2



Handrem

De handrem wordt gebruikt bij het parkeren. De handrem werkt met een hefboom die draait rond draaipunt D. Hiermee wordt een kracht uitgeoefend op de remblokken bij de wielen. De hendel wordt omhoog getrokken met een spierkracht. De wielen zijn geblokkeerd totdat de rem wordt ontgrendeld met een knop.

Om de wielen te blokkeren moet op punt Q van de hefboom een kracht F van $3,5 \cdot 10^3$ N werken.

Figuur 2 is een schematische weergave op schaal van figuur 1. In de uitwerkbijlage staat figuur 2 vergroot weergegeven. Ook zijn de werklijnen getekend van de twee krachten die op de hefboom werken.

4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:

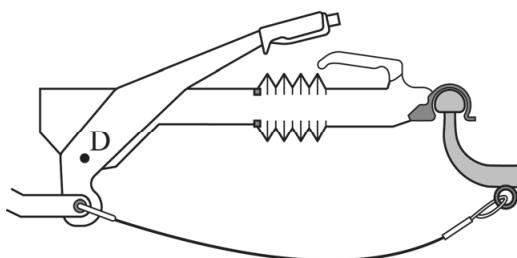
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de armen van de krachten.
- Bepaal de spierkracht waarmee de handrem moet worden aangetrokken om de wielen te blokkeren.

Losbreekrem

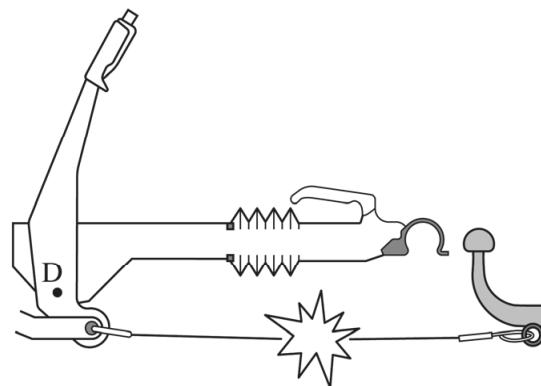
Als de caravan tijdens het rijden van de auto losraakt, moet de caravan zo snel mogelijk tot stilstand komen. Daarvoor zorgt de losbreekrem. Dit is een kabel die aan één kant vastzit aan de auto en aan de andere kant aan de hefboom van de handrem. Zie figuur 3.

Als de caravan tijdens het rijden loskomt van de auto, trekt de kabel de handrem aan. Zodra de rem in de blokkeerstand is getrokken, breekt de kabel en remt de caravan afzonderlijk van de auto af. Zie figuur 4.

figuur 3

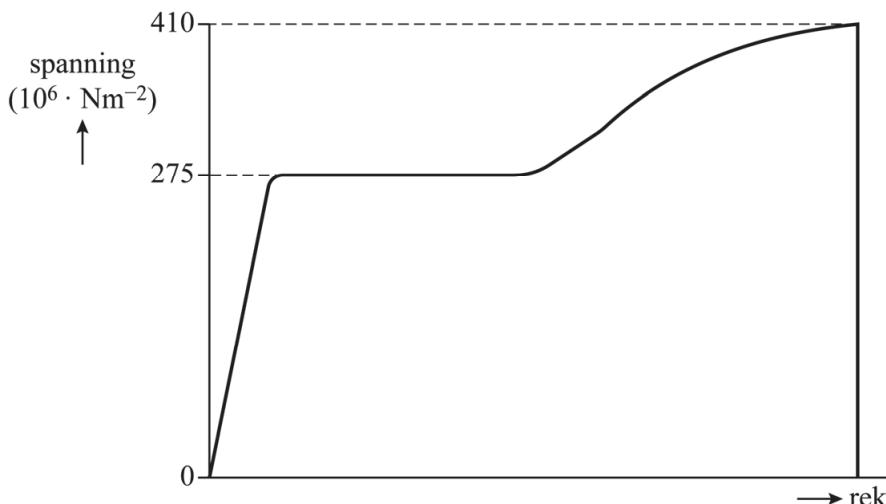


figuur 4



De stalen breekkabel is ontworpen om te breken bij $3,5 \cdot 10^3$ N. Het spanning-rekdiagram van de gebruikte staalsoort staat in figuur 5.

figuur 5

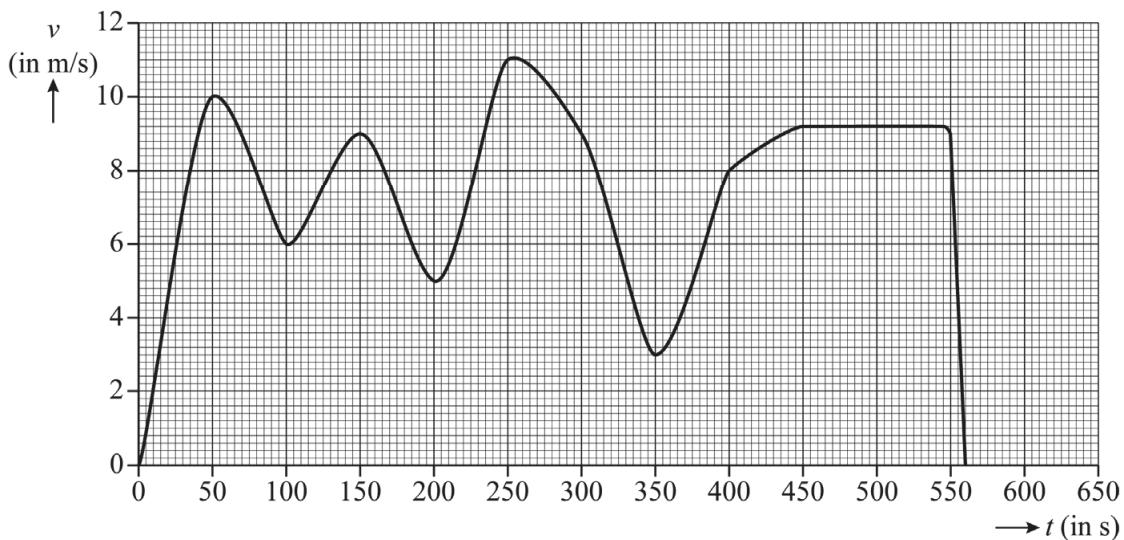


- 4p 11 Bepaal de diameter (dikte) die de staalkabel moet hebben.

Oplooprem

Wanneer de auto afremt, werkt er een kracht van de auto op de caravan. Hierdoor wordt het remssysteem van de caravan geactiveerd, zodat de caravan zelf gaat remmen (oplooprem). Tijdens een lange afdaling kan het remssysteem constant blijven remmen. De remtrommels worden daardoor zeer heet. De ANWB heeft hier onderzoek naar gedaan. In figuur 6 is een (v, t)-diagram van een auto met caravan tijdens een afdaling weergegeven.

figuur 6



De combinatie auto met caravan heeft tijdens de afdaling een afstand afgelegd van 4,3 km.

- 1p 12 Geef aan hoe dat te bepalen is met behulp van figuur 6. Je hoeft de bepaling niet uit te voeren.

De motor van de auto is tijdens de afdaling niet gebruikt. De beginsnelheid en eindsnelheid van de rit zijn beide gelijk aan 0 ms^{-1} .

Tussen het begin en het einde van de afdaling zit een hoogteverschil van 370 meter. De totale massa van de combinatie is $3,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$.

- 5p 13 Bereken met behulp van de wet van behoud van arbeid en energie de gemiddelde remkracht op de combinatie. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Tussen 550 s en 570 s remde de combinatie op een horizontale weg eenparig af tot stilstand. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 3p 14 Bepaal met de tweede wet van Newton en de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de remkracht op de combinatie tijdens dit afremmen.

Tijdens de hele afdaling werd de temperatuur van de remtrommels continu gemeten. Tussen 450 en 545 seconden was de snelheid constant. De temperatuur van beide ijzeren remtrommels ($m_{\text{tot}} = 5,2 \text{ kg}$) is gedurende deze periode opgelopen van 120 °C naar 175 °C.

5p **15** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken hoeveel warmte minimaal per seconde in de remtrommels werd ontwikkeld tijdens deze periode. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- Geef aan waarom het werkelijk opgewekte warmtevermogen in de remtrommels groter was dan de berekende minimale waarde.

Ga verder op de volgende pagina.

Aluminium

Aluminium is een metaal dat vanwege zijn stofeigenschappen veel verschillende toepassingen heeft.

Door de lage dichtheid van aluminium is het bijvoorbeeld in voertuigen een interessante vervanging voor ijzer. Vermindering van gewicht betekent namelijk vermindering van energiegebruik door het voertuig. Ingenieurs hebben ooit de volgende vuistregel bepaald:

In een voertuig kan ijzer worden vervangen door aluminium in de verhouding 2:1 bij gelijkblijvende stevigheid van de constructie. Dit betekent dat 2 kilogram ijzer kan worden vervangen door 1 kilogram aluminium.

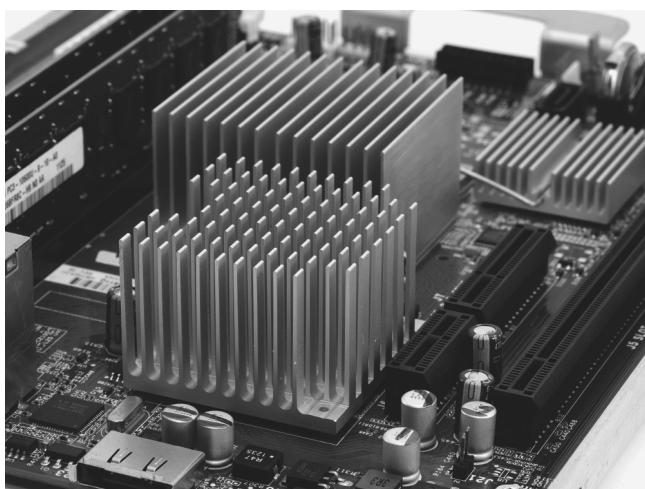
De stevigheid van een constructie wordt onder andere bepaald door de treksterkte van het materiaal.

3p 16 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de verhouding tussen de dichthesen van ijzer en aluminium.
- Geef een reden waarom de ingenieurs op een andere verhouding uitkomen dan uit de dichthesen volgt.

De thermische eigenschappen van aluminium maken dit metaal ook geschikt voor gebruik in zogenaamde koellichamen. In elektrische apparaten worden koellichamen gebruikt om warmte op te nemen en af te voeren tijdens langdurig gebruik van de elektronica. Zie figuur 1.

figuur 1



Voor een koellichaam zijn twee materiaaleigenschappen van belang:

- de soortelijke warmte
- de warmtegeleidingscoëfficiënt

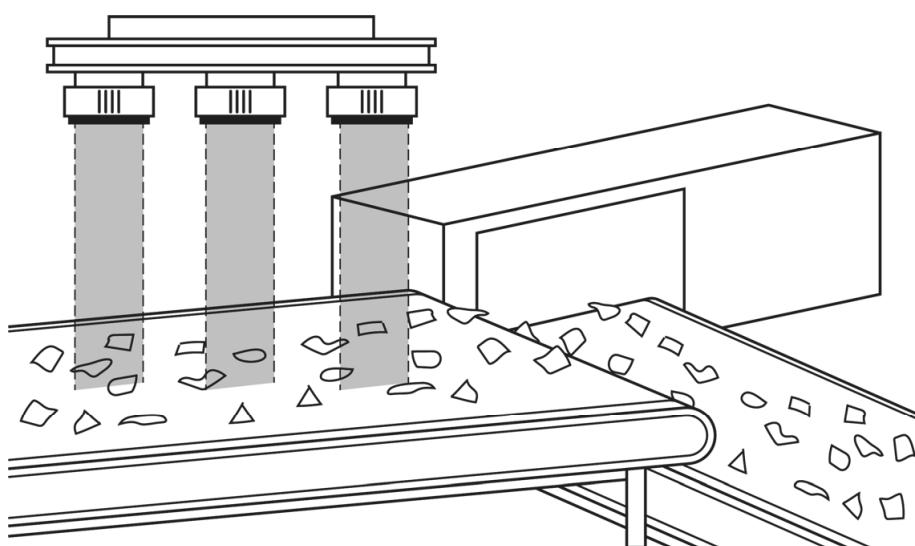
Op de uitwerkbijlage staan drie zinnen over de vergelijking tussen twee koellichamen van gelijke vorm en grootte, het ene gemaakt van aluminium en het andere van koper.

- 3p 17 Omcirkel in iedere zin op de uitwerkbijlage het juiste antwoord.

De productie van nieuw aluminium uit erts kost veel energie. Aluminium is echter goed herbruikbaar; gebruikt aluminium is met minder energie volledig te recyclen. Om aluminium voor recycling te herkennen in een mengsel van metaalfval, wordt gebruikgemaakt van de stofeigenschap halveringsdikte.

Het metaalfval wordt eerst versnipperd en daarna doorstraald met een evenwijdige bundel röntgenfotonen met een energie van 50 keV. Zie figuur 2.

figuur 2



De hoeveelheid doorgelaten straling wordt gemeten. Wanneer een stukje aluminium wordt gedetecteerd dan wordt dit stukje van de band geblazen en opgevangen. De overige metalen blijven op de band liggen.

Er wordt een stukje metaal van 14 mm dikte doorstraald. Van de röntgenstraling die erop valt wordt 17% doorgelaten.

- 4p 18 Leg met een berekening uit of dit stukje moet worden weggeblazen.

De röntgenbron is extreem krachtig en daarom zeer goed afgeschermd. De gebruikte bron zendt 15 kW aan stralingsvermogen uit.

Röntgenstraling heeft een weegfactor 1. Wanneer een medewerker per ongeluk zijn hand ($m = 500$ g) gedurende 0,1 s onder de bron zou houden en de hand 25% van de uitgezonden straling zou absorberen, dan zou de jaarlijkse stralingsbeschermingsnorm van 500 mSv al flink worden overschreden.

- 4p 19 Toon dit met een berekening aan.

OSIRIS-REx

In 2016 werd de satelliet OSIRIS-REx gelanceerd. Deze satelliet moest een bezoek brengen aan planetoïde Bennu om bodemonsters op te halen voor onderzoek. Een planetoïde is een klein hemellichaam dat net als een planeet in een baan rond de zon beweegt.

Met behulp van observaties en metingen vanaf aarde hebben onderzoekers de massa van Bennu bepaald op $7,329 \cdot 10^{10}$ kg.

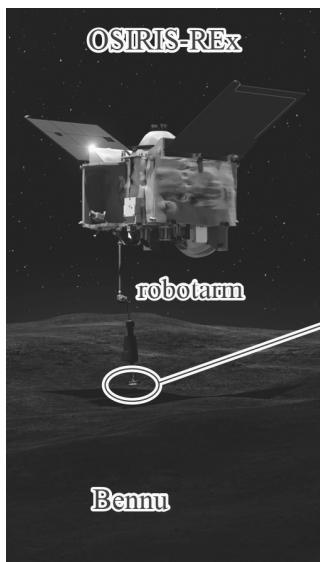
In 2020 arriveerde OSIRIS-REx bij Bennu. Om veilig te kunnen landen moest de valversnelling op Bennu bekend zijn. De onderzoekers hebben daarom een model van Bennu gemaakt. Bennu werd gemodelleerd als een bol met een straal van $2,45 \cdot 10^2$ m.

Volgens dit model is de gravitatieversnelling op Bennu $1,2 \cdot 10^5$ keer zo klein als de valversnelling op aarde.

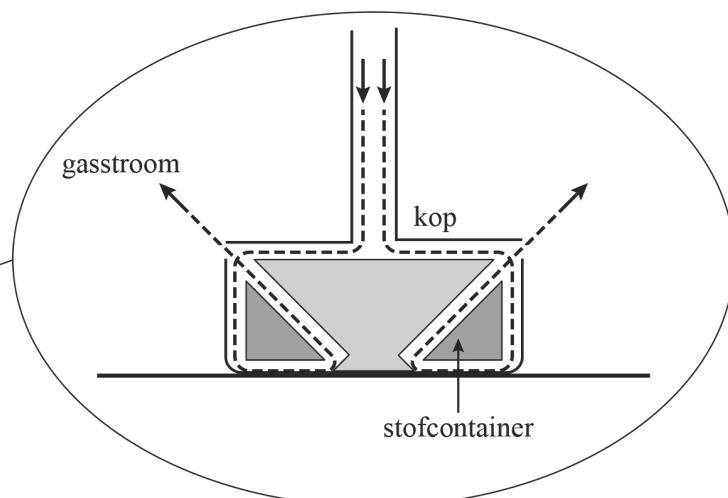
- 3p 20 Toon dit met een berekening aan.

De valversnelling bleek te klein voor een echte landing. Daarom werd een andere methode gekozen: OSIRIS-REx maakte alleen met een robotarm contact met Bennu. Zie figuur 1. Tijdens het contact werd gas door de kop van de robotarm geperst. Dit gas liet stof van het oppervlak opwaaien. Dit stof werd verzameld in stofcontainers. Het gas perste zich ten slotte via openingen in de kop naar buiten. Zie schematisch in figuur 2.

figuur 1



figuur 2



Het gas zorgde voor twee even grote krachten F aan de linker- en rechterkant van de kop. De verticale componenten van beide krachten zorgden ervoor dat de kop tegen het oppervlak van Bennu aangedrukt werd.

Op de uitwerkbijlage is een vergroting van een deel van figuur 2 afgebeeld. Hierin is de richting van de kracht F ($F=3,3 \cdot 10^{-1}$ N) aan de rechterkant weergegeven.

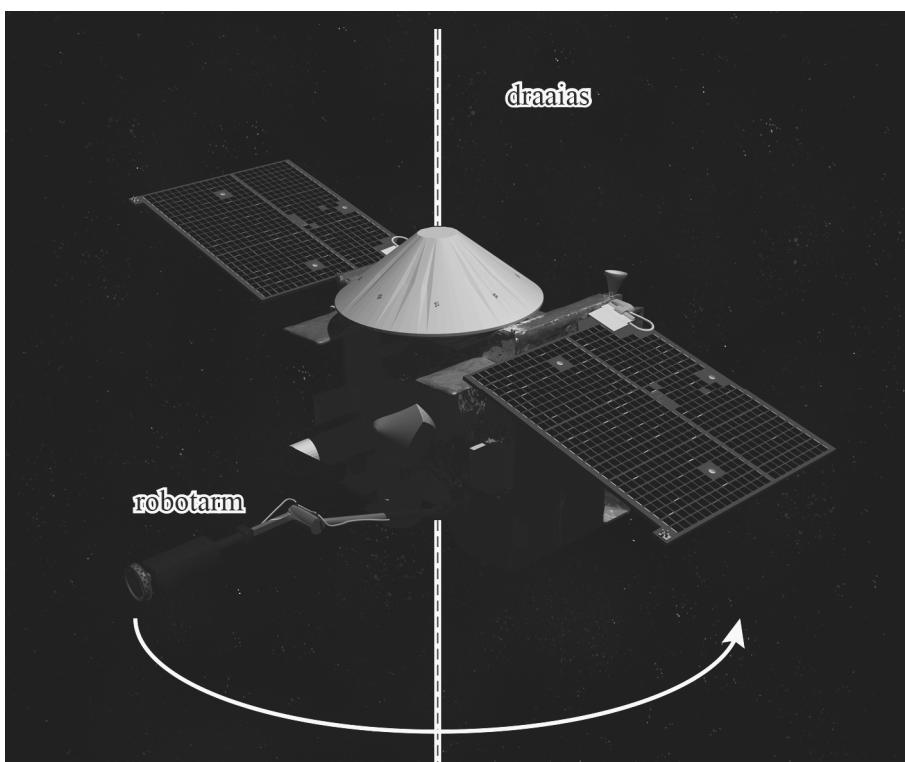
4p **21** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met een constructie de grootte van de verticale component F_v van deze kracht F .
- Leg met behulp van figuur 2 uit dat de kop in horizontale richting geen versnelling ondervond.

Door de kleine valversnelling was het moeilijk om nauwkeurig de massa te bepalen van het verzamelde materiaal. Om deze massa toch te kunnen bepalen, was een zogenaamde spin-manoeuvre bedacht.

Tijdens deze manoeuvre werd de robotarm met het verzamelde materiaal volledig uitgestrekt. Vervolgens werd OSIRIS-REx met behulp van een stuwraket rondgedraaid. Zie figuur 3.

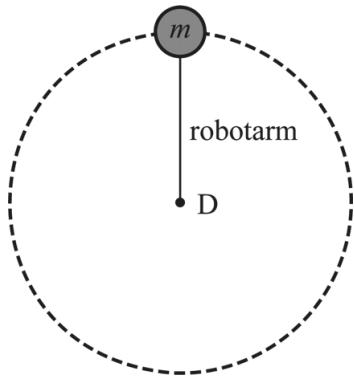
figuur 3



Let op: de laatste opdrachten van dit examen staan op de volgende pagina.

Van het ronddraaien van het materiaal kan een eenvoudig model worden gemaakt. In dit model draait het materiaal met onbekende massa m aan een massaloze arm met een bekende lengte rond een draaipunt D. Omdat de massa van OSIRIS-REx veel groter is dan de massa van het materiaal is D tevens het zwaartepunt van OSIRIS-REx. Zie het bovenaanzicht in figuur 4.

figuur 4



De kracht van de robotarm op het materiaal werd gemeten.

- 2p **22** Leg uit met behulp van een formule uit het informatieboek welke andere grootheid ook gemeten moest worden om de massa te kunnen bepalen.

OSIRIS-REx moet het materiaal uiteindelijk afleveren op aarde. Om het verzamelde materiaal ongeschonden door de dampkring heen te krijgen, is het opgeslagen in een capsule met een hitteschild. De capsule is zo ontworpen dat de warmtestroom door het hitteschild zo klein mogelijk is, om de temperatuur in de capsule zo laag mogelijk te houden. Op de uitwerkbijlage staat een tabel met verschillende eigenschappen van het hitteschild waarvoor een ontwerpkeuze is gemaakt.

- 2p **23** Geef op de uitwerkbijlage met een kruisje per eigenschap aan of die eigenschap zo groot mogelijk of zo klein mogelijk moet zijn.

Bronvermelding

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

Examen HAVO

2024

tijdvak 1
vrijdag 24 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.

Schip uit koers

In 2017 liep een groot containerschip op de oever van de Schelde. Een onderzoeker deed onderzoek naar dit ongeluk. Hij zag dat het schip over een afstand van 50% van zijn lengte op de oever was geschoven. Zie figuur 1. Op internet zijn de gegevens van het schip te vinden. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

gegevens containerschip	
massa	$1,55 \cdot 10^5$ ton
lengte	366 m
maximaal vermogen	$7,2 \cdot 10^7$ W
maximale snelheid	46 km h^{-1}

Van ieder schip wordt elke 2 minuten de positie bijgehouden. Met deze informatie bepaalde de onderzoeker de snelheid van het schip voor het ongeluk. Die bleek $7,1 \text{ ms}^{-1}$ te zijn. Hij ging ervan uit dat de wrijvingskracht op het schip tijdens het vastlopen op de oever constant was. Hij berekende dat die wrijvingskracht $2,1 \cdot 10^7 \text{ N}$ was.

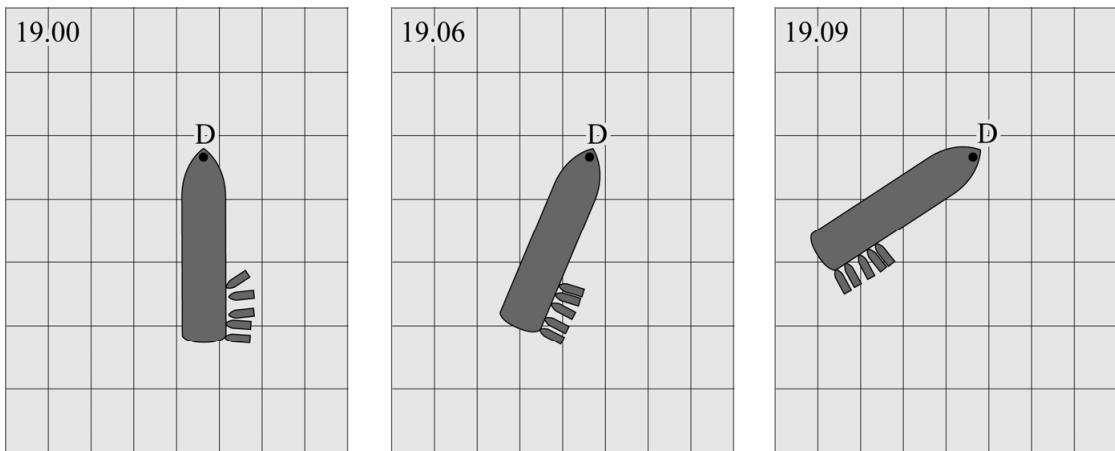
- 4p 1 Toon met behulp van arbeid en kinetische energie aan dat deze waarde voor de wrijvingskracht klopt.

Met de gegevens uit figuur 2 kan de maximale kracht van de motor berekend worden. De onderzoeker concludeerde uit deze berekening dat de wrijvingskracht te groot was en het schip met de eigen motor niet los kon komen van de oever.

- 3p 2 Toon met een berekening aan dat die conclusie klopt.

Er werden duwboten ingezet om het schip los te duwen van de oever. Zie figuur 3. De duwboten duwden eerst het schip aan de achterkant opzij. Het schip is hierbij als hefboom te beschouwen. Om 19.00 uur begonnen de duwboten te duwen, het schip lag toen nog stil. Een paar minuten later begon het schip om een punt te draaien dat met D is aangegeven.

figuur 3



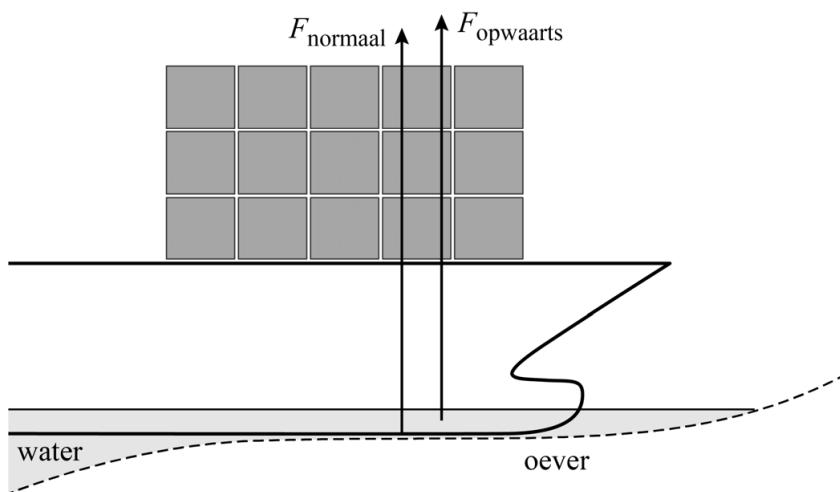
Op de uitwerkbijlage is de situatie van 19.00 uur, zoals getekend in figuur 3, vergroot weergegeven. In de figuren op de uitwerkbijlage zijn het aangrijpingspunt W van de wrijvingskracht F_w en het aangrijpingspunt B van de totale duwkracht $F_{duwboten}$ weergegeven.

3p 3 Voer de volgende opdrachten uit:

- Teken in de figuren op de uitwerkbijlage de armen van F_w en $F_{duwboten}$.
- Leg met behulp van de hefboomwet uit of om 19.00 uur de totale duwkracht $F_{duwboten}$ groter was dan F_w , kleiner was dan F_w of even groot was als F_w .

Om het schip los te duwen, moesten de duwboten de wrijvingskracht tussen het schip en de oever overwinnen. Deze wrijvingskracht is evenredig met de normaalkracht van de oever op het schip.
Behalve de normaalkracht werkte er ook een opwaartse kracht van het water op het schip. Zie schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 4.
Hoe dieper een schip in het water ligt, hoe groter deze opwaartse kracht is.

figuur 4



Tijdens opkomende vloed (hoogwater) begon het water in de Schelde te stijgen.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 2p 4 Omcirkel in de tabel wat er gebeurde tijdens het stijgen van het water.

Kampeerbrander op hout

Tijdens een kampeervakantie wordt vaak gekookt op een brander met een gasblikje. Zie figuur 1.

figuur 1



Omdat gasblikjes niet overal verkrijgbaar zijn, willen Jos en Martijn voor hun profielwerkstuk een brander ontwerpen die op hout werkt. Met deze brander moet ook een telefoon opladen kunnen worden.

Ze stellen een programma van eisen op waar hun brander aan moet voldoen.

Enkele eisen zijn:

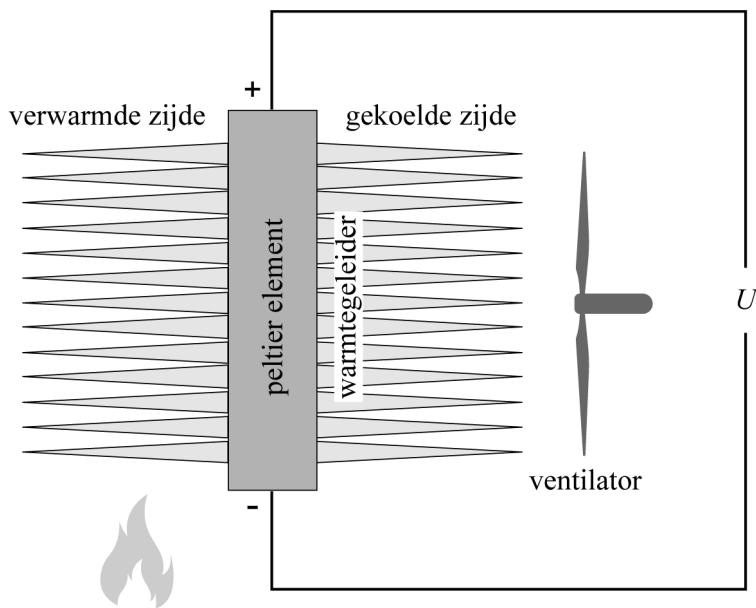
- 1 Het rendement voor water koken moet hoger zijn dan 40%.
- 2 De brander moet een elektrische spanning kunnen opwekken van 5,0 V voor het opladen van een telefoon.
- 3 Er moet zichtbaar gemaakt worden of de spanning hoog genoeg is om de telefoon op te laden.
- 4 De telefoon moet volledig kunnen opladen tijdens het koken van een maaltijd.

Ze bouwen een brander die hout verbrandt en koken daarmee water om de eerste eis te controleren. Om 400 gram water van 10 °C aan de kook te brengen, hebben ze 18 gram hout nodig.

- 4p 5 Toon met een berekening aan of het ontwerp van de jongens daarmee aan de eerste ontwerpeis voldoet.

Als spanningsbron gebruiken ze een zogenaamd peltier-element. Een peltier-element levert een elektrische spanning U_{pelt} als er een temperatuurverschil is tussen de twee zijden van het element. Jos en Martijn verwarmen de ene kant met het vuur en koelen de andere kant met een ventilator. Aan beide zijdes van het peltier-element zijn warmtegeleiders van metaal bevestigd. Zie figuur 2.

figuur 2



De warmtegeleiders moeten zo snel mogelijk warmte geleiden naar en van het peltier-element.

- 2p 6 Beredeneer met behulp van een stofeigenschap of Jos en Martijn daarom beter een warmtegeleider van aluminium of een warmtegeleider van koper kunnen kiezen.

De spanning U_{pelt} is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen beide zijdes van het element. Bij benadering geldt:

$$U_{\text{pelt}} = C\Delta T$$

Hierin is:

- U_{pelt} de opgewekte spanning;
- C een constante;
- ΔT het temperatuurverschil.

- 2p 7 Leid de eenheid van C af.

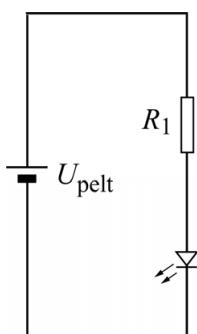
Jos en Martijn meten de temperatuur aan beide zijdes van het peltier-element. Deze is $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ voor de verwarmde zijde en $63\text{ }^{\circ}\text{C}$ voor de gekoelde zijde. Het peltier-element levert dan een spanning U_{pelt} van $2,8\text{ V}$. Om hun telefoon te kunnen opladen, is echter een spanning van $5,0\text{ V}$ nodig.

- 3p 8 Bereken het temperatuurverschil dat nodig is om een U_{pelt} van $5,0\text{ V}$ op te wekken.

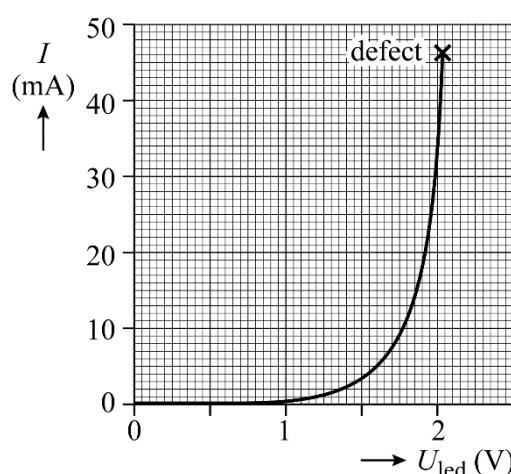
Ze voeren de spanning U_{pelt} op door het vuur heter te stoken.

Jos en Martijn willen kunnen zien of de spanning al hoog genoeg is om de telefoonaccu op te laden (de derde ontwerpeis). Ze sluiten daarom een led-schakeling aan op het peltier-element. De led-schakeling bestaat uit een led en een weerstand R_1 . Het peltier-element werkt dus als voedingsbron. Zie figuur 3.

figuur 3



figuur 4



In figuur 4 is het (I,U) -diagram van deze led weergegeven. Jos en Martijn zien dat de led licht gaat geven bij een spanning U_{led} van $1,5\text{ V}$.

De led moet licht gaan geven bij een spanning U_{pelt} van $5,0\text{ V}$.

- 4p 9 Bepaal met behulp van figuur 4 de grootte die de weerstand R_1 moet hebben. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Op het peltier-element sluiten ze nu de ventilator, de led-schakeling en een lader voor een telefoonaccu parallel aan elkaar aan. Ze houden het peltier-element op temperatuur zodanig dat het $5,0\text{ V}$ blijft leveren.

Ze meten dat het peltier-element een stroomsterkte van $0,41\text{ A}$ levert.

Door de ventilator en de led-schakeling samen loopt een totale stroom van $0,30\text{ A}$. De telefoonaccu heeft een capaciteit van $2,6\text{ Ah}$.

- 4p 10 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de tijd die minimaal nodig is om de lege accu volledig op te laden met deze opstelling.
- Leg uit welke conclusie Jos en Martijn moeten trekken over het halen van de vierde ontwerpeis.

Falcon heavy

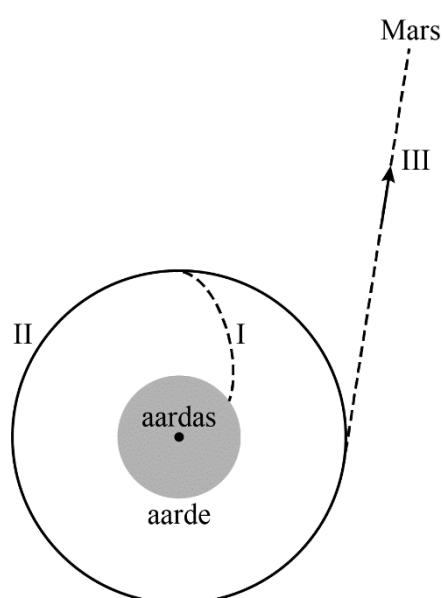
In februari 2018 is de Falcon 9 heavy (kortweg F9h) getest. Dit is een raket die naar Mars moet reizen. Zie figuur 1.

Het bovenaanzicht van het testtraject is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 2. F9h werd gelanceerd (I) richting een baan om de aarde. Daar aangekomen werd de raket tijdelijk ‘geparkeerd’ in deze baan om de aarde, de zogenaamde parkeerbaan (II). Daarna vervolgde hij zijn weg verder richting Mars (III).

figuur 1



figuur 2



I Lanceren

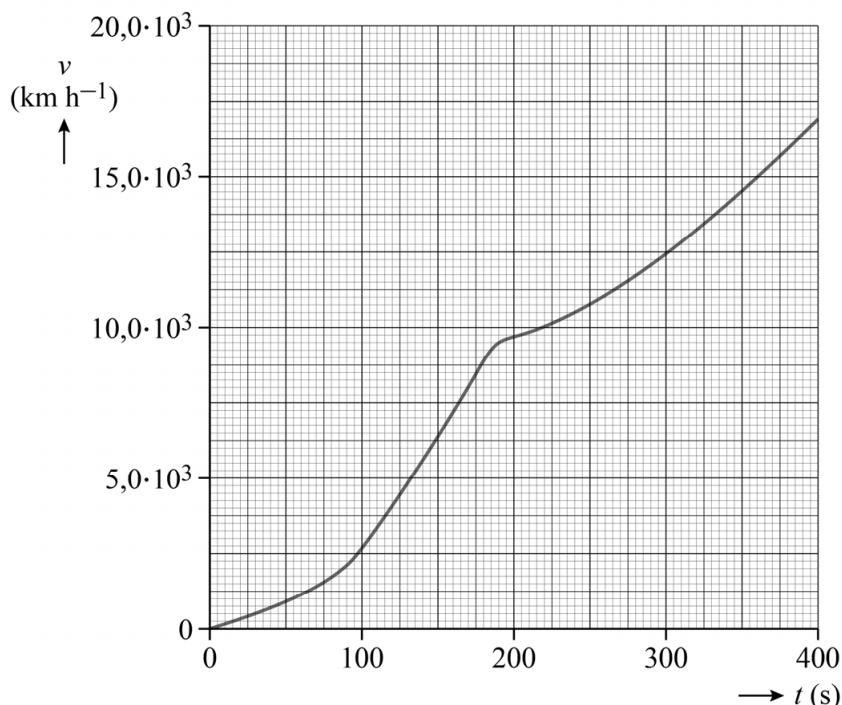
Om in de parkeerbaan te komen, moest de raket brandstof verbranden om voldoende kinetische energie en zwaarte-energie te krijgen. De benodigde zwaarte-energie is niet afhankelijk van de plek waar de raket vanaf aarde gelanceerd werd. De benodigde kinetische energie is wel afhankelijk van de plek van lancering. Omdat de aarde om de aardas draait, heeft het lanceerplatform zelf een snelheid v_L . Hierdoor had de raket al voor de lancering kinetische energie.

4p 11 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat de snelheid v_L bij de evenaar het grootst is.
- Leg met behulp van een formule uit het informatieboek uit dat er minder brandstof nodig is als de lanceerplek dicht bij de evenaar ligt.

Van de eerste minuten van de beweging van F9h is een (v, t)-diagram gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



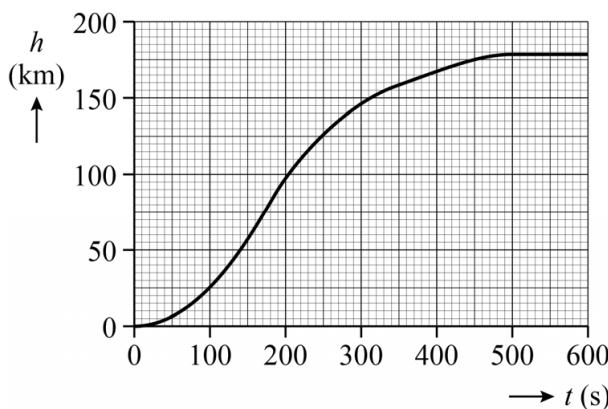
De raket gebruikte een hoofdmotor en extra hulpmotoren. Na ruim 3 minuten werden de hulpmotoren uitgeschakeld en bleef alleen de hoofdmotor van de raket werken. Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **12** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de versnelling op $t = 180$ s. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

II Parkeerbaan

In figuur 4 is in een (h, t) -diagram de hoogte van F9h boven het aardoppervlak uitgezet tegen de tijd.

figuur 4



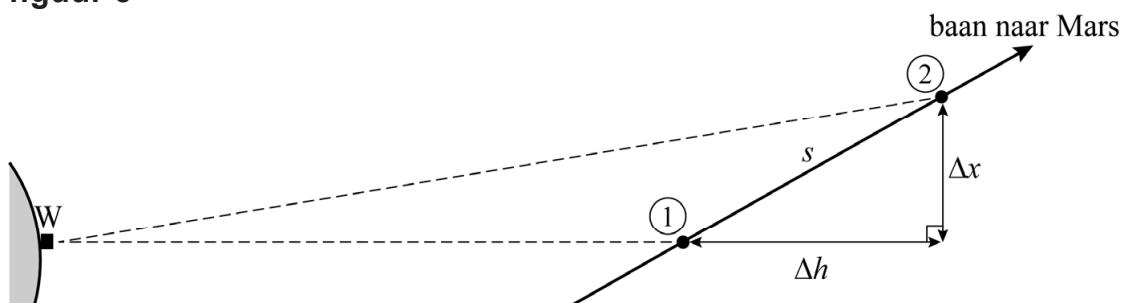
Ongeveer acht minuten na de lancering bereikte F9h de cirkelvormige parkeerbaan.

- 5p 13 Bepaal met behulp van figuur 4 en een berekening de baansnelheid van F9h in de parkeerbaan. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

III Op weg naar Mars

Na een tijd verliet F9h de parkeerbaan en vervolgde de raket de reis naar Mars. Aangenomen wordt dat de snelheid van F9h in dit traject constant was en anders dan de snelheid van F9h in de parkeerbaan. Tijdens een deel van de vlucht werd F9h door een waarnemer W twee keer gefotografeerd. Het zijaanzicht van de baan is schematisch en niet op schaal weergegeven in figuur 5.

figuur 5



F9h legde tussen de tijdstippen van foto 1 en foto 2 een afstand s af.

Deze afstand kan bepaald worden uit:

- het hoogteverschil Δh van $9,21 \cdot 10^6$ m.
- de afstand Δx , die door de waarnemer is bepaald op $4,38 \cdot 10^6$ m.

Tussen het maken van foto 1 en foto 2 zat een tijd van 20,0 minuten.

- 3p 14 Voer de volgende opdrachten uit:
 - Bereken de afstand s .
 - Bereken de snelheid van F9h op het traject richting Mars.

Sarcoïde

Een veelvoorkomende tumor bij paarden is een zogenaamde sarcoïde. Dit is een huidtumor. Er bestaan verschillende methodes om deze tumor te behandelen.

Een eerste behandelmethode is bestraling. Hierbij kunnen afgesloten capsules gebruikt worden met radioactieve isotopen die ioniserende straling uitzenden. Deze capsules worden in de tumor geplaatst. In figuur 1 staat een tabel met een aantal capsules met verschillende isotopen die gebruikt kunnen worden.

figuur 1

capsule	isotoop	vervalproducten	$t_{1/2}$
I	Au-198	β en Hg-198 (niet radioactief)	3,8 dagen
II	Co-60	β en Ni-60 (niet radioactief)	5,3 jaar
III	Cs-137	β en Ba-137 (niet radioactief)	30 jaar
IV	Ir-192	β en Pt-192 (niet radioactief)	74 dagen

Een van de capsules mag blijven zitten na de behandeling. De overige capsules moeten verwijderd worden wanneer de sarcoïde voldoende is bestraald.

- 3p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit welke capsule (I, II, III of IV) mag blijven zitten.
 - Geef een reden waarom de isotopen uit figuur 1 alleen geschikt zijn om de tumor van binnenuit te behandelen.

Een sarcoïde kan ook worden behandeld met de isotoop Sr-90.

- 3p **16** Geef de vergelijking van de vervalreactie van Sr-90.

Een bepaalde sarcoïde heeft een massa van $7,9 \cdot 10^{-5}$ kg en wordt behandeld met Sr-90. Tijdens één bestraling ontvangt deze tumor een dosis van 20 Gy. De energie die per vervallen Sr-90-kern aan de tumor wordt afgegeven is 2,9 MeV. De gemiddelde activiteit tijdens de bestraling is $3,1 \cdot 10^6$ Bq.

- 5p **17** Bereken de tijdsduur van één bestraling van deze sarcoïde.

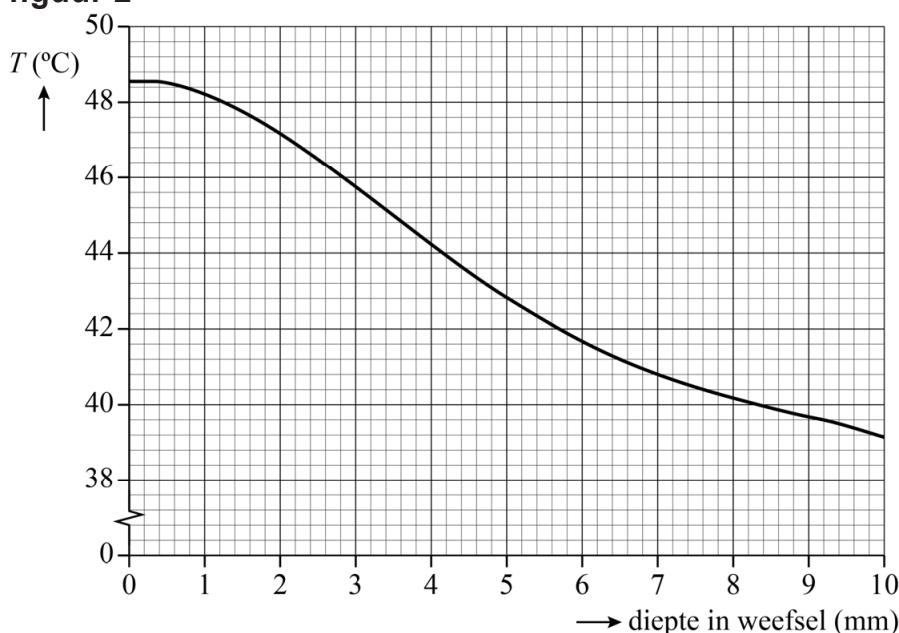
Een andere behandelmethode voor een sarcoïde is hyperthermie. Dit is een methode waarbij de tumor vernietigd wordt door hem van buitenaf te verhitten met microgolfstraling met een frequentie van 2,45 GHz. De stralingsbron levert $6,2 \cdot 10^{25}$ fotonen per seconde.

Om een bepaalde sarcoïde op de behandeltemperatuur te brengen moet de stralingsbron $7,2 \cdot 10^2$ J stralingsenergie leveren. Nadat de behandeltemperatuur is bereikt, wordt de sarcoïde nog 30 s lang bestraald met microgolfstraling om haar op temperatuur te houden.

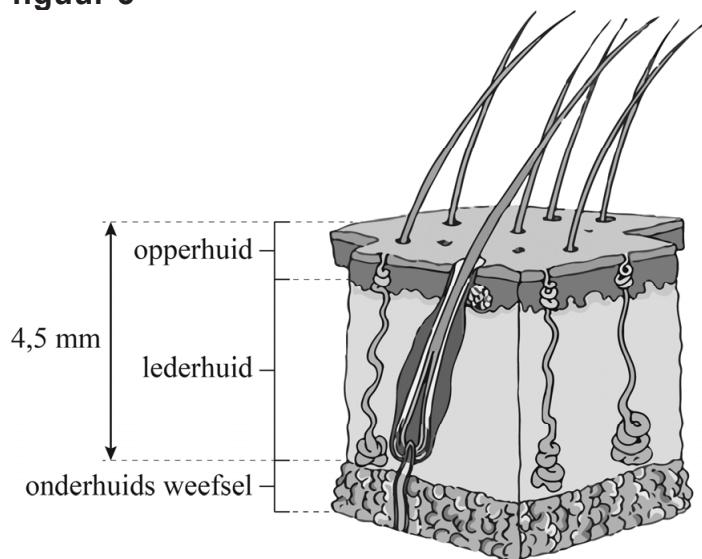
- 5p 18 Bereken de benodigde totale tijd voor de hyperthermie-behandeling van deze sarcoïde.

Bij hyperthermie moet een tumor verhit worden tot minimaal 42 °C. In figuur 2 is de temperatuur die bij deze behandelmethode gehaald kan worden, uitgezet tegen de diepte in het weefsel. In figuur 3 is schematisch de doorsnede van de huid van een paard weergegeven. De huid bestaat uit de opperhuid en de lederhuid. Onder de lederhuid begint het onderhuids weefsel.

figuur 2



figuur 3

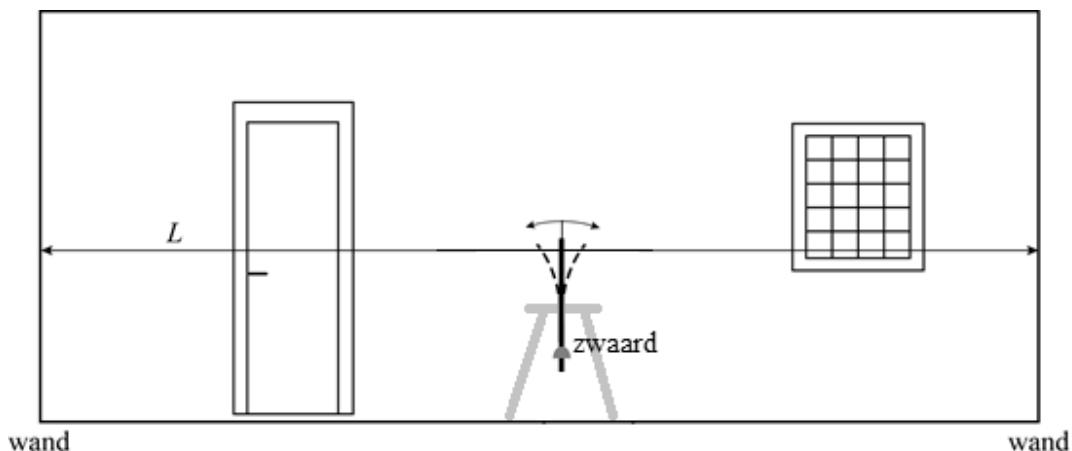


- 2p 19 Leg uit met behulp van figuren 2 en 3 of hyperthermie geschikt is om sarcoïdes in de hele huiddikte te behandelen.

Infrasone trillingen

In de jaren 80 deed wetenschapper Vic Tandy een toevallige ontdekking. Hij had een zwaard vastgeklemd om het schoon te maken. Het vrije uiteinde van het zwaard bleek uit zichzelf te trillen. Zie schematisch in figuur 1.

figuur 1



Hij verplaatste het zwaard in de kamer. Midden in de kamer trilde het zwaard het hardst. Richting de wanden nam de trilling af, bij de wanden trilde het zwaard niet.

Tandy concludeerde dat infrasone geluidsgolven de oorzaak waren van het trillen van het zwaard. Infrason geluid is onhoorbaar voor mensen omdat het een frequentie heeft lager dan 20 Hz. De lengte L van de ruimte is 11,0 m en de temperatuur is 20 °C.

- 4p 20 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage op de stippellijn het patroon aan van knopen (K) en buiken (B) van de grondtoon in de kamer.
 - Toon met een berekening aan dat de geluidsgolven infrason waren.

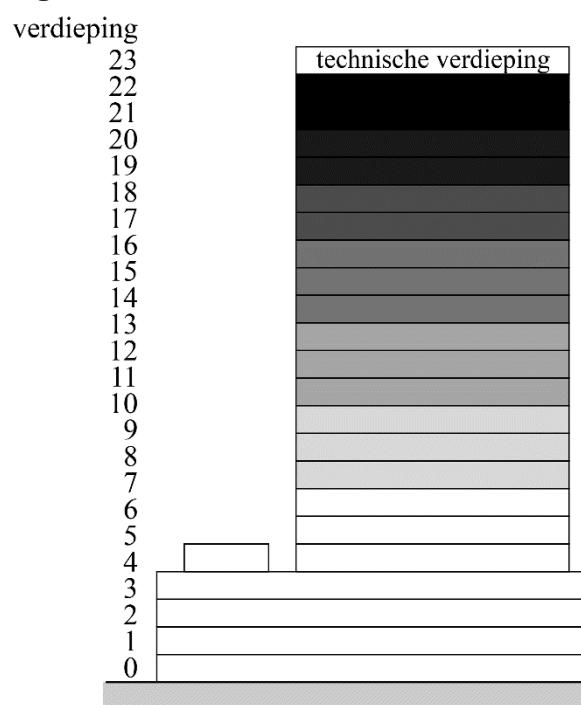
In 2012 vertoonde een nieuw gebouw van Rijkswaterstaat ongewenste trillingen. Zie figuur 2 voor een foto van dit gebouw. Al snel werd gedacht aan infrasone trillingen. Men startte een onderzoek naar de oorzaak van die trillingen.

Tijdens het onderzoek hebben onderzoekers in beeld gebracht hoeveel klachten er binnen waren gekomen per verdieping. In hun rapport zijn de resultaten weergegeven op de manier van figuur 3.

figuur 2



figuur 3



Hoe donkerder de verdieping is weergegeven, hoe groter het percentage klagers op deze verdieping.

De onderzoekers hebben geconstateerd dat het gaat om een golf in het gebouw.

- 2p 21 Leg met behulp van figuur 3 uit of dit patroon van klachten beter past bij een staande golf of bij een lopende golf.

Ook staat in het rapport:

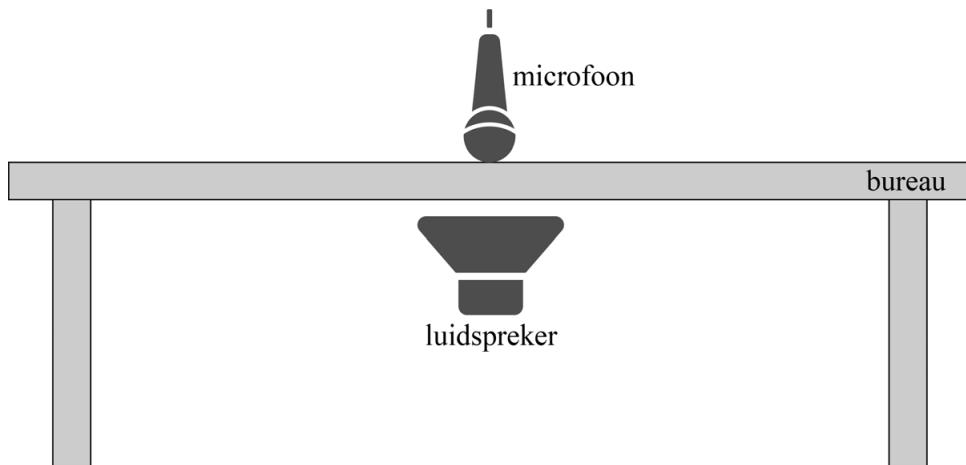
Veel melders zeggen dat de glaswasinstallatie op dat moment in gebruik was, maar wijzen de glaswasinstallatie niet aan als mogelijke oorzaak. De melders kunnen zich niet voorstellen dat deze installatie dergelijke heftige trillingen in het gebouw kan veroorzaken.

- 1p 22 Noem het natuurkundig verschijnsel dat hiervoor toch een verklaring kan zijn.

In het rapport staat verder dat de medewerkers hun bureaus soms heftig op en neer voelden trillen. Tijdens het onderzoek zijn daarom de infrasone eigenfrequenties van de bureaus bepaald.

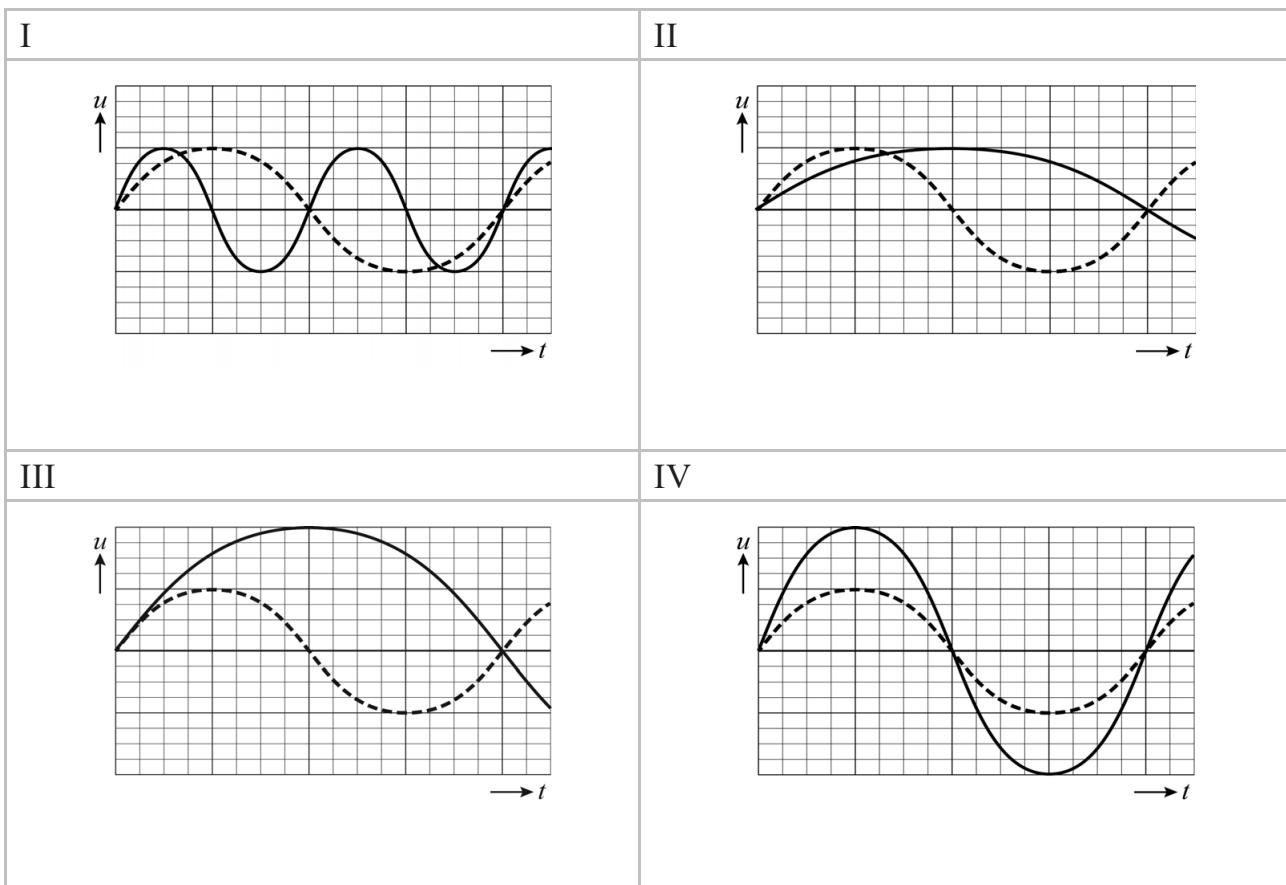
Een mogelijke methode om deze eigenfrequenties te bepalen is een bureau tussen een luidspreker en een microfoon te plaatsen en de luidspreker steeds een toon met een vaste (infrasone) frequentie te laten uitzenden. Zie schematisch in figuur 4.

figuur 4



Het signaal dat de microfoon ontvangt, wordt vastgelegd in een (u,t) -diagram. In figuur 5 staan vier (u,t) -diagrammen. De gestippelde lijn geeft in elke grafiek de trilling van de microfoon weer als er geen bureau tussen de luidspreker en de microfoon staat. De doorgetrokken streep geeft een mogelijke meetuitkomst als er wel een bureau tussen de luidspreker en de microfoon staat.

figuur 5



- 1p 23 Welk diagram geeft het juiste meetresultaat weer als de infrasone frequentie van de luidspreker overeenkomt met de eigenfrequentie van het bureau?
- A diagram I
 - B diagram II
 - C diagram III
 - D diagram IV

In het rapport staat verder:

Toevalligerwijs valt de frequentie van het trillen van de glaswasinstallatie samen met de eigenfrequentie van de bureaus (4 Hz).

De glaswasinstallatie bestaat uit een bak die aan staalkabels hangt, waarin de glazenwassers kunnen staan. De totale massa van bak en glazenwassers is 350 kg. De lange staalkabels kunnen worden beschouwd als een veer. De veerconstante van de kabels samen is $2,2 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-1}$. De massa van de kabels wordt verwaarloosd.

- 3p 24 Toon met een berekening aan dat de eigenfrequentie van de glaswasinstallatie met glazenwassers gelijk is aan die van de bureaus.

Bronvermelding

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

Examen HAVO

2024

tijdvak 2
maandag 24 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 78 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.

Kunstmatige meteoroïden

Meteoroïden zijn objecten uit de ruimte die lichtflitsen veroorzaken bij het binnendringen en doorkruisen van de atmosfeer van de aarde. Deze lichtflitsen zijn als lichtsporen aan de hemel te zien. Zie figuur 1.

figuur 1



Meteoroïden komen de aardatmosfeer binnen met een snelheid tussen $3,5 \cdot 10^4 \text{ kmh}^{-1}$ en $2,5 \cdot 10^5 \text{ kmh}^{-1}$. De meteoroïde in figuur 1 was gedurende 1,22 s zichtbaar aan de hemel.

- 4p 1 Bereken de maximale lengte van het spoor van deze meteoroïde. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Het waarnemen van een meteoroïde is een toevalstreffer. Daarom ontwikkelt een Japans bedrijf kunstmatige meteoroïden om deze op afroep als kosmisch vuurwerk in te zetten. Het bedrijf heeft een satelliet ontworpen die vanuit de ruimte metalen bolletjes kan lanceren richting de aarde. Deze bolletjes komen de aardatmosfeer binnen op hoge snelheid. Door de luchtwrijving bereiken de bolletjes een zeer hoge temperatuur waardoor ze gedurende langere tijd helder licht uitzenden.

Het bedrijf heeft de bolletjes getest in een testopstelling waar ze de vlucht door de aardatmosfeer nabootsen met een luchtstroom. De temperatuur van de bolletjes wordt bepaald door de golflengte van de straling met de hoogste intensiteit te meten. Deze is 940 nm.

- 3p 2 Bereken de temperatuur van de bolletjes in °C.

De satelliet van het bedrijf draait op $4,0 \cdot 10^2$ km hoogte boven het aardoppervlak in een cirkelbaan.

- 4p 3 Bereken de snelheid van de satelliet in deze baan.

De bolletjes beginnen hun val vanuit de satelliet richting aarde.

Max en Lara hebben ieder een verklaring waarom een bolletje niet in een cirkelbaan om de aarde blijft draaien, maar naar de aarde toe valt:

- Volgens Max valt een bolletje naar de aarde omdat het een lagere snelheid heeft dan de benodigde baansnelheid.
- Volgens Lara valt een bolletje naar de aarde omdat de gravitatiekracht groter is dan de middelpuntzoekende kracht die nodig is voor de cirkelbaan.

- 1p 4 Wie heeft er gelijk?

- A Alleen Max heeft gelijk.
- B Alleen Lara heeft gelijk.
- C Beiden hebben gelijk.
- D Geen van beiden heeft gelijk.

De bolletjes beginnen hun val richting aarde met een beginsnelheid van $7,5 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$.

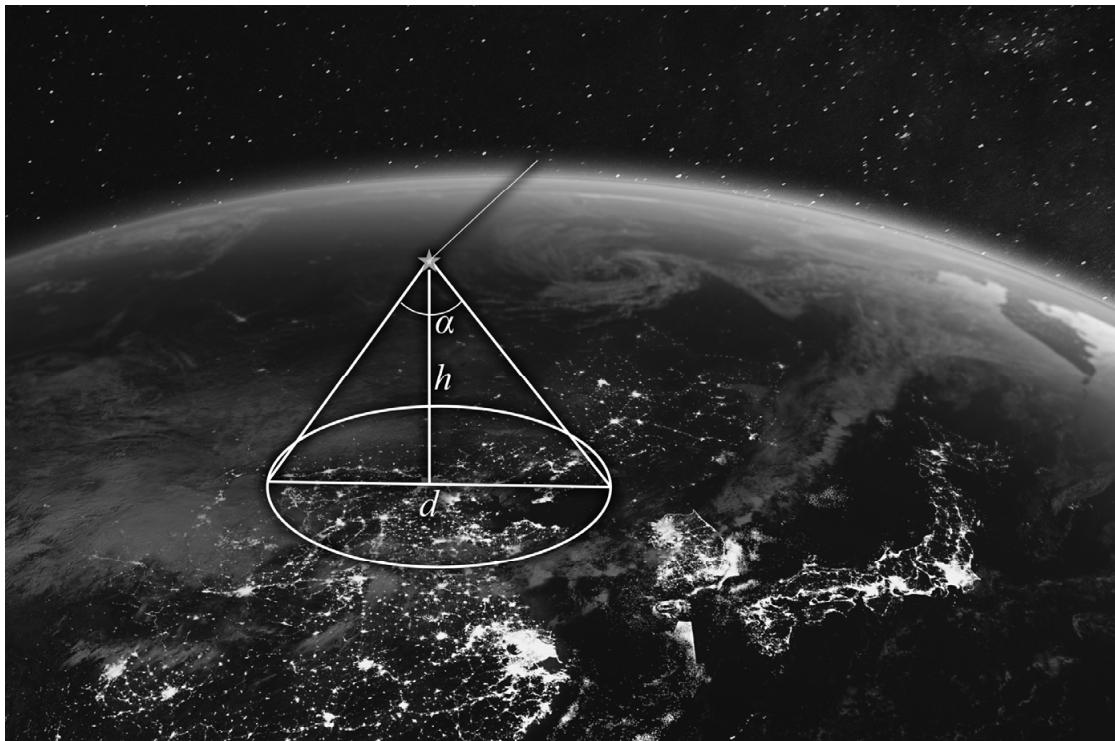
De valversnelling mag tijdens de hele val gelijkgesteld worden aan de valversnelling op aarde. Op een hoogte van $1,0 \cdot 10^2$ km komen de bolletjes de aardatmosfeer binnen.

De snelheid van de bolletjes is dan lager dan de snelheid van $3,5 \cdot 10^4 \text{ kmh}^{-1}$ van een echte meteoroïde.

- 4p 5 Toon dat aan met een berekening met de wet van behoud van energie.

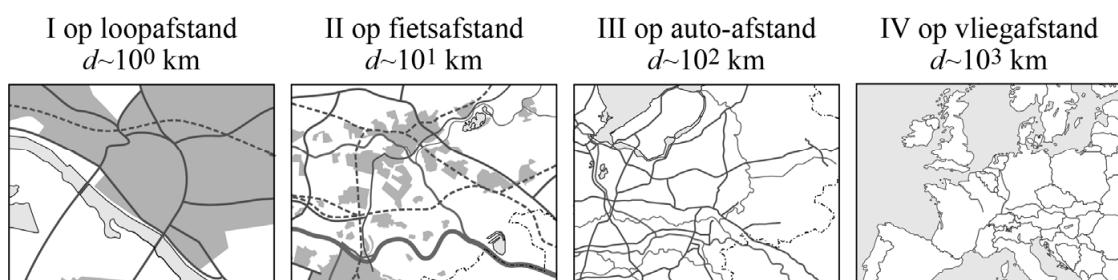
De kunstmatige meteoroïden lichten op als ze de atmosfeer op $h = 1,0 \cdot 10^2$ km boven het aardoppervlak binnendringen. Ze zijn op dat moment overal vanaf het aardoppervlak waarneembaar binnen een cirkelvormig gebied dat de basis is van een kegel met hoogte h en een tophoek α van 77 graden. Zie schematisch en niet op schaal in figuur 2.

figuur 2



In figuur 3 zijn vier gebieden (I, II, III en IV) met bijbehorende orde van grootte weergegeven.

figuur 3



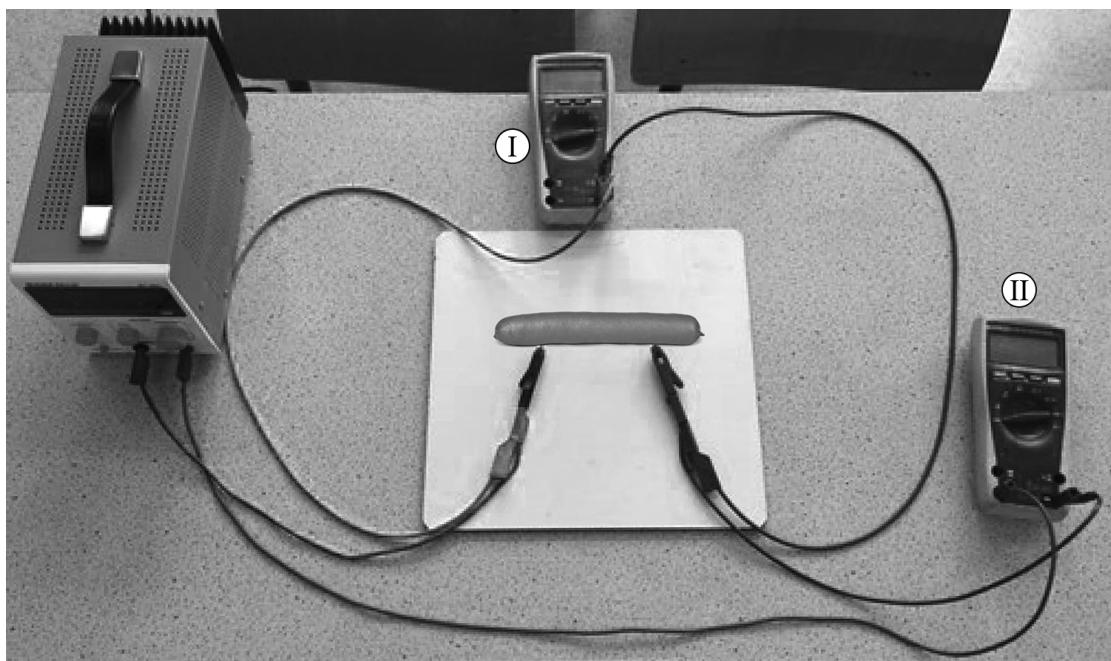
- 3p 6 Leg met behulp van een berekening uit welk gebied (I, II, III of IV) het grootste gebied is waarbinnen het kosmisch vuurwerk van de meteoroïden nog overal zichtbaar is.

Knakworstenverwarmer

Lieke onderzoekt of het mogelijk is om een knakworst te verwarmen door er een elektrische stroom doorheen te sturen.

Hiervoor prikt ze twee aansluitpunten in een knakworst en bouwt ze de schakeling van figuur 1.

figuur 1



In de schakeling van figuur 1 zijn twee meters (I en II) opgenomen.

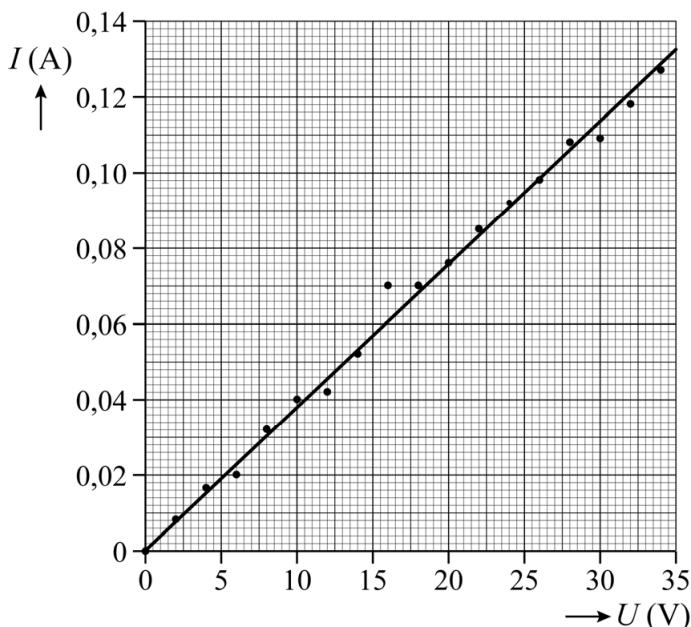
Eentje werkt als spanningsmeter, de andere als stroommeter.

- 2p 7 Leg op basis van de schakeling in figuur 1 uit welke meter (I of II) de stroommeter is.

Lieke meet de stroom I door de knakworst bij verschillende spanningen U . Ze voert de metingen in zeer korte tijd uit, om de knakworst tijdens deze metingen nog niet te laten opwarmen.

Van haar metingen maakt ze een (I, U) -diagram. Zie figuur 2.

figuur 2



Op het potje van de knakworsten staat dat er zout in zit. Lieke vraagt zich af of de soortelijke weerstand van de knakworst hetzelfde is als die van zout water. Op internet vindt ze dat de soortelijke weerstand van zout water gelijk is aan $0,24 \Omega\text{m}$.

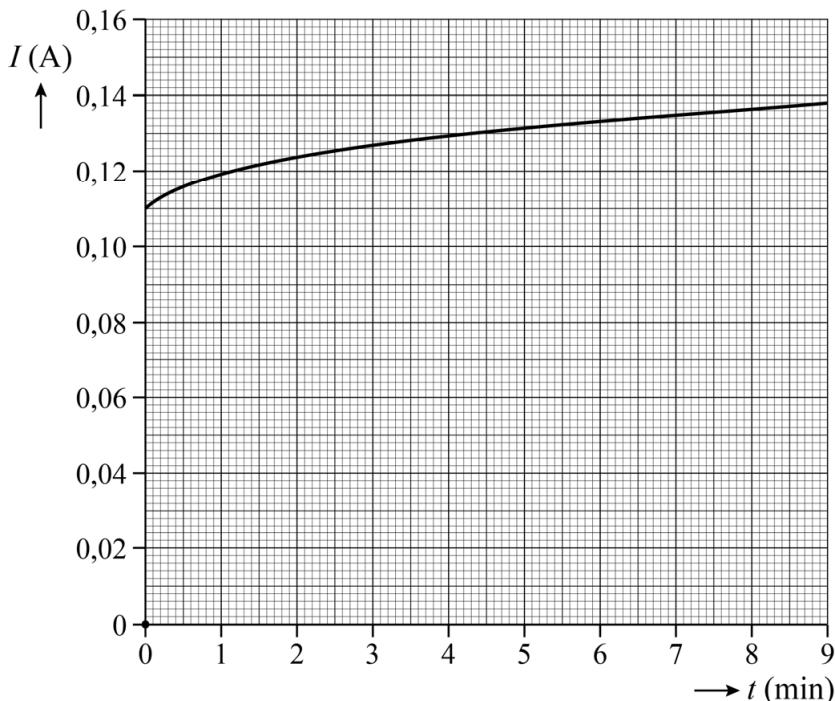
De knakworst heeft een diameter van 15 mm en de lengte van de knakworst tussen de aansluitpunten van de draden is 8,0 cm.

6p 8 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal met behulp van figuur 2 de weerstand van de knakworst.
Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- Toon met een berekening aan of de soortelijke weerstand van de knakworst gelijk is aan die van zout water.

Vervolgens zet Lieke een constante spanning over de knakworst. Nu laat ze de knakworst wel opwarmen. Het valt Lieke op dat de stroomsterkte niet constant blijft tijdens het verwarmen. Ze maakt daarom een (I, t)-diagram. Zie figuur 3.

figuur 3



- 3p **9** Leg met behulp van figuur 3 uit of de knakworst zich gedraagt als een NTC of als een PTC.

Lieke laat de knakworst in 14 minuten opwarmen van een temperatuur van 22°C tot een temperatuur van 60°C . Ze vraagt zich af wat het rendement is van haar opstelling tijdens het opwarmen van de knakworst. Het gemiddelde elektrische vermogen tijdens het opwarmen is $3,9 \text{ W}$. De massa van de knakworst is 20 g .

Ze vindt op internet dat vlees een soortelijke warmte heeft van $3,0 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

- 4p **10** Bereken het rendement van de opstelling.

Lieke wil nu met haar opstelling, in dezelfde tijd als bij één knakworst, meerdere knakworsten tegelijk opwarmen tot een temperatuur van 60°C .

Op de spanningsbron staat vermeld dat deze een maximale spanning van 35 V kan leveren en een maximale stroomsterkte van $5,0 \text{ A}$.

- 3p **11** Leg met behulp van figuren 2 en 3 uit of ze de knakworsten dan in serie of parallel moet aansluiten op de spanningsbron.

Boombrommer

Betelnoten groeien in de toppen van palmbomen. De stammen van die bomen zijn hoog en kaarsrecht. Zie figuur 1. Boeren beklimmen deze bomen om de noten te plukken. Een uitvinder heeft een boombrommer gemaakt om langs een stam omhoog naar de top te kunnen 'rijden'. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2



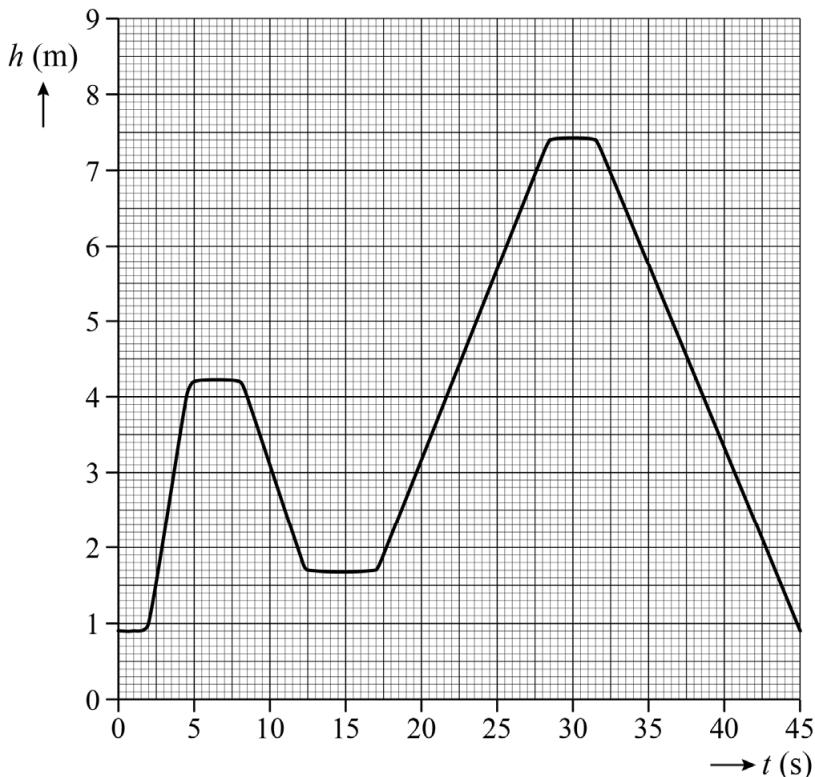
De brommer klemt met wielen om de stam.

Een benzinemotor kan de brommer met constante snelheid langs de stam naar boven laten rijden.

De boombrommer is uitgerust met een rem. Deze rem zorgt voor een grote remkracht op de brommer, waardoor die stil kan hangen aan de stam. De boombrommer kan vanuit stilstand weer afdalen langs de stam door de remkracht te verkleinen.

De uitvinder heeft een testrit gemaakt om de boombrommer te demonstreren. Van deze rit is een (h,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 3.

figuur 3



Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

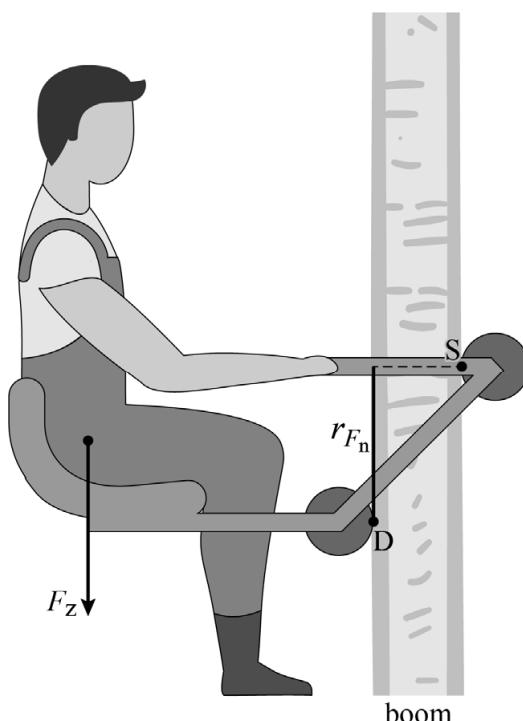
- 2p **12** Geef in de tabel met een kruisje per tijdstip aan welke bewering juist is.

Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **13** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale snelheid waarmee de brommer langs de stam naar boven rijdt. Geef in de figuur aan hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

In figuur 4 is de situatie van een stil hangende boombrommer schematisch en op schaal weergegeven. Bij het ontwerp is handig gebruikgemaakt van de hefboomwet. De brommer heeft een draaipunt D. De boom oefent op steunwiel S alleen een normaalkracht F_n uit. Door de arm r_{F_n} ontstaat er een moment M . Dit is in evenwicht met het moment van de zwaartekracht F_z op de uitvinder en brommer samen. De uitvinder hangt stil. De massa van de uitvinder en boombrommer samen is 104 kg.

figuur 4



Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **14** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de arm van de zwaartekracht.
 - Bepaal met behulp van de hefboomwet de grootte van de normaalkracht F_n op steunwiel S. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

De uitvinder wil dat de boom niet wordt beschadigd. Daarom wil hij F_n zo klein mogelijk houden. In het ontwerp kan hij de afstand SD kleiner maken.

- 3p **15** Leg uit of F_n groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft door een kleinere afstand SD.

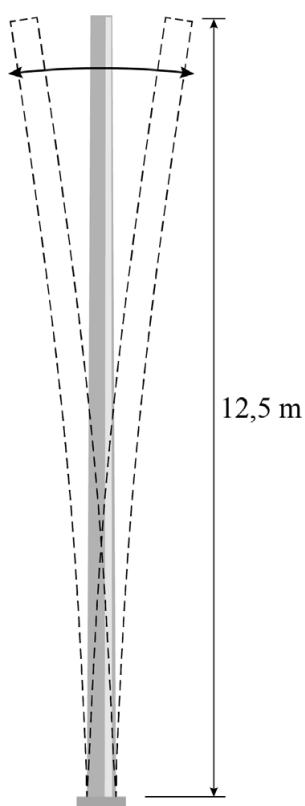
De uitvinder beweert dat hij 135 bomen van elk 30 m hoog kan beklimmen met 1,5 liter benzine. Het rendement van de motor die in de boombrommer zit, is 18%.

- 5p **16** Toon met een berekening aan of de bewering van de uitvinder kan kloppen.

Wiebelgenerator

Er wordt onderzoek gedaan naar een nieuwe methode om windenergie om te zetten in elektrische energie. Bij een bepaalde experimentele methode wordt een lange paal gebruikt waarin staande golven ontstaan als de paal in de wind staat. De wiebelende paal wekt elektriciteit op en wordt dan ook ‘wiebelgenerator’ genoemd. Voor een test is een prototype van een wiebelgenerator gemaakt met een 12,5 m lange paal. Zie figuur 1. In deze figuur is schematisch weergegeven hoe de paal in de grondtoon trilt.

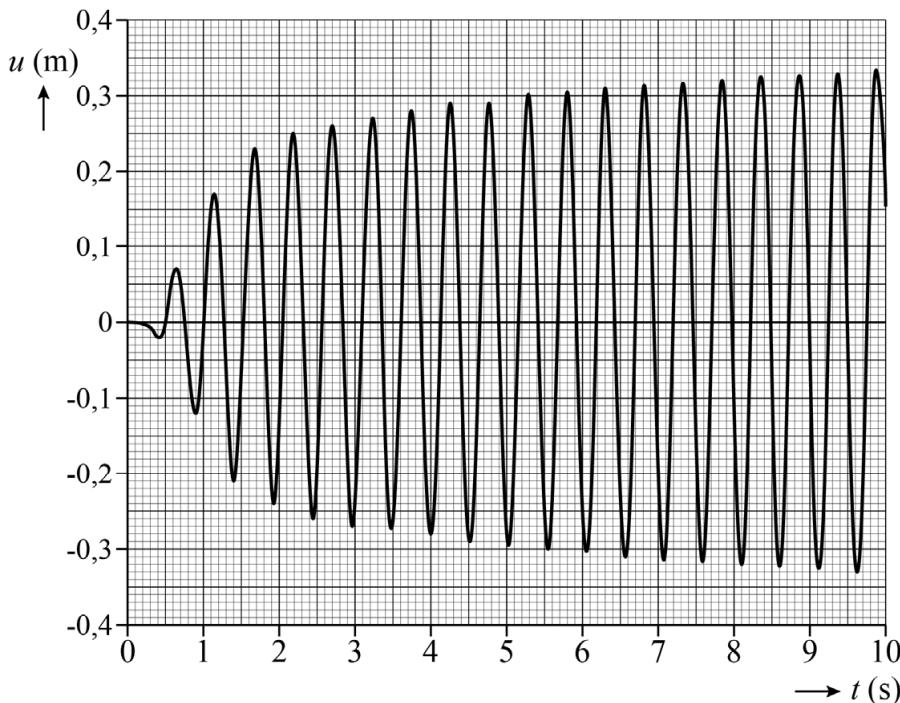
figuur 1



- 2p 17 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage het patroon van knopen (K) en buiken (B) voor de eerste boventoon van de paal.

De frequentie waarmee de paal gaat trillen, is afhankelijk van de voortplantingssnelheid van de golven in de paal. Om deze snelheid te bepalen, wordt tijdens een test de paal aan het trillen gebracht in de grondtoon. Zie figuur 1. Van deze trilling wordt een (u,t) -diagram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2



- 4p **18** Bepaal met behulp van figuren 1 en 2 de voortplantingssnelheid die uit deze test volgt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Als gevolg van de wind ontstaan er rond de paal wervelingen met een bepaalde frequentie f_w . Voor een zo groot mogelijke opbrengst van de wiebelgenerator moet f_w gelijk zijn aan de eigenfrequentie f_0 van de grondtoon. De frequentie f_w is niet constant, maar afhankelijk van de windsnelheid. De eigenfrequentie f_0 moet dus aangepast kunnen worden tijdens het veranderen van de windsnelheid. De onderzoekers denken dit te kunnen doen met een technische oplossing waarmee de veerconstante van de paal kan worden verhoogd of verlaagd.

De paal is te modelleren als een massa-veer-systeem.

Op de uitwerkbijlage staan hierover twee zinnen.

- 2p **19** Omcirkel op de uitwerkbijlage in iedere zin het juiste alternatief.

Met behulp van het model wordt berekend dat het nuttige vermogen van de wiebelgenerator bij een bepaalde lengte van de paal gelijk is aan 100 W. Men wil het rendement van de wiebelgenerator bij een windsnelheid van 12 m s^{-1} vergelijken met het rendement van een reguliere windturbine onder dezelfde omstandigheden.
Voor het vermogen dat de wind overdraagt op de wiebelgenerator geldt:

$$P_{\text{wind}} = 0,30 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Hierin is:

- P_{wind} het overgedragen vermogen;
- ρ de dichtheid van lucht;
- A het frontaal oppervlak van de wiebelende paal;
- v de windsnelheid.

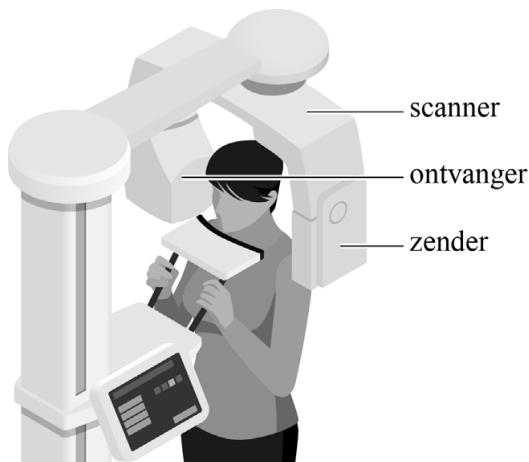
Het frontaal oppervlak voor de paal in het model wordt gesteld op $1,2 \text{ m}^2$.
Een reguliere windturbine heeft onder dezelfde omstandigheden een rendement van 35%.

- 3p 20 Toon met behulp van een berekening aan of het rendement van de wiebelgenerator dat volgt uit dit model hoger of lager is dan het rendement van de reguliere windturbine.

Gebitsfoto

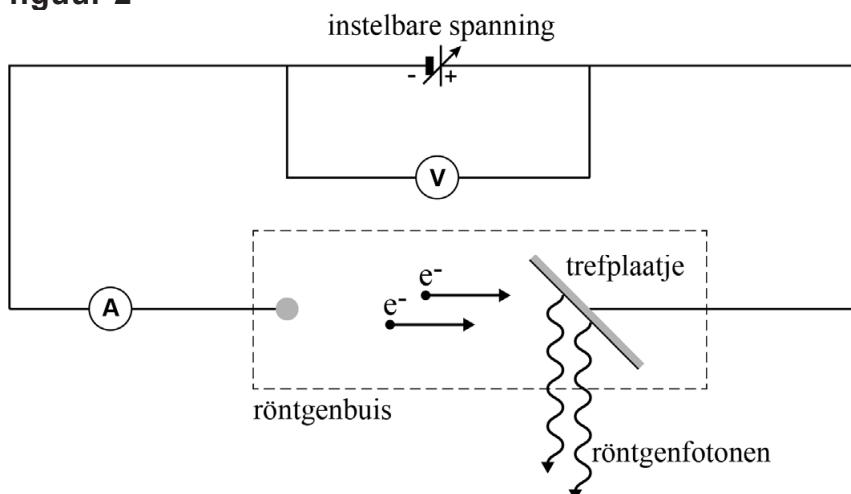
Om het gebit goed te kunnen beoordelen, maakt de tandarts röntgenscans. Voor het maken van een röntgenscan kan de tandarts een röntgenapparaat met een draaibare scanner gebruiken waarmee die een foto van het volledige gebit kan maken. In korte tijd draait de scanner rondom het hoofd van de patiënt. Zie figuur 1.

figuur 1



De röntgenstraling wordt opgewekt in een zogenaamde röntgenbuis. Dit gebeurt door in de röntgenbuis een trefplaatje te beschieten met elektronen. De snelheid van de elektronen kan verhoogd worden door het verhogen van een instelbare spanning U over de röntgenbuis. Zie figuur 2.

figuur 2



Snellere elektronen leveren fotonen op met een hogere foton-energie en dus een kleinere golflengte. De golflengte van fotonen die voor gebitsfoto's worden gebruikt, ligt tussen de 0,01 nm en 10 nm. De spanning U is zo ingesteld dat de fotonenergie 85 keV is.

- 4p 21 Toon met een berekening aan dat de golflengte van de gebruikte fotonen binnen het aangegeven gebied ligt.

Hoeveel fotonen er per seconde ontstaan, wordt onder andere bepaald door de stroomsterkte I van de elektronen in de röntgenbuis. Deze stroomsterkte is 6,0 mA. Slechts 1 op de 100 elektronen uit deze stroom maakt echt een foton vrij in het trefplaatje.

- 3p 22 Bereken hoeveel fotonen er per seconde ontstaan.

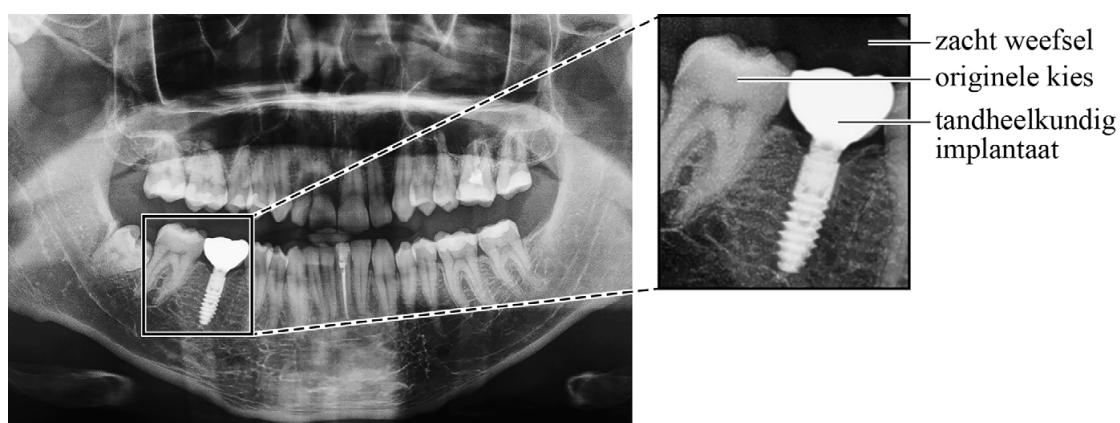
Om de stralingsdosis goed te kunnen instellen, worden proefmetingen in de scanner gedaan met een pop die werkt als een dosimeter.

De pop ontvangt tijdens een proefscan een stralingsvermogen van $2,6 \cdot 10^{-4}$ W. Het maken van de totale scan duurt 16,7 s. De massa van het bestraalde materiaal is 1,5 kg.

- 3p 23 Bereken de dosis die de pop ontvangt tijdens deze proefscan.

In figuur 3 is de scan te zien zoals een tandarts die heeft gemaakt van een patiënt. Eén van de kiezen van de patiënt is vervangen door een implantaat van metaal. In de vergroting zijn een originele kies en het implantaat zichtbaar. De kies en het implantaat hebben dezelfde dikte. Zie het schematische bovenaanzicht in figuur 4.

figuur 3



figuur 4



De donkere gebieden op de scan in figuur 3 geven aan dat er op die plaatsen meer straling door de ontvanger gemeten is.

- 2p 24 Leg uit of het implantaat een grotere of kleinere halveringsdikte heeft dan de originele kies.

Bronvermelding

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