

Examen HAVO

**2022**

tijdvak 3  
woensdag 6 juli  
13.30 - 16.30 uur

**natuurkunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

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.

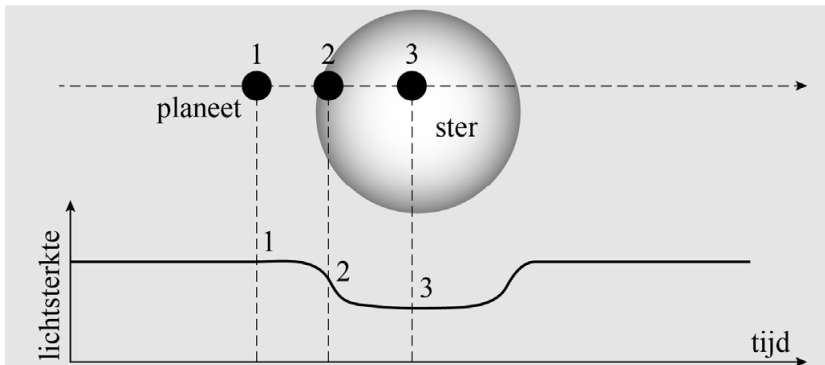
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

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.

## Superaarde?

Astronomen zijn voortdurend op zoek naar planeten bij andere sterren dan de zon. Deze zogenaamde exoplaneten zijn niet zichtbaar met een telescoop. Ze kunnen ontdekt worden door een tijd lang de lichtsterkte van een ster te meten. Als deze lichtsterkte niet constant is, dan kan dat veroorzaakt worden door een exoplaneet die voor de ster langs beweegt en daarbij het licht van de ster gedeeltelijk tegenhoudt. Zie figuur 1. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 1



Zo is bij de ster met de naam GJ1214 een exoplaneet ontdekt die de naam GJ1214b heeft gekregen. Er zijn veel verschillende soorten exoplaneten. Astronomen proberen exoplaneten te ordenen op basis van een aantal kenmerken. Zo kan ingeschat worden of een exoplaneet op de aarde lijkt en of er misschien leven mogelijk is. In figuur 2 staan enkele gegevens van exoplaneet GJ1214b.

figuur 2

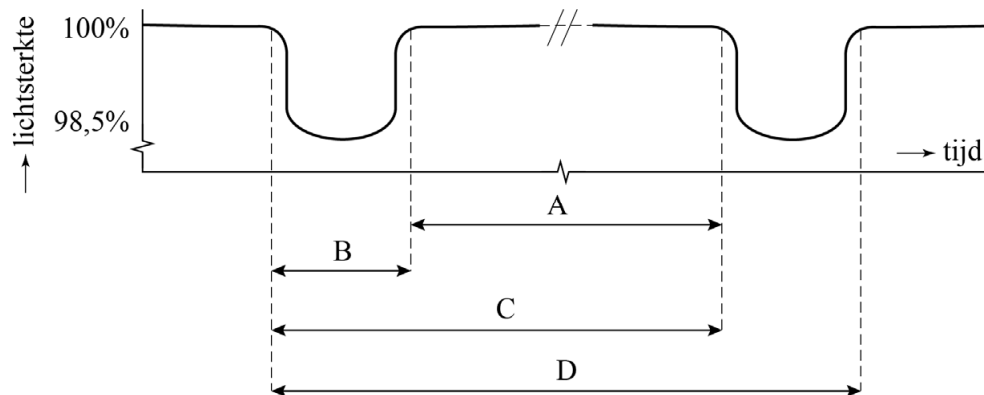
Exoplaneet GJ1214b	
massa	$6,50 \cdot M_{\text{aarde}}$
straal	$2,76 \cdot r_{\text{aarde}}$
omlooptijd rond ster	37,92 uur

De temperatuur aan het oppervlak van de ster is te bepalen door te meten aan het uitgezonden licht van de ster. Uit deze metingen blijkt dat de golflengte met de grootste intensiteit ( $\lambda_{\text{max}}$ ) ligt tussen  $9,2 \cdot 10^{-7}$  m en  $9,9 \cdot 10^{-7}$  m.

- 3p 1 Bereken de hoogste temperatuur die het oppervlak van ster GJ1214 kan hebben volgens deze metingen.

Door het deels afdekken van het zichtbare oppervlak van de ster neemt de waargenomen lichtsterkte af. In figuur 3 is de gemeten lichtsterkte van de ster uitgezet tegen de tijd. Met behulp van deze figuur is de omlooptijd van de exoplaneet rond de ster te bepalen. In de figuur staan vier pijlen.

**figuur 3**



- 1p 2 Welke pijl komt overeen met de omlooptijd van de planeet om de ster?
- A pijl A
  - B pijl B
  - C pijl C
  - D pijl D

De oppervlakte van het cirkelvormige aanzicht van de ster is  $6,487 \cdot 10^{16} \text{ m}^2$ . Uit de diepte van het dal in de lichtsterkte-metingen blijkt dat 1,50% hiervan is afgedekt door het cirkelvormige aanzicht van de planeet. Hiermee konden astronomen berekenen dat de straal van deze planeet 2,76 keer zo groot is als de straal van de aarde ( $r_{\text{aarde}} = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m}$ ).

- 3p 3 Toon dit met een berekening aan.

Om een exoplaneet te kunnen vergelijken met de aarde wordt onder andere de valversnelling  $g$  aan het oppervlak van die planeet bepaald. Deze valversnelling hangt af van de massa ( $M$ ) en de straal ( $r$ ) van de planeet.

- 4p 4 Voer de volgende opdrachten uit:

- Leid af dat geldt:  $g = \frac{GM}{r^2}$
- Bereken de grootte van  $g$  voor de planeet GJ1214b. Geef je antwoord in drie significante cijfers.

Astronomen zijn op zoek naar exoplaneten die lijken op de rotsachtige aarde. Als de massa en de straal van de planeet GJ1214b bekend zijn, kan de dichtheid van die planeet worden berekend en vergeleken met die van de aarde.

1p **5** Hoe groot is de dichtheid van planeet GJ1214b vergeleken met die van de aarde? Gebruik figuur 2.

**A**  $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

**B**  $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50^2}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

**C**  $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50^3}{2,76}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

**D**  $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76^2}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

**E**  $\rho_{\text{GJ1214b}} = \left(\frac{6,50}{2,76^3}\right) \cdot \rho_{\text{aarde}}$

Astronomen proberen exoplaneten in te delen op basis van hun kenmerken. Uit de bepaling van de dichtheid volgde dat planeet GJ1214b een rotsachtige samenstelling heeft. Een rotsachtige planeet krijgt de indeling ‘superaarde’ als de massa groter is dan de massa van de aarde, maar kleiner dan de massa van de planeet Uranus.

3p **6** Leg met behulp van een berekening, figuur 2 en het informatieboek uit of planeet GJ1214b een superaarde is.

# Concertharp

Een concertharp is een snaarinstrument. Zie figuur 1. Na aanslaan van een snaar ontstaan er golven in de snaar en in de lucht.

- 2p 7 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elk van deze golven met een kruisje aan of deze voornamelijk transversaal of voornamelijk longitudinaal zijn.

Een snaar wordt aangeslagen. De lengte van deze snaar is 37,9 cm. De snaar produceert een staande golf met een grondtoon van 440 Hz.

- 3p 8 Bereken de golfsnelheid in de snaar.

Bijzonder aan een concertharp is het grote aantal snaren. Zie figuur 1. Iedere snaar kan trillen met een grondtoon en (een veelvoud aan) boventonen. Op de uitwerkbijlage is een snaar getekend.

- 2p 9 Geef met letters langs de snaar het patroon van knopen (K) en buiken (B) aan als deze snaar trilt in de tweede boventoon.

figuur 1

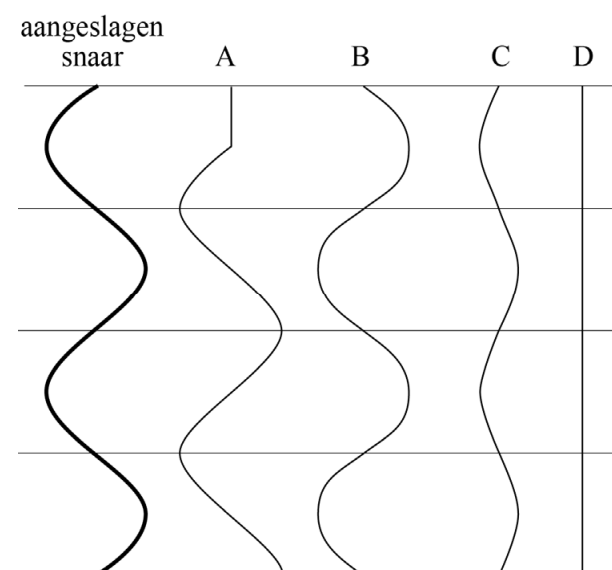


Als bij een concertharp een snaar wordt aangeslagen ontstaan staande golven. In figuur 2 is een aangeslagen snaar getekend in de uiterste stand.

- 1p 10 Welk patroon toont de stand van de snaar een kwart trillingstijd later?

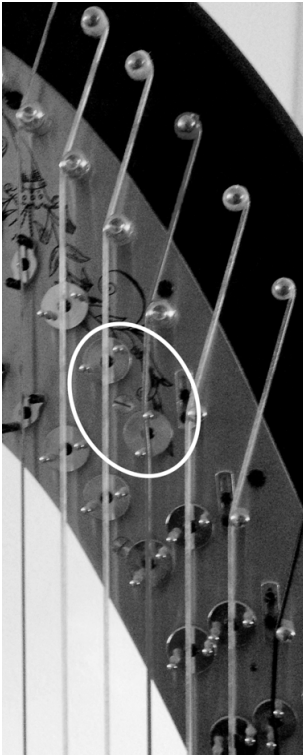
- A patroon A
- B patroon B
- C patroon C
- D patroon D

figuur 2

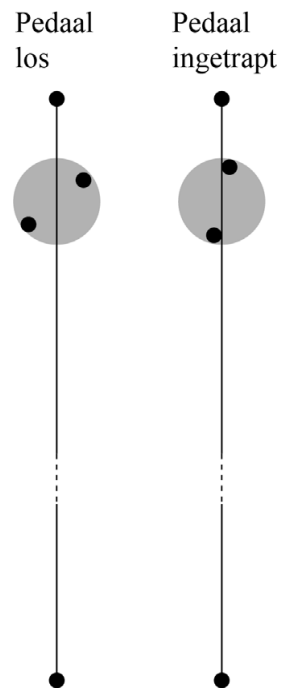


Een concerttharp heeft pedalen. Door het intrappen van een pedaal verdraait een wielje en worden er twee pinnen tegen de snaar gedrukt. Zie figuur 3 en schematisch in figuur 4.

**figuur 3**



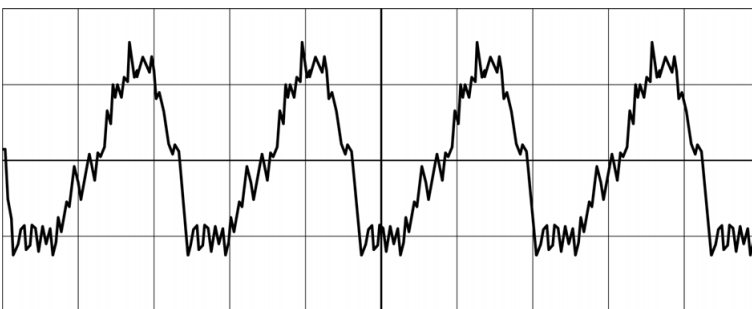
**figuur 4**



- 2p 11 De golfsnelheid in de snaar wordt als constant beschouwd.  
 Leg uit of de grondtoon door het intrappen van het pedaal lager of hoger gaat klinken.

Er wordt een andere snaar aangeslagen. Van de trilling is een oscillogram gemaakt. Zie figuur 5. De tijd is ingesteld op 2,0 ms per hokje.

**figuur 5**



- 4p 12 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bepaal de frequentie van de grondtoon van deze trilling. Geef je antwoord in twee significante cijfers.
  - Leg met behulp van het oscillogram uit of het geluid van deze snaar ook boventonen bevat.

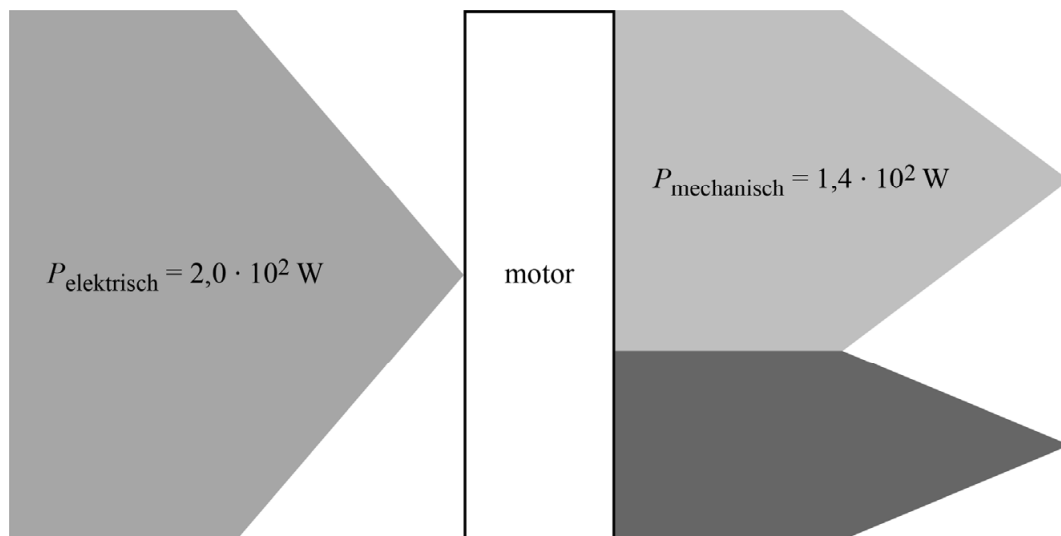
## Wielrennen met een motor

Tijdens wielrenwedstrijden is hulp van een motor verboden. Tijdens een wedstrijd kan zo'n motor voor tijdwinst zorgen. In 2016 werd voor het eerst een racefiets ontdekt met een verboden motor in het frame.

De motor werkt op elektrische energie. Een deel van deze energie wordt door de motor gebruikt om arbeid te verrichten.

In figuur 1 is in een diagram weergegeven wat de motor aan elektrisch vermogen ( $P_{\text{elektrisch}}$ ) krijgt en aan arbeid per seconde (mechanisch vermogen  $P_{\text{mechanisch}}$ ) verricht. Deze figuur is niet op schaal.

**figuur 1**



Een bij wielrenners bekende heuvel is de Cauberg. Deze heuvel heeft een hoogteverschil van 64 m.

Een wielrenner van 80 kg levert zelf een vermogen van  $4,0 \cdot 10^2 \text{ W}$  tijdens de beklimming van de Cauberg. De motor levert continu een extra mechanisch vermogen van  $1,4 \cdot 10^2 \text{ W}$ . Zie figuur 1. Alle wrijving wordt verwaarloosd.

- 4p 13 Bereken de tijdwinst die de motor op deze klim oplevert. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

De motor heeft een elektrisch vermogen van  $2,0 \cdot 10^2$  W. Zie figuur 1.  
De motor krijgt zijn energie van een accu. De accu is onzichtbaar ingebouwd in de fiets. In de tabel in figuur 2 zijn twee eigenschappen van verschillende types accu met elkaar vergeleken.

**figuur 2**

type accu	energiedichtheid accu (Wh kg <sup>-1</sup> )	maximaal vermogen per kilogram accu (W kg <sup>-1</sup> )
NiCd	48	200
Li-ion	220	400

Voor de racefiets is een Li-ion-accu gebruikt. Tot voor kort werd in apparaten vooral gebruikgemaakt van NiCd-accu's. Met NiCd konden geen bruikbare accu's worden gemaakt voor racefietsen. In de fiets kan een accu verborgen worden van maximaal 0,80 kg. Een zwaardere (en grotere) accu zou opgemerkt worden.

2p **14** Leg uit welke van de twee eigenschappen uit de tabel NiCd zeker onbruikbaar maakt voor deze racefiets.

Er is een Li-ion-accu gebruikt met een massa van 0,80 kg.

3p **15** Bereken met behulp van de energiedichtheid de tijd dat de accu de motor van energie kan voorzien.

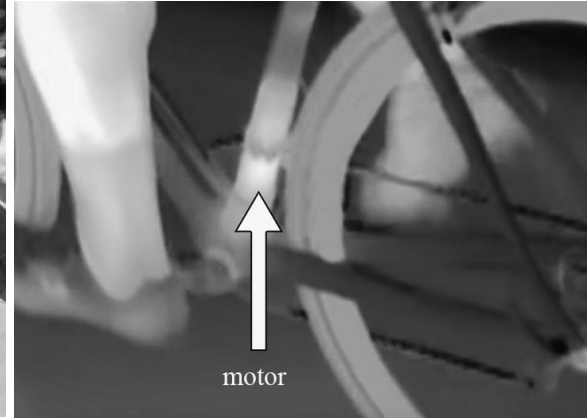


De motor en de accu zijn verstopt in een buis van de fiets. Zo'n motor kan tijdens het fietsen worden opgespoord omdat hij warmte afgeeft. Met een speciale camera worden de fietsen gefotografeerd. Zie figuur 3. De camera laat met verschillende kleuren verschillen in temperatuur op de foto zien. De warme buis rond de motor komt licht op de foto. Zie figuur 4.

**figuur 3**



**figuur 4**



De camera kan het temperatuurverschil zichtbaar maken als het deel van de buis om de motor meer dan  $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  warmer is dan de rest van de buis. Zie figuur 4. De motor moet dan wel lang genoeg hebben aangestaan. De buis is van aluminium en heeft rondom de motor een volume van  $48\text{ cm}^3$ . De motor heeft een elektrisch vermogen van  $2,0 \cdot 10^2\text{ W}$  en een mechanisch vermogen van  $1,4 \cdot 10^2\text{ W}$ . Zie figuur 1.

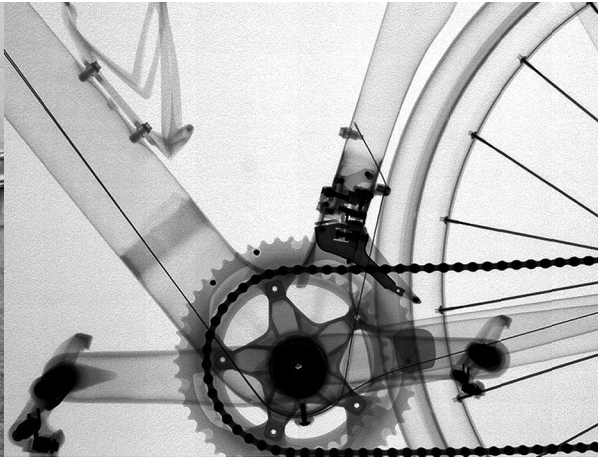
- 5p **16** Bereken de tijd die de motor minimaal moet aanstaan om hem te kunnen detecteren. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- 1p **17** Welke soort elektromagnetische straling zorgt ervoor dat de motor gedetecteerd kan worden door de camera?
- A infrarode straling
  - B zichtbaar licht
  - C ultraviolette straling
  - D röntgenstraling
  - E gammastraling

Een motor in het frame kan ook voor of na de wedstrijd zichtbaar gemaakt worden door een röntgenfoto van de fiets te maken met een röntgenscanner die in een aanhanger ingebouwd is. Zie figuren 5 en 6.

**figuur 5**



**figuur 6**



De röntgenscanner wordt gebruikt om de racefietsen op een wedstrijddag te scannen. Een medewerker ( $m = 85 \text{ kg}$ ) die in de aanhanger bij de scanner blijft staan, ontvangt gemiddeld  $0,72 \text{ J}$  aan röntgenstraling per wedstrijddag. Mensen die beroepshalve met straling werken, mogen jaarlijks over het lichaam een dosis van  $20 \text{ mGy}$  ontvangen.

Tijdens het scannen wordt het personeel aangeraden niet in de aanhanger met de scanner te blijven staan.

3p **18** Leg met behulp van een berekening uit dat dit een goed advies is.

In figuur 6 is te zien dat de foto lichter wordt als meer röntgenstraling de foto heeft bereikt. De ketting wordt donkerder afgebeeld dan de even dikke aluminium buizen van het frame.

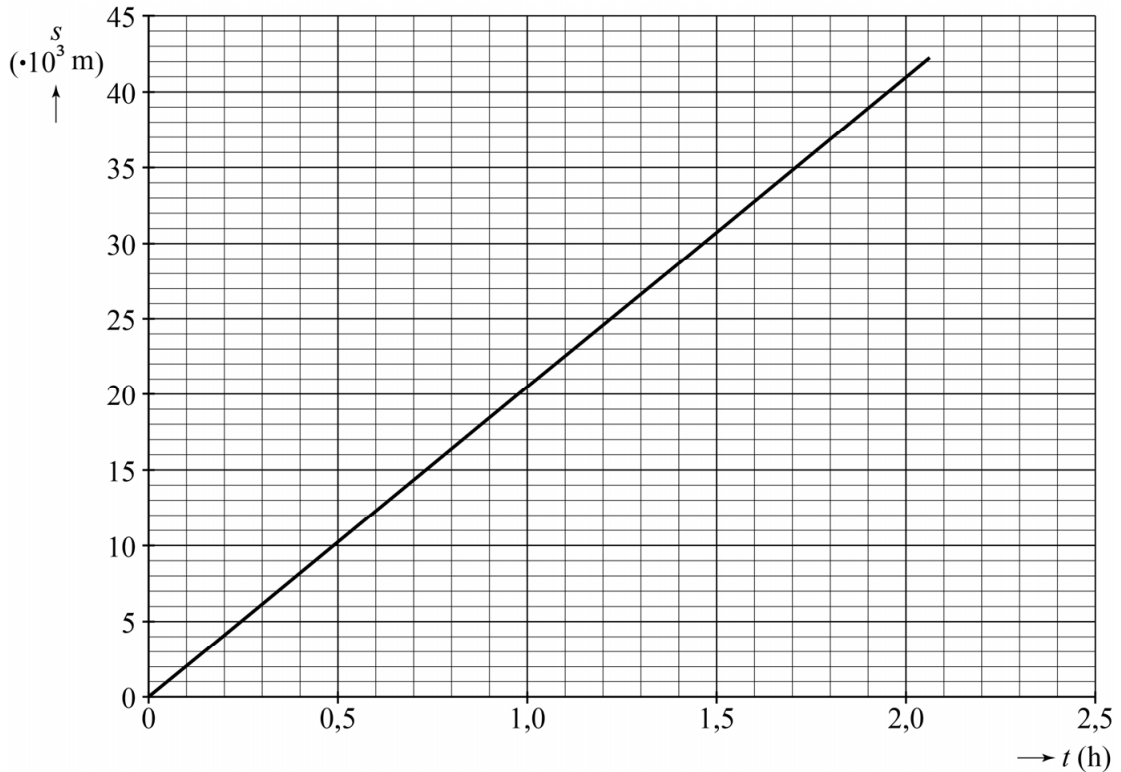
Een motor is gemaakt van metaal. De fiets in figuur 6 blijkt geen motor in het frame te hebben.

2p **19** Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

## Marathon onder de twee uur

Tijdens een marathon wordt een afstand van 42 km en 195 m in een zo kort mogelijke tijd gerend. In 2014 werd het wereldrecord gelopen in 2 uur, 2 minuten en 57 seconden. In figuur 1 staat het (vereenvoudigde)  $(s, t)$ -diagram dat hoort bij dit wereldrecord.

figuur 1



- 3p 20 Teken in de figuur op de uitwerkbijlage het  $(v, t)$ -diagram van het wereldrecord uit 2014. Licht je antwoord toe met een berekening.

Een looptijd van minder dan twee uur werd lang onmogelijk geacht. Atleten hebben in 2017 geprobeerd dat toch te halen door onder perfecte omstandigheden te lopen. In de voorbereiding werd het  $(s, t)$ -diagram van het wereldrecord uit 2014 als richtpunt gebruikt voor een nieuw loopschema voor deze recordpoging. Vóór de atleten zou een auto rijden om het tempo aan te geven volgens dat nieuwe schema. Zie figuur 2.

**figuur 2**

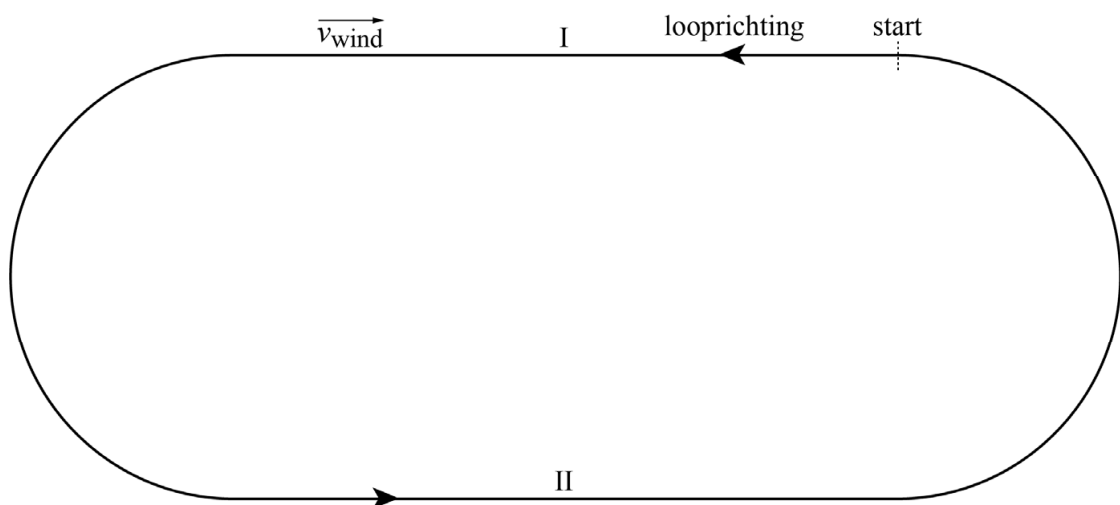


Op de uitwerkbijlage staan drie zinnen over het  $(v, t)$ -diagram voor de recordpoging onder de twee uur.

2p 21 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

In het nieuwe schema kon nog geen rekening gehouden worden met de wind. Met tegenwind loopt een atleet langzamer, met wind mee loopt hij harder. De race werd gelopen op een deel van het autoracecircuit van Monza. Dit deel van het circuit heeft twee lange rechte stukken I en II. Tijdens de recordpoging was er wind. Zie figuur 3.

**figuur 3**



Met deze wind loopt een atleet  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  langzamer dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk I en  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  sneller dan hij zou lopen zonder wind op het rechte stuk II.

Anke beweert: “Een constante wind heeft geen invloed op de looptijd van een hele ronde.”

Bert beweert: “Door de wind wordt de looptijd voor een hele ronde langer.”

2p 22 Beredeneer wie er gelijk heeft: Anke of Bert.

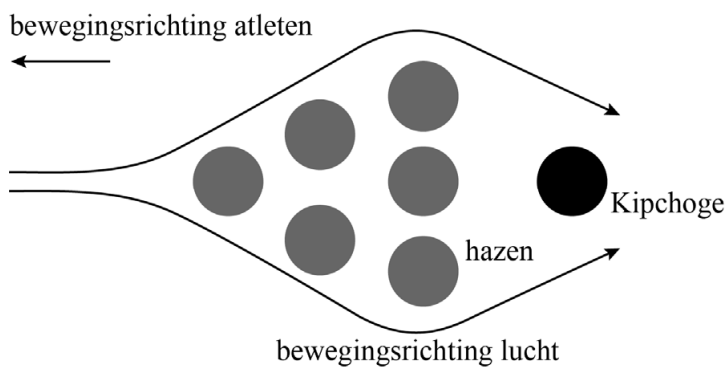
Een van de atleten was Eliud Kipchoge. Om het lopen voor Kipchoge makkelijker te maken, renden er extra lopers (de zogenaamde hazen) vlak voor hem. Zie figuur 4.

**figuur 4**



Er kan worden aangenomen dat dankzij de hazen een deel van de lucht om Kipchoge heen beweegt. Zie het bovenaanzicht in figuur 5.

**figuur 5**



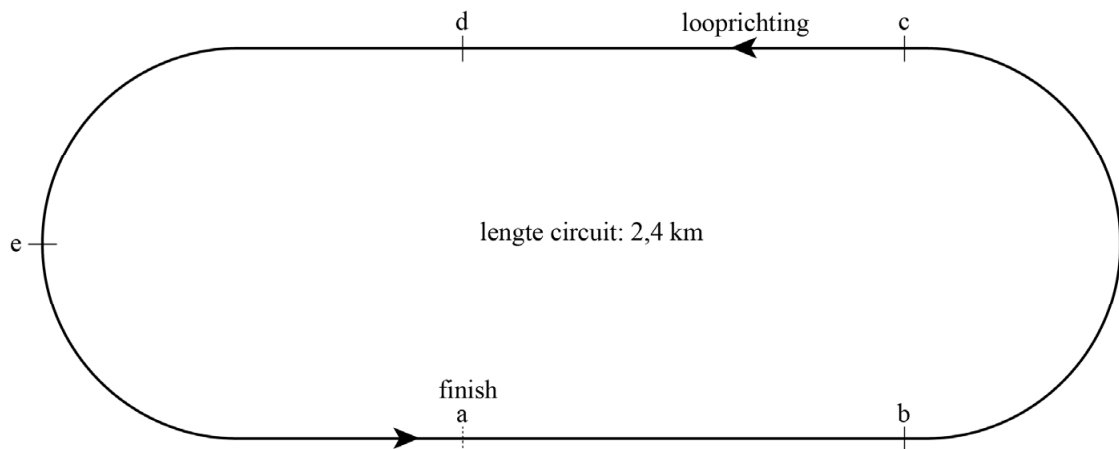
In de groep loopt de voorste haas met een groter vermogen  $P$  dan Kipchoge.

3p 23 Leg dat uit aan de hand van een formule voor het vermogen.

Helaas is de poging destijds niet gelukt: Kipchoge eindigde in een tijd van 2 uur en 25 seconde met een snelheid van  $5,84 \text{ m s}^{-1}$  in de laatste ronde. Het circuit is 2,4 km lang.

In figuur 6 is het circuit verdeeld in 5 gelijke segmenten: ab, bc, cd, de, ea.

**figuur 6**



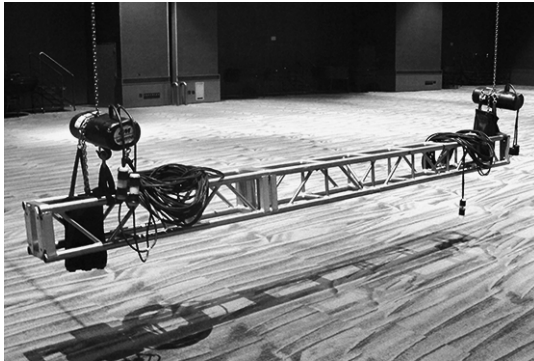
- 4p **24** Leg met een berekening uit in welk segment van het circuit Kipchoge zich bevond toen de klok precies op 2,00 h stond.



# Theaterverlichting

Theaterpodia worden verlicht met lampen. Deze lampen moeten voor iedere show anders worden opgehangen. Om dat veilig te doen, worden de lampen op de grond aan een balk bevestigd. Zie figuur 1. Deze balk wordt vervolgens met twee staalkabels opgehesen naar het plafond. Zie figuur 2.

figuur 1



figuur 2

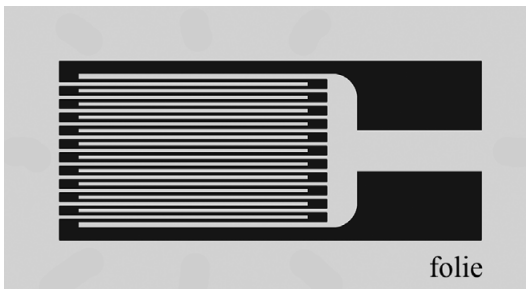


Op de uitwerkbijlage is schematisch en op schaal een balk met lampen getekend. De verdeling van de (niet-afgebeelde) lampen is niet gelijk; de ligging van het zwaartepunt  $Z$  van balk en lampen samen is weergegeven. De bevestiging van de linker kabel wordt als draaipunt  $D$  beschouwd. De totale massa is 230 kg.

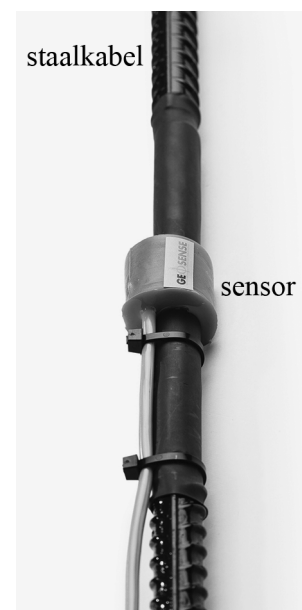
- 4p 25 Bepaal met behulp van de hefboomwet de spankracht in kabel II. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Als de staalkabels te zwaar belast worden, kunnen ze vervormen en breken. Om de vervorming van een staalkabel te meten kan er een sensor op bevestigd worden. Zie figuur 3. In deze sensor zit een rekstrook. Dit is een lange draad die zigzag op een flexibel folie is bevestigd. Zie figuur 4.

figuur 4



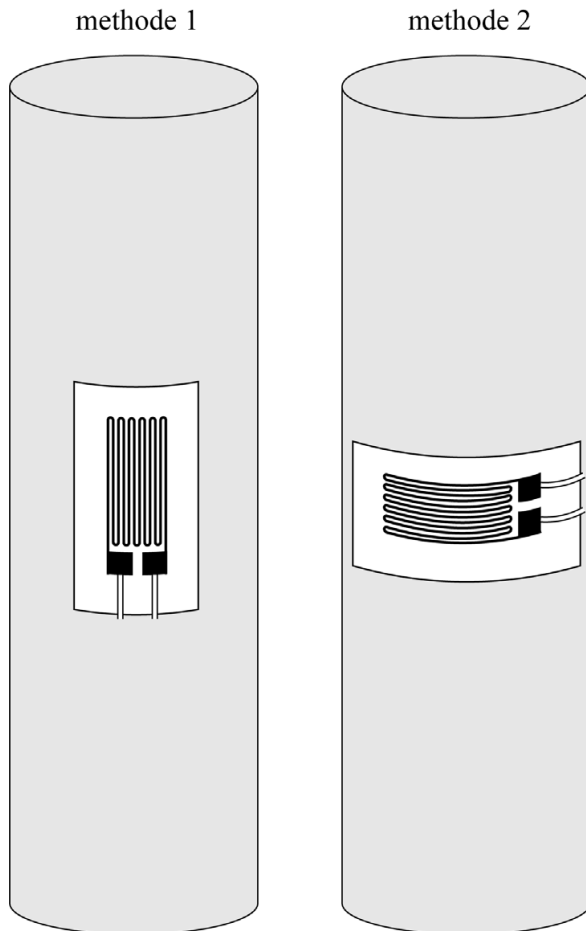
figuur 3



De rekstrook werkt volgens het principe dat de elektrische weerstand ervan toeneemt doordat tijdens het uitrekken de draad op het folie langer en dunner wordt.

Een rekstrook kan in verschillende richtingen op de staalkabel bevestigd zijn. Zie figuur 5.

**figuur 5**

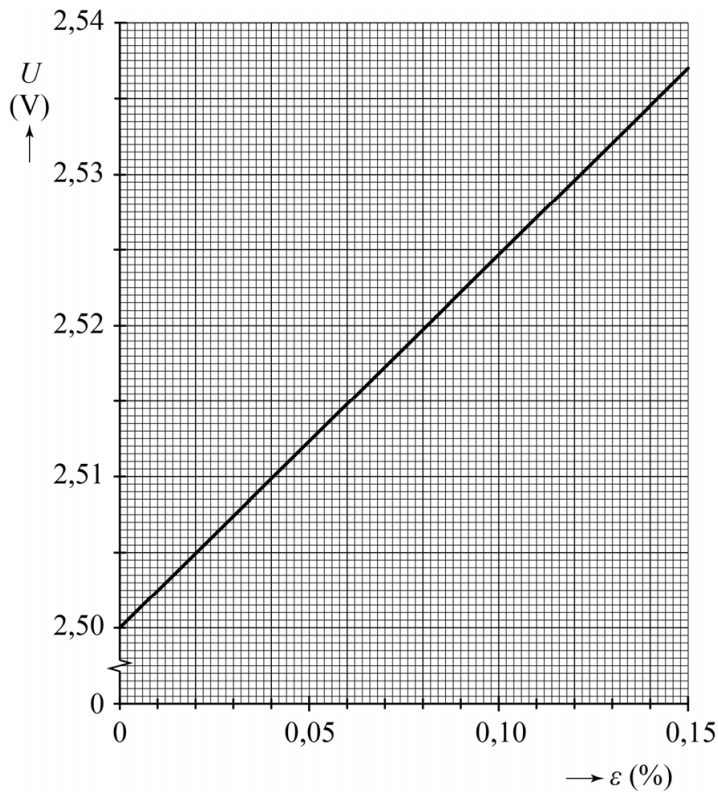


- 2p **26** Leg uit met welke methode (1 of 2) de rekstrook op de staalkabel bevestigd moet worden om de uitrekking van de staalkabel het best te meten.



De rekstrook wordt in serie met een vaste weerstand aangesloten op een spanningsbron van 5,0 V. De weerstand van de draad in de rekstrook neemt toe als de rekstrook wordt uitgerekt. Met een voltmeter wordt de spanning over een van de twee weerstanden gemeten tijdens het uitrekken van de staalkabel. Deze elektrische sensorspanning is uitgezet tegen de relatieve rek van de staalkabel. Zie figuur 6.

**figuur 6**



- 3p **27** Leg uit of de voltmeter is aangesloten over de rekstrook of over de vaste weerstand.

Met de elektrische sensorspanning wordt bepaald of de mechanische spanning in de staalkabel niet te hoog is. Om de lampen veilig op te hangen moet de mechanische spanning  $\sigma$  in iedere kabel minder zijn dan  $2,4 \cdot 10^8 \text{ Nm}^{-2}$ .

Na het monteren van een aantal lampen bedraagt de elektrische sensorspanning voor de ene kabel 2,520 V en voor de andere kabel 2,510 V. Figuur 6 staat ook op de uitwerkbijlage.

- 4p **28** Toon met een bepaling aan of de belasting van de twee staalkabels nog in het veilige gebied zit.