

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 24 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.



Muzikale schelp

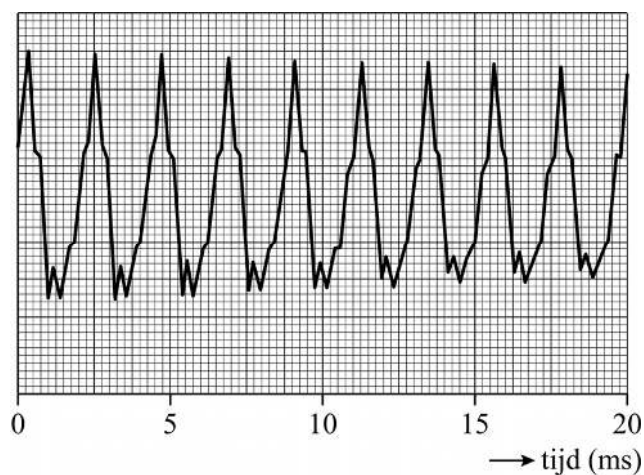
Wetenschappers hebben een schelp gevonden van 18 duizend jaar oud die vermoedelijk als blaasinstrument is gebruikt. Zie figuur 1.

figuur 1



Een ervaren muzikant slaagde erin om diverse tonen op de schelp te spelen. Van een van die tonen is een oscillogram gemaakt. Zie figuur 2.

figuur 2

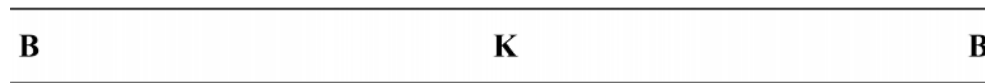


- 3p 1 Bepaal met behulp van figuur 2 de laagste frequentie van deze toon. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.



Tijdens het spelen ontstaan staande golven in de schelp. De schelp kan voor de grondtoon worden opgevat als een (spiraalvormige) luchtkolom met twee buiken B bij de open uiteinden en een knoop K in het midden. Zie figuur 3.

figuur 3



De grondtoon van de schelp heeft een frequentie van $2,8 \cdot 10^2$ Hz.
De omgevingstemperatuur is 20 °C.

3p **2** Bereken de lengte van de luchtkolom.

De muzikant maakt de opening aan het uiteinde van de schelp dicht en hoort een andere grondtoon.

3p **3** Leg uit met behulp van een schets met knopen (K) en buiken (B) of deze grondtoon hoger of lager is.



Veilig ontsnappen

Als er brand uitbreekt in een windmolen tijdens het onderhoud, moeten monteurs de windmolen zo snel mogelijk kunnen verlaten.

figuur 1



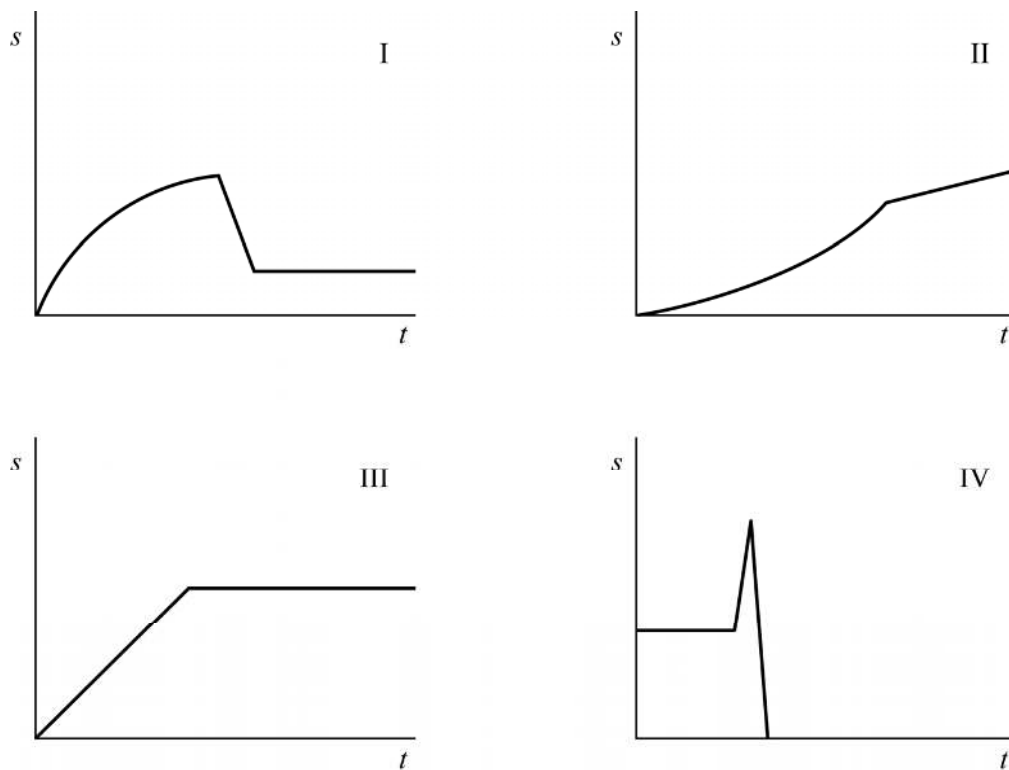
Daarom zijn er twee belangrijke ontwerpeisen:

- I. De windmolen moet via de buitenkant verlaten kunnen worden.
- II. Het landen op de grond moet met een veilige vertraging gebeuren.



Basejumpen is een manier om te ontsnappen. Basejumpen is parachutespringen van lage hoogte, zoals van een gebouw. Na een korte vrije val opent de parachute. In figuur 2 zijn vier diagrammen weergegeven waarin de afgelegde afstand s is uitgezet tegen de tijd t .

figuur 2



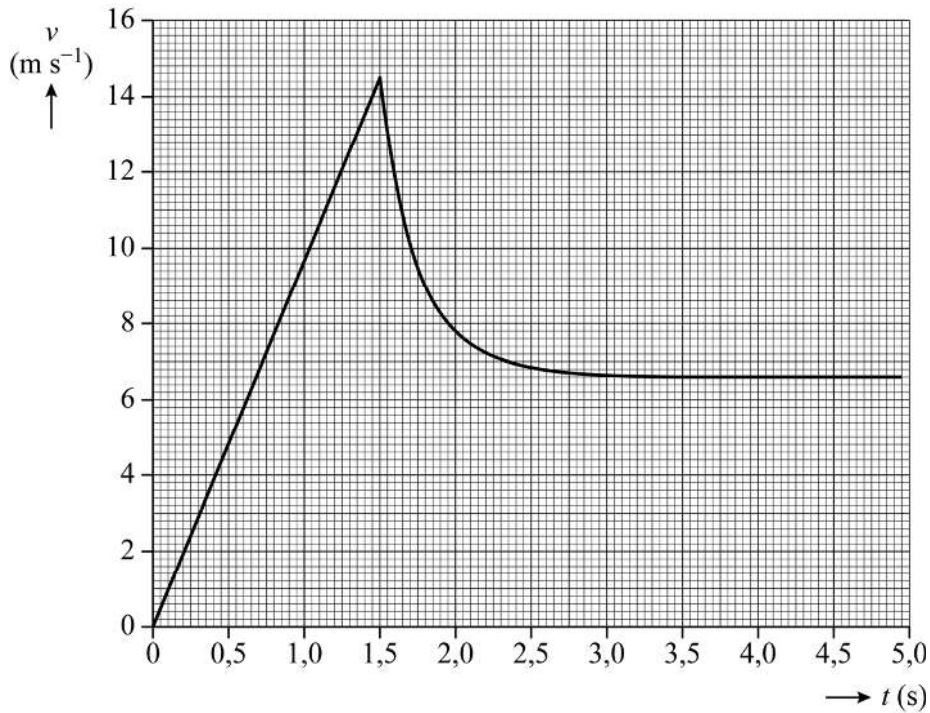
1p 4 Welk diagram komt het best overeen met het (s, t) -diagram van een basejump?

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



Tijdens een test van een basejump is een (v,t) -grafiek gemaakt van afsprong tot landing. Zie figuur 3. De test was van een hoogte van 36 m.

figuur 3



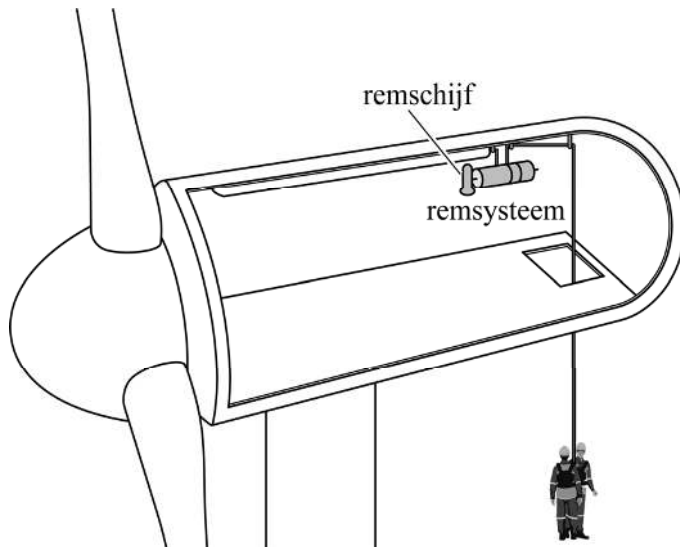
Figuur 3 staat ook op de uitwerkbijlage. Een menselijk lichaam kan veilig blootgesteld worden aan een versnelling van maximaal 60 m s^{-2} direct na het openen van de parachute.

- 3p **5** Toon met een bepaling aan of de maximale versnelling direct na het openen van de parachute aan deze veiligheidseis voldoet. Laat in de figuur zien hoe je aan je antwoord komt.



Een basejump kan gevaarlijk zijn. Daarom is er ook een systeem ontwikkeld om met een constante snelheid af te dalen aan een staalkabel. Om deze snelheid constant te houden, wordt er continu geremd door een remsysteem met een remschijf. Dit remsysteem is boven in de windmolen bevestigd. Zie figuur 4.

figuur 4



Aan het remsysteem is een aantal aanvullende ontwerpeisen gesteld:

- III. Er moet 280 kg (twee monteurs met uitrusting samen) aan één kabel kunnen afdalen.
- IV. Tijdens gebruik mag de temperatuur van de remschijf door wrijvingswarmte maximaal 600 °C worden bij een omgevingstemperatuur van 50 °C.
- V. Het systeem kan gebruikt worden tot 150 m hoogte.

Het systeem gebruikt een remschijf die tijdens de afdaling wrijving ondervindt en opwarmt. De remschijf mag tijdens gebruik niet oververhit raken, want dan verliest hij zijn werking. De remschijf is gemaakt van ijzer. Tijdens de afdaling wordt 85% van de wrijvingswarmte opgenomen door de remschijf.

- 5p **6** Bereken de minimale massa van de remschijf. Noteer je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Bij een veilige landing mag de vertraging niet groter zijn dan 10 m s^{-2} . Een monteur met gereedschap heeft een massa van 140 kg. Tijdens de landing wordt deze massa over een afstand van 20 cm afgeremd doordat de monteur de knieën buigt.

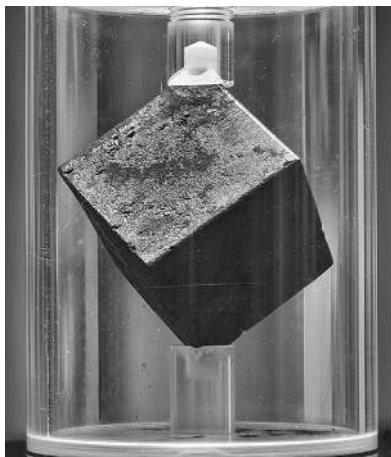
- 4p **7** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de maximale resulterende kracht tijdens een veilige landing.
 - Bereken met de wet van arbeid en kinetische energie de maximale snelheid waarmee het systeem de monteur veilig kan laten landen.



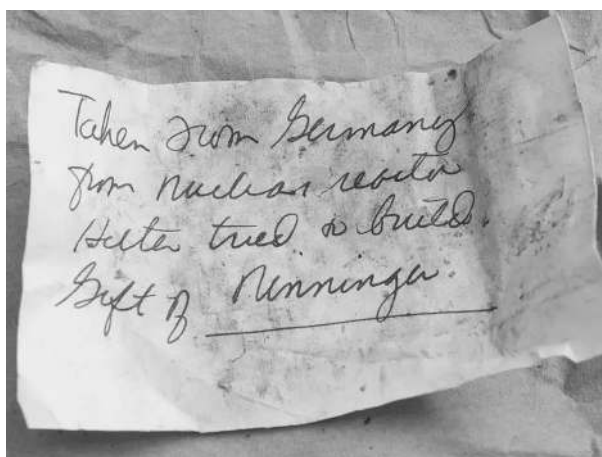
Uraniumkubus

In 2013 werd een kubus van uranium met een mysterieus briefje afgeleverd bij de Universiteit van Maryland. Zie figuren 1 en 2. Op het briefje stond 'Afkomstig uit een kernreactor die Hitler probeerde te bouwen.'

figuur 1



figuur 2



De universiteit kreeg meer identieke blokjes. Om te achterhalen of de stelling op het briefje waar was, zijn onderzoekers later verschillende metingen gaan uitvoeren.

De onderzoekers wilden nagaan:

- of het blokje uit puur uranium (uraan) bestaat.
- of er in dit blokje kernsplijting heeft plaatsgevonden.
- of dit blokje uranium rond 1945 geproduceerd kan zijn.

De massa van de massieve kubus is 2,27 kg en de zijden hebben een lengte van 5,08 cm.

3p 8 Ga met een berekening na of de kubus uit puur uranium (uraan) bestaat.

Als uranium in een kernreactor gebruikt wordt, vindt een proces genaamd kernsplijting plaats. Bij deze kernsplijting ontstaat onder andere het radioactieve Cs-137. De onderzoekers willen dus weten of er Cs-137 in de kubus aanwezig is.

Als Cs-137 vervalst, komt daarbij ook gammastraling vrij.

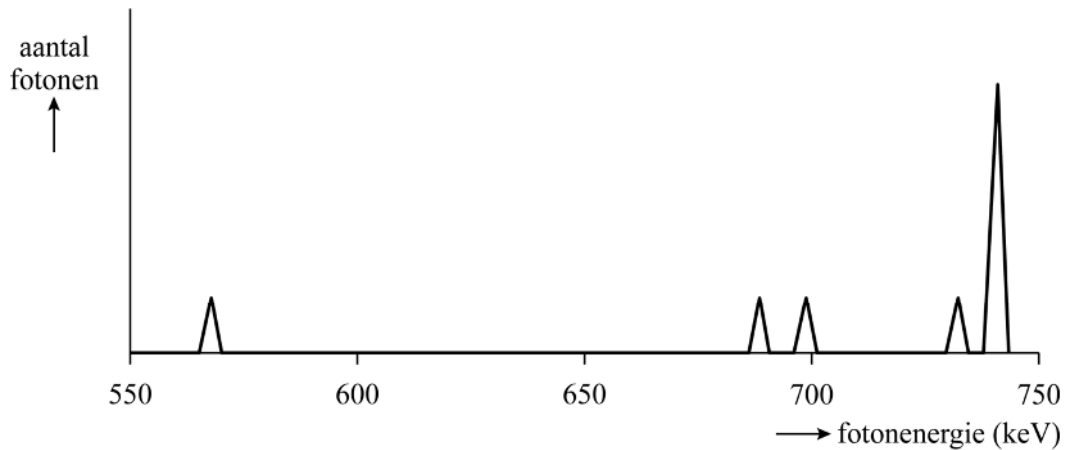
3p 9 Geef de volledige vergelijking van de vervalreactie van Cs-137.



De gammafotonen die vrijkomen bij verval van Cs-137 hebben een golflengte van $1,875 \cdot 10^{-12}$ m.

Om te bepalen of er Cs-137 in de kubus aanwezig is, hebben de onderzoekers gemeten hoeveel gammafotonen de kubus uitzendt bij verschillende foton-energieën. Het resultaat hiervan staat in figuur 3.

figuur 3



Hun conclusie na het bestuderen van figuur 3 was dat er geen Cs-137 aanwezig is in de kubus.

3p 10 Toon dat aan met een berekening en figuur 3.

De afwezigheid van Cs-137 in de kubus heeft twee mogelijke verklaringen:

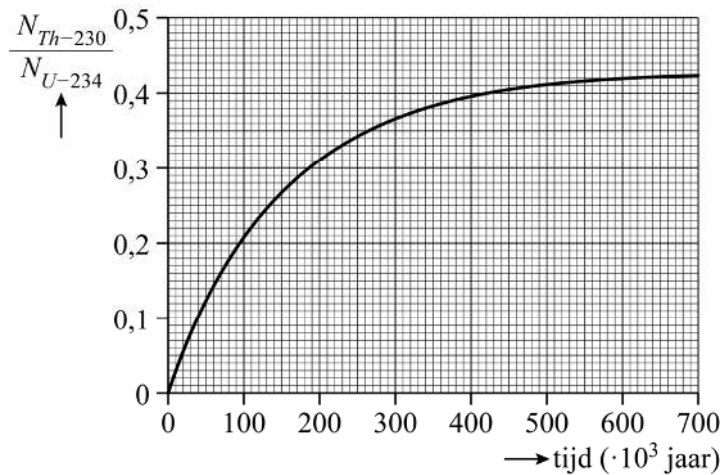
- I Alle Cs-137-atomen zijn vervallen sinds de mogelijke productie in 1945.
- II De kubus is niet gebruikt voor kernsplijting.

2p 11 Leg uit waarom verklaring I niet kan kloppen.



Omdat er van nature een kleine hoeveelheid U-234 aanwezig is in uranium, konden de onderzoekers dit gebruiken om de leeftijd van de kubus te bepalen. Dat deden ze door het verloop van de hoeveelheid U-234 en het vervalproduct Th-230 sinds de productie van het uraniumblokje te modelleren. Het model gaat ervan uit dat Th-230 alleen afkomstig is vanuit het verval van U-234. In figuur 4 is het resultaat te zien. Op de verticale as staat de verhouding tussen het aantal kernen van Th-230 en van U-234. Op de horizontale as staat de tijd sinds de productie van het uraniumblokje.

figuur 4



Voor het model zijn de onderzoekers uitgegaan van de volgende aannames:

- 1 U-234 is instabiel.
- 2 Bij de productie van het blokje was de hoeveelheid Th-230 verwaarloosbaar.
- 3 De halveringstijd van Th-230 is kleiner dan die van U-234.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel met enkele waarnemingen over de grafiek in figuur 4.

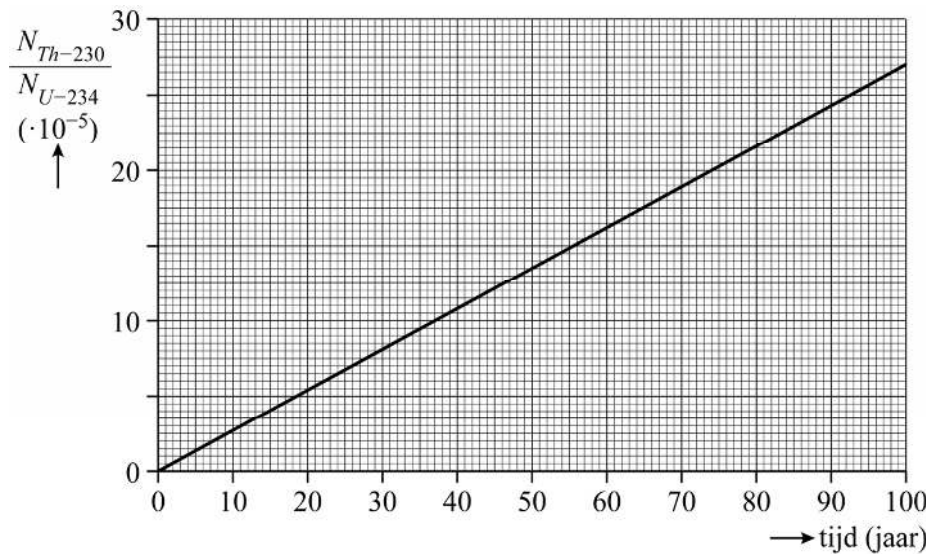
Bij elke waarneming hoort een van de aannames (1, 2 of 3).

- 1p **12** Vul in de tabel op de uitwerkbijlage bij iedere waarneming het nummer in van de aanname die erbij past.



Om te bepalen of de uraniumkubus in 1945 is geproduceerd, werd ingezoomd op de eerste honderd jaar in het diagram. Zie figuur 5.

figuur 5



Om de vraag te beantwoorden of het blokje uit 1945 dateert, hebben de onderzoekers in 2020 de hoeveelheid Th-230-atomen bepaald. Hierbij gingen ze uit van de volgende gegevens:

- 0,0055% van de massa van het blokje bestaat uit U-234-atomen.
- Het aantal U-234-atomen in het blokje blijft gedurende de eerste 100 jaar bij benadering gelijk.

Het blokje heeft een massa van 2,27 kg.

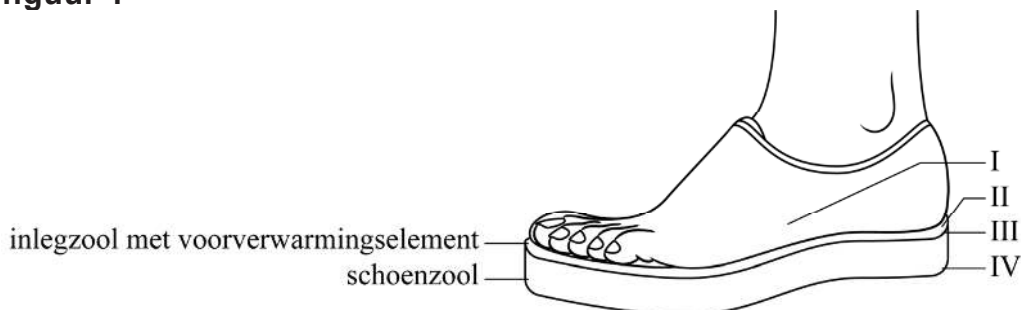
- 5p **13** Bepaal het aantal Th-230-atomen dat de onderzoekers volgens het model zouden meten als de kubus echt in 1945 is geproduceerd. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.



Verwarmde inlegzolen

Verwarmde inlegzolen zijn elektrisch verwarmde zolen die bij koud weer in wandelschoenen gebruikt worden tegen koude voeten. Zie figuur 1. In de figuur zijn vier plekken aangegeven met I, II, III en IV.

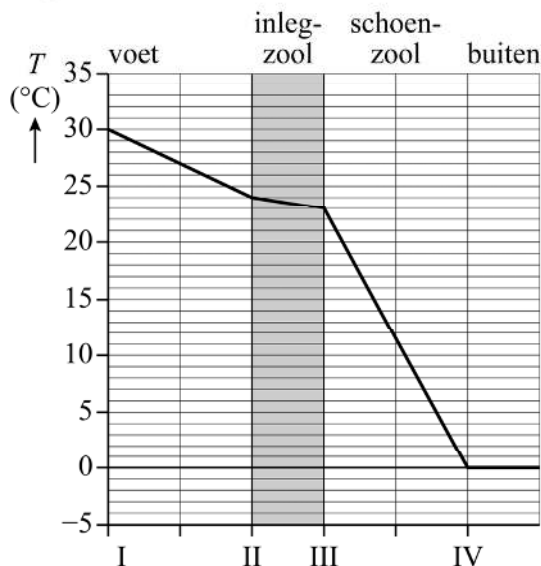
figuur 1



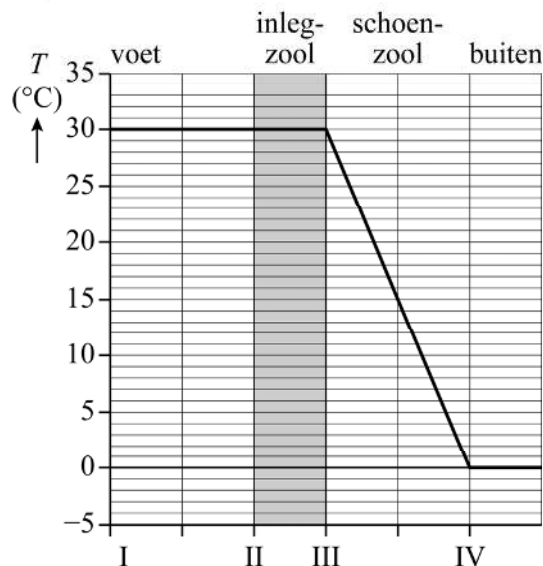
In figuren 2 en 3 is het temperatuurverloop gegeven van de binnenkant van de voet tot buiten de schoenzool. In figuur 2 is het elektrisch verwarmingselement uitgeschakeld. Als de inlegzool ingeschakeld is, wordt na verloop van tijd een nieuw evenwicht bereikt. Zie figuur 3. Alle warmte die de inlegzool produceert, verdwijnt dan door geleiding via de zool naar buiten.

De plekken I, II, III en IV staan op de horizontale as aangegeven. Het materiaal van de inlegzool en schoenzool is in beide situaties hetzelfde.

figuur 2
uitgeschakeld



figuur 3
ingeschakeld



Op de uitwerkbijlage staan vier uitspraken waarin de situatie met uitgeschakelde inlegzool vergeleken wordt met de situatie met ingeschakelde inlegzool.

3p 14 Geef per uitspraak met een kruisje aan of deze juist of onjuist is.



Maryam maakt zelf verwarmde inlegzolen. Ze wil dat de binnenkant van de schoenzool minimaal $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ is als het onder de schoenzool $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ is. Een wandelschoenzool is gemaakt van rubber en heeft een dikte van $1,8\text{ cm}$. Maryam heeft een schatting gemaakt van de oppervlakte van de inlegzool. Ze heeft hiermee berekend dat het vermogen per inlegzool 5 W moet zijn.

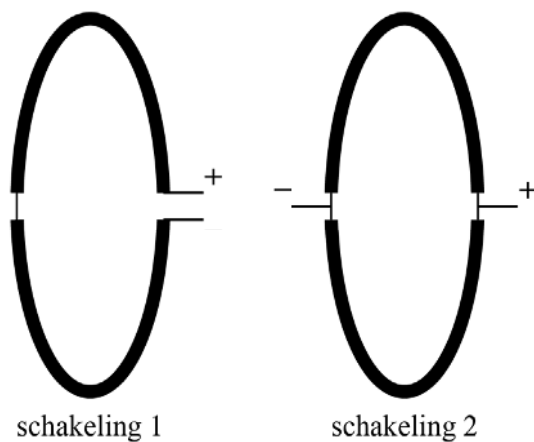
- 5p **15** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de oppervlakte van de inlegzool die Maryam geschat heeft.
 - Leg uit of Maryam een realistische waarde geschat heeft.

Maryam gebruikt carbontape als elektrische weerstand. Deze tape zet elektrische energie om in warmte. Het materiaal waar de tape van gemaakt is, heeft een soortelijke weerstand van $1,65 \cdot 10^{-4}\ \Omega\text{m}$. Ze heeft de keuze tussen tape van 15 mm breed en tape van 32 mm breed. De tape is $0,6\text{ mm}$ dik. Ze wil voor haar ontwerp dat een stuk tape van 30 cm een weerstand van $5,5\ \Omega$ heeft.

- 3p **16** Toon met een berekening aan of Maryam voor de smalle of de brede tape moet kiezen.

Maryam gebruikt twee dezelfde stukken tape om een schakeling te maken voor een schoenzool. Ze kan deze twee stukken draad op twee verschillende manieren aansluiten op de batterij. Zie figuur 4.

figuur 4



Op de uitwerkbijlage staan zinnen over deze schakelingen.

- 3p **17** Omcirkel in iedere zin het juiste antwoord.

Per zool gebruikt ze een batterij van $3,7\text{ V}$ met een capaciteit van $3,4\text{ Ah}$. Het vermogen van een inlegzool is $5,0\text{ W}$. Maryam wil dat de inlegzool minstens $2,0$ uur te gebruiken is met deze batterij.

- 3p **18** Toon met een berekening aan of de batterij voldoende capaciteit heeft.

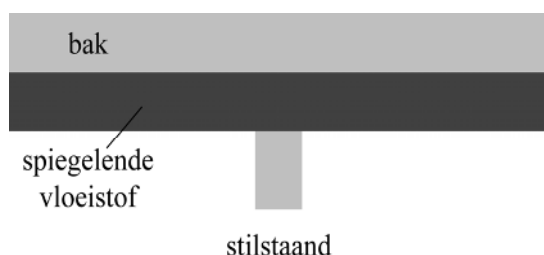


Vloeibare telescoop

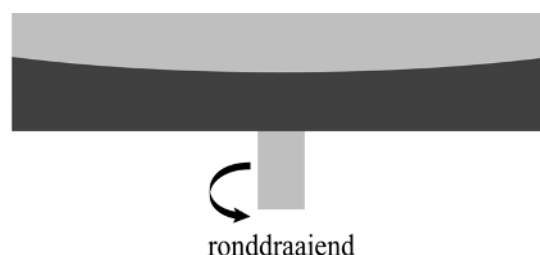
Met een telescoop kan elektromagnetische straling uit het heelal worden bestudeerd. Om geen last van absorptie van de atmosfeer te hebben, had de NASA ooit het plan om een telescoop op de maan te bouwen.

De telescoop zou bestaan uit een grote bak vloeistof die ronddraait. Hierdoor ontstaat een hol vloeistofoppervlak dat in een telescoop als spiegel gebruikt kan worden. In figuur 1 staat een zijaanzicht van de bak wanneer die stil staat. In figuur 2 staat een zijaanzicht van de bak wanneer die draait.

figuur 1



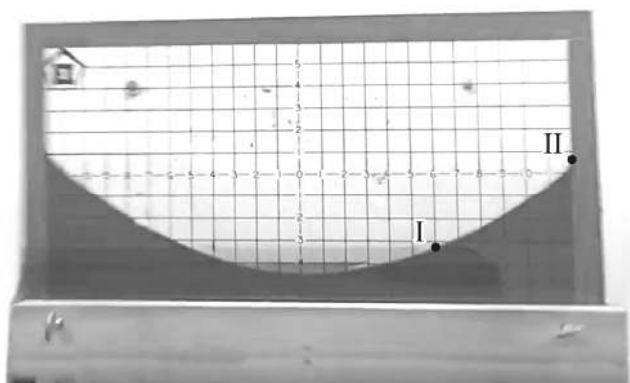
figuur 2



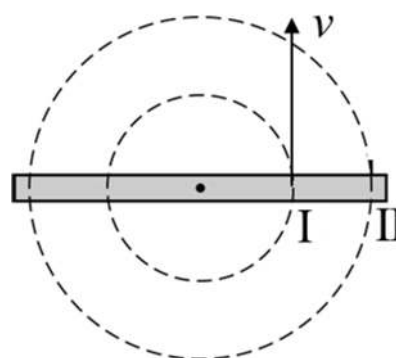
De NASA heeft deze telescoop nooit gebouwd, maar studenten doen er wel onderzoek naar.

De studenten experimenteren met een draaiende waterbak. Zie figuur 3 en het bovenaanzicht in figuur 4. Deze doorzichtige waterbak is heel smal en laat zo een dwarsdoorsnede van de vloeistof zien. Op de waterbak zijn twee punten I en II gemarkeerd. Punt II zit twee keer zo ver van de draaias als punt I.

figuur 3



figuur 4

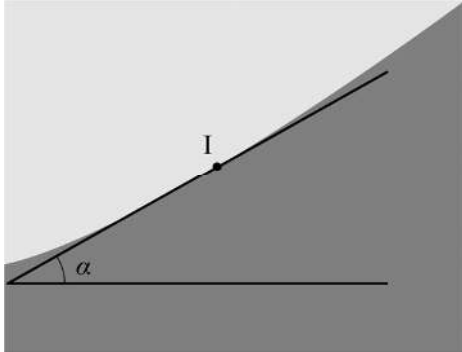


2p 19 Omcirkel op de uitwerkbijlage in iedere tabel het juiste antwoord.



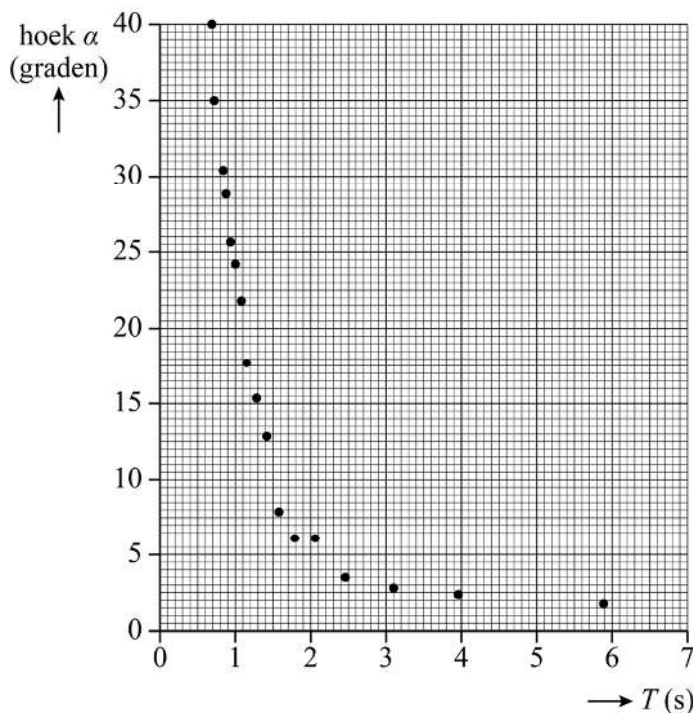
De studenten onderzoeken het verband tussen de baansnelheid v (zie figuur 4) en de hoek α die het water maakt met de horizontaal tijdens het draaien. Ze kijken daarbij naar het wateroppervlak in punt I en ze variëren de omlooptijd T van de bak. Ze meten de waarde van hoek α bij verschillende T . Zie figuur 5. Punt I staat hierin aangegeven.

figuur 5



In figuur 6 staan alle resultaten van de studenten.

figuur 6



Punt I bevindt zich op 6,0 cm afstand van de draai-as. Figuren 5 en 6 staan ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **20** Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage bij welke baansnelheid v figuur 5 is gemaakt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.



In het NASA-plan lezen de studenten over het volgende verband tussen hoek α en de baansnelheid v :

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{rg} \quad (1)$$

Hierin is:

- v de baansnelheid van de vloeistof in een deel van de spiegel (in ms^{-1});
- r de baanstraal van het punt op de spiegel (in m);
- g de valversnelling (in ms^{-2}).

Om op de maan dezelfde spiegel te maken als op de aarde is een andere baansnelheid nodig voor punt I op de spiegel.

Bob denkt dat er op de maan een kleinere baansnelheid nodig is.

Roel denkt dat er op de maan juist een grotere baansnelheid nodig is.

2p 21 Leg uit met behulp van formule (1) wie er gelijk heeft.



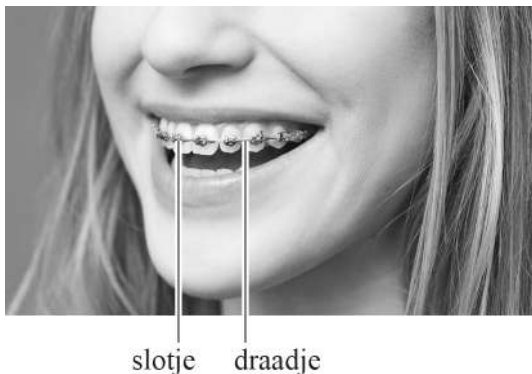
Ga verder op de volgende pagina.



Beugel

Met een beugel kan de stand van tanden aangepast worden. Langs de tanden wordt een draad gespannen die via een slotje tegen de tanden drukt. Zie figuur 1.

figuur 1



Op de uitwerkbijlage is een kaak met een beugel schematisch weergegeven.

De spankracht F_{span} in de draad zorgt voor een kracht F_{tand} op tand P. Hierdoor beweegt tand P langzaam in de richting van F_{tand} . Hoek α wordt dan kleiner. Tijdens het verplaatsen van tand P wordt F_{span} in de draad gelijk gehouden door de draad steeds iets verder in te korten.

Op het moment dat de beugel geplaatst wordt is $F_{\text{tand}} = 13 \text{ N}$.

5p 22

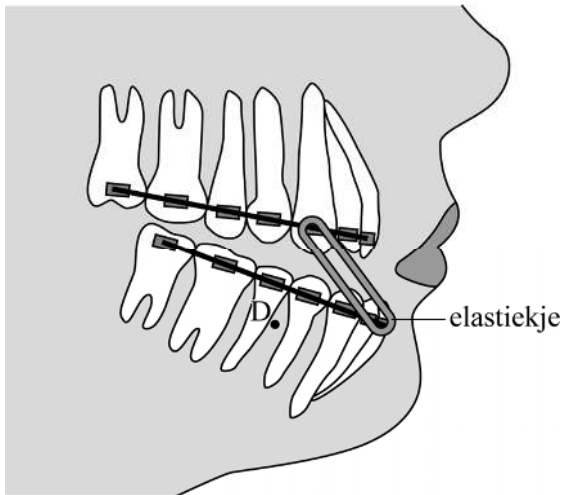
Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal de grootte van de spankracht F_{span} met behulp van een constructie op de uitwerkbijlage. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.
- Geef aan of kracht F_{tand} op de tand groter wordt, kleiner wordt of gelijk blijft als de tand naar binnen beweegt.



Een beugel wordt ook gebruikt om de stand van de kaak aan te passen. Om ervoor te zorgen dat de boven- en onderkaak goed op elkaar aansluiten, worden de boven- en onderkaak door elastiekjes met elkaar verbonden. Zie figuur 2.

figuur 2



Door een elastiekje wordt een kracht F_{elastiek} uitgeoefend op de onderkaak. Op de uitwerkbijlage is deze kracht getekend. Het elastiekje zorgt voor een moment zodat de kaak na verloop van tijd een stukje om draaipunt D gaat draaien.

Na het aanbrengen van het elastiekje oefent het een moment uit. De kaak oefent een tegengesteld moment uit van $37 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$. Er is momentenevenwicht. Er kan uit verschillende elastiekjes worden gekozen. In de tabel in figuur 3 is voor vier elastiekjes de spankracht gegeven die ze op de kaak kunnen uitoefenen.

figuur 3

| elastiekje | F (N) |
|------------|---------|
| 1 | 0,8 |
| 2 | 1,2 |
| 3 | 1,4 |
| 4 | 1,8 |

Figuur 2 staat op ware grootte op de uitwerkbijlage.

3p 23

Voer de volgende opdrachten uit:

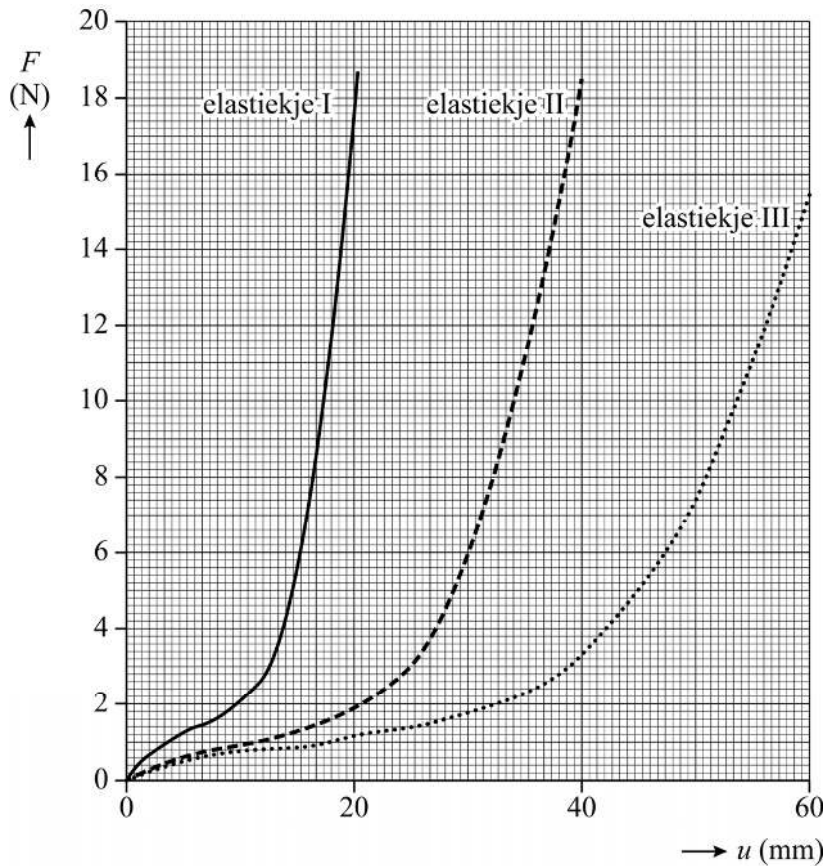
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de arm van kracht F_{elastiek} .
- Bepaal met behulp van de figuur 3 welk elastiekje gebruikt moet worden.

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



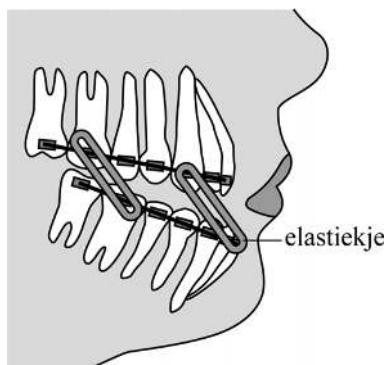
Bij een bepaalde beugel worden op twee plekken elastiekjes geplaatst: één bij de voortanden en één bij de kiezen. Er kan gekozen worden uit verschillende elastiekjes. In figuur 4 staat het (F,u) -diagram van drie verschillende elastiekjes.

figuur 4



Elastiekje II wordt bij de voortanden gebruikt. Een ander elastiekje komt bij de kiezen achter in de mond. Zie figuur 5.

figuur 5



Beide elastiekjes moeten dezelfde kracht uitoefenen als de mond wordt geopend.

3p **24** Omcirkel op de uitwerkbijlage in iedere zin het juiste antwoord.

Bronvermelding

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

