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.

HA-1023-a-21-1-o

natuurkundeuitgelegd.nl

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

figuur 1

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

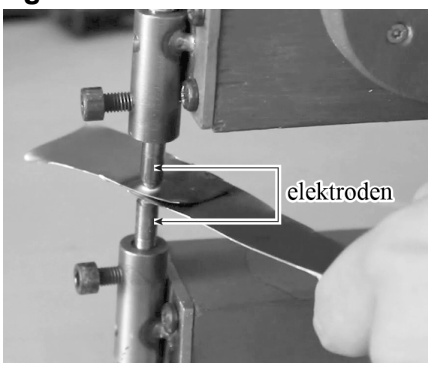
figuur 2

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.

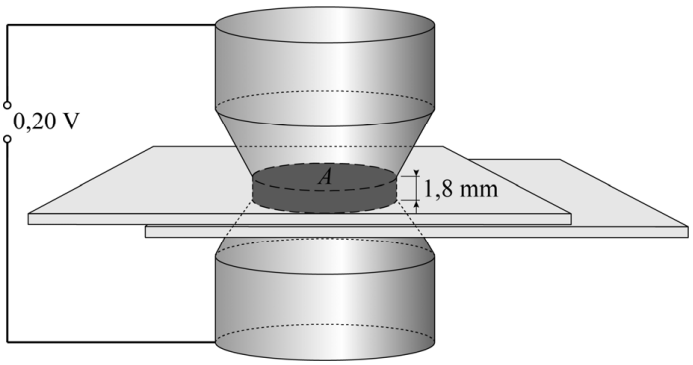
figuur 3



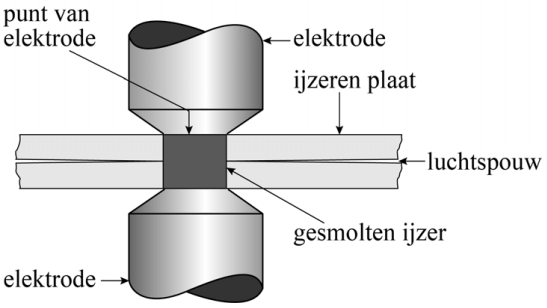
natuurkundeuitgelegd.nl

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 $6{,}4 \cdot 10^{-5}$ 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 $9{,}1 \cdot 10^{-4}$ 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.

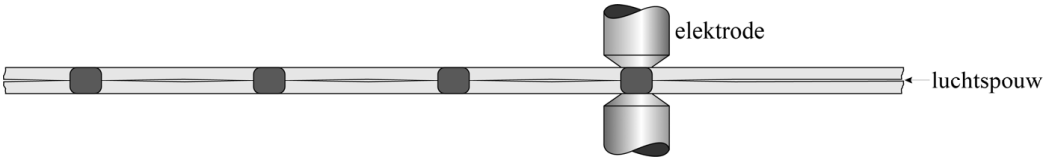
5p **3** Bereken na hoeveel tijd het ijzer begint te smelten.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

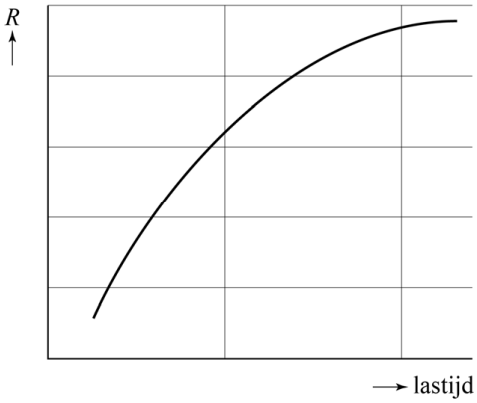


De platen raken elkaar alleen op de lassen. Zie figuur 6.

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.

figuur 7

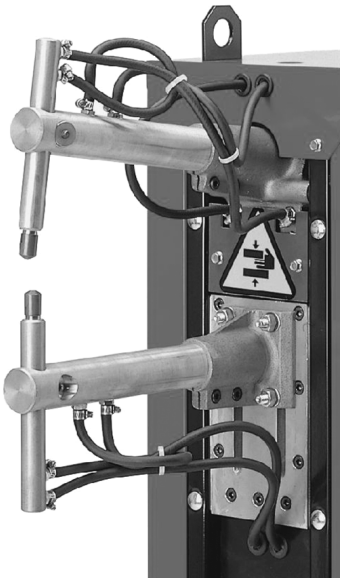


2p **5** Leg met behulp van figuur 7 uit of ijzer een PTC-materiaal of een NTC-materiaal is.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

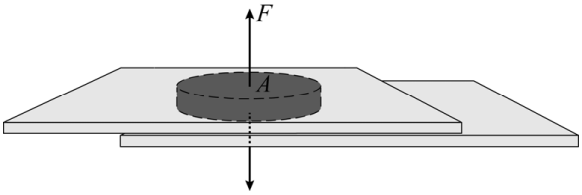


Op de uitwerkbijlage staan drie stellingen over het heet worden van de elektroden.

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 $6{,}4 \cdot 10^{-5}$ m^2.
Op de las kan een trekkracht F uitgeoefend worden. Zie figuur 9.

figuur 9



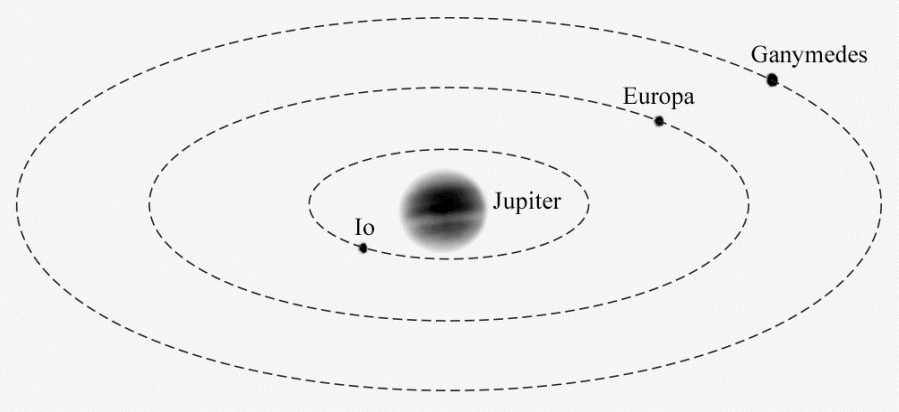
2p **7** Bereken de maximale trekkracht F op de las zonder dat de las breekt.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

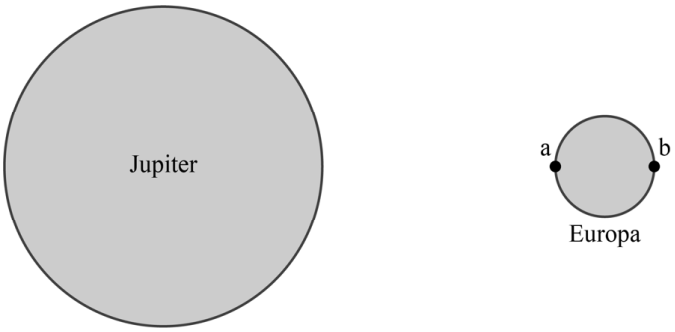
De oppervlaktetemperatuur van Europa is 173 K. Dit is bepaald door λ_{max} te meten van het infraroodspectrum dat deze maan uitzendt.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

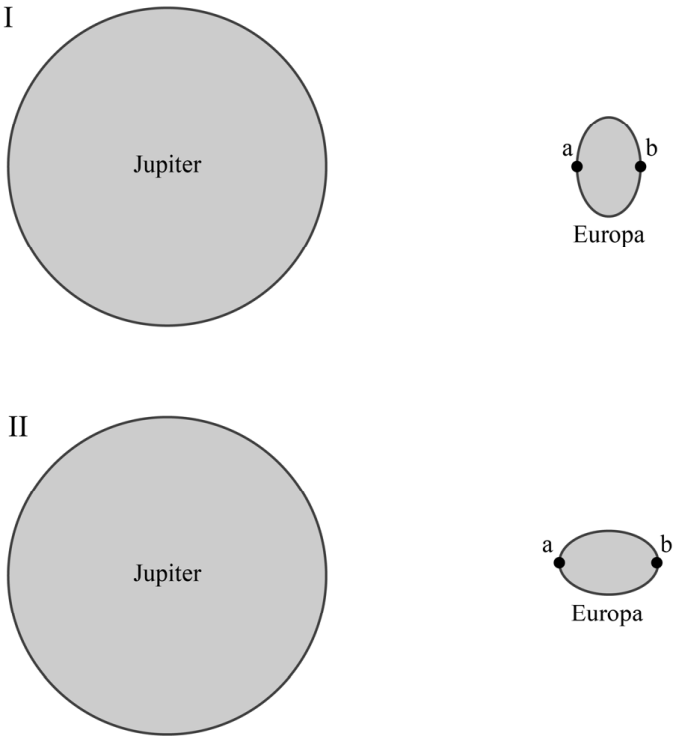
Sommige wetenschappers denken dat de temperatuur onder het oppervlak van Europa veel hoger is dan 173 K. Hun verklaring hiervoor is de voortdurende verandering van de gravitatiekracht op de maan Europa. In figuur 2 zijn Jupiter en Europa getekend. Deze figuur is niet op schaal. Op de maan Europa zijn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



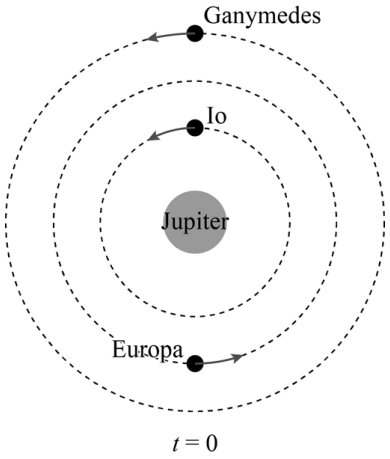
2p **10** Beredeneer met behulp van de formule voor de gravitatiekracht welke figuur (I of II) de vervorming van Europa het best weergeeft.

natuurkundeuitgelegd.nl

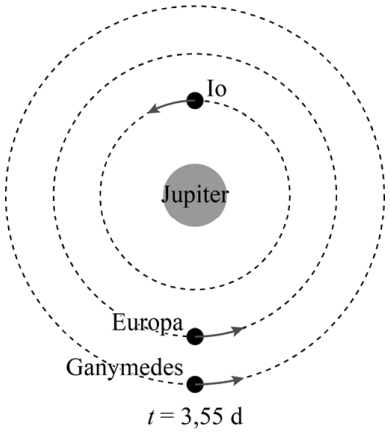
Behalve Jupiter oefenen ook de manen Ganymedes en Io een (kleine) gravitatiekracht uit op Europa. Omdat deze drie manen ten opzichte van elkaar in beweging zijn, veranderen deze gravitatiekrachten steeds. De wetenschappers denken dat de maan Europa zo 'gekneed' wordt. Hierbij zou dan warmte ontstaan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

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

figuur 1

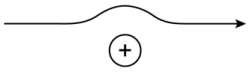
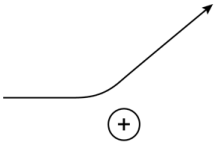
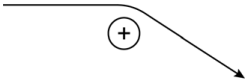
3p **13** Geef de vergelijking van de vervalreactie van tritium.

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?

			
A	**B**	**C**	**D**

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

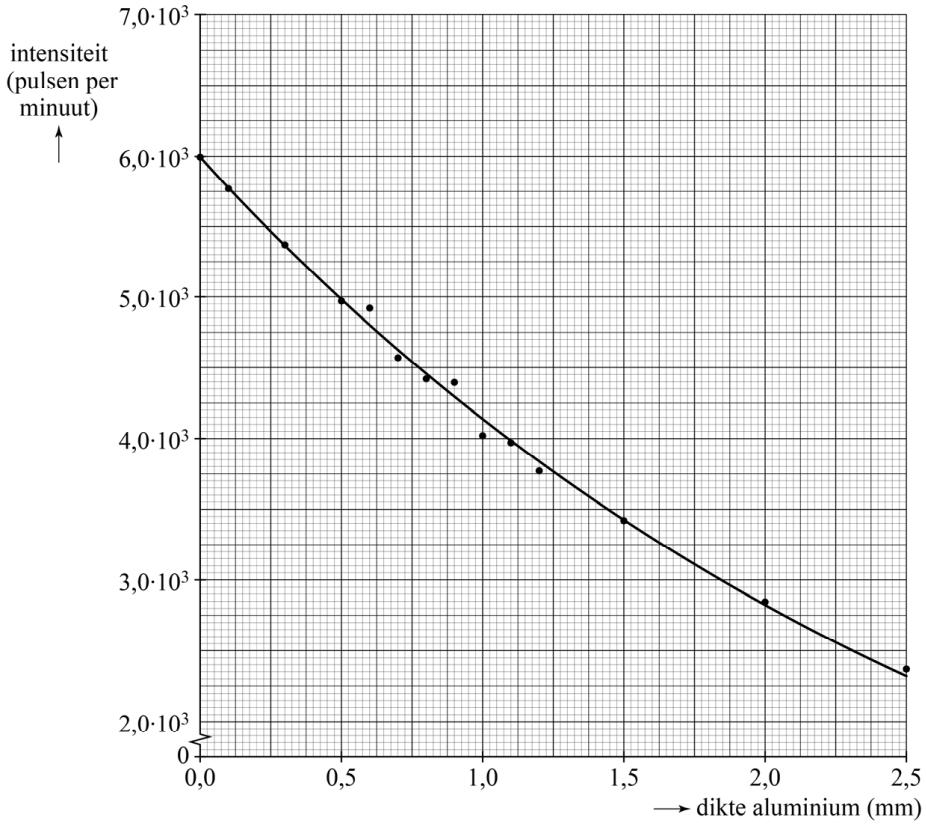
natuurkundeuitgelegd.nl

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

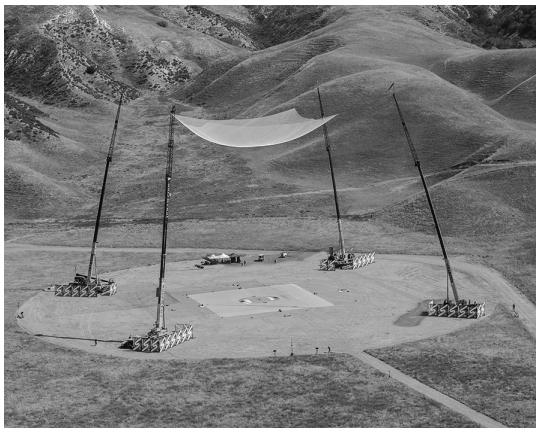
natuurkundeuitgelegd.nl

Sprong van Luke Aikins

In 2016 sprong skydiver Luke Aikins zonder parachute vanaf een hoogte van bijna $8\ \text{km}$ 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:

$$F_{\text{w}} = kAv^2$$

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 $54\ \text{m s}^{-1}$. Zijn massa is $75\ \text{kg}$ en zijn frontale oppervlakte is $0{,}80\ \text{m}^2$.

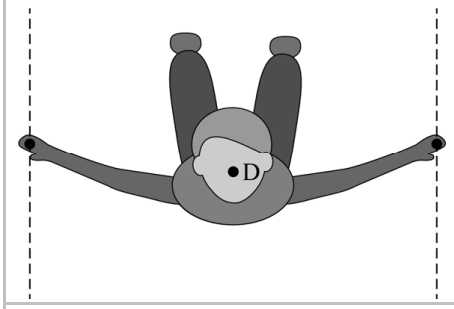
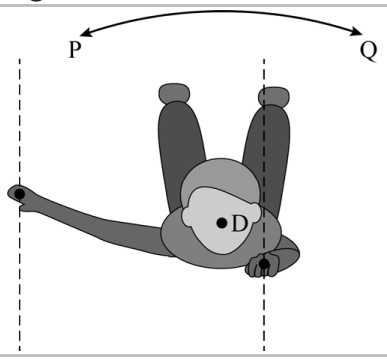
2p **20** Bereken de waarde van k.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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

figuur 5

1

2

3

4

Het net remde Aikins af van $54\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ tot stilstand. Tijdens het afremmen legde Aikins nog $37\ \mathrm{m}$ 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 (v,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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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

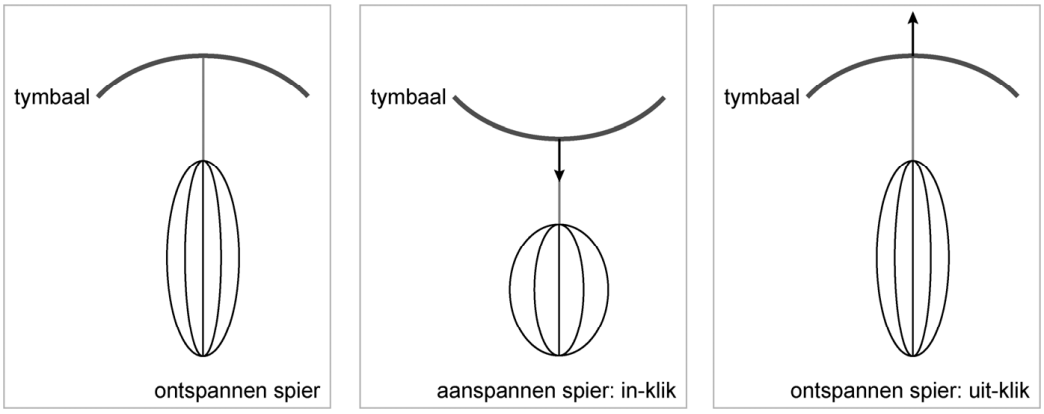
figuur 2

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.

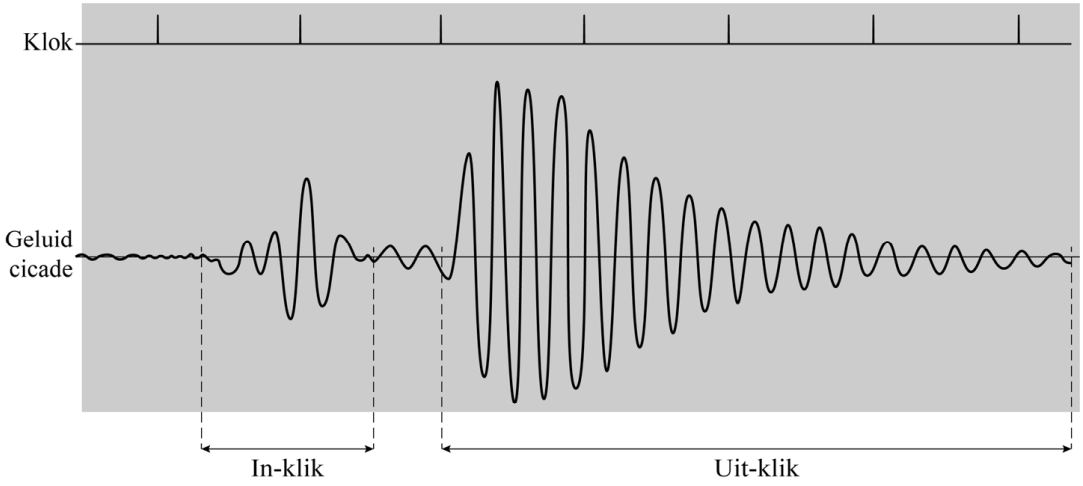
figuur 3



natuurkundeuitgelegd.nl

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 $10\ \text{ms}$ een piek. Die pieken zijn ook weergeven 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 $30\ ^\circ\mathrm{C}$.

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.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl