

Voor dit examen zijn maximaal 83 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 7, 8, 9, 11 en 23 is een bijlage toegevoegd.

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.

Opgave 1 ISO

Eind 1995 is in Frans Guyana de astronomische satelliet ISO gelanceerd. ISO staat voor “Infra-red Space Observatory”.

Voor zijn energievoorziening maakt ISO gebruik van een zonnepaneel. Een automatisch systeem zorgt ervoor dat het zonnepaneel tijdens de vlucht steeds zo wordt gericht, dat het zoveel mogelijk zonnestraling opvangt.

- 2p 1 ☐ Leg uit of deze manier van richten een meetsysteem, een stuursysteem of een regelsysteem is.

De kosmische objecten die ISO bestudeert, hebben een lage temperatuur. Daarom moet ook de waarnemingsapparatuur een lage temperatuur hebben. Om die te bereiken, wordt de waarnemingsapparatuur van ISO voortdurend gekoeld. Als koelsysteem wordt een cryostaat (een soort grote thermosfles) gebruikt die met 2100 liter vloeibaar helium gevuld is. Om te illustreren hoe goed de cryostaat geïsoleerd is, werd in een persbericht een vergelijking gemaakt met de volgende situatie:

“Wanneer de cryostaat gevuld wordt met 2100 kg kokend water in plaats van met vloeibaar helium, duurt het 6,0 jaar voordat het water tot kamertemperatuur (20 °C) afgekoeld is.”

- 4p 2 ☐ Bereken het gemiddelde vermogen dat in die situatie door de isolatie wordt doorgelaten.

Opgave 2 Vakantiefoto

Frans heeft op vakantie in Vietnam een foto van een boot gemaakt. Zie figuur 1.

figuur 1



De boot heeft een lengte van 6,5 m. Op het negatief is de afbeelding van de boot 21 mm lang. De foto werd gemaakt met een lens met een brandpuntsafstand van 80 mm.

- 3p 3 ☐ Bereken de afstand tussen Frans en de boot toen hij de foto maakte.

De boot heeft een constante snelheid van $8,5 \text{ m s}^{-1}$. Het fototoestel bewoog niet tijdens het nemen van de foto. Frans weet niet meer met welke sluitertijd de foto is gemaakt. Omdat hij op de foto geen noemenswaardige bewegingsonscherpte van de armen van de stuurman ziet, denkt hij dat de sluitertijd niet groter was dan één zestigste seconde.

- 3p 4 ☐ Leg met behulp van een berekening en op grond van de foto uit of hij daarin gelijk heeft.

De wrijvingskracht op de boot neemt toe als de boot sneller vaart. Het rendement van de energieomzetting in de buitenboordmotor blijft gelijk.

We bekijken de afstand die de boot met één volle benzinetank kan afleggen.

- 3p 5 ☐ Beredeneer of deze afstand bij een hoge snelheid kleiner, even groot of groter is dan bij een lage snelheid.

Opgave 3 Geïoniseerd helium

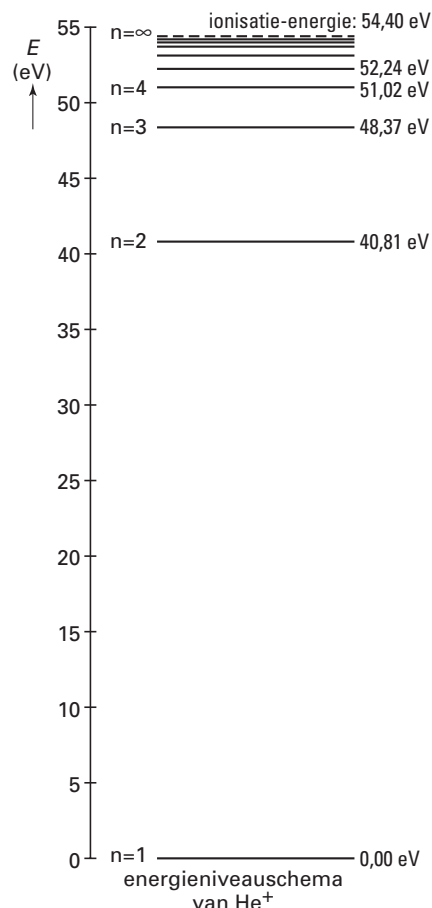
Het spectrum van éénmaal geïoniseerd helium (He^+) heeft een sterke overeenkomst met dat van neutraal waterstof (H).

In figuur 2 is een energieniveauschema van dit helium getekend.

Dit energieniveauschema is goed vergelijkbaar met dat van waterstof in tabel 21A van het informatieboek Binas.

Er bestaat een eenvoudige relatie tussen de energiewaarden van H en He^+ .

figuur 2



- 2p **6** ☐ Welke relatie is dit? Geef de getalwaarde in deze relatie in drie significante cijfers.

Een relatief sterke lijn in het emissiespectrum van He^+ ligt in het UV-gebied, en heeft een golflengte van 164,0 nm.

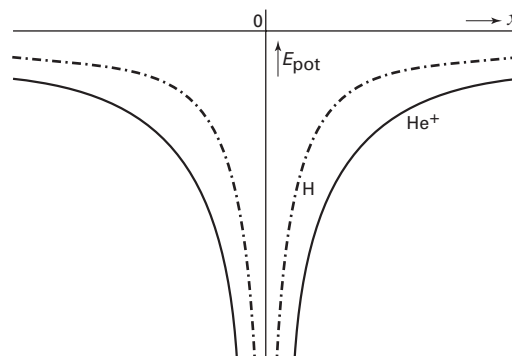
Figuur 2 staat ook op de bijlage.

- 4p **7** ☐ Bepaal aan de hand van een berekening bij welke energieovergang uit figuur 2 deze lijn hoort en geef deze overgang met een pijl aan in de figuur op de bijlage.

In figuur 3 staat de potentiële energie van het elektron in het waterstofatoom en die in het heliumion als functie van de afstand x tot de kern.

Op de bijlage is voor de grondtoestand van het waterstofatoom een grafiek getekend. Deze grafiek geeft de kans om het elektron in een bepaald (zeer klein) volumegebiedje aan te treffen als functie van x .

figuur 3



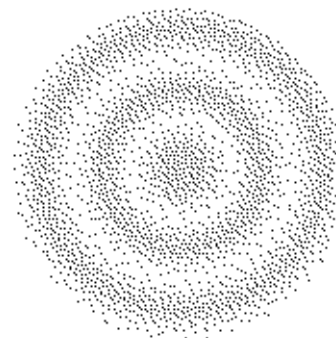
- 4p **8** ☐ Schets op de bijlage in dezelfde figuur een dergelijke grafiek voor de grondtoestand van het heliumion en leg uit waarin de kansverdelingen voor H en He^+ verschillen.

Figuur 4 stelt een bolsymmetrische kansverdeling voor van een aangeslagen toestand van het heliumion.

De stippendichtheid op een plaats is een maat voor de kans om een elektron op die plaats aan te treffen.

figuur 4

- 3p **9** ☐ Leg uit bij welk energieniveau deze kansverdeling hoort en schets op de bijlage de bijbehorende golf functie.

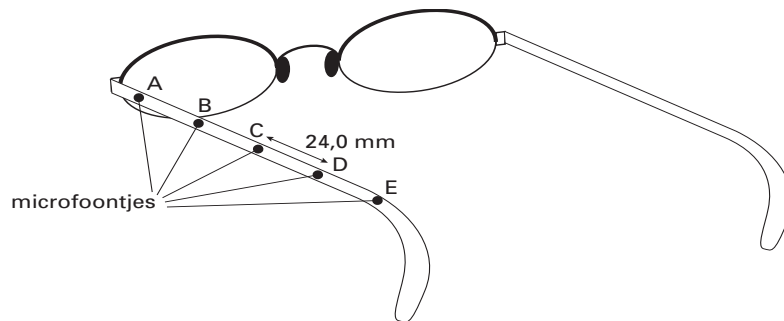


Opgave 4 Hoorbril

Sommige mensen kunnen geluid dat hen recht van voren bereikt moeilijk onderscheiden van achtergrondgeluid.

Op de Technische Universiteit in Delft wordt een oplossing voor dit probleem ontwikkeld: de zogenaamde hoorbril. Bij een hoorbril zijn vijf zeer kleine microfoontjes op onderling gelijke afstanden van 24,0 mm aangebracht langs een van de poten van de bril. Zie figuur 5.

figuur 5

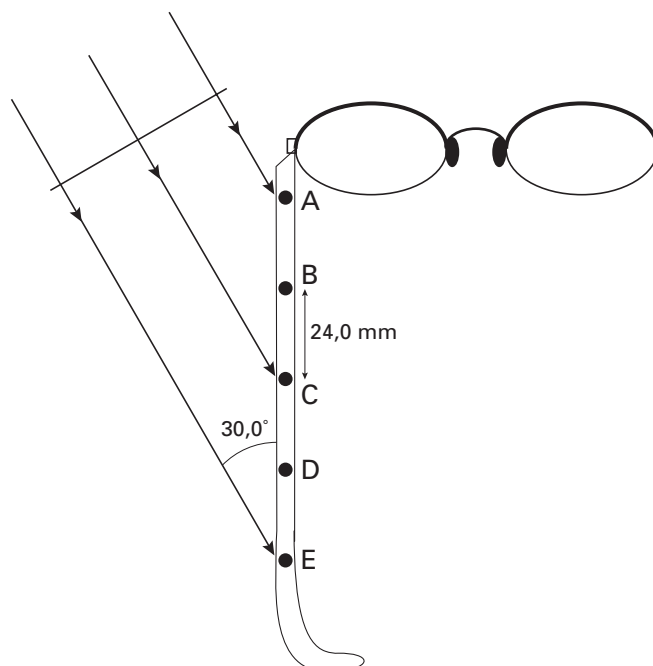


De elektrische signalen van de microfoontjes worden bij elkaar opgeteld. Voordat dit gebeurt, worden er tussen de signalen tijdvertragingen aangebracht. Dit gebeurt zodanig, dat geluid dat recht van voren komt optimaal wordt versterkt. De tijdvertraging tussen de signalen van de microfoontjes A en E is ingesteld op $280 \mu\text{s}$. Voor deze instelling is uitgegaan van een bepaalde waarde van de omgevingstemperatuur.

3p **10** ☐ Ga na van welke omgevingstemperatuur men is uitgegaan.

Wanneer het geluid onder een hoek op de serie microfoons invalt, kunnen bepaalde frequenties worden verzwakt door het optellen van de signalen. Stel dat een vlakke geluidsgolf onder een hoek van $30,0^\circ$ op de serie microfoontjes invalt. Zie figuur 6.

figuur 6



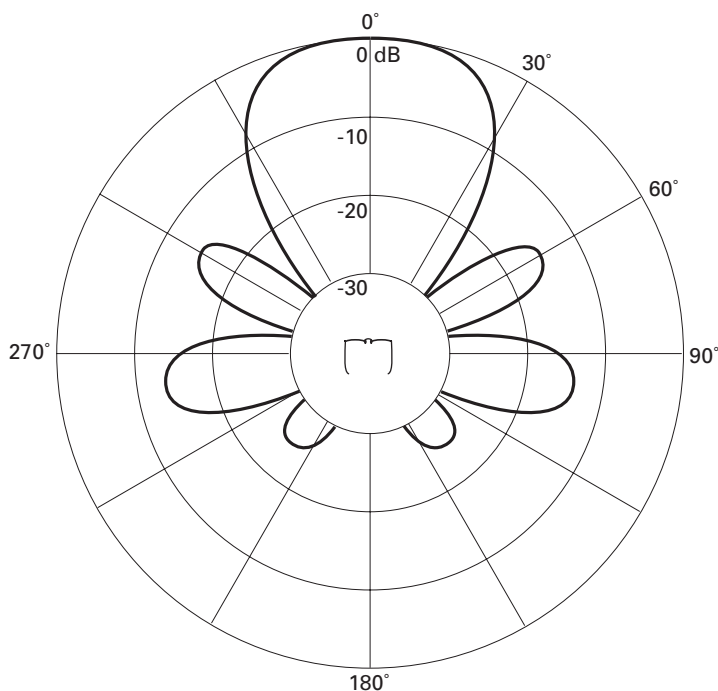
Figuur 6 staat ook op de bijlage.

5p **11** ☐ Bereken de laagste frequentie van het geluid waarbij de signalen van de eerste en de laatste microfoon elkaar precies opheffen. Geef daartoe in de figuur op de bijlage de afstand aan die het geluid naar microfoontje E méér moet afleggen dan naar microfoontje A. Ga uit van een omgevingstemperatuur van 20°C .

Het opgetelde elektrische signaal gaat naar een zendertje in de poot van de bril. In het oor bevindt zich een hoorapparaat dat het uitgezonden signaal ontvangt en het vervolgens via een luidsprekertje aan het oor doorgeeft.

In Delft zijn metingen aan de hoorbril verricht. Het resultaat van een serie metingen bij een geluidsfrequentie van 4800 Hz is te zien in figuur 7. Met een dikke lijn is in deze figuur voor verschillende richtingen aangegeven hoeveel het geluidsniveau bij gebruik van de hoorbril lager is ten opzichte van de richting 'recht van voren'.

figuur 7



- 4p **12** ☐ Beschrijf de opzet voor een experiment dat resulteert in een diagram zoals in figuur 7. Geef daarbij aan:
- wat je nodig hebt;
 - welke grootheden je constant houdt;
 - welke grootheid je varieert;
 - welke grootheid je meet.

De elektronica in de hoorbril werkt op een spanning van 1,2 V bij een stroomsterkte van 50 μA . Voor het leveren van de benodigde energie denkt men aan zonnecellen, die op de poten van de bril zijn bevestigd. De hoorbril moet nog kunnen werken bij schemering. De lichtintensiteit bedraagt dan 1,4 W m^{-2} . Men verwacht zonnecellen te kunnen gebruiken met een rendement van 20%.

- 4p **13** ☐ Ga na of deze manier van energievoorziening haalbaar is. Bereken daartoe eerst de benodigde oppervlakte van de zonnecellen.

Opgave 5 Skater

Op de foto in figuur 8 stort een skater zich in een 'halfpipe' omlaag. Een halfpipe bestaat uit twee cirkelvormige hellingen die onderaan door een horizontaal vlak met elkaar zijn verbonden. Op de foto is één van de hellingen afgebeeld.

figuur 8



We beschouwen een tijdstip waarop de skater zich bevindt in de situatie van figuur 9. De skater is daarin voorgesteld als een rechthoekig lichaam met zwaartepunt Z . De massa van de skater is 61 kg.

- 3p **14** ☐ Bereken het moment van de zwaartekracht op de skater ten opzichte van S .

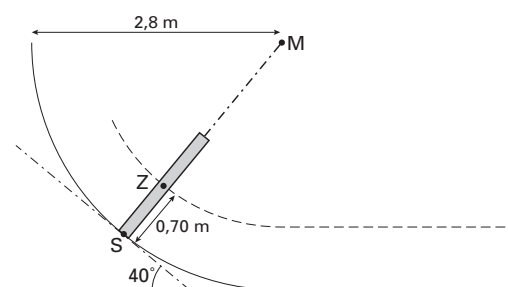
In de situatie van figuur 9 heeft de skater een hoeksnelheid van $3,2 \text{ rad s}^{-1}$.

- 5p **15** ☐ Bereken de normaalkracht die de helling in deze situatie op de skater uitoefent. Bereken daartoe eerst de benodigde middelpuntzoekende kracht.

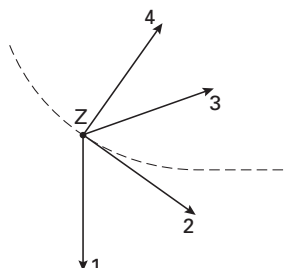
De snelheid langs de helling neemt toe. In figuur 10 zijn met genummerde pijlen vier richtingen aangegeven. Eén van deze richtingen is bij benadering de richting van de resulterende kracht op de skater in de situatie van figuur 9.

- 3p **16** ☐ Leg uit welke pijl deze richting het beste benadert.

figuur 9



figuur 10



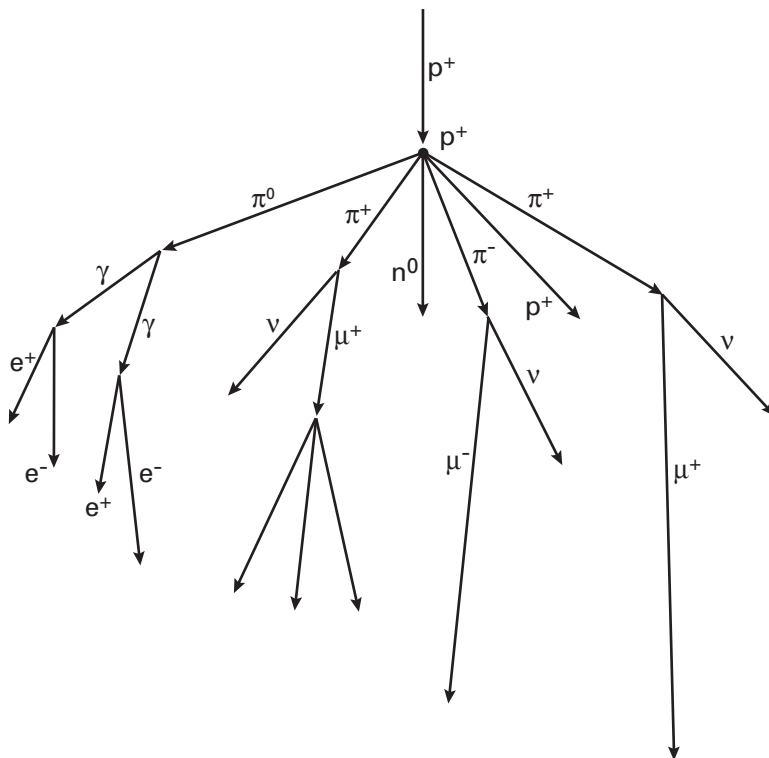
Opgave 6 Kosmische straling

Vanuit de ruimte komt zogenaamde kosmische straling de aardatmosfeer binnen. Deze straling bestaat hoofdzakelijk uit protonen, maar ook wel uit andere deeltjes zoals zwaardere atoomkernen. Voor verschillende elementen is gemeten hoeveel deeltjes de atmosfeer binnenkomen en met welke energie.

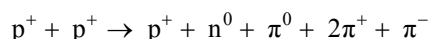
Op een hoogte van 45 km dringen per seconde en per vierkante meter 10^{12} C-kernen de aardatmosfeer binnen met elk een energie van ongeveer 10^9 eV.

- 3p **17** ☐ Bereken hoeveel kilogram koolstof zo per jaar de hele aarde bereikt.

figuur 11



Als een deeltje met hoge energie de atmosfeer binnenkomt, treden er botsingen op met atoomkernen. Bij zo'n botsing kunnen veel deeltjes ontstaan die op hun beurt weer nieuwe botsingen veroorzaken. Zo kan er een ware deeltjesregen ontstaan. Zie figuur 11. Een mogelijke reactie in zo'n deeltjesregen is:



Alle pionen die bij deze reactie ontstaan zijn instabiel. Een bepaald π^0 -deeltje vervalst tot twee gamma-fotonen met gelijke energie.

- 3p **18** ☐ Bereken de minimale frequentie van deze gamma-fotonen.

Het π^+ -deeltje vervalst in een aantal stappen tot stabiele eindproducten.

- 4p **19** ☐ Geef de bijbehorende reactievergelijkingen en noem de stabiele eindproducten.

Soms worden in de kosmische straling deeltjes waargenomen met een energie van rond de 10^{20} eV. Door deze energie te vergelijken met die van een tennisbal, wordt duidelijk dat zo'n kosmisch deeltje een extreem grote energie heeft.

- 2p **20** ☐ Bereken de snelheid (in km h^{-1}) van een tennisbal van 80 g met een energie van 10^{20} eV.

Opgave 7 Space Shot

‘Space Shot’ is een spectaculaire attractie in het pretpark Six Flags. Hierbij kan een groep mensen zich laten ‘lanceren’ met behulp van een ring om een hoge toren. Op de ring zijn stoelen bevestigd waarin de bezoekers met stevige gordels vastzitten. De ring wordt vanaf de grond omhooggeschoten tot onder de top van de toren. Zie figuur 12.

Lees de folder.

folder

Space Shot: nieuw in de BENELUX!

Een sensationele lancering met een snelheid van 85 kilometer per uur, 60 meter omhoog. Een rit valt te vergelijken met een lancering van de Space Shuttle, waarbij je de spanning kan voelen, die de astronauten ervaren als zij vertrekken van Cape Canaveral. Je ondergaat een versnelling van 4g!

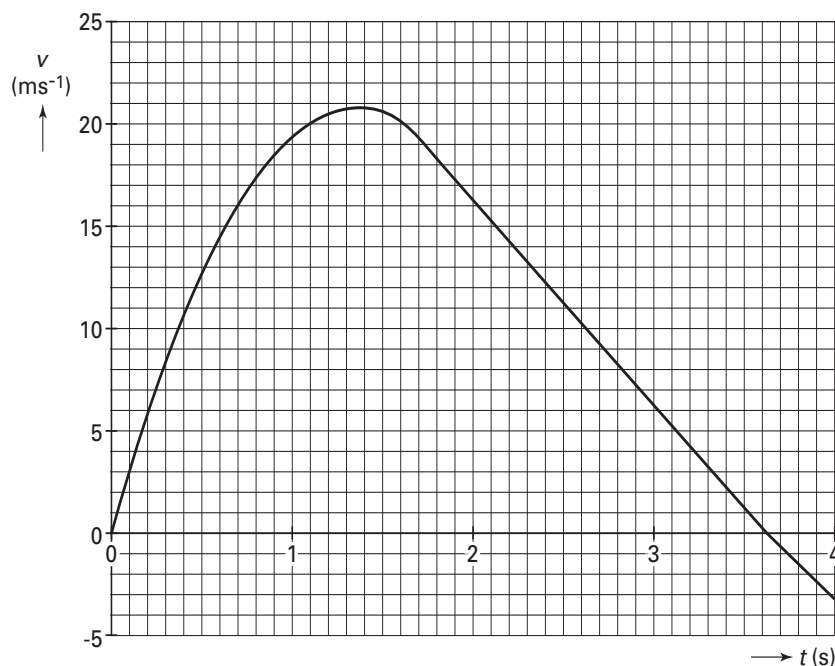
naar: reclamefolder van Six Flags

Esther wil een aantal gegevens uit de reclamefolder controleren. Met behulp van een versnellingsmeter meet ze tijdens een lancering de versnelling als functie van de tijd. De metingen worden ingelezen in een computer, die ze bewerkt tot een (v,t) -grafiek. Zie figuur 13.

figuur 12



figuur 13



Als je gebruik wilt maken van de grafische mogelijkheden van je rekenmachine, mag je uitgaan van de gegevens in het kader. Geef in dat geval aan hoe je tot je antwoord komt.

Esther stelt voor verschillende delen van de grafiek een wiskundig model op:

voor $0 \text{ s} \leq t < 1,80 \text{ s}$:	$v(t) = 30,8 t - 11,4 t^2$
voor $1,80 \text{ s} \leq t < 3,62 \text{ s}$:	$v(t) = 36,9 - 10,2 t$
voor $t \geq 3,62 \text{ s}$:	$v(t) = 34,1 - 9,42 t$

- 2p **21** ☐ Leg met behulp van figuur 13 uit of de in de folder genoemde snelheid bereikt wordt.

Uit de meetresultaten vindt Esther dat de ring op $t = 1,80 \text{ s}$ een afstand heeft afgelegd van 27,7 m.

- 4p **22** ☐ Toon aan dat de ring minder ver omhooggaat dan in de folder is vermeld.

Figuur 13 staat ook op de bijlage.

- 4p **23** ☐ Bepaal of bereken de maximale versnelling tijdens de lancering en ga na of deze overeenkomt met de waarde uit de folder.

De massa van de ring met bezoekers is $2,4 \cdot 10^3 \text{ kg}$. De kracht waarmee deze ring omhoog wordt gestuwd, werkt slechts gedurende 1,80 s.

- 3p **24** ☐ Bepaal of bereken hoeveel arbeid de stuwkracht op de ring verricht. Verwaarloos daarbij de arbeid die de wrijvingskracht verricht.

In werkelijkheid is de arbeid die de wrijvingskracht verricht niet te verwaarlozen.

Op $t = 3,62 \text{ s}$ bereikt de ring zijn hoogste punt en keert de snelheid van richting om.

De grafiek van figuur 13 vertoont op dat tijdstip een lichte knik (dit is met behulp van een geo-driehoek goed te zien).

Esther denkt dat de knik het gevolg is van het omkeren van de richting van de wrijvingskracht tussen de ring en de toren.

- 3p **25** ☐ Leg uit of het omkeren van de richting van de wrijvingskracht inderdaad tot een dergelijke knik in de (v, t) -grafiek kan leiden.

Einde