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.

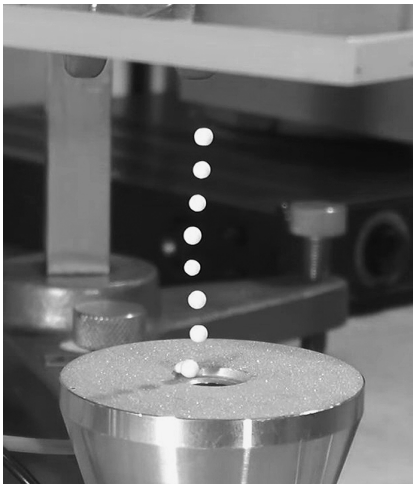
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

natuurkundeuitgelegd.nl

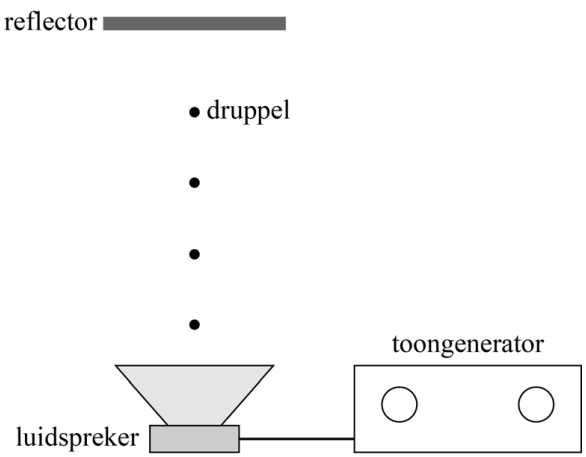
Zweven op geluid

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.

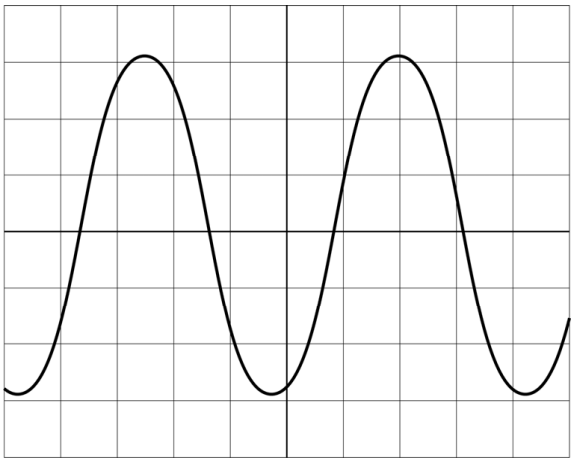
Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over de golven tussen de luidspreker en de reflector.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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

figuur 3



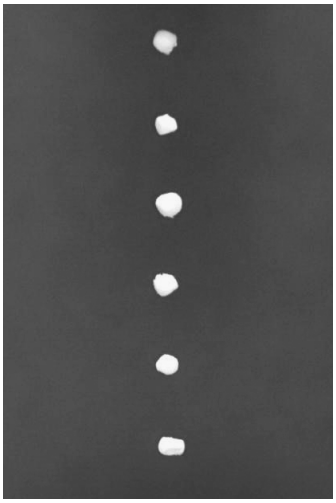
De horizontale schaalverdeling is $10\ \mu s$ per hokje.

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



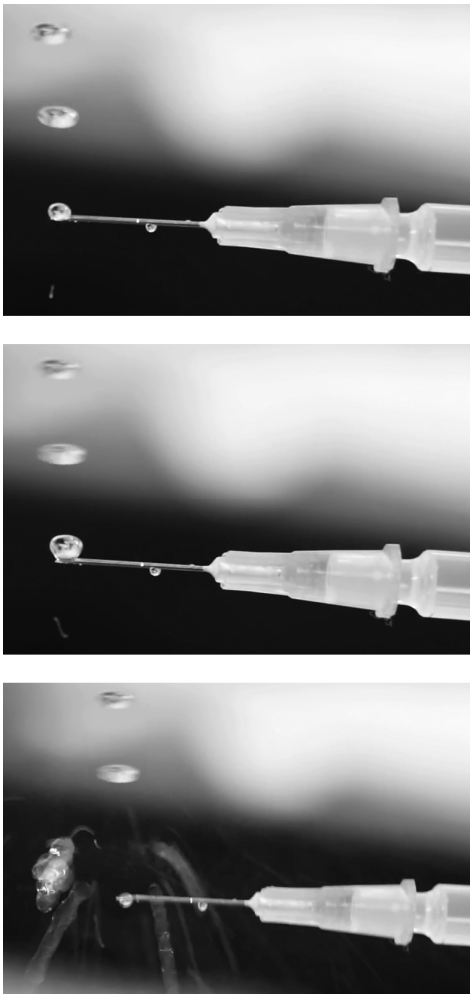
De zwevende druppels bevinden zich in opeenvolgende knopen. De toongenerator is ingesteld op $22\ kHz$. De temperatuur van de omgeving is $20\ °C$.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

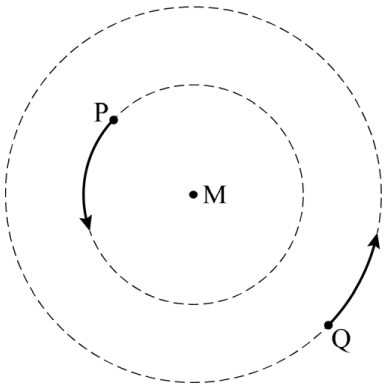
Op de uitwerkbijlage staat het (u,t)-diagram van een signaal waarbij alleen een kleine druppel heel blijft.

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

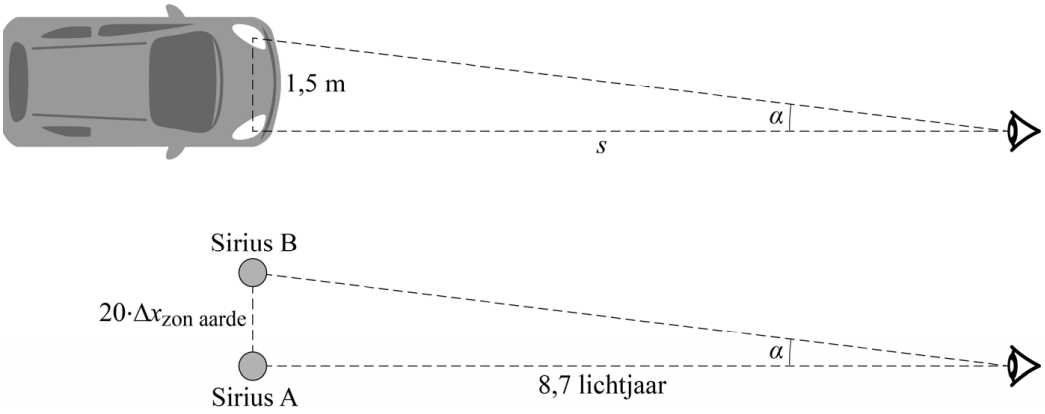
figuur 1



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 2



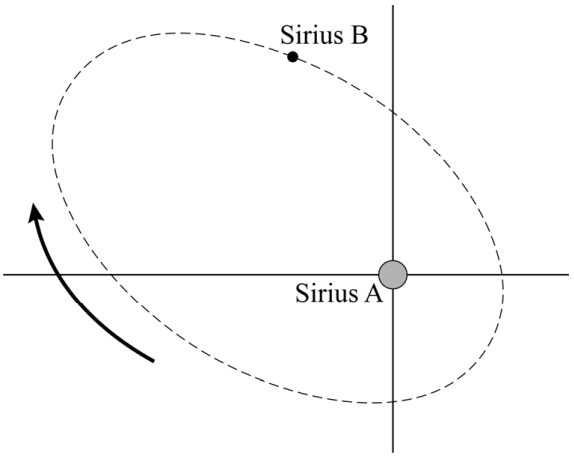
Sirius A en Sirius B worden onder een bepaalde hoek α gezien vanaf de aarde.

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

natuurkundeuitgelegd.nl

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 $3\ \text{cm}$.
- 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

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	$2{,}063 \cdot M_{zon}$	$1{,}018 \cdot M_{zon}$
straal	$1{,}8 \cdot R_{zon}$	$0{,}022 \cdot R_{zon}$
λ_{max}	$293 \cdot 10^{-9}$ m	$117 \cdot 10^{-9}$ 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	$0{,}01 \cdot M_{zon} < M_{ster} < 0{,}08 \cdot M_{zon}$	$T_{ster} < 1{,}6 \cdot 10^3$ K
rode dwerg	$0{,}08 \cdot M_{zon} < M_{ster} < 0{,}5 \cdot M_{zon}$	$2{,}3 \cdot 10^3$ K $< T_{ster} < 3{,}5 \cdot 10^3$ K
witte dwerg	$0{,}5 \cdot M_{zon} < M_{ster} < 1{,}4 \cdot M_{zon}$	$3{,}5 \cdot 10^3$ K $< T_{ster}$
rode reus	$0{,}3 \cdot M_{zon} < M_{ster} < 8 \cdot M_{zon}$	$T_{ster} < 4{,}75 \cdot 10^3$ K
blauwe reus	$8 \cdot M_{zon} < M_{ster}$	$1{,}0 \cdot 10^4$ K $< T_{ster} < 6{,}0 \cdot 10^4$ K

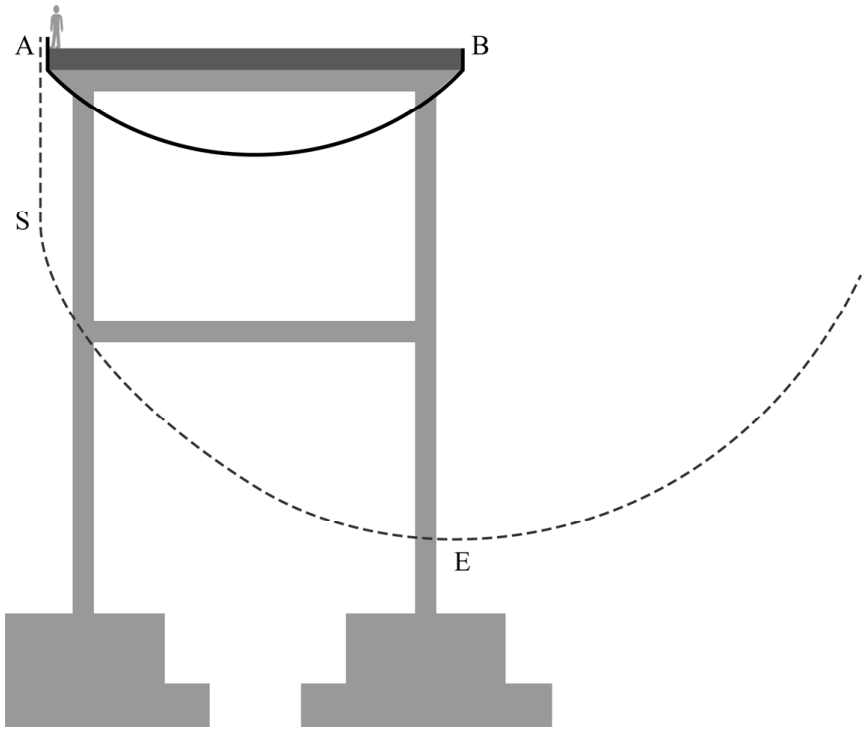
4p **9** Toon met een berekening aan in welke categorie Sirius B valt. Gebruik daarbij figuren 4 en 5.

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

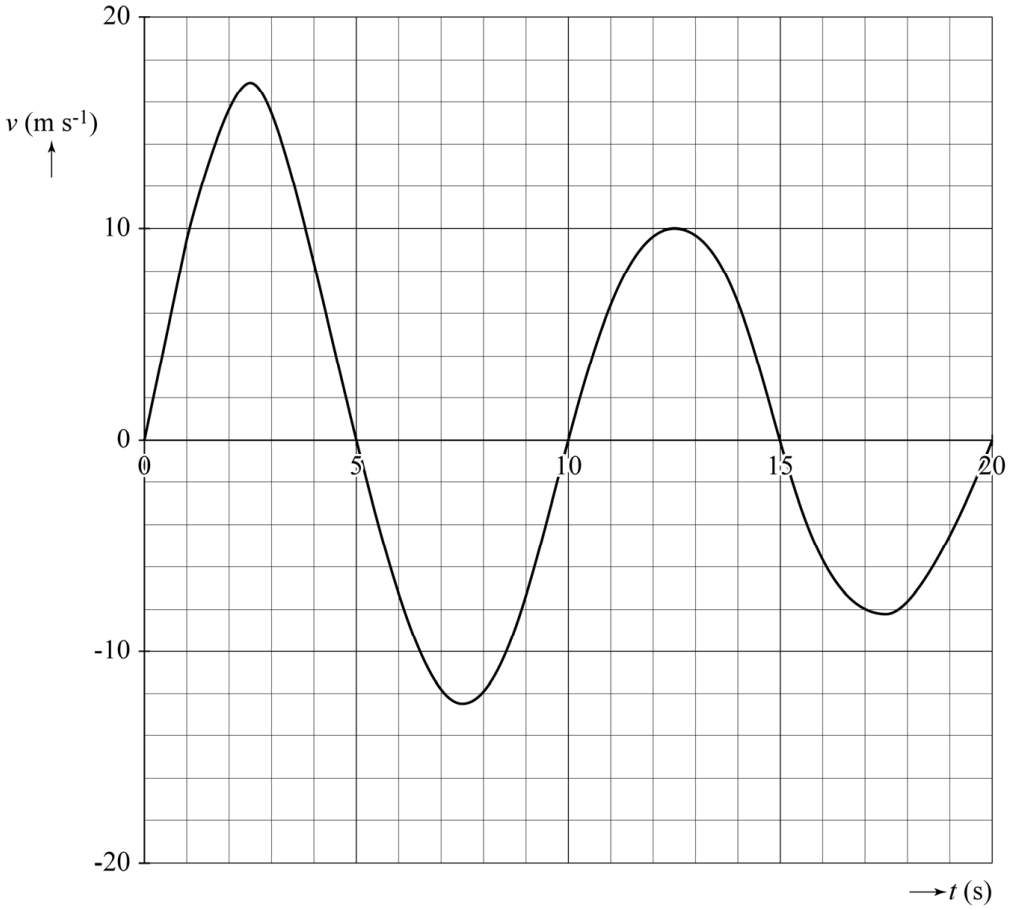
figuur 1



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).

natuurkundeuitgelegd.nl

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 spankracht in het touw maximaal. Deze maximale spankracht $F_{\text{s max}}$ is op dat moment te bepalen met de volgende formule:

$$F_{\text{s max}} = F_{\text{z}} + F_{\text{mpz}}$$

De springer ($m = 60$ kg) gaat met een snelheid van $16{,}8$ 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 spankracht gelijk is aan $1{,}5 \cdot 10^3$ N.

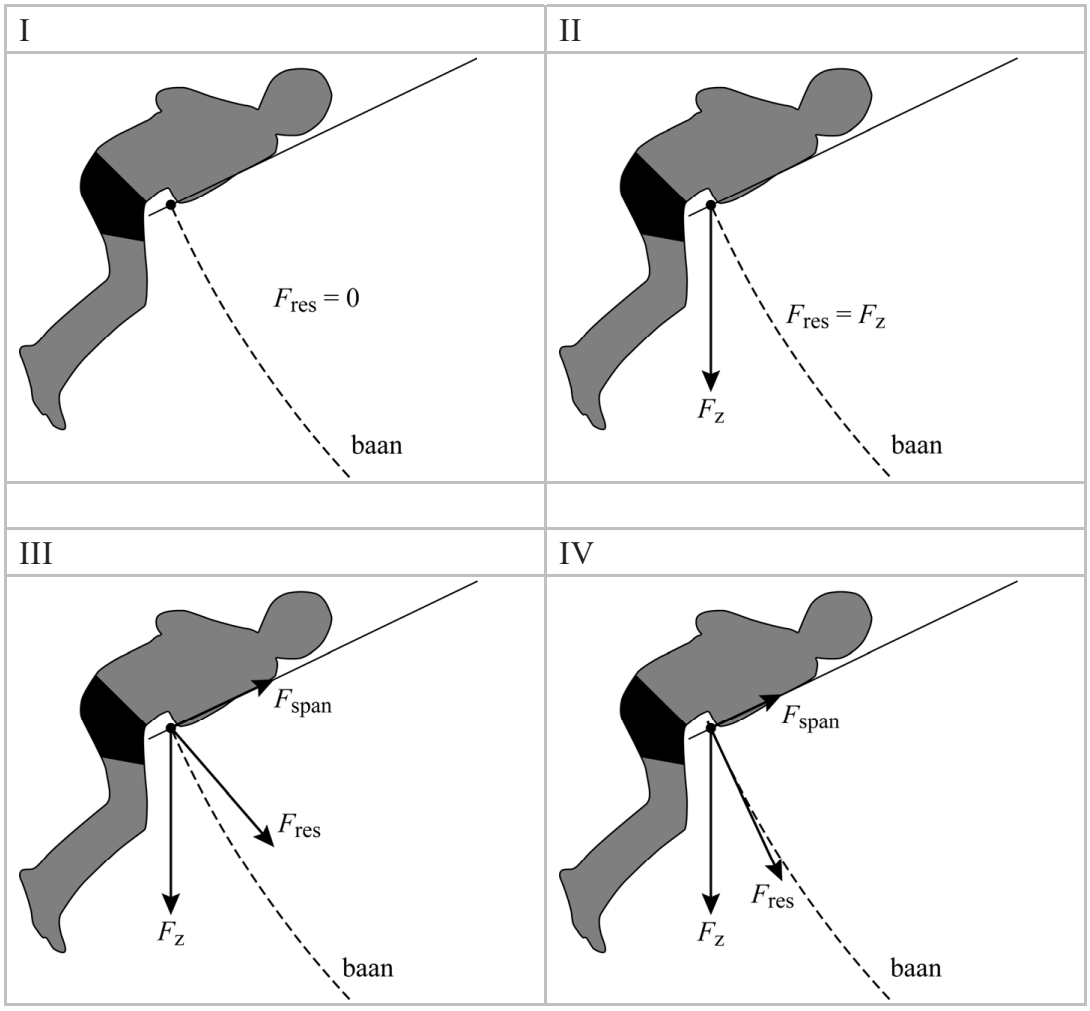
natuurkundeuitgelegd.nl

Bergbeklimmers gebruiken speciaal touw om veilig te kunnen klimmen. Een veelgebruikt klimmerstouw heeft een diameter van $10\ \text{mm}$ 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

De springer heeft een massa van $60\ \mathrm{kg}$. Ze ondervindt luchtwrijving waardoor ze afgeremd wordt. De rek in het touw wordt hier verwaarloosd.

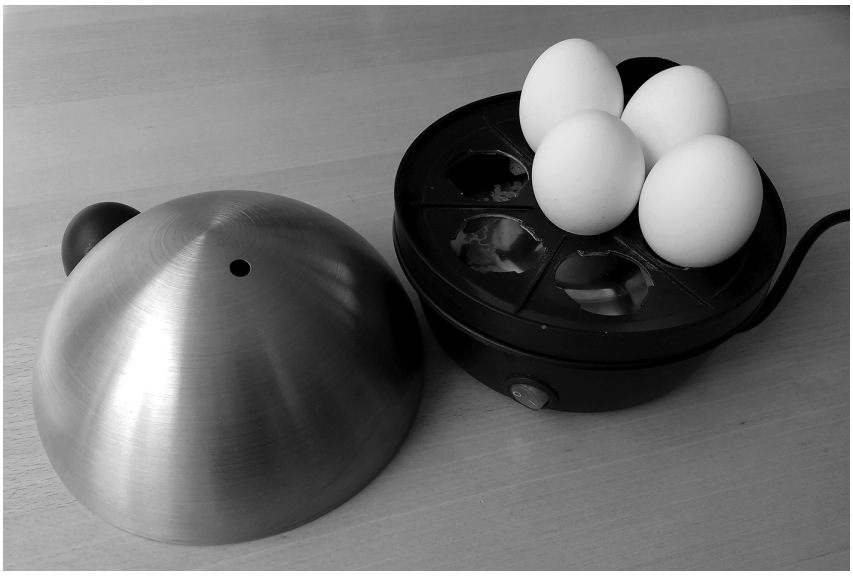
4p **14** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de arbeid die de luchtwrijvingskracht heeft verricht tussen het passeren van de evenwichtsstand op tijdstippen t_p en t_q.

natuurkundeuitgelegd.nl

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 verdampt, 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.

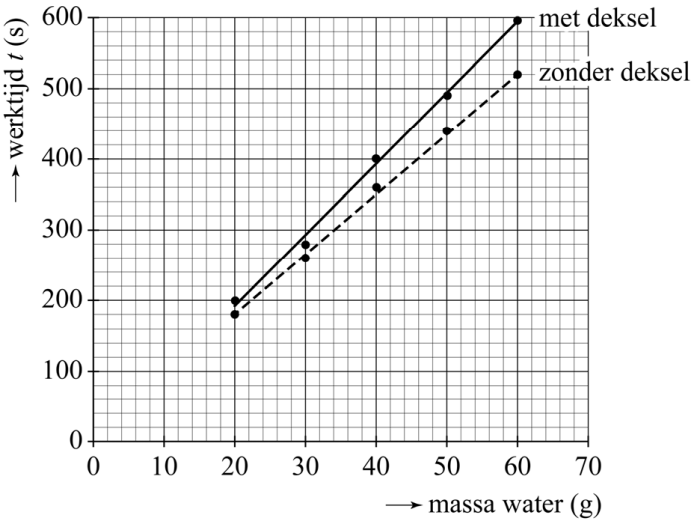
natuurkundeuitgelegd.nl

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.

natuurkundeuitgelegd.nl

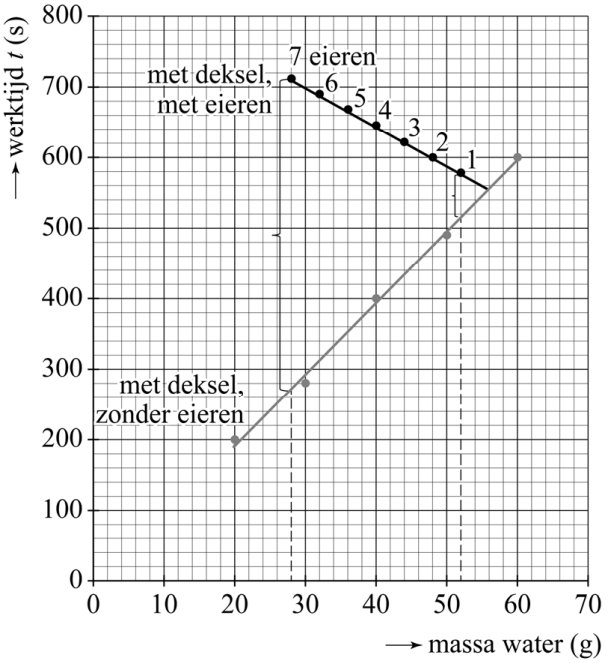
In de gebruiksaanwijzing vindt Aart een tabel met een opvallende opmerking. Zie figuur 3.

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 met 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

Het verwarmingselement heeft een vermogen van $320\ \mathrm{W}$.
Op internet leest Aart dat een ei tijdens het koken ongeveer $14\ \mathrm{kJ}$ 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 $5{,}7 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{kWh}$ elektrische energie. Met de pan gebruikt Aart $14\ \mathrm{gram}$ 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).

natuurkundeuitgelegd.nl

Stralingsdetectie

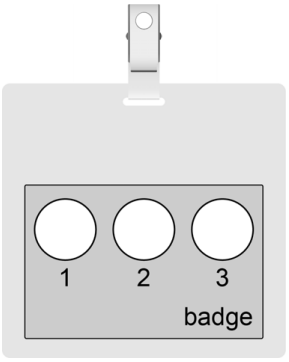
In een ziekenhuis wordt vaak gewerkt met radioactieve isotopen. Medewerkers moeten daarbij goed in de gaten houden dat ze geen te grote stralingsdosis oplopen. Hiervoor bestaan verschillende vormen van stralingsdetectie.
Een van de isotopen waarmee wordt gewerkt is kobalt-60. Op de uitwerkbijlage staat 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

natuurkundeuitgelegd.nl

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.

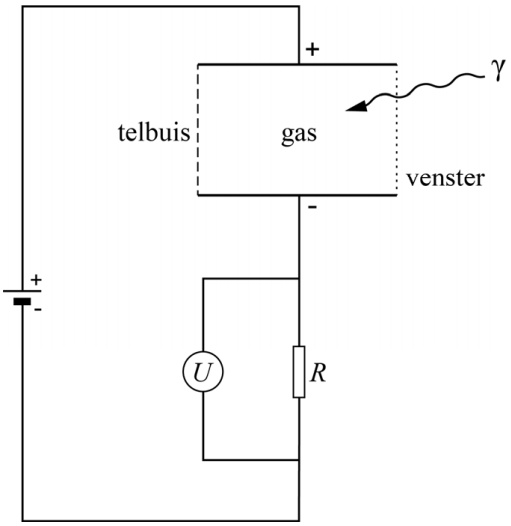
1p **23** Omcirkel voor iedere badge de soort straling die de film op deze manier heeft gekleurd.

natuurkundeuitgelegd.nl

De badge wordt tegenwoordig vaak vervangen door een modernere 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.

natuurkundeuitgelegd.nl

De GMT heeft als technisch ontwerp voordelen 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.

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