

Examen HAVO

2022

tijdvak 2
tijdsduur: 3 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Achter het correctievoorschrift is een aanvulling op het correctievoorschrift opgenomen.

Dit examen bestaat uit 24 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.

Straling tijdens vliegen

Hoog in de atmosfeer ontstaan snelle neutronen en gammastraling door kosmische straling. Hoe hoger iemand zich in de atmosfeer bevindt, hoe groter de schadelijke invloed van deze straling is. Studenten hebben daarom onderzoek gedaan naar de ontvangen dosis als gevolg van snelle neutronen en gammastraling tijdens een vlucht in een vliegtuig.

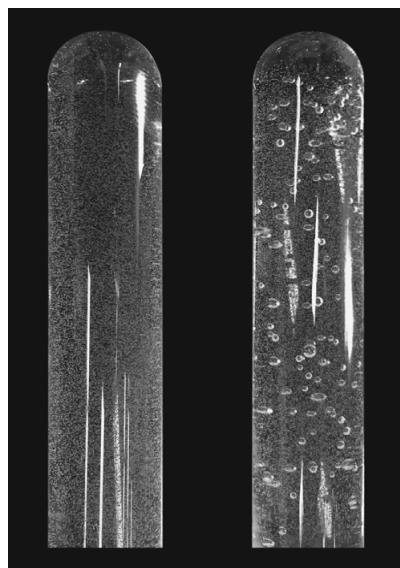
De wand van een vliegtuig is gemaakt van aluminium met een dikte van 2,2 mm. De gammastraling heeft een frequentie van $2,4 \cdot 10^{20}$ Hz.

4p 1 Voer de volgende opdrachten uit:

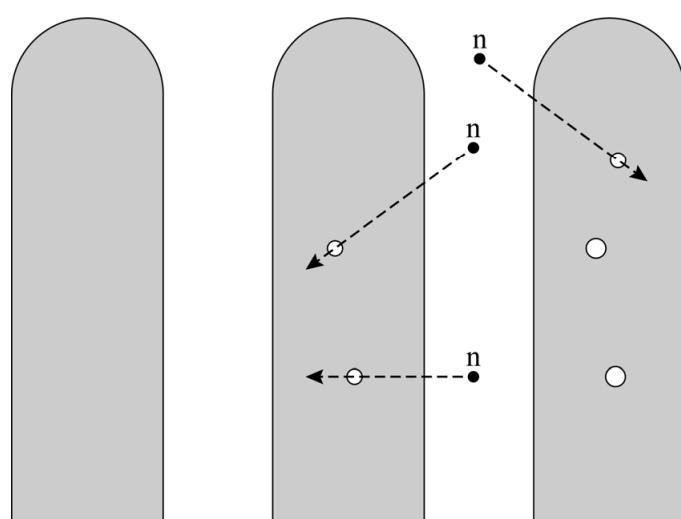
- Bereken de energie van een foton van deze gammastraling in MeV.
- Leg met Binas-tabel 28F of Sciencedata-tabel 5.9 uit of de wand van een vliegtuig veel bescherming biedt tegen deze straling.

Net als gammastraling hebben de snelle neutronen ioniserende eigenschappen. Om snelle neutronen te detecteren wordt een zogenaamde bubbeldetector gebruikt. Dit is een doorzichtige buis gevuld met vloeistof. Als deze vloeistof wordt geraakt door snelle neutronen ontstaan er bellen in de vloeistof. Deze bellen blijven aanwezig tot de bellendetector gereset wordt. Zie figuren 1 en 2.

figuur 1



figuur 2



Om de bubbeldetector vóór de vlucht te testen, hebben de studenten hem naast een bron met Americium-241 en Beryllium-9 gelegd. Am-241 is een alfastraler.

3p 2 Geef de vergelijking van de vervalreactie van Am-241.

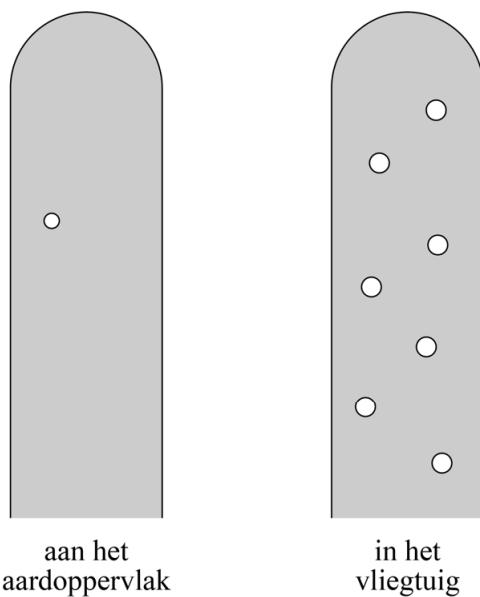
Beryllium-9 neemt een alfadeeltje op. Hierbij ontstaan een nieuw deeltje en een snel neutron. Op de uitwerkbijlage staat een deel van deze reactie weergegeven.

- 3p 3 Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage af.

Snelle neutronen zijn in staat om door de wand van een vliegtuig te dringen. De studenten hebben de bubbeldetector meegenomen tijdens de vlucht om de ontvangen dosis als gevolg van de snelle neutronen te bepalen.

Een tweede, identieke bubbeldetector is ter controle achtergebleven op de grond. Beide detectoren zijn direct na de vlucht geanalyseerd. Zie figuur 3.

figuur 3



In de technische gegevens van de gebruikte bubbeldetectoren staat:

Bij een neutronenergie van 1 MeV ontstaan 3 bubbels per $5,0 \cdot 10^{-8}$ Gy ontvangen stralingsdosis.

- 4p 4 Bepaal met behulp van figuur 3 de extra opgelopen equivalente dosis door neutronen tijdens de vlucht. Ga hierbij uit van neutronen met een energie van 1 MeV.

Ruimtepuin

Versleten satellieten en brokstukken van gebotste satellieten vliegen als ruimtepuin rond de aarde. In 2018 heeft een kunstenaar geprobeerd om mensen bewust te maken van dit ruimtepuin, dat vanaf de aarde onzichtbaar is. Hij heeft met lasers vanaf de grond de positie van ruimtepuin op hoogtes tussen $2,0 \cdot 10^5$ m en $2,0 \cdot 10^7$ m aangeduid. Zie een artist's impression in figuur 1.

figuur 1

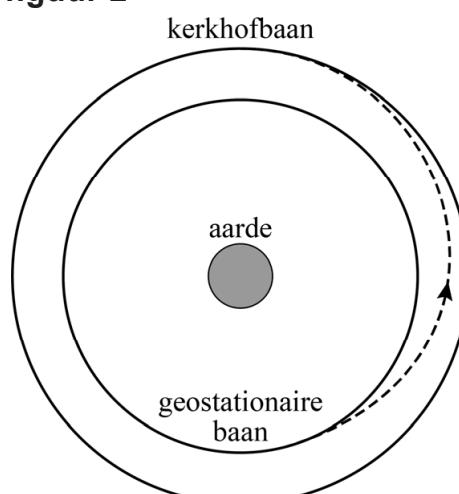


In 2009 vond de eerste botsing tussen twee satellieten plaats. Door deze botsing ontstonden veel brokstukken die nu nog om de aarde cirkelen. De baansnelheid van een van de satellieten in zijn cirkelbaan voor de botsing was $7,75 \cdot 10^3$ m s $^{-1}$.

- 5p 5 Toon met een berekening aan of deze botsing plaatsvond op een hoogte die de kunstenaar met de lichten heeft aangeduid.

Om botsingen te voorkomen wordt tegenwoordig al vóór de lancering van nieuwe satellieten nagedacht over het opruimen ervan aan het einde van de levensduur. Een mogelijke oplossing voor een geostationaire satelliet is om hem aan het einde van zijn leven naar een speciale baan om de aarde te brengen: de kerkhofbaan. Zie figuur 2. Deze figuur is schematisch en niet op schaal.

figuur 2



Voor de overgang van de geostationaire baan naar de kerkhofbaan moet 7,0 MJ arbeid worden verricht. Deze arbeid wordt geleverd door een stuwraket die brandstof verbrandt met een rendement van 64%. De brandstof die wordt gebruikt, heeft een stookwaarde van $19,4 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$. De orde van grootte van de massa van een kleine satelliet is 100 kg.

5p **6** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken hoeveel kilogram brandstof nodig is om de satelliet in de kerkhofbaan te krijgen.
- Leg uit op basis van deze hoeveelheid of dit een haalbare mogelijkheid is.

Voor brokstukken die zijn ontstaan na een botsing, is een kerkhofbaan sowieso geen oplossing. Een voorstel is om dit ruimtepuin op te ruimen door bestraling met zeer krachtige lasers vanaf de aarde.

Door de bestraling met lasers neemt de snelheid van een brokstuk een beetje af. Hierdoor komt het dichter bij de aarde en zal het uiteindelijk door een snelle toename van temperatuur verdampen.

1p **7** Welke kracht is de directe oorzaak voor deze snelle toename van temperatuur?

- A gravitatiekracht
- B luchtweerstandskracht
- C middelpuntzoekende kracht
- D zwaartekracht

De lasers verrichten arbeid en remmen hierdoor een brokstuk af.

Dergelijke opruimacties zijn al gemodelleerd door wetenschappers, maar zouden de lasers van de kunstenaar ook krachtig genoeg zijn om een brokstuk voldoende af te remmen?

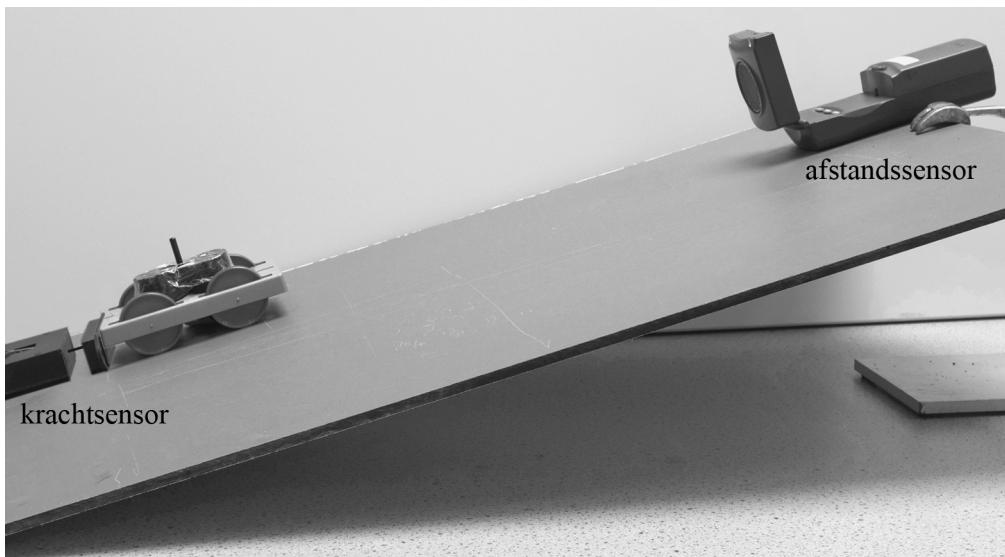
De arbeid die deze lasers samen per seconde verrichten op het brokstuk is $1 \cdot 10^2 \text{ J}$. De snelheid van dit brokstuk ($m = 2 \text{ kg}$) moet worden verlaagd van $7,6 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$ naar $7,5 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1}$. De lasers raken het brokstuk in totaal 1 minuut.

4p **8** Leg met behulp van een berekening uit of deze lasers in dat geval genoeg arbeid verrichten om het brokstuk voldoende af te remmen.

Kreukelzone

Inzittenden van een auto worden tijdens een botsing onder andere beschermd door kreukelzones. Jeroen wil het effect van een kreukelzone tijdens een botsing onderzoeken door een karretje van een helling te laten rijden en tegen een zelfgemaakte krachtsensor te laten botsen. Met een afstandssensor bepaalt hij de plaats van het karretje op de baan tijdens een botsproef. Zie figuur 1.

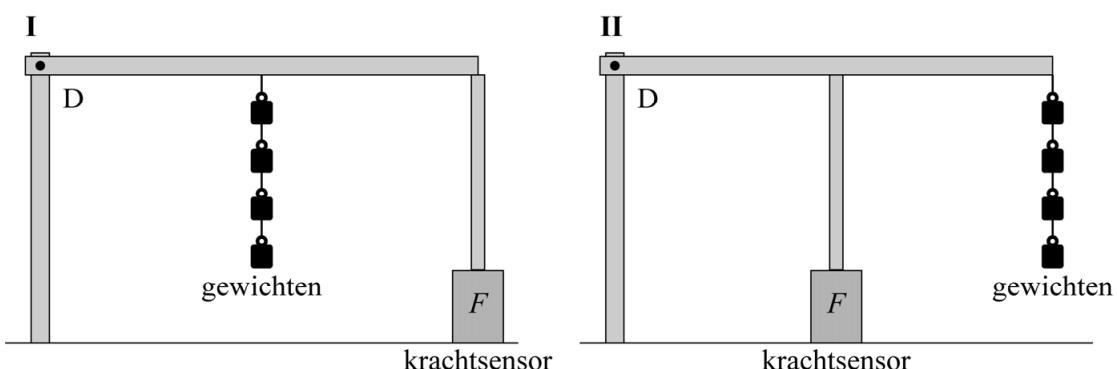
figuur 1



Deel 1: de krachtsensor

Jeroen wil controleren wat de krachtsensor aangeeft voor krachten tot 25 N. Jeroen heeft 25 gewichten van 50 gram. Om tot 25 N te kunnen controleren gebruikt Jeroen een hefboom met draaipunt D waarmee hij met een staafje op de krachtsensor op tafel drukt. Hij kan hier twee verschillende opstellingen (I of II) voor gebruiken. Zie figuur 2. De massa van de hefboom en het staafje mogen verwaarloosd worden.

figuur 2

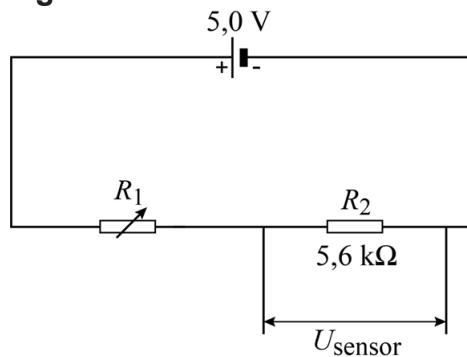


- 3p 9 Leg met de hefboomwet uit welke opstelling (I of II) Jeroen moet gebruiken.

De krachtsensor zelf bestaat uit een serieschakeling van een krachtgevoelige weerstand R_1 en een ohmse weerstand R_2 van $5,6 \text{ k}\Omega$. De weerstand van R_1 verandert als er een grotere of kleinere kracht op wordt uitgeoefend.

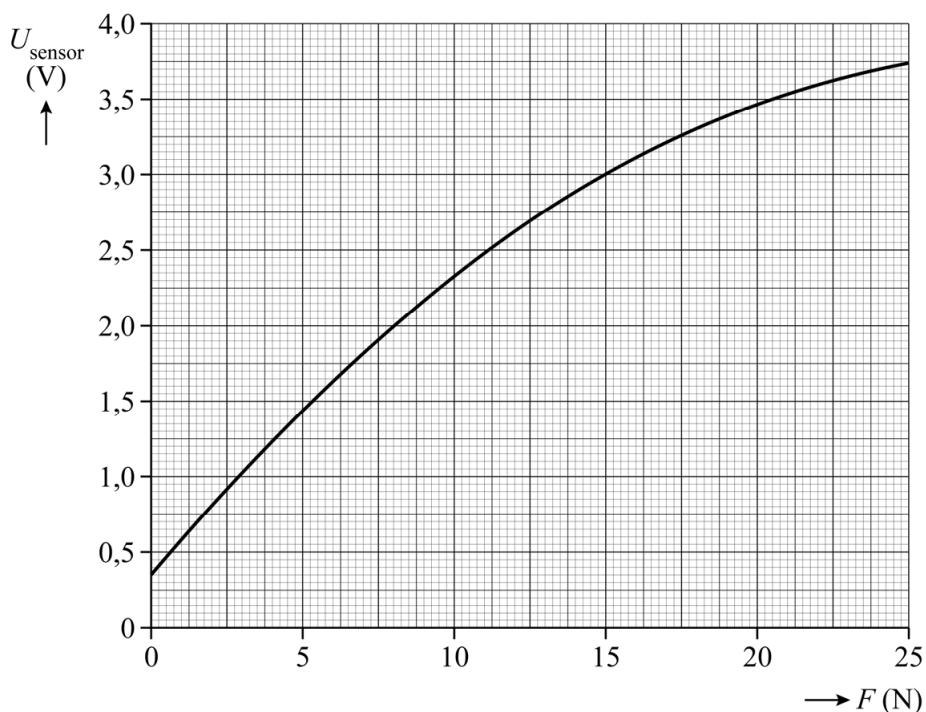
De spanningsbron levert 5,0 V. Zie figuur 3.

figuur 3



Jeroen heeft het verband tussen de spanning over R_2 (de zogenaamde sensorspanning U_{sensor}) en de kracht F op de sensor bepaald. Dit is weergegeven in figuur 4.

figuur 4



- 4p 10 Bepaal de grootte van de krachtgevoelige weerstand R_1 bij een kracht van 15 N.

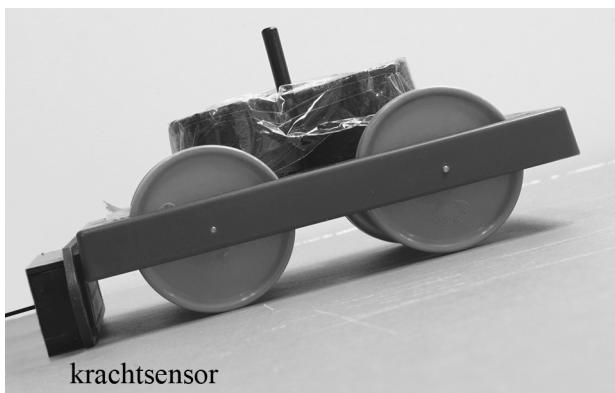
Als er geen kracht op de krachtsensor werkt, geeft deze sensor toch al een beginspanning U_0 die groter is dan 0 V.

- 2p 11 Omcirkel op de uitwerkbijlage in elke zin het juiste antwoord.

Deel 2: de botsproef

Als het karretje in rust tegen de sensor staat, constateert Jeroen dat de krachtsensor al een bepaalde spanning U_A geeft die groter is dan U_0 . Hij concludeert dat dat komt doordat het karretje op een helling staat. Zie figuur 5. De rolweerstands kracht wordt verwaarloosd.

figuur 5



Het karretje heeft een massa van 0,26 kg.

Figuur 5 staat ook op de uitwerkbijlage. De zwaartekracht F_z is op schaal ingetekend. In deze situatie is de kracht F op de sensor even groot als de component van F_z parallel aan de helling.

- 5p 12 Voer de volgende opdrachten uit:

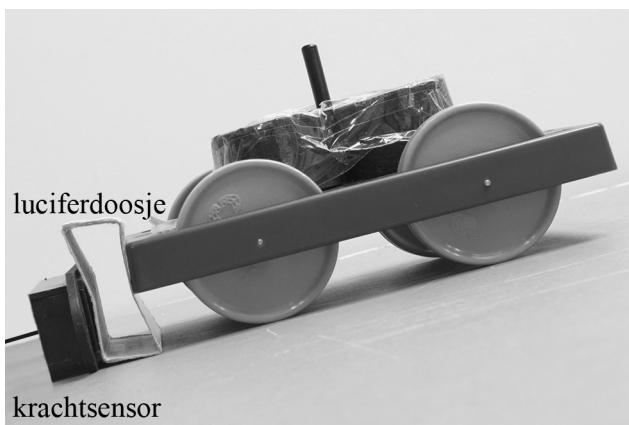
- Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage deze component van F_z .
- Bepaal de grootte van U_A met behulp van figuur 4.

Jeroen test de opstelling. Hij laat het karretje ($m = 0,26 \text{ kg}$) van de helling rijden en tegen de krachtsensor botsen. Van deze test maakt hij een (x,t) -diagram. Dit (x,t) -diagram staat op de uitwerkbijlage.

- 4p 13 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale kinetische energie van het karretje tijdens deze test. Geef in de figuur aan hoe je aan je antwoord komt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Vervolgens voert Jeroen vanaf andere hoogtes twee vergelijkbare botsproeven uit. Hij laat het karretje naar beneden rijden en tegen de krachtsensor botsen. Eén keer botst het karretje direct tegen de sensor. Daarna botst het met een vervormbaar luciferdoosje als kreukelzone tussen het karretje en de krachtsensor. Zie figuur 6. De massa van het luciferdoosje is verwaarloosbaar.

figuur 6



Van beide botsproeven maakt Jeroen een (F, x) -diagram. Hierin is x de plek van het karretje op de baan. Deze diagrammen staan vereenvoudigd op de uitwerkbijlage. De oppervlakte onder iedere grafiek is de arbeid die de krachtsensor heeft verricht om het karretje af te remmen.

Jeroen constateert dat de kreukelzone tijdens de botsing een deel van de energie van het karretje heeft geabsorbeerd. Beide botsingen vinden met dezelfde snelheid plaats.

- 3p 14 Bepaal met behulp van de diagrammen op de uitwerkbijlage de energie die de kreukelzone tijdens de botsing heeft geabsorbeerd. Noteer je antwoord in drie significante cijfers.

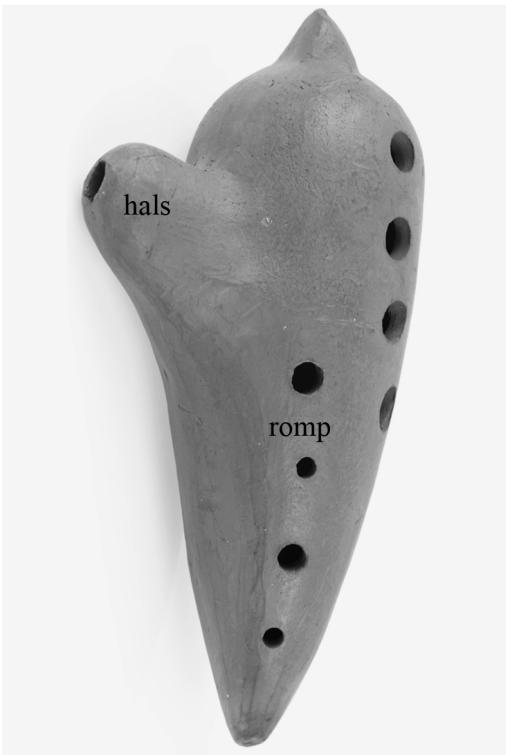
Jeroen trekt naar aanleiding van zijn onderzoek een aantal conclusies over grootheden die kunnen veranderen door het gebruik van een kreukelzone. Deze conclusies staan op de uitwerkbijlage.

- 2p 15 Geef per conclusie met een kruisje aan of deze juist of onjuist is.

Ocarina

Een ocarina is een blaasinstrument dat bestaat uit een romp en een hals. De ocarina wordt aangeblazen door de hals. In de romp zitten diverse gaten die tijdens het spelen met de vingers kunnen worden afgesloten om verschillende tonen te maken. Zie figuren 1 en 2.

figuur 1

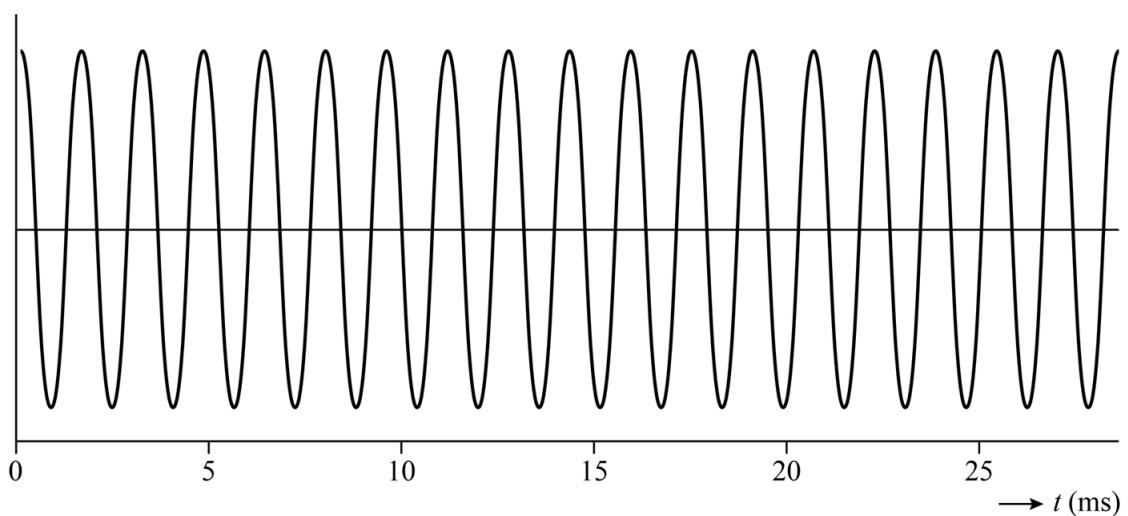


figuur 2



Met de ocarina wordt een toon gespeeld. In figuur 3 staat het oscillogram van deze toon.

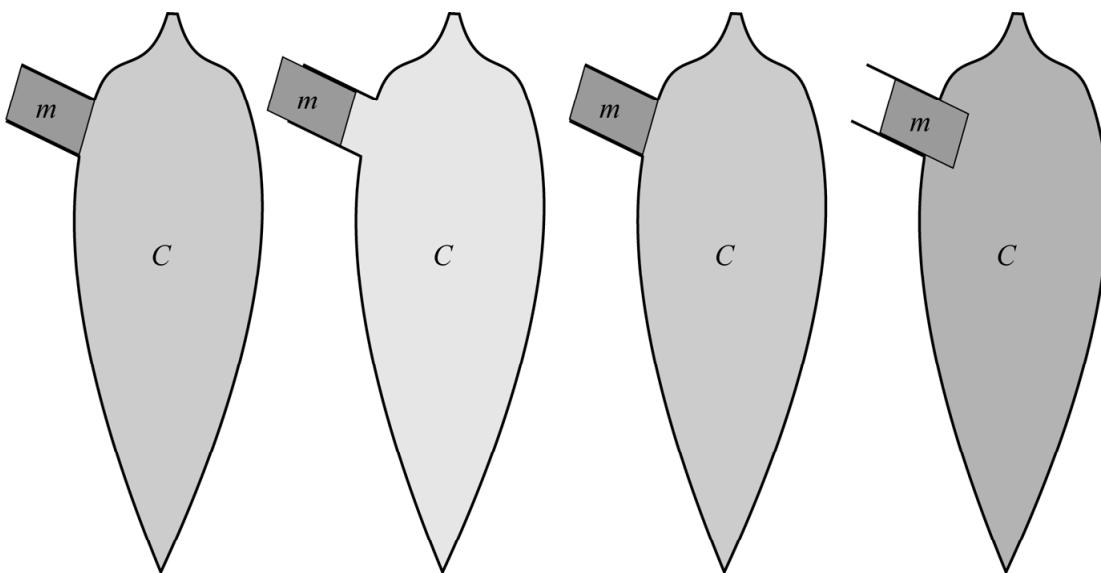
figuur 3



- 2p 16 Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie van deze toon. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Een ocarina produceert op een bijzondere manier geluid: hij werkt als een massa-veersysteem. In figuur 4 is een vereenvoudigd model van dit systeem van de ocarina uit figuur 1 weergegeven.

figuur 4



De lucht in de hals heeft een massa (m). Deze massa wordt als constant beschouwd. De lucht in de hals trilt op en neer. Door de op- en neergaande beweging van de luchtmassa in de hals, werkt de lucht in de romp als een soort veer met veerconstante C die samengedrukt en uitgerekt wordt.

De ocarina brengt een bepaalde toon voort met een trillingstijd van $2,5 \cdot 10^{-3}$ s. De lucht in de hals van de ocarina in figuur 1 heeft een volume van $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$.

- 3p 17 Bereken de grootte van de veerconstante C die uit het model volgt. Noteer het antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

Voor de ocarina geldt dat de golflengte van het geluid altijd even groot als of groter dan de lengte van het instrument zal zijn.

- 4p 18 Voer de volgende opdrachten uit:
- Maak met behulp van figuur 2 een beredeneerde schatting van de frequentie die deze ocarina produceert als de golflengte gelijk is aan de lengte van het instrument.
 - Beredeneer of dit de hoogste of de laagste frequentie is die deze ocarina kan produceren.

Voor de trillingstijd T van een toon die een ocarina produceert, geldt:

$$T = k \cdot \sqrt{\frac{Vd}{A}} \quad (1)$$

Hierin is:

- A de totale oppervlakte van de (niet-afgesloten) gaten;
- d de wanddikte van de ocarina;
- V het volume van de romp;
- k een constante.

Een ocarina wordt gemaakt van klei. Nadat de klei is gedroogd, wordt de ocarina verder afgebakken in een oven. Tijdens het afbakken wordt het volume van de romp van de ocarina iets kleiner en wordt de toon van de ocarina anders dan wanneer deze volumeverandering niet zou plaatsvinden. De wanddikte blijft bij benadering constant. Om na het bakken de juiste toonhoogte te krijgen, moet men een gat kleiner maken met klei of groter slijpen.

4p **19** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken met behulp van formule (1) of de toon van een ocarina door de volumeverandering tijdens het afbakken hoger of lager wordt.
- Bereken of na het bakken een gat groter of kleiner moet worden gemaakt om de oorspronkelijke toonhoogte terug te krijgen.

Koffiepercolator

Een percolator is een apparaat dat in één keer een grote hoeveelheid koffie kan zetten en kan warmhouden.

Een percolator wordt met een verlengsnoer aangesloten op een stopcontact. Zie figuur 1.

Wanneer het verlengsnoer bij gebruik niet volledig is afgerold, ontstaat er brandgevaar bij overbelasting. Op het verlengsnoer is aangegeven hoeveel stroom er maximaal door de kabel mag lopen wanneer hij opgerold of afgerold wordt gebruikt. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

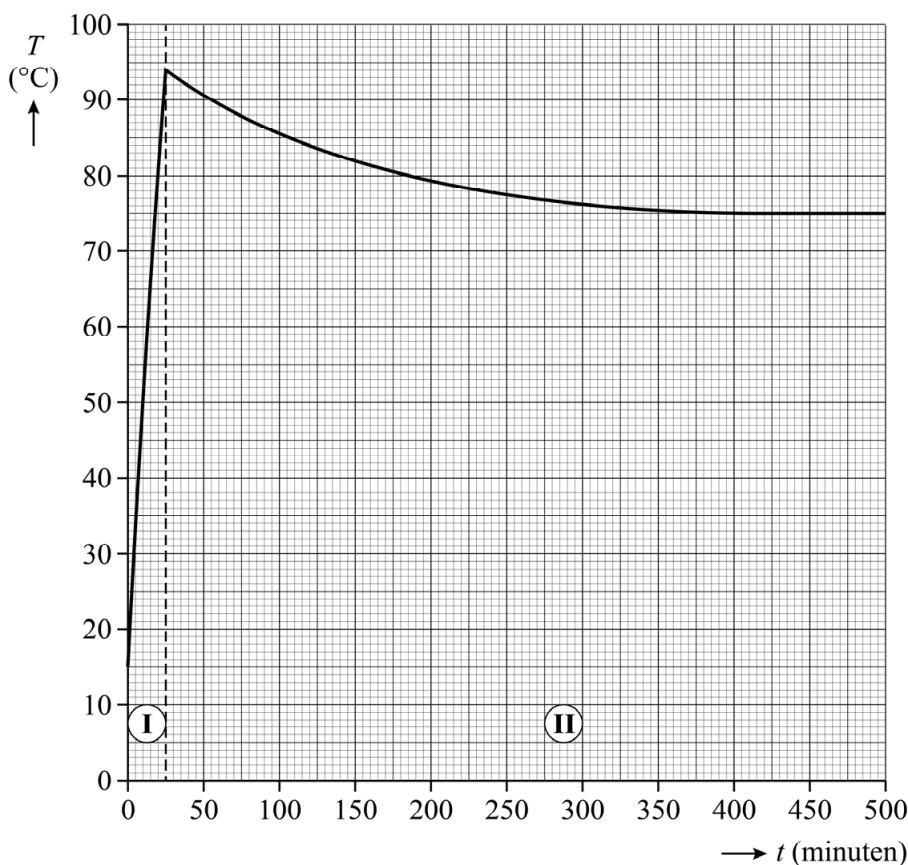


Het vermogen van de koffiepercolator is tijdens het koffiezetten 1,5 kW. De koffiepercolator werkt op 230 V.

- 3p 20 Toon met een berekening aan of het snoer moet worden afgerold voor gebruik.

In figuur 3 is het (T, t)-diagram weergegeven van de koffie in een percolator.

figuur 3



Tijdens fase I wordt de koffie gezet. Er wordt koffie gezet met 3,0 L water. De stofeigenschappen van koffie zijn gelijk aan die van water. Gedurende het koffiezetten is het vermogen van de koffiepercolator 1,5 kW.

- 4p 21 Bepaal met behulp van figuur 3 het rendement van het verwarmen van het water in de koffiepercolator tijdens fase I. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

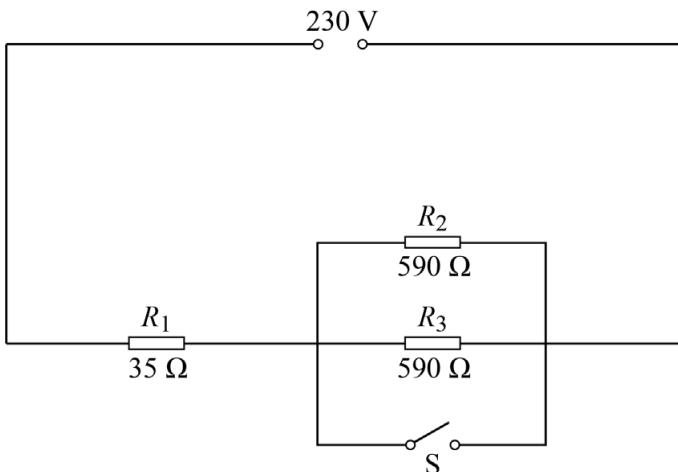
De percolator staat warmte af aan de omgeving. Het energieverlies per seconde aan de omgeving wordt P_{verlies} genoemd. Zodra de koffie een temperatuur van 94 $^{\circ}\text{C}$ heeft bereikt is hij klaar en schakelt het apparaat over op een lager elektrisch vermogen om de koffie warm te houden. Dit is fase II in figuur 3.

Op de uitwerkbijlage staat een tabel over figuur 3.

- 2p 22 Geef in de tabel voor drie tijdstippen met een kruisje aan of $P_{\text{elektrisch}}$ groter is dan, even groot is als of kleiner is dan P_{verlies} .

De verwarming van de percolator bestaat uit drie weerstanden R_1 , R_2 en R_3 . In figuur 4 is het schakelschema weergegeven van het systeem dat gebruikt wordt.

figuur 4



Gedurende fase I is een groot vermogen ingeschakeld om te verwarmen. Gedurende fase II is een klein vermogen ingeschakeld om warm te houden. Het omschakelen van fase I naar fase II gebeurt door een (temperatuurstuurde) schakelaar S.

- 3p **23** Voer de volgende opdrachten uit:

- Leg met behulp van de stroomsterkte uit of voor een groot elektrisch vermogen een grote of kleine totale weerstand nodig is.
- Geef aan of de schakelaar tijdens fase I open of gesloten moet zijn.

De ketel van deze percolator is gemaakt van enkelwandig massief roestvrij staal. De fabrikant levert ook een percolator met een dubbele wand van roestvrij staal. De holle ruimte tussen de binnenwand en de buitenwand is vacuüm gemaakt.

- 1p **24** Geef aan welke vorm van warmtetransport naar de buitenlucht wel volledig wordt tegengehouden door een holle wand met vacuüm, maar niet door een massieve wand van roestvrij staal.

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.