# Examen HAVO

# 2017

tijdvak 1
maandag 22 mei
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 28 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 76 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-17-1-o

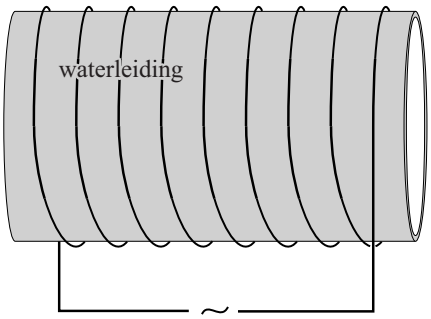
natuurkundeuitgelegd.nl

## Elektrische doorstroomverwarmer

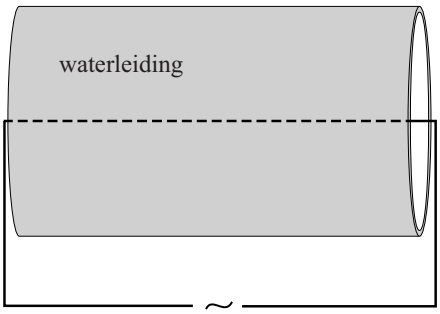
Een elektrische doorstroomverwarmer is een apparaatje dat in de koudwaterleiding gemonteerd wordt om koud water op te warmen.

In een oud type doorstroomverwarmer is een weerstandsdraad om de waterleiding gewikkeld. Zie figuur 1.
De weerstandsdraad dient als verwarmingselement.
In nieuwe types loopt de weerstandsdraad door de waterleiding heen en wordt direct omspoeld door het leidingwater. Zie figuur 2.

**figuur 1**




**figuur 2**




Het nieuwe type doorstroomverwarmer (figuur 2) heeft een hoger rendement dan het oudere type (figuur 1).

1p **1** Geef hiervoor een natuurkundige reden.



natuurkundeuitgelegd.nl

Om de juiste elektrische doorstroomverwarmer te kiezen wordt de volgende vuistregel gebruikt:

$$P = 70 \cdot \text{debiet} \cdot \Delta T$$

Het debiet is het aantal liter water dat per minuut door de doorstroomverwarmer wordt verwarmd.

In een folder van een bepaald type doorstroomverwarmer staan de volgende technische gegevens:

| **Technische gegevens** | |
|---|---|
| spanning | 230 V |
| maximaal vermogen | 5000 W |
| maximaal debiet | 2,9 L/min |

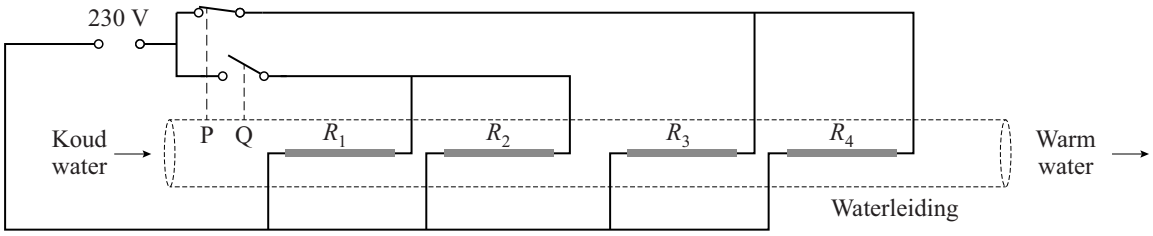
2p **2** Bereken met behulp van de vuistregel de (minimale) temperatuurstijging van het water bij gebruik van dit type doorstroomverwarmer bij maximaal vermogen.

Deze doorstroomverwarmer moet aangesloten worden op een zekering. Er kan gekozen worden uit zekeringen van 16 A, 20 A, 25 A of 40 A.

3p **3** Leg met behulp van de technische gegevens uit welke zekering hiervoor het meest geschikt is en waarom de andere zekeringen niet geschikt zijn.

In de doorstroomverwarmer wordt het vermogen automatisch aangepast aan de waterbehoefte. In de geïsoleerde kunststof waterleiding zijn hiervoor vier identieke weerstandsdraden $R_1$ tot en met $R_4$ als verwarmingselementen gemonteerd. Zie figuur 3.

**figuur 3**




Bij weinig watergebruik is alleen schakelaar P gesloten. Als de vraag naar water groter is, zijn beide schakelaars P en Q gesloten.
Over deze schakeling staan op de uitwerkbijlage drie zinnen.

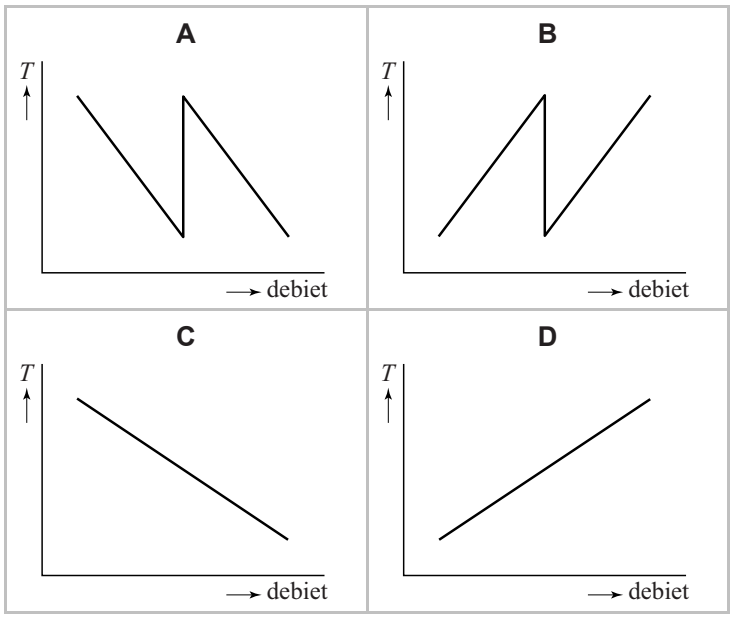
2p **4** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.



natuurkundeuitgelegd.nl

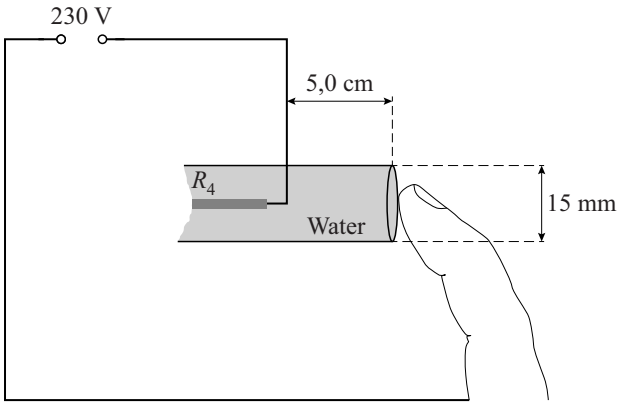
De temperatuur van het uitstromende water zal veranderen als het debiet verandert.

1p **5** Welke grafiek geeft bij benadering het verloop van de temperatuur weer als het debiet verandert?




De weerstandsdraden bevinden zich ongeïsoleerd in het water.
Dat lijkt gevaarlijk. De kortst mogelijke afstand tussen een weerstandsdraad en de uitstroomopening met het aan te raken water is $5{,}0$ cm. De diameter van de waterkolom in de leiding is $15$ mm. Zie schematisch in figuur 3 en uitvergroot in figuur 4. Het water heeft een soortelijke weerstand van $1{,}3 \cdot 10^5$ Ωm.
De weerstand van de vinger wordt verwaarloosd.

**figuur 4**




4p **6** Bereken de maximale stroomsterkte die door deze waterkolom gaat lopen.
Aanwijzing: bereken hiervoor eerst de weerstand van deze waterkolom.



natuurkundeuitgelegd.nl

In Petten staat een kerncentrale waar isotopen voor medische toepassingen worden geproduceerd. Eén van de belangrijkste producten is molybdeen-99 (Mo-99).

Mo-99 wordt geproduceerd door een neutron in de kern van een andere isotoop te schieten. Op de uitwerkbijlage staat de reactie hiervan deels weergegeven.

3p **7** Maak de vergelijking van deze reactie op de uitwerkbijlage compleet.

Mo-99 wordt naar ziekenhuizen getransporteerd. Ondertussen vervalt een deel tot technetium-99m (Tc-99m), dat gebruikt wordt voor medische behandelingen. Iedere keer als men Tc-99m nodig heeft voor een behandeling, wordt dit afgescheiden van het molybdeen.
In ziekenhuizen wordt wekelijks een nieuwe voorraad Mo-99 aangevoerd.

1p **8** Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Mo-99 is er na een week nog over?

**A** minder dan 25%
**B** tussen 25% en 50%
**C** tussen 50% en 75%
**D** meer dan 75%

Tc-99m is metastabiel. Dit betekent dat de protonen en neutronen in de kern van een Tc-99m atoom zich kunnen herschikken tot een toestand met een lagere energie. Bij het verval van Tc-99m naar Tc-99 komt een foton vrij met een energie van 0,141 MeV.

4p **9** Bereken de golflengte van dit foton.

Door deze fotonen is Tc-99m geschikt als tracer.
Een voorwaarde voor een radioactieve tracer is dat de totale dosis voor de patiënt zo laag mogelijk blijft. Een arts kan voor een behandeling kiezen uit tracers met verschillende halveringstijden.
In de figuur op de uitwerkbijlage staat het verval in de eerste 12 uur voor Tc-99m. In de figuur is ook het verval voor twee tracers met andere halveringstijden weergegeven.
Voor een bepaalde diagnose is 3,0 uur na het toedienen van de radioactieve tracer ($N = 1{,}0 \cdot 10^{12}$ op $t = 0$ uur) een activiteit nodig van minimaal $2{,}0 \cdot 10^{7}$ Bq.

4p **10** Voer de volgende opdrachten uit:

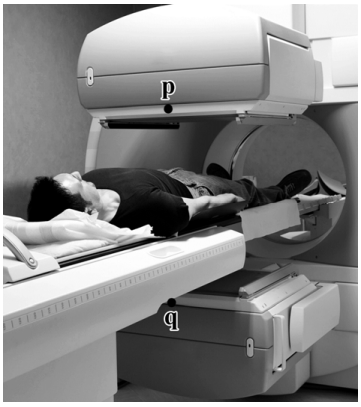
– Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of Tc-99m aan deze eis voldoet.
– Leg met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage uit waarom er meer tracer toegediend moet worden bij stoffen met halveringstijden van 60 uur en 0,6 uur om tot dezelfde activiteit te komen 3,0 uur na het toedienen.



natuurkundeuitgelegd.nl

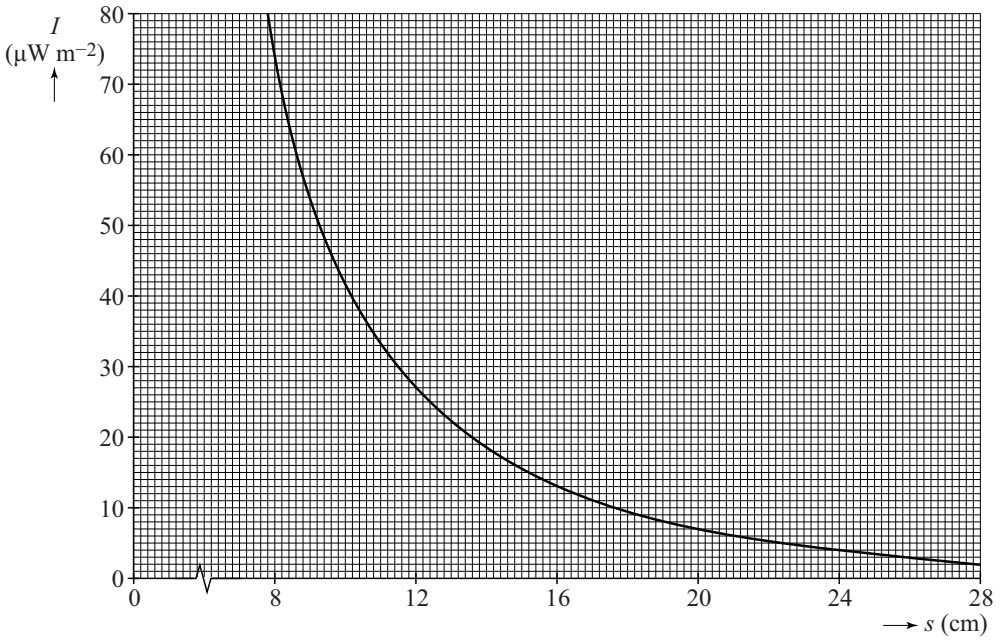
De plaats van de tracer kan worden bepaald door twee fotondetectoren p en q rond de patiënt te plaatsen, zie figuur 1. Deze detectoren meten de intensiteit van de uitgezonden straling.

**figuur 1**




De detector meet een lagere intensiteit $I$ van de straling als de afstand tot de tracer groter is. Het verband tussen de intensiteit van de straling en de afstand die deze straling heeft afgelegd in menselijk weefsel is weergegeven in figuur 2.

**figuur 2**



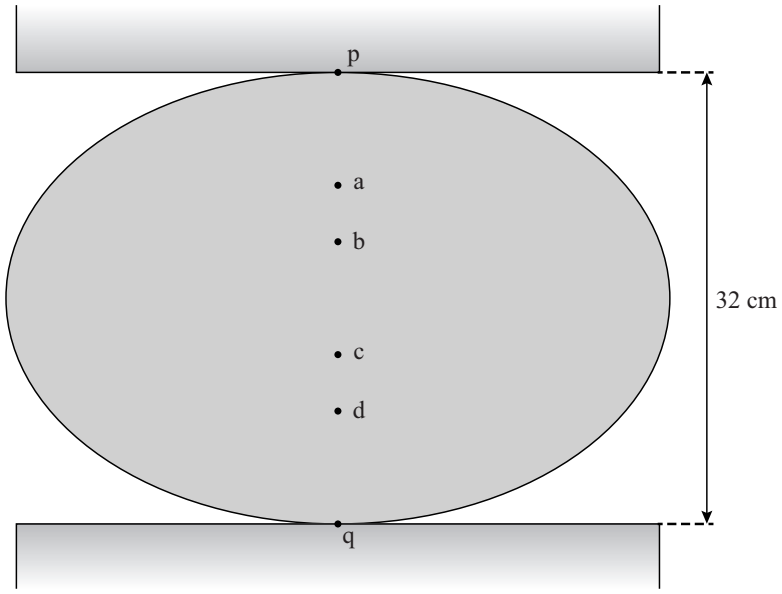

1p **11** Geef een reden voor het afnemen van de intensiteit $I$ als de afstand tot de tracer toeneemt.



natuurkundeuitgelegd.nl

Tijdens een meting worden detectoren p en q tegen de patiënt geschoven. De afstand tussen p en q is dan 32 cm. In figuur 3 is dit schematisch en op schaal weergegeven. In de tekening komt 1 cm overeen met 5 cm in werkelijkheid.

**figuur 3**




De intensiteit $I$ die detector p meet, is 4 keer zo groot als de intensiteit $I$ die detector q meet.
Figuren 2 en 3 staan ook op de uitwerkbijlage.

3p **12** Beredeneer met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage of de tracer zich in a, b, c of d bevindt.



natuurkundeuitgelegd.nl

## Road-train

Een ‘road-train’ is een lange combinatie die bestaat uit een vrachtwagen met meerdere aanhangers, zie figuur 1.

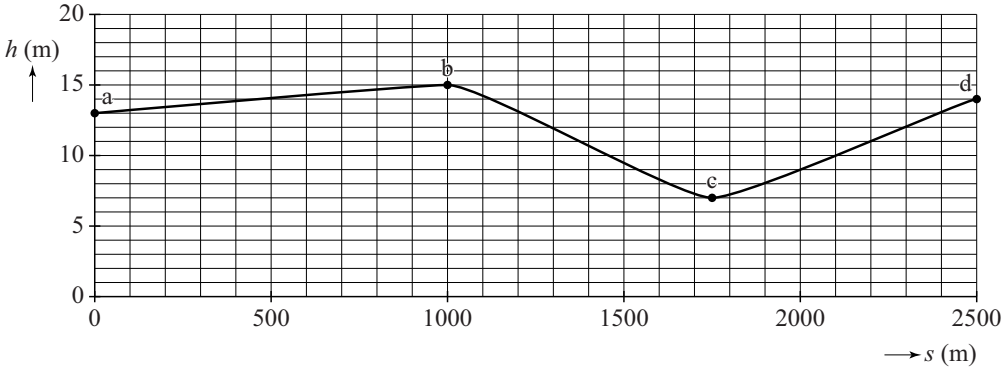
**figuur 1**

Road-trains worden vooral veel gebruikt voor de lange reisafstanden in Australië. De maximale snelheid voor een road-train is $90\ \mathrm{km\,h^{-1}}$. Op de uitwerkbijlage is een kaart van een deel van Australië gegeven met mogelijke routes voor road-trains.

3p **13** Bepaal met behulp van de kaart op de uitwerkbijlage hoeveel uur een reis van Port Augusta naar Port Lincoln minstens zal duren.

Een deel van de route gaat over een licht glooiende weg. De hele weg wordt met een constante snelheid van $90\ \mathrm{km\,h^{-1}}$ afgelegd.
In figuur 2 staat de hoogte van deze weg als functie van de afgelegde afstand uitgezet.

**figuur 2**




In deze figuur zijn drie trajecten ab, bc en cd aangegeven. De motor van een road-train met een massa van $160$ ton moet op traject ab meer vermogen leveren dan op een horizontale weg.

4p **14** Bereken hoeveel extra vermogen de motor van deze road-train op traject ab moet leveren.

Op de uitwerkbijlage staan drie beweringen over deze drie trajecten van de route van de road-train.

2p **15** Geef op de uitwerkbijlage van elke bewering aan of die juist of onjuist is.



natuurkundeuitgelegd.nl

Road-trains zijn veel zwaarder dan normale vrachtwagens. In het verkeer kan dit een groter risico opleveren.
De Australische regering heeft daarom een onderzoek laten uitvoeren naar verschillen in rijeigenschappen tussen een road-train en een gewone vrachtwagen op een vlakke weg. In een bepaalde test werden na de eerste $100\ \text{m}$ van een traject de tijd en de snelheid gemeten. De beginsnelheid was $0\ \text{m s}^{-1}$, de versnelling was constant.
In figuur 3 staat een tabel met de resultaten van dit onderzoek. Twee waarden ontbreken nog in deze tabel.

**figuur 3**

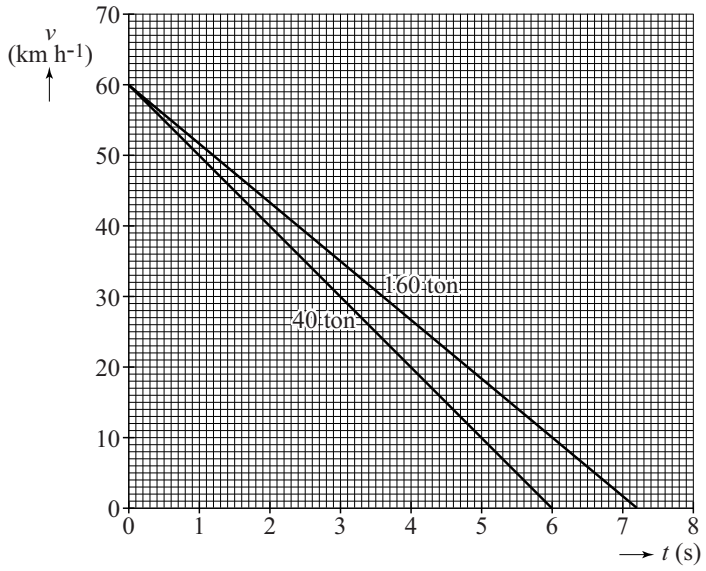
| | **massa (ton)** | **tijd (s)** | **snelheid ($\text{m s}^{-1}$)** | **kracht (kN)** | **kinetische energie (MJ)** |
|---|---|---|---|---|---|
| vrachtwagen | 40 | 19,2 | 10,4 | 22 | 2,2 |
| road-train | 160 | 28,2 | 7,09 | | |

Een onderzoeker beweerde:
1 De motor van de road-train van $160$ ton levert over deze $100\ \text{m}$ meer kracht dan de motor van de vrachtwagen van $40$ ton.
2 De road-train van $160$ ton heeft na $100\ \text{m}$ meer kinetische energie dan de vrachtwagen van $40$ ton.

4p **16** Geef op de uitwerkbijlage aan of deze beweringen juist of onjuist zijn. Bereken hiervoor eerst de ontbrekende waarden voor de kracht en de kinetische energie van de road-train van $160$ ton.

In een andere test werd er met de twee voertuigen een noodstop gemaakt vanaf $60\ \text{km h}^{-1}$ tot stilstand.
In figuur 4 is het $(v,t)$-diagram hiervan weergegeven.

**figuur 4**



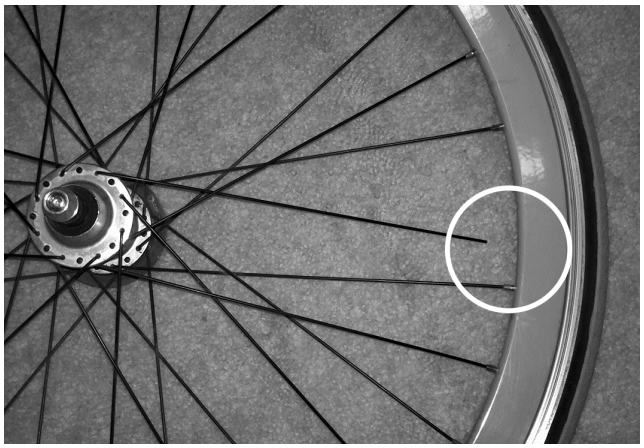

3p **17** Bepaal met behulp van figuur 4 het verschil in remweg tussen de twee voertuigen.



natuurkundeuitgelegd.nl

Soms kan een spaak in een fietswiel plotseling breken, zie figuur 1. In een onderzoek naar de oorzaak hiervan, worden roestvrijstalen spaken in een fietswiel gemonteerd. Als een spaak in het fietswiel wordt gemonteerd, wordt de spaak ook gespannen. Dit wordt voorspannen genoemd.
In dit onderzoek krijgt een roestvrijstalen spaak een spanning van 190 MPa ($= 190 \cdot 10^6\ \mathrm{N\,m^{-2}}$). De doorsnede van de spaak is $2{,}63\ \mathrm{mm^2}$.

**figuur 1**



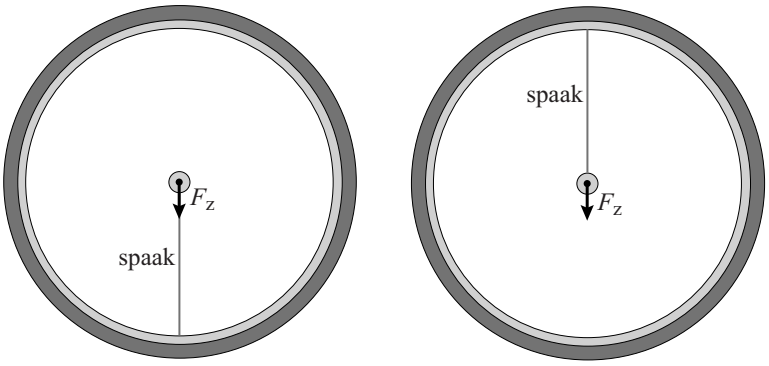
3p **18** Bereken de spankracht in de voorgespannen spaak.

2p **19** Bereken de (relatieve) rek van de voorgespannen spaak.

Een spaak kan breken bij een spanning die kleiner is dan de treksterkte van het metaal. De breuk wordt dan veroorzaakt doordat het metaal is verzwakt door het afwisselend afnemen en toenemen van de spanning. Dit verschijnsel wordt metaalmoeheid genoemd.

In figuur 2 is schematisch getekend hoe metaalmoeheid kan optreden in de spaak van een fietswiel. Door de zwaartekracht $F_z$ op de fiets en de fietser wordt de spaak afwisselend ingeduwd (links) en uitgerekt (rechts).

**figuur 2**

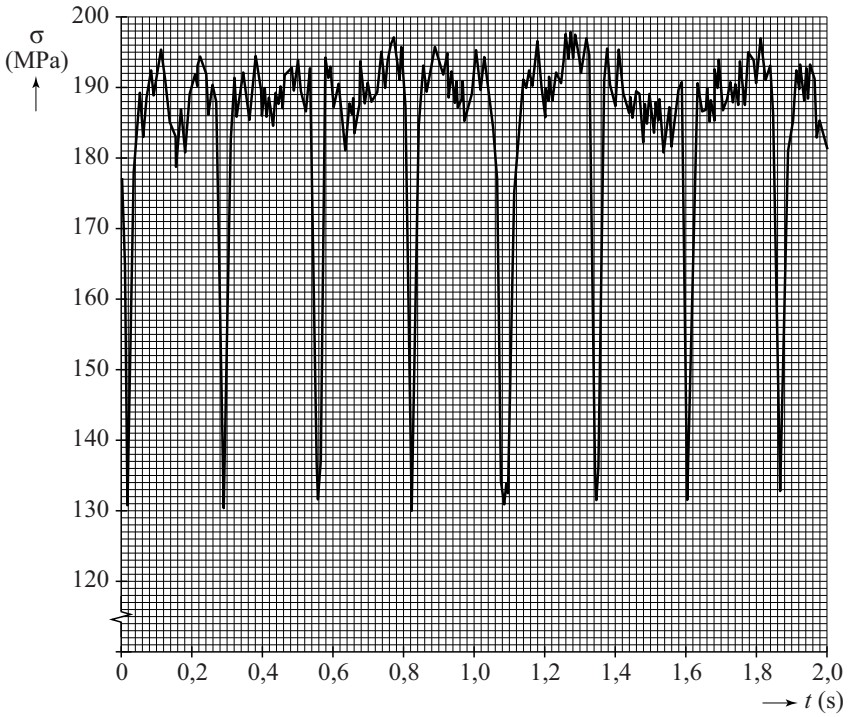





natuurkundeuitgelegd.nl

In het onderzoek is de spanning in de spaak gemeten tijdens het fietsen. In figuur 3 zijn de meetresultaten weergegeven.

**figuur 3**




Figuur 3 is ook op de uitwerkbijlage weergegeven.

2p **20** Bepaal met behulp van figuur 3 de frequentie in 3 significante cijfers waarmee de spanning tijdens het fietsen wisselt.



natuurkundeuitgelegd.nl

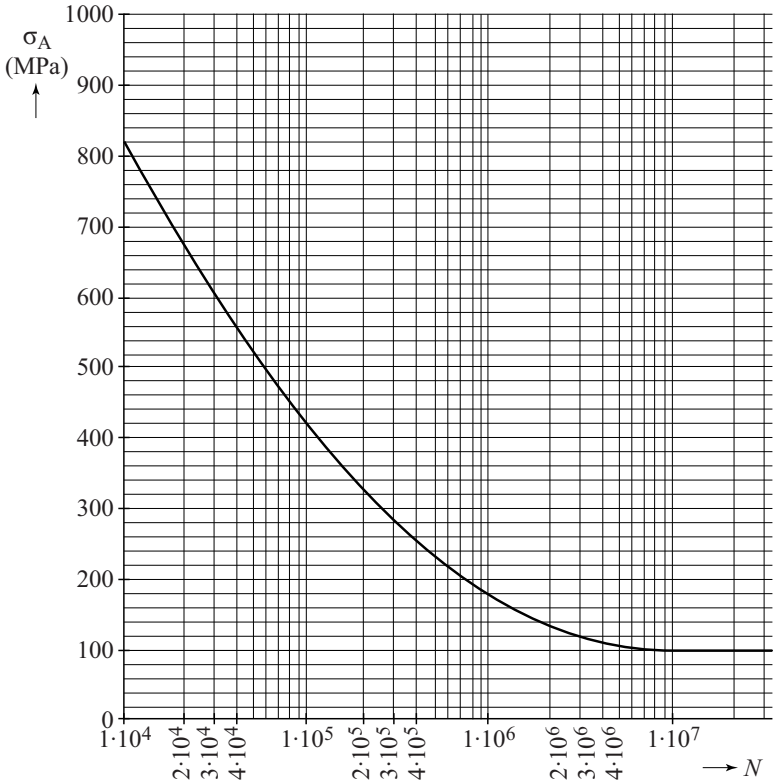
Bij metaalmoeheid hangt de levensduur van een spaak af van de spanningsamplitude.

Voor de spanningsamplitude geldt: $\sigma_A = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$.

De levensduur $N$ is het aantal wielomwentelingen dat de spaak kan ondergaan tot hij breekt.

In figuur 4 is het ($\sigma_A$,$N$)-diagram van de spaak in dit onderzoek gegeven. De horizontale as heeft een niet-lineaire schaalverdeling.

**figuur 4**




Figuur 4 staat ook op de uitwerkbijlage.

4p **21** Beantwoord de volgende vragen:
- Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de spanningsamplitude van de spaak.
- Leg hiermee uit of deze spaak $1{\cdot}10^7$ wielomwentelingen kan halen.

Vervolgens wordt de spaak strakker aangespannen. De voorspanning en de spanningsamplitude worden hierdoor verhoogd. De spanningsamplitude $\sigma_A$ wordt nu $120$ MPa.

De diameter van het gebruikte wiel is $70$ cm.

3p **22** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage na hoeveel kilometer de spaak zal breken.



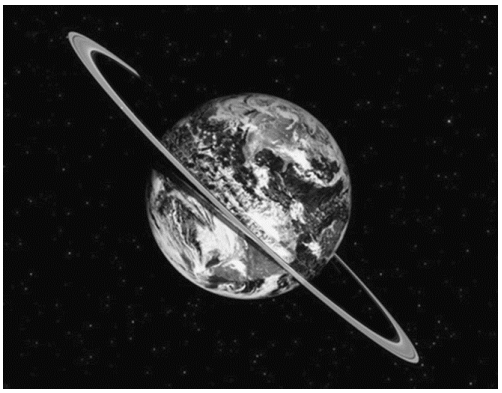
natuurkundeuitgelegd.nl

## Naaldjes rond de aarde

In de tijd van de Koude Oorlog droomde het Amerikaanse leger van communicatiesatellieten in de ruimte.

Men kwam op het idee om een kunstmatige ring van kleine koperen naaldjes rond de aarde te maken. Via die naaldjes kon er dan met radiosignalen over grote afstanden gecommuniceerd worden.

**figuur 1**



Op 9 mei 1963 werden $480 \cdot 10^6$ kleine koperen naaldjes in een ring om de aarde gebracht. Figuur 1 geeft een artist's impression van deze ring om de aarde.

Elk cilindervormig naaldje was $1{,}8$ cm lang en had een massa van $40$ µg.

De diameter van een mensenhaar is $50$ µm.

3p **23** Laat met een berekening zien of zo'n naaldje dunner is dan een mensenhaar.

De lengte van een naaldje was gelijk aan de helft van de golflengte van de microgolfstraling die voor de communicatie werd gebruikt.

3p **24** Bereken de frequentie van deze straling.

Als een naaldje door deze straling werd geraakt, ging het als een antenne werken. Het naaldje zond dan deze straling weer uit.

Het lukte om signalen met $2{,}0 \cdot 10^4$ bits per seconde te verzenden via de naaldjes in de ruimte. Een digitale foto van nu is $5$ megabyte (MB). In het dataverkeer is $1$ byte gelijk aan $8$ bits.

2p **25** Bereken hoeveel uur het zou duren om een foto van $5$ MB via de naaldjes te verzenden.

**Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.**



natuurkundeuitgelegd.nl

De naaldjes bewogen op $3{,}70 \cdot 10^3$ km boven de evenaar in een cirkelbaan rond de aarde. Voor de snelheid van een naaldje geldt:

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

Hierin is:
- $G$ de gravitatieconstante;
- $M$ de massa van de aarde;
- $r$ de straal van de cirkelbaan.

Er waren veel naaldjes nodig om gedurende langere tijd signalen te kunnen versturen. Een enkel naaldje was maar kort binnen bereik van de zender op aarde. Dit was omdat de omlooptijd van een naaldje om de aarde korter was dan de tijd $T_{\text{aarde}}$ die de aarde nodig heeft voor een rotatie om haar eigen as.

4p **26** Bereken de omlooptijd van een naaldje.

De baanstraal en de snelheid van een naaldje werden constant beschouwd.

2p **27** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

De ring van naaldjes bleef uiteindelijk niet intact.
Inmiddels zijn bijna alle $480 \cdot 10^6$ naaldjes gelijkmatig verdeeld weer op de aarde terechtgekomen op een strook die $20\%$ van het aardoppervlak in beslag neemt. De NASA was van plan om enkele naaldjes te gaan zoeken om te bestuderen wat het effect van een verblijf in de ruimte geweest is. Om de haalbaarheid van deze zoektocht te beoordelen was het voor de NASA belangrijk in te schatten hoeveel naaldjes er per $\text{km}^2$ te vinden zouden zijn.

3p **28** Bereken hoeveel naaldjes er gemiddeld per $\text{km}^2$ terechtgekomen zijn.

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