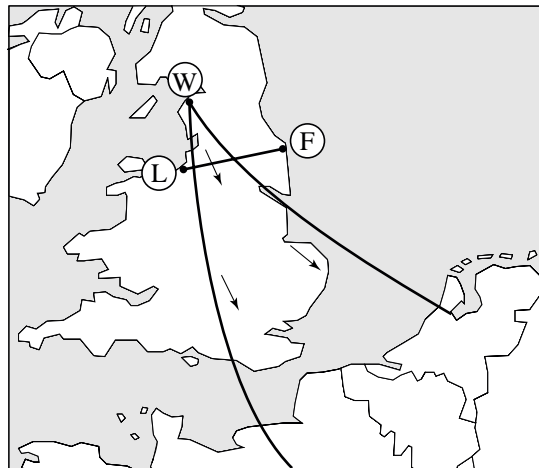


## Opgave 1 Brand in kernreactor

Lees eerst onderstaande tekst.

In oktober 1957 brak er brand uit in een van de kernreactoren van Windscale in Engeland. Allerlei radioactieve stoffen kwamen in de lucht terecht. Engeland had toen al een net van meetstations om de lucht te controleren op radioactiviteit. In zo'n station werd continu buitenlucht door een filter gezogen om stofdeeltjes te vangen. Elke dag werd een nieuw filter geplaatst. Het oude filter werd onder een Geiger-Müllerteller gelegd om de radioactiviteit ervan te meten. In de dagen na de brand meldden de Engelse meetstations ten zuidoosten van Windscale een hoge uitslag van hun Geigertellers.



Men kon al snel vaststellen dat de isotoop jodium-131 (I-131) een van de boosdoeners was.

- 3p 1 Geef de vervalvergelijking van I-131.

De kaart bij de tekst laat zien hoe de radioactieve wolk vanuit Windscale (W) door de wind in zuidoostelijke richting werd meegenomen. De meetstations op de lijn Liverpool (L) - Flamborough (F) leverden de gegevens waarmee men de hoeveelheid ontsnapt I-131 kon berekenen.

Op de lijn LF had de radioactieve wolk een breedte van 120 km en een hoogte van 900 m. De wolk had 48 uur nodig om de lijn LF te passeren bij een windsnelheid van 5,0 m/s.

De gemiddelde activiteit van het I-131 in de wolk was tijdens het passeren van de lijn LF 9,5 Bq per m<sup>3</sup> lucht.

- 4p 2 Bereken de totale activiteit van het I-131 in de radioactieve wolk tijdens het passeren van de lijn LF.

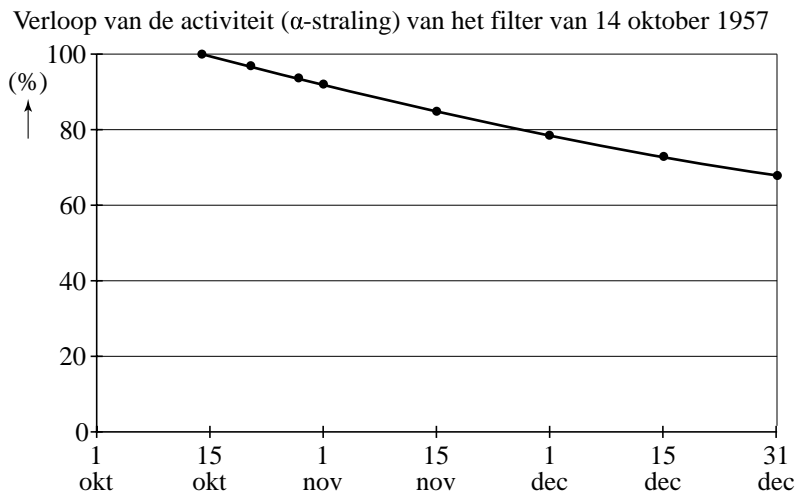
Een deel van het radioactieve jodium daalde neer op de grond. Via gras en koeien kwam het in melk terecht.

- 2p 3 Is er bij het consumeren van deze melk sprake van **bestraling** of van **besmetting**? Licht je antwoord toe.

Ook de Nederlandse meetstations namen de radioactieve wolk waar. Daar constateerde men dat in de filters een radioactieve stof was achtergebleven die  $\alpha$ -straling uitzond. De hypothese was dat het plutonium-239 of uranium-238 betrof.

Om zekerheid te verkrijgen werd elk filter met tussenpozen een aantal keer doorgemeten. Figuur 1 geeft de meetresultaten van het filter dat vanaf 14 oktober werd doorgemeten. De activiteit van 14 oktober is op 100% gesteld.

**figuur 1**



- Op grond van deze metingen concludeerde men dat de hypothese onjuist was.
- 1p **4** Leg uit hoe dat uit figuur 1 blijkt.
- Inmiddels waren er aanwijzingen dat de  $\alpha$ -straling afkomstig was van polonium.
- 2p **5** Leg met behulp van figuur 1 uit welke isotoop van polonium dit zou kunnen zijn.

## Opgave 2 Centennial light

In een brandweerkazerne in de VS brandt sinds 1901, dus al meer dan een eeuw, een gloeilamp (figuur 1); vandaar de naam Centennial light.

Je mag aannemen dat de lamp al die tijd was aangesloten op een spanning van 110 V en dat zijn elektrisch vermogen steeds 4,0 W is geweest.

figuur 1

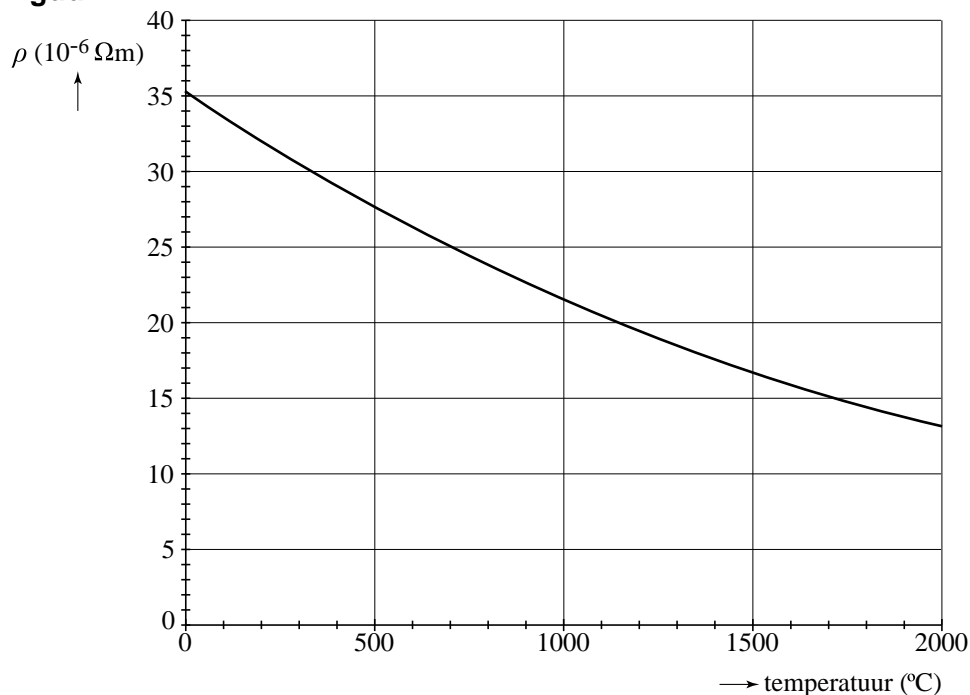


4p **6** Bereken de hoeveelheid energie in kWh die deze lamp heeft verbruikt sinds 1901. Maak daartoe eerst een schatting van het aantal uur dat de lamp heeft gebrand.

5p **7** Bereken het aantal elektronen dat in die tijd door (een doorsnede van) de gloeidraad is gestroomd.

De gloeidraad van deze lamp is van koolstof gemaakt. In figuur 2 is weergegeven hoe de soortelijke weerstand van koolstof afhangt van de temperatuur.

figuur 2



Er zijn drie soorten weerstanden:

- Ohmse weerstanden; de weerstand hiervan is onafhankelijk van de temperatuur.
- PTC's; de weerstand hiervan neemt toe als de temperatuur stijgt.
- NTC's; de weerstand hiervan neemt af als de temperatuur stijgt.

2p **8** Leg uit of een gloeidraad van koolstof een ohmse weerstand, een PTC of een NTC is.

- De lengte van de gloeidraad is 14 cm. De diameter (dikte) van de draad is  $3,10 \cdot 10^{-5}$  m.
- 5p **9** Bepaal de temperatuur van de brandende gloeidraad. Bereken daartoe eerst de weerstand van de gloeilamp.

Als men de spanning over een gloeilamp verhoogt, neemt de temperatuur van de gloeidraad toe. De lamp zal dan eerder stuk gaan. Een veel gebruikte vuistregel is: de levensduur van een gloeilamp is omgekeerd evenredig met  $U^{16}$ .

- De levensduur van de Centennial light is (ongeveer) 150 jaar. Veronderstel dat deze lamp niet op 110 V maar op 120 V zou hebben gebrand.
- 2p **10** Bereken de levensduur die de lamp dan zou hebben gehad.

### Opgave 3 Valmeercentrale

Het elektrisch vermogen dat een windmolen kan leveren, is sterk afhankelijk van de windsnelheid. Men kan afleiden dat de volgende formule geldt:

$$P = kv^3$$

Hierin is:

- $P$  het elektrisch vermogen van de windmolen (in W);
- $k$  een constante die afhangt van eigenschappen van de windmolen;
- $v$  de windsnelheid (in m/s).

Uit deze formule volgt dat het elektrisch vermogen van de windmolen afneemt met 87,5% als de windsnelheid halveert.

2p **11** Toon dat met een berekening aan.

1p **12** Noem een eigenschap van een windmolen die van invloed is op de grootte van de constante  $k$ .

Onlangs zijn plannen gelanceerd om voor de kust van Zeeland een zogenaamde valmeercentrale te bouwen. Zie figuur 1.

**figuur 1**



*Bron: Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V.*

Het is een kunstmatig eiland waarin zich het valmeer bevindt: een meer waarin het waterniveau een stuk lager is dan dat van de zee. Op de dijk rondom het valmeer bevinden zich windmolens. Bij voldoende wind pompen ze water uit het meer naar de zee. Bij weinig wind laat men zeewater het meer in lopen; de generatoren die in de dijk zijn aangebracht, wekken dan elektrische energie op. Zie figuur 2.

figuur 2



Bron: Raadgevend Ingenieursbureau Lieveense B.V.

Het valmeer krijgt een oppervlakte van  $40 \text{ km}^2$ . Het waterniveau in het meer varieert tussen 32,0 m en 40,0 m onder het zeeniveau. Wanneer het water in het meer van het hoogste naar het laagste niveau wordt gebracht, moet er  $3,3 \cdot 10^{11} \text{ kg}$  zeewater van het meer naar de zee worden gepompt.

4p **13** Toon dat met een berekening aan.

Op het eiland worden 75 windmolens geplaatst die elk een topvermogen hebben van 5,0 MW.

5p **14** Bereken hoeveel uur het minimaal duurt om het water in het meer van het hoogste naar het laagste niveau te brengen. Bereken daartoe eerst de toename van de zwaarte-energie van het weggepompte water.

Als het valmeer volloopt, kunnen de generatoren een elektrisch vermogen leveren van  $1,5 \cdot 10^3 \text{ MW}$ . Per seconde stroomt er dan  $4,75 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  water met een snelheid van 26 m/s de turbines in die de generatoren aandrijven.

4p **15** Bereken het rendement waarmee de bewegingsenergie van het water wordt omgezet in elektrische energie.

Je kunt je afvragen wat het nut is van de valmeercentrale. De elektrische energie die de windmolens opwekken, zou immers ook rechtstreeks aan het elektriciteitsnet kunnen worden toegevoerd. Ondanks dit argument en de aanzienlijke kosten van het project zijn er toch sterke voorstanders van de valmeercentrale.

1p **16** Noem een argument voor zo'n centrale.

## Opgave 4 Bepalen van de valversnelling

Mireille bepaalt met behulp van twee verschillende opstellingen de valversnelling  $g$ .

### methode 1

Ze heeft een slinger aan een statief gehangen. Zie figuur 1.

Met een meetlint bepaalt ze de lengte van de slinger: 52,0 cm.

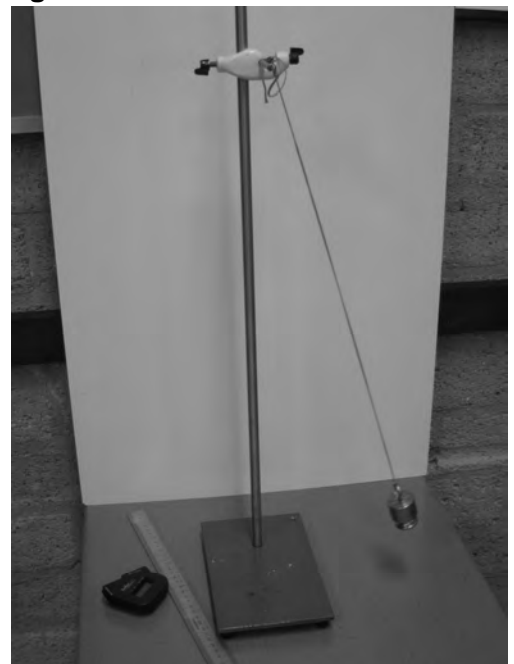
Met een stopwatch heeft ze drie keer 10 slingertijden gemeten:

meting 1	meting 2	meting 3
$10T = 14,6 \text{ s}$	$10T = 14,4 \text{ s}$	$10T = 14,5 \text{ s}$

Aan de hand van deze metingen kan Mireille de valversnelling  $g$  berekenen.

3p **17** Voer deze berekening uit.

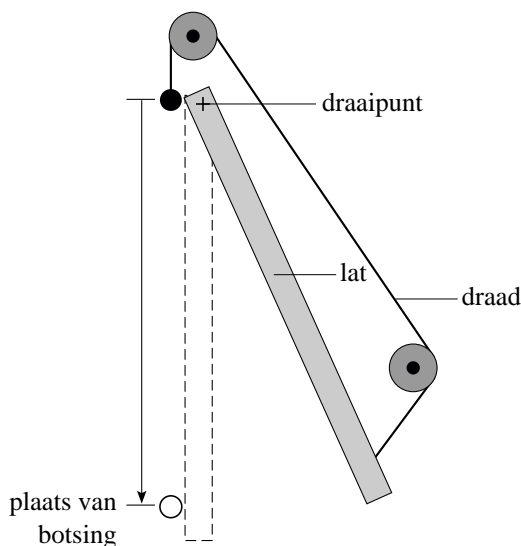
figuur 1



**methode 2**

Het idee voor haar tweede opstelling komt van internet. Zie figuur 2. Figuur 3 is een foto van haar opstelling.

**figuur 2**



**figuur 3**



Een kogel hangt aan een draad. Via twee katrollen houdt het andere uiteinde van de draad een lat in evenwicht. De lat kan draaien om zijn ophangpunt dat zich vlakbij de kogel bevindt. Als Mireille de draad doorbrandt, valt de kogel naar beneden en begint tegelijkertijd de lat naar links te zwaaien. Korte tijd later botsen de kogel en de lat tegen elkaar.

Ze voert de proef vier keer uit. De kogel laat bij elke botsing een afdruk achter op de lat. Met een meetlint meet Mireille de afstanden waarover de kogel is gevallen. Zie de foto op de uitwerkbijlage.

Daarna laat ze de lat slingeren en meet ze drie keer 10 slingertijden. Zo bepaalt ze dat  $T = 1,48$  s.

Aan de hand van haar metingen kan Mireille de valversnelling  $g$  berekenen.

4p **18** Voer deze berekening uit.

NB De invloed van de doorgebrande draad op de val van de kogel en de beweging van de lat is te verwaarlozen.

Tot slot denkt ze na over de nauwkeurigheid van beide methodes.

Ze denkt het volgende:

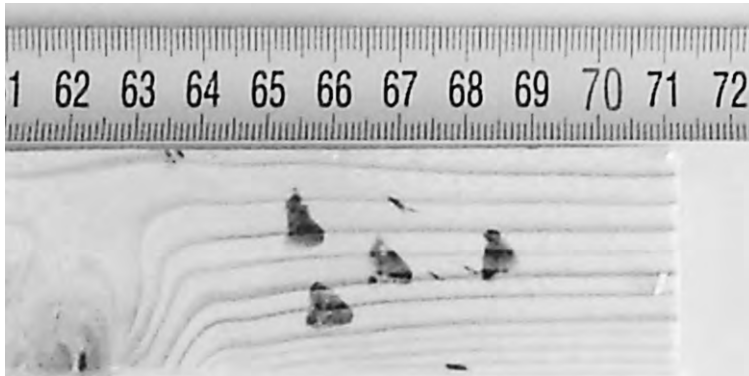
*Zelfs als de tweede methode een betere waarde voor  $g$  oplevert dan de eerste methode, is de tweede methode toch minder betrouwbaar dan de eerste.*

2p **19** Ben je het met Mireille eens? Licht je antwoord toe; gebruik daarbij de figuur op de uitwerkbijlage.



**uitwerkbijlage**

18 en 19



ruimte voor de berekening: .....

.....

.....

.....

.....

.....

## Opgave 5 Refractometer

Lees eerst onderstaande tekst.

Met een refractometer kan zeer nauwkeurig de brekingsindex van een vloeistof bepaald worden.

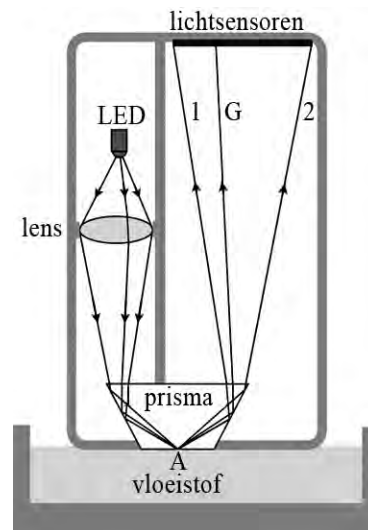
De figuur hiernaast is een doorsnede van een refractometer.

Licht van een LED (die licht van één kleur geeft) valt via een lens op een prisma dat zich op een vloeistof bevindt. Van deze vloeistof wordt door de refractometer de brekingsindex bepaald.

Het prisma is gemaakt van een glassoort met een hoge brekingsindex. Omdat de brekingsindex van het prisma altijd groter is dan die van de vloeistof, kan bij het grensvlak tussen prisma en vloeistof volledige terugkaatsing optreden. De grenshoek die hier bij hoort, hangt af van de brekingsindex van het prisma en van de brekingsindex van de vloeistof. De lichtstraal waarvan de hoek van inval bij punt A gelijk is aan de grenshoek, heet de grensstraal (G).

De grensstraal begrenst het gedeelte van de lichtbundel dat volledig wordt teruggekaatst en het gedeelte dat niet volledig wordt teruggekaatst.

De lichtbundel valt op een chip met lichtsensoren. Hiermee kan men nauwkeurig de plaats bepalen waar de grensstraal op de chip komt.



- 2p **20** De brandpuntsafstand van de lens is 12,9 mm.  
Bereken de sterkte van deze lens.

Bij het linker- en rechterzijvlak van het prisma vindt volledige terugkaatsing plaats. De brekingsindex van de glassoort waarvan het prisma is gemaakt, is gelijk aan 1,79.

- 2p **21** Bereken de grenshoek van deze glassoort bij het grensvlak tussen prisma en lucht.

Op de uitwerkbijlage is de doorsnede van de refractometer vergroot weergegeven. In de figuur is de grensstraal aangegeven met G.

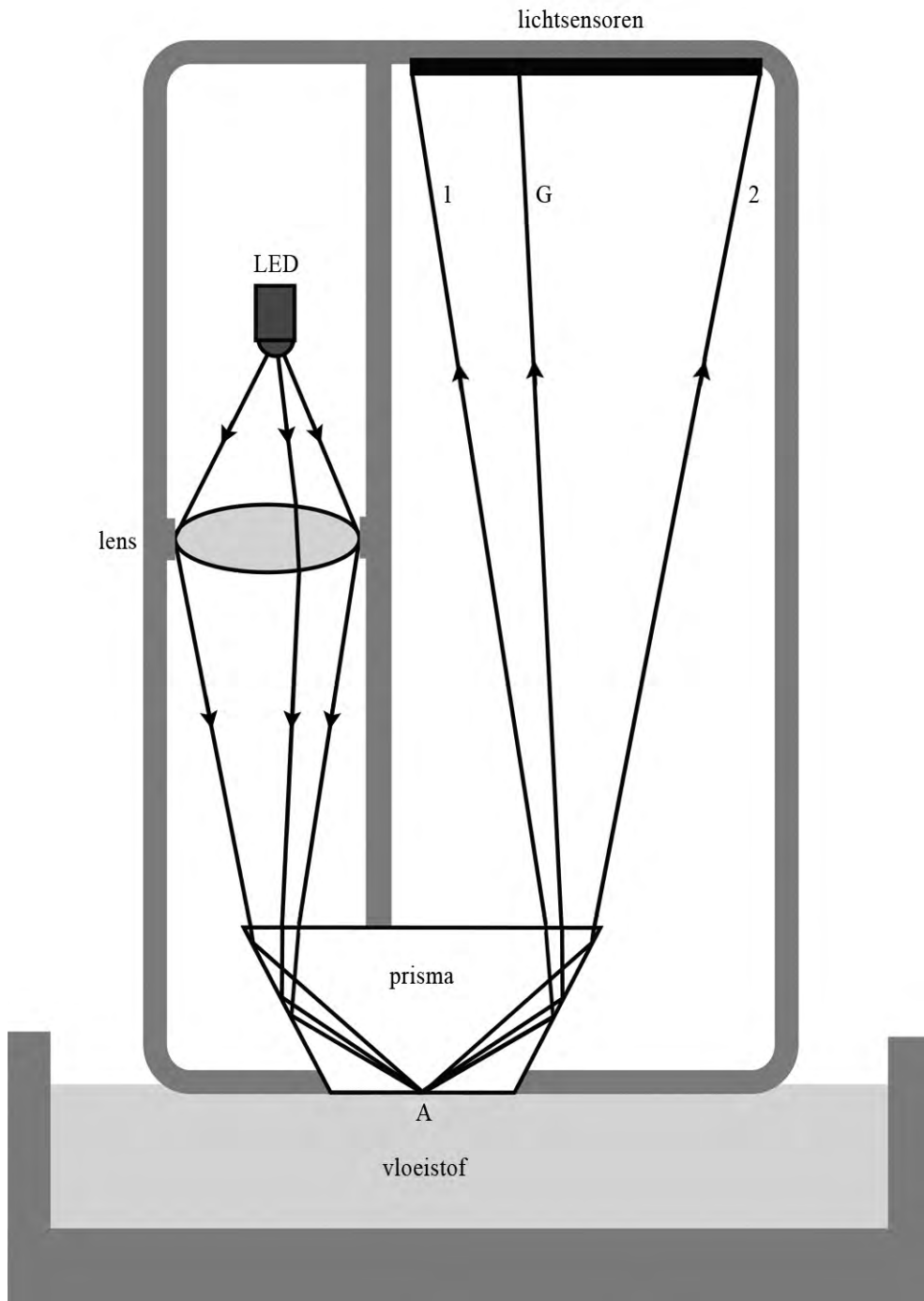
De buitenste lichtstralen zijn aangegeven met de cijfers 1 en 2.

De intensiteit van de lichtbundel tussen de lichtstralen 1 en G is groter dan de intensiteit van de lichtbundel tussen de lichtstralen 2 en G.

- 3p **22** Leg dat uit.

**uitwerkbijlage**

22



ruimte voor de uitleg: .....

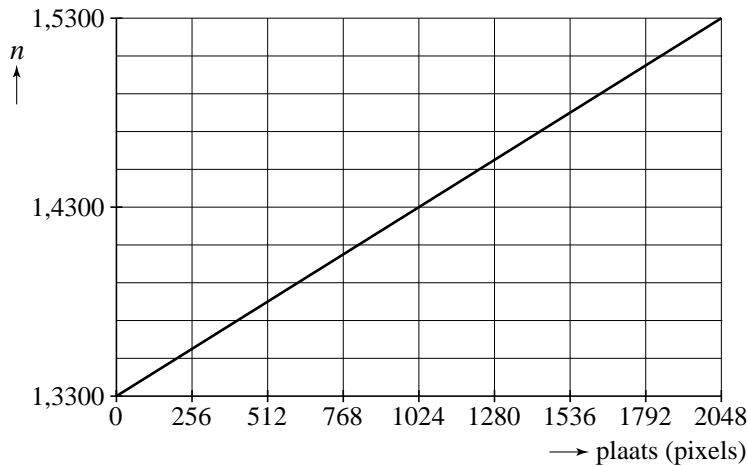
.....

.....

.....

Op het lichtgevoelige vlak zitten 2048 sensoren (pixels) op een rij. De chip waarmee de sensoren verbonden zijn, stelt vast bij welke pixel de grensstraal terecht komt. Figuur 1 geeft het verband tussen de brekingsindex van de vloeistof en het nummer van de pixel waar de grenslichtstraal terecht komt.

**figuur 1**



Bij de onderzochte vloeistof komt de grensstraal op pixel 1412 terecht. Uit figuur 1 volgt dan dat de brekingsindex van de vloeistof 1,4679 is.

- 3p **23** Toon dat met een berekening aan. Bepaal daartoe eerst de steilheid (richtingscoëfficiënt) van de grafiek in vier significante cijfers.

Het licht van de LED bestaat uit één kleur. Het licht van een gloeilampje bestaat uit veel kleuren.

- 2p **24** Leg uit waarom het licht van een gloeilampje niet geschikt is voor de refractometer.

### Opgave 6 Matrixborden

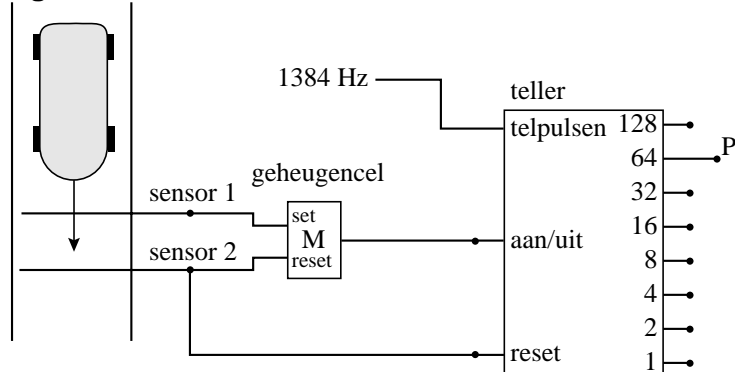
Boven veel snelwegen hangen zogenaamde matrixborden. Zie figuur 1. Wanneer het druk wordt op de weg zorgt een automatisch systeem ervoor dat op de borden de maximumsnelheid verschijnt waaraan men zich dan moet houden. Het systeem maakt gebruik van sensoren in de weg; als een auto over zo'n sensor rijdt, geeft deze even een hoog signaal af.

figuur 1



Arjen ontwerpt een schakeling die een deel van het automatisch systeem nabootst. Zie figuur 2.

figuur 2



De sensoren in de weg liggen op een afstand van 1,0 m van elkaar. Op de teller is een pulsgenerator aangesloten die staat ingesteld op 1384 Hz.

De schakeling van Arjen werkt als volgt. Als een auto met een bepaalde snelheid  $v_k$  (de kritieke snelheid) of met een lagere snelheid dan  $v_k$  de twee sensoren passeert, wordt punt P eventjes hoog.

5p **25** Leg dat uit en bereken  $v_k$  in km/h.

Arjen breidt zijn schakeling uit met nog een geheugencel en een teller. Op deze teller is een pulsgenerator aangesloten die staat ingesteld op 1,0 Hz. Zie de (onvolledige) schakeling op de uitwerkbijlage.

Door enkele verbindingsdraden aan te leggen, moet de schakeling voldoen aan de volgende eisen:

- Als een auto de twee sensoren met een snelheid  $v_k$  of lager passeert, wordt de uitgang van de tweede geheugencel hoog (op de borden verschijnt dan het getal 70).
- Deze situatie blijft gehandhaafd zolang er auto's passeren met snelheid  $v_k$  of lager.
- Als er gedurende 4,0 s geen auto's passeren of als er in die 4,0 s alleen auto's passeren die sneller rijden dan  $v_k$ , wordt de uitgang van de tweede geheugencel laag (en verdwijnt het getal 70).

3p **26** Breng in de schakeling op de uitwerkbijlage verbindingsdraden aan zodat aan deze eisen wordt voldaan. (NB De aan/uit van de tweede teller hoeft niet aangesloten te worden.)

uitwerkbijlage

26

