Examen HAVO

2019

tijdvak 1
maandag 13 mei
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

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.

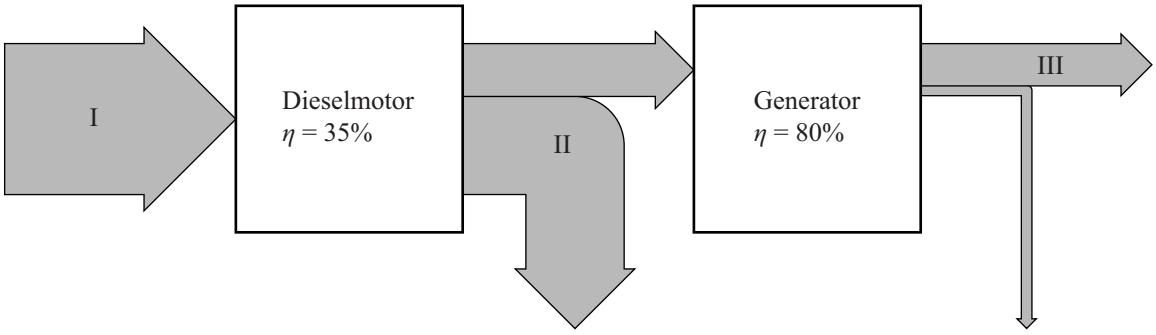
figuur 1

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.

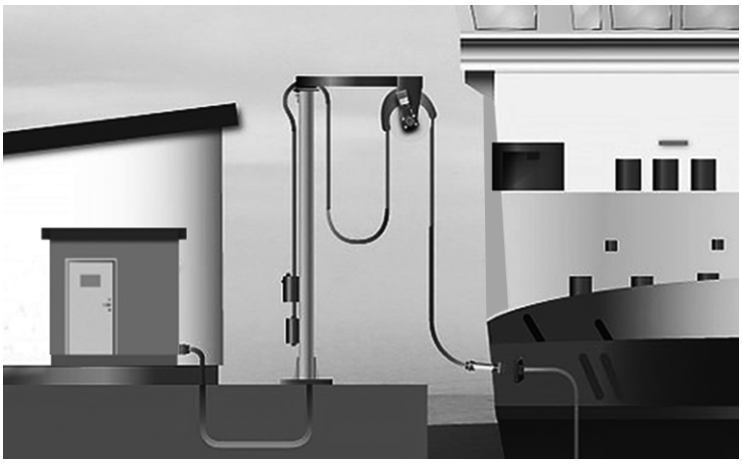
5p **3** Bereken het volume van de stookolie in m^3 dat het schip per 24 uur gebruikt om elektriciteit op te wekken.

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 $440\ \mathrm{V}$ om $1{,}2 \cdot 10^6\ \mathrm{W}$ 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 $6{,}6\ \mathrm{kV}$ en nog maar één hoogspanningskabel. Deze kabel vervangt alle 36 kabels die eerst nodig waren. Zie figuur 3.

figuur 3



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

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 dunnere 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.

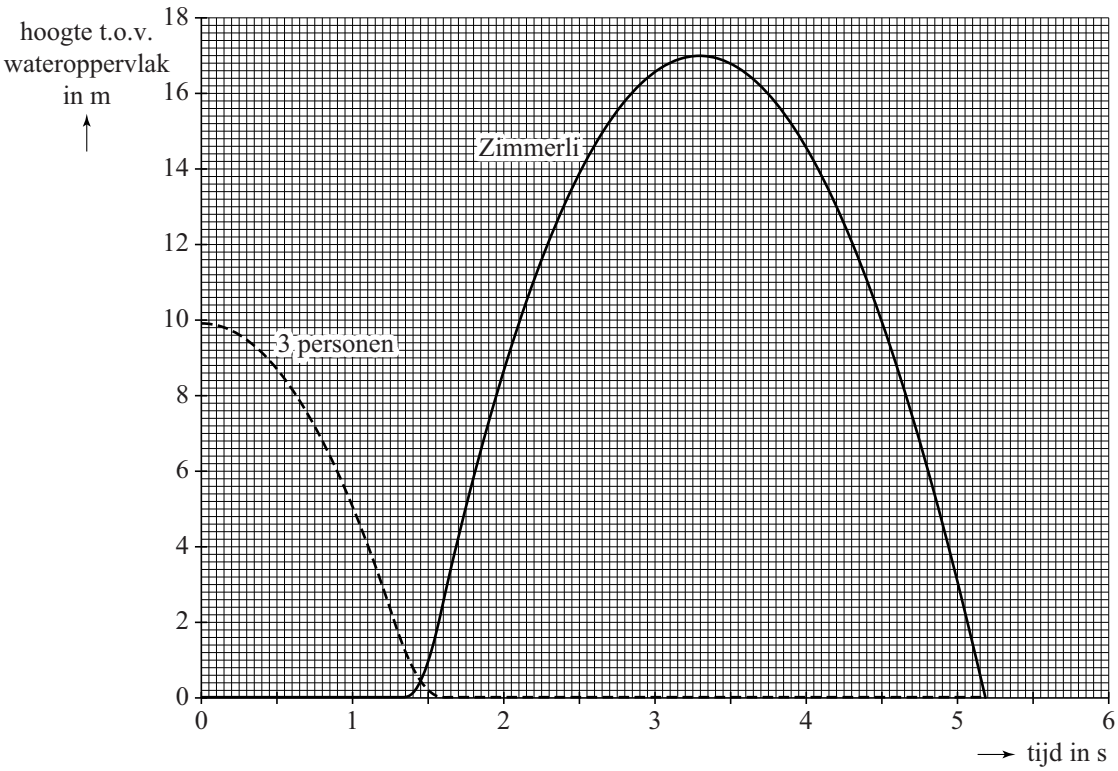
Wereldrecord blobspringen

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.

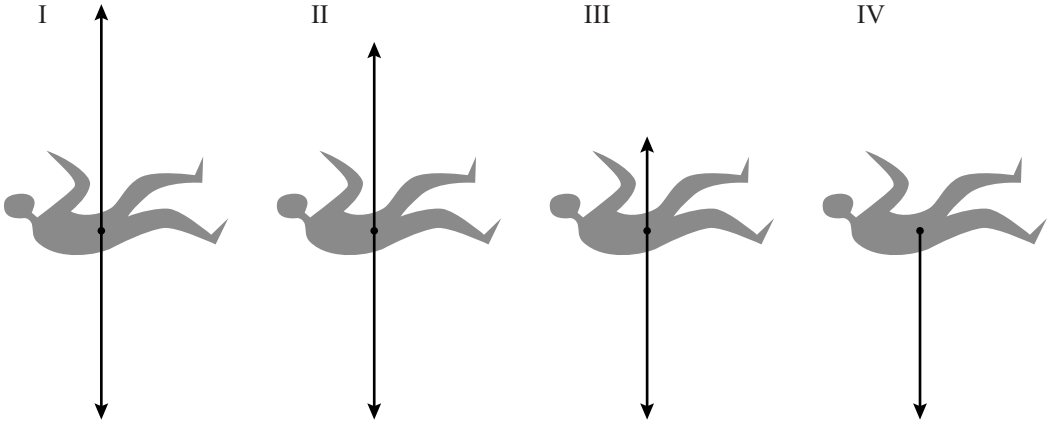
3p **8** Toon aan of de snelheid waarmee die drukgolf beweegt gelijk is aan de geluidssnelheid in lucht. Maak daarvoor eerst een beredeneerde schatting van de afstand waarover de drukgolf reist. Gebruik hierbij figuur 1.

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

figuur 1

Archeologen van de Universiteit Leiden experimenteerden met deze methode. De stenen die zij gebruikten waren van graniet. 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 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	warmtegeleidings-coëfficiënt	soortelijke warmte
	$10^3\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$	$\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$	$10^3\ \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$
graniet	2,7	3,5	0,82
basalt	3,0	1	0,88
eikenhout	0,78	0,4	2,4

De steen van graniet heeft een massa van $2{,}3\ \mathrm{kg}$ en een begintemperatuur van $384\ ^\circ\mathrm{C}$. De steen koelt af in het water. Door de vrijgekomen energie wordt het water verwarmd van $18\ ^\circ\mathrm{C}$ tot het kookpunt van $100\ ^\circ\mathrm{C}$. 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 $1 \cdot 10^3\ \mathrm{cm^2}$ en de dikte van de wand op $3\ \mathrm{cm}$. De temperatuur van de buitenlucht is $20\ ^\circ\mathrm{C}$.

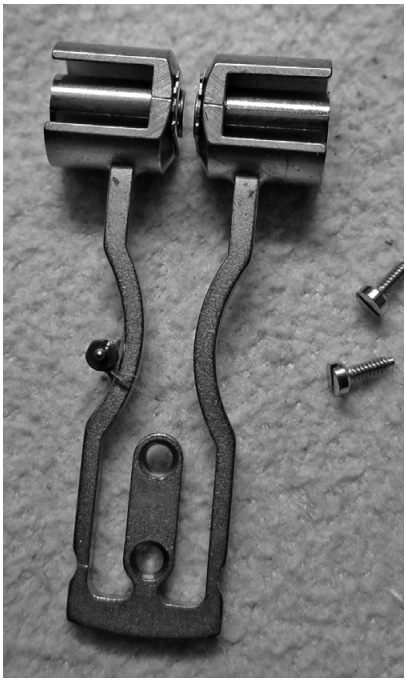
3p **17** Bereken de warmtestroom door de wand van de pot als het water aan de kook is.

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 $1{,}0\ \text{ms}$.
De mens hoort frequenties tussen $20\ \text{Hz}$ en $20\ \text{kHz}$.

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.

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.

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 $0{,}05\ \text{MeV}$ per foton. De dikte van het ijzer aan de achterzijde van het horloge is $1{,}47\ \text{mm}$.

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 $75\ \text{gram}$ en ontvangt gedurende een jaar gemiddeld 25 röntgenfotonen per seconde. De stralingsweegfactor voor röntgenstraling is gelijk aan 1. De jaarlijkse dosislimiet voor ledematen bedraagt $50 \cdot 10^{-3}\ \text{Sv}$.

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.

figuur 1

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.

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:

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

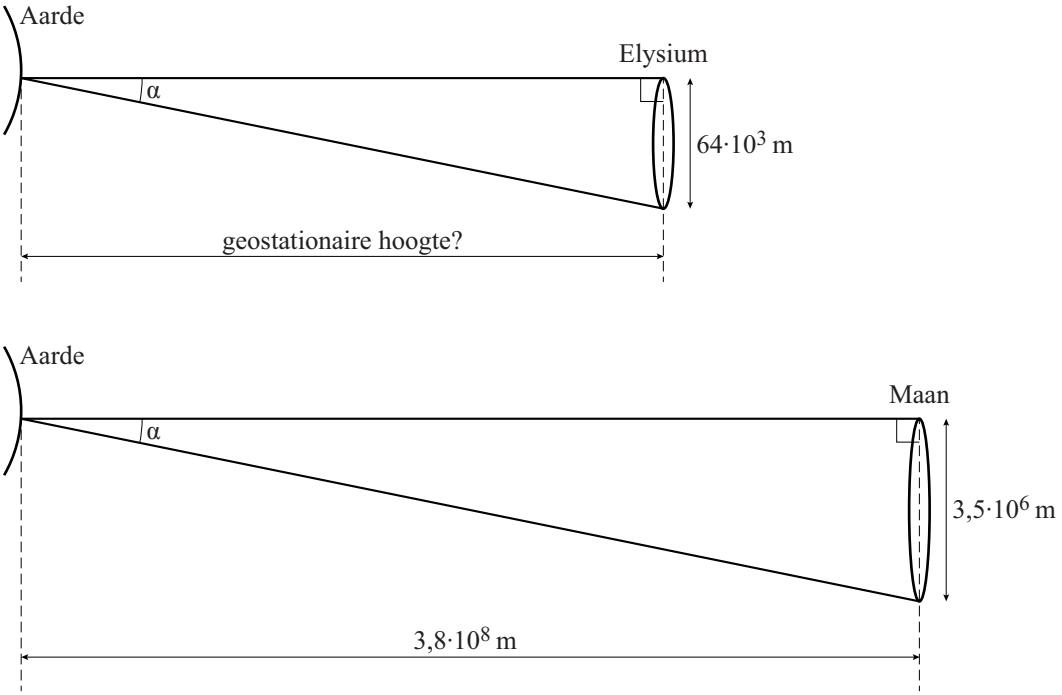
Hierin is:
– r de straal van de cirkelbaan;
– T de omlooptijd;
– G de gravitatieconstante;
– M de massa van de planeet.

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

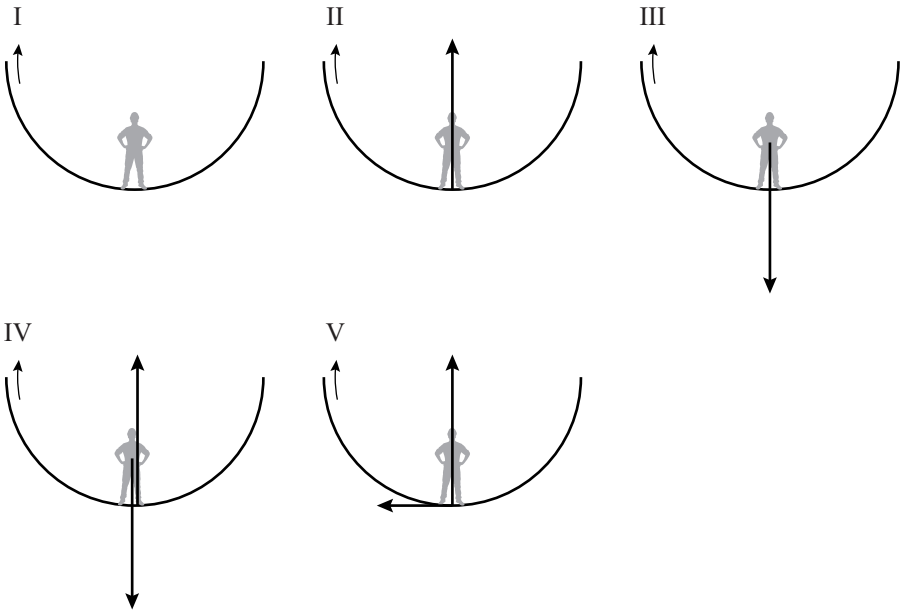


2p **27** Toon met figuur 2 aan of uit deze waarneming volgt dat Elysium zich in de geostationaire baan bevindt.

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 $5{,}8 \cdot 10^2\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ om S moeten draaien.
In de film is te zien dat Elysium om zijn eigen as draait. In $3{,}2\ \mathrm{s}$ 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 $32\ \mathrm{km}$.

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