

# Voorbeeldtentamen Natuurkunde

## havo versie - Uitwerkingen

### Opgave 1: Fietser

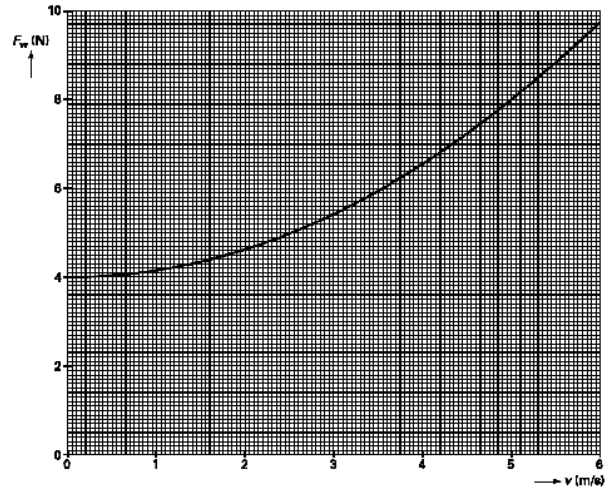
Bij het fietsen speelt wrijving een belangrijke rol.

In onderstaande grafiek is de grootte van de totale wrijvingskracht uitgezet tegen de snelheid waarmee je fietst. Deze grafiek is ook afgebeeld op de bijlage.

De wrijvingskracht bestaat uit twee gedeelten:

- de rolwrijving,  $F_{\text{rol}}$ , die niet van de snelheid afhangt;
- de luchtwrijving,  $F_{\text{lucht}}$ .

Voor de luchtwrijving geldt:  $F_{\text{lucht}} = k \cdot v^2$



1. Bepaal  $k$  met behulp van de grafiek op de bijlage. Geef de uitkomst in twee significante cijfers.

- $F_w = F_{\text{rol}} + F_{\text{lucht}}$
- Uit de grafiek bij  $v = 0$  m/s:  $F_w = 4,0$  N en aangezien  $v = 0$  m/s is het alleen  $F_{\text{rol}}$ .
- Uit de grafiek bij  $v = 6,0$  m/s:  $F_w = 9,7$  N =  $F_{\text{lucht}} + 4,0$  N
- $F_{\text{lucht}} = 9,7 - 4,0$  N =  $5,7$  N =  $k \cdot v^2 = k \cdot 6,0^2$
- $k = 0,16$  N  $\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$

Een fietser heeft een afstand van 10 kilometer afgelegd met een constante snelheid van 16 km/h.

2. Bepaal de arbeid die de fietser daar minimaal voor verricht heeft.

- $v = 16$  km/h =  $16 / 3.6 = 4,4$  m/s.
- Uit de grafiek:  $F_w(4,4) = 7,1$  N
- $W = F \cdot s = 7,1 \cdot 10 \cdot 10^3 = 71$  kJ

Een bepaalde fietser rijdt met een snelheid van 3,2 m/s als hij ziet dat een kind de weg oversteekt. De reactietijd van de fietser is 0,70 seconde. Dat wil zeggen dat er 0,70 seconde verloopt tussen het zien van het kind en het beginnen met remmen. De vertraging tijdens het remmen is 2,6 m/s<sup>2</sup>.

3. Bereken de afstand die de fietser aflegt na het zien van het kind.

- Reactieafstand:  $s = v \cdot t = 3,2$  m/s  $\cdot 0,7$  s = 2,24 m

- Remtijd:  $\Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow -3,2 = -2,6 \cdot \Delta t \rightarrow \Delta t = 1,23 \text{ s}$
- Remweg:  $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,6 \cdot 1,23^2 = 1,97 \text{ m}$ .
- (alternatief:  $v_{\text{gem}} = 3,2 / 2 = 1,6 \text{ m/s}$  en  $\Delta t = 1,23 \text{ s}$  dus  $s = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t$ )
- Totale afstand:  $2,24 \text{ m} + 1,97 \text{ m} = 4,21 \text{ m} = \mathbf{4,2 \text{ m}}$

## Opgave 2: Geiser

Een geiser levert 6,0 liter heet water per minuut. In de geiser wordt koud leidingwater van 13 °C verwarmd tot 70 °C.

4. Bereken het vermogen dat de geiser aan het water levert.

- $E_{\text{in}} = m \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta T$  en  $\rho = \frac{m}{V}$ ;  $c_{\text{water}} = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ;  $\rho = 0,998 \text{ kg/dm}^3$
- $E_{\text{in}} = 6,0 \text{ l} \cdot 0,998 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (70 - 13) \text{ K} = 1,43 \text{ MJ}$
- $P = \frac{E}{t} = \frac{1,43 \text{ MJ}}{60 \text{ s}} = 23,78 \text{ kW} = \mathbf{24 \text{ kW}}$

Een andere geiser levert 6,6 liter heet water per minuut. De watertemperatuur is dan 60 °C. Deze temperatuur is te hoog om te douchen. Daarom wordt er koud leidingwater van 13 °C bijgemengd. De temperatuur van het douchewater is dan 40 °C.

5. Bereken hoeveel liter koud water per minuut moet worden bijgemengd.

- $-Q_{\text{af}} = Q_{\text{op}} \rightarrow 6,6 \cdot 0,998 \cdot (40 - 60) = V_{\text{koudwater}} \cdot 0,998 \cdot (40 - 13)$
- $V_{\text{koudwater}} = \mathbf{4,9 \text{ l}}$

Het vermogen dat deze geiser aan het water levert, is 22 kW. Het water wordt in de geiser verwarmd doordat er aardgas verbrand wordt. Bij de verbranding van 1,0 m<sup>3</sup> aardgas komt een hoeveelheid warmte vrij van  $32 \cdot 10^6 \text{ J}$ . Gedurende 5,0 minuten verbruikt de geiser 0,28 m<sup>3</sup> aardgas.

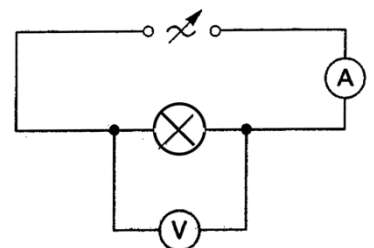
6. Bereken het nuttig effect (rendement) van deze geiser.

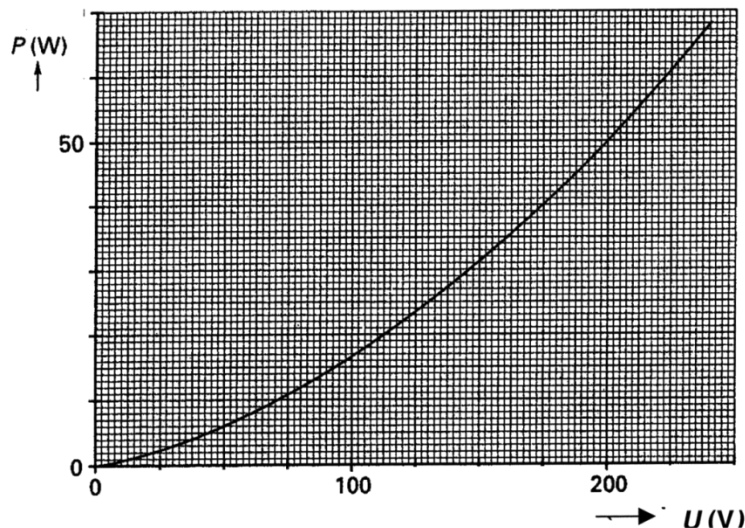
- $P_{\text{verbranding}} = \frac{E}{t} = \frac{0,28 \text{ m}^3 \cdot 32 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}}{5,0 \cdot 60 \text{ s}} = 29,9 \text{ kW}$
- $\eta = \frac{P_{\text{nuttig}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100\% = \frac{22 \text{ kW}}{29,9 \text{ kW}} \cdot 100\% = \mathbf{74\%}$

## Opgave 3: Gloeilamp

Van een gloeilamp wil men nagaan hoe het opgenomen elektrische vermogen  $P$  afhangt van de spanning  $V$  over de gloeilamp. Daartoe bouwt men een schakeling zoals is weergegeven in de figuur hiernaast.

Het resultaat van de metingen is weergegeven in de grafiek hieronder.





De gloeilamp wordt nu aangesloten op een spanning van 125 V.

7. Bepaal de energie in kWh die de gloeilamp in 50 minuten omzet.

- Aflezen uit de grafiek: bij 125 V :  $P = 23,5 \text{ W}$
- $P = \frac{E}{t} \rightarrow E = P \cdot t = 23,5 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot \frac{50}{60} \text{ uur} = \mathbf{0,020 \text{ kWh}}$

Men sluit de gloeilamp aan op de netspanning van 230 V. Men wil de gloeilamp bij deze netspanning een vermogen van 40 W laten opnemen. Dit kan door een weerstand R in serie te schakelen met de gloeilamp.

8. Bereken de waarde van de weerstand R.

- 40 W aflezen in de grafiek: Lamp heeft spanning van 175 V
- $P = U \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{40}{175} = 0,23 \text{ A}$
- $U_{\text{weerstand}} = 230 \text{ V} - 175 \text{ V} = 55 \text{ V}$
- $R_{\text{weerstand}} = \frac{U}{I} = \frac{55}{0,23} = \mathbf{0,24 \text{ k}\Omega}$

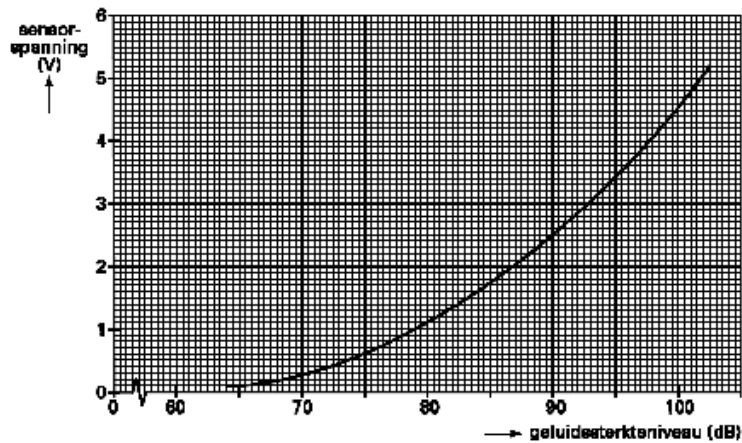
De gloeilamp wordt nu zonder de weerstand R aangesloten op een spanningsbron. Als de gloeilamp lange tijd gebrand heeft, is de gloeidraad dunner geworden. Het door de gloeilamp opgenomen vermogen verandert daardoor.

9. Beredeneer of het opgenomen vermogen dan groter of kleiner is geworden.

- $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$
- U blijft constant, R wordt groter want de draad is dunner geworden, dus P wordt **kleiner**.

### Opgave 4: Microfoon

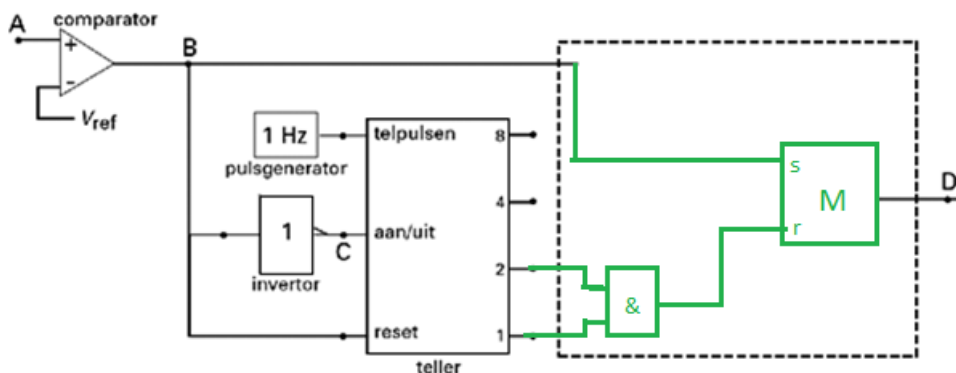
Een microfoon is te beschouwen als een geluidsensor. In de volgende figuur is de ijkcurve van zo'n microfoon gegeven.



10. Geef de definitie van de gevoeligheid van de geluidsensor en leg daarmee uit of de gevoeligheid van de microfoon bij 85 dB groter of kleiner is dan bij 95 dB.

- Gevoeligheid (V/dB) is de steilheid van de raaklijn in de grafiek. Bij 95 dB is de raaklijn steiler dan bij 85 dB. De gevoeligheid bij 85 dB is dus **kleiner**

Om na te gaan of het door een microfoon gemeten geluidsterkteniveau boven de 90 dB komt, is een schakeling gebouwd met verwerkers. Een deel van de schakeling is getekend in onderstaande figuur.



Het uitgangssignaal van de microfoon wordt in A toegevoerd aan een comparator. Als het geluidsterkteniveau hoger is dan 90 dB, is het uitgangssignaal in D hoog. Pas als het geluidsterkteniveau gedurende een periode van 3 seconden lager is dan 90 dB, wordt het signaal in D laag. Het blijft laag zolang het geluidsterkteniveau lager is dan 90 dB.

Op een bepaald moment geeft de sensor een spanning af van 3,2 V. De teller telt alleen als de aan/uit-ingang hoog is.

11. Leg aan de hand van de beide bovenstaande figuren uit dat de teller op dat moment uit staat.

- Uit de grafiek: 90 dB geeft een uitgangsspanning van 2,5 V. 3,2 V is groter dan 2,5 V dus als 90 dB de grens is, en 2,5 V dus de bijbehorende referentiespanning, dan is nu dus de uitgangsspanning (B) van de comparator hoog. Deze hoge spanning wordt geïnverteerd

bij de ingang van de teller (inverter). **De teller staat dus uit**, er komt een lage spanning binnen.

De laatste figuur staat ook op de bijlage.

12. Maak de schakeling in de figuur op de bijlage af door in de met een streepjeslijn aangegeven rechthoek één of meer verwerkers te tekenen. Teken ook de noodzakelijke verbindingen.

- Zie afbeelding

## Opgave 5: Ruimtesonde

In oktober 1997 vertrok een ruimtesonde naar de planeet Saturnus. De sonde kreeg een kleine hoeveelheid radioactief materiaal mee. Bij de start bestond dit materiaal uit 33 kg zuiver plutonium-238. In een generator wordt de energie die vrijkomt bij het verval van het plutonium omgezet in elektrische energie. Plutonium-238 ontstaat zelf als vervalproduct van een andere radioactieve kern, een zogenaamde  $\beta$ -straler.

13. Schrijf de vergelijking van deze vervalreactie op.



Plutonium-238 zendt  $\alpha$ -straling uit. De halveringstijd van plutonium-238 is 87,7 jaar. Bij de start heeft het radioactieve materiaal een activiteit van  $2,1 \cdot 10^{16}$  Bq.

14. Leg uit wat er wordt bedoeld met de halveringstijd.

- De tijd waarin de helft van het aantal atomen is vervallen en ook de activiteit (het aantal deeltjes dat per seconde vervalt) is gehalveerd.

15. Bereken na hoeveel jaar de activiteit is afgenomen tot  $5,25 \cdot 10^{15}$  Bq.

- Van  $2,1 \cdot 10^{16}$  Bq naar  $5,25 \cdot 10^{15}$  Bq is twee halveringen, een 75% afname, dus restant van 25% betekent de helft van de helft. Dus twee maal de halfwaardetijd:  $2 \cdot 87,7$  jaar = **175 jaar**.

Als het plutonium bij een ongeluk vrijkomt, zou volgens velen een groot deel van de wereldbevolking longkanker kunnen krijgen. Volgens de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA zou het extra dosisequivalent (effectieve dosis) voor een volwassene in een periode van 50 jaar na een eventueel ongeluk slechts  $1,0 \cdot 10^{-5}$  Sv bedragen. Dit dosisequivalent is gebaseerd op uitsluitend  $\alpha$ -verval van plutonium-238, waarbij de  $\alpha$ -deeltjes worden opgenomen door longblaasjes met een totale massa van 75 gram. De energie van het  $\alpha$ -deeltje is  $8,8 \cdot 10^{-13}$  J (= 5,5 MeV). De weegfactor (kwaliteitsfactor) voor  $\alpha$ -straling is 20.

16. Bereken het aantal plutonium-238 atomen dat in een periode van 50 jaar volgens NASA bij de longblaasjes van een volwassene zou zijn vervallen.

- $H = Q \frac{E}{m} = 1,0 \cdot 10^{-5} = 20 \cdot \frac{E}{0,075} \rightarrow E = 3,75 \cdot 10^{-8} \text{ J}$
- Totale energie / energie per deeltje = aantal vervallen deeltjes:  $\frac{3,75 \cdot 10^{-8} \text{ J}}{8,8 \cdot 10^{-13} \text{ J}} = 4,3 \cdot 10^3$

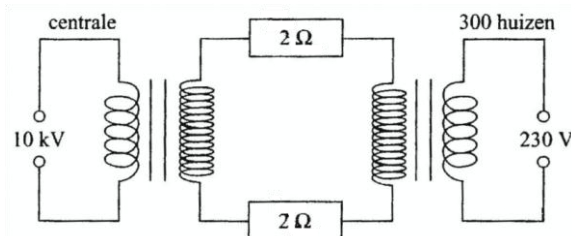
Bij kernproeven in het verleden is al een flinke hoeveelheid van een andere plutoniumisotoop, plutonium-239, in de atmosfeer van de aarde terechtgekomen. Er bestaat een aantal verschillen tussen plutonium-238 en plutonium-239. In het volgende gedachte-experiment wordt het dosisequivalent door deze twee isotopen bij besmetting vergeleken. Stel dat twee personen ieder evenveel plutonium-atomen binnenkrijgen maar dat de ene persoon A alleen met plutonium-238 wordt besmet en de andere persoon B alleen met plutonium-239.

17. Leg aan de hand van twee verschillen tussen het  $\alpha$ -verval van plutonium-238 en plutonium-239 uit welke van deze twee personen het grootste dosisequivalent ten gevolge van  $\alpha$ -straling ondervindt.

- De stralingsenergie van Pu-239 is 5,2 MeV en dus lager dan de stralingsenergie van Pu-238 (5,5 MeV). Maar de halveringstijd van Pu-239 is veel hoger dan die van Pu-238.
- Persoon A wordt dus blootgesteld aan meer vervalproducten die opgeteld meer stralingsenergie met zich meedragen: dus een **grotere** dosisequivalent.

## Opgave 6: Centrale

Een centrale levert energie aan een woonwijk. De energie wordt via twee transformatoren en hoogspanningskabels daartussen vervoerd. In onderstaande figuur is de situatie schematisch weergegeven.



De spanning bij de centrale is 10 kV en de 300 huizen nemen samen maximaal 2,5 MW af bij een spanning van 230 V. In de transportkabels loopt een stroom van 100 A als het maximale vermogen wordt afgenomen. Beschouw de transformatoren als ideaal.

18. Bereken de transformatieverhouding van de transformator bij de woonwijk.

- $I_{\text{huizen}} = \frac{2,5 \cdot 10^6 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 10,9 \text{ kA}$
- $I_{\text{transport}} = 100 \text{ A}$
- Verhouding 10,9 kA : 100 A = **109 : 1**

19. Bereken het vermogensverlies dat in de transportkabels optreedt als het maximale vermogen wordt afgenomen.

- $P = I^2 \cdot R = 100^2 \cdot 4 = 40 \text{ kW}$

20. Bereken de transformatieverhouding van de transformator bij de centrale.

- $U_s = \frac{40 \text{ kW} + 2,5 \cdot 10^6 \text{ W}}{100} = 25,4 \text{ kV}$
- Verhouding is  $10 \text{ kV} : 25,4 \text{ kV} = 1 : 2,54$

## Opgave 7: De Spiegelreflexcamera

Een fotograaf maakt een portretfoto van zijn dochtertje. Hij stelt scherp op haar gezicht dat zich 47 cm voor de lens bevindt. De afstand tussen de lens en de film is dan 56 mm.

21. Bereken de brandpuntsafstand van de lens.

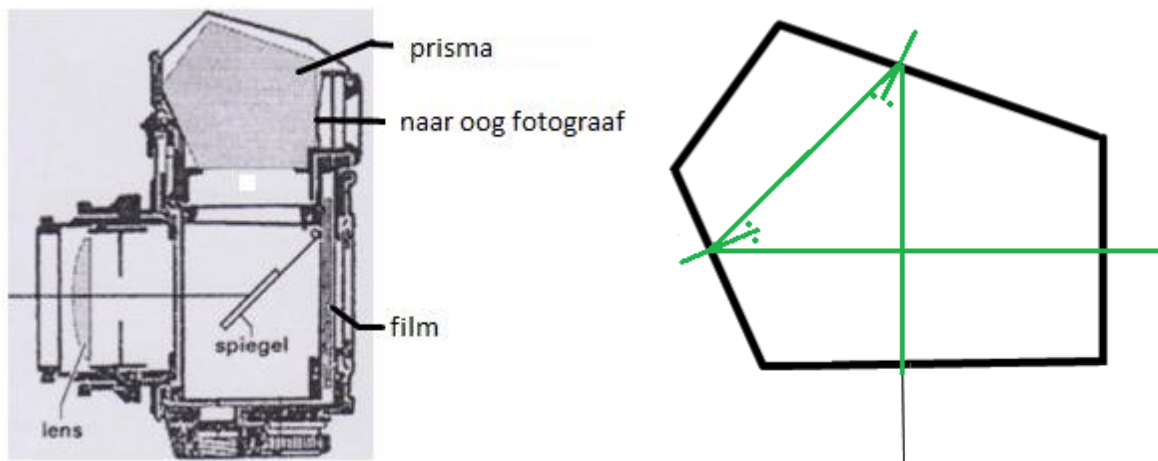
- $\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{0,47} + \frac{1}{0,056} = \frac{1}{f} \rightarrow f = 0,050 \text{ m}$

De afmetingen van het negatief zijn 24 mm bij 36 mm. Het gezicht van zijn dochtertje is 23 cm hoog.

22. Leg met behulp van een berekening uit of de fotograaf het hele gezicht op de foto kan krijgen.

- $36 \text{ mm} > 24 \text{ mm}$ : hij houdt de camera dus gedraaid, dan past het hoofd er groter op.
- $N = \frac{BB^*}{VV^*} = \left| \frac{b}{v} \right| = \frac{0,056}{0,47} = \frac{BB^*}{230 \text{ mm}} \rightarrow BB^* = 27 \text{ mm}$  en dat past dus ( $27 \text{ mm} < 36 \text{ mm}$ )

In het onderstaande schema is een doorsnede van een spiegelreflexcamera getekend. Als de fotograaf door de zoeker van zijn spiegelreflexcamera kijkt, ziet hij precies wat er op de foto komt. Het licht dat afkomstig is van het te fotograferen voorwerp valt eerst door de lens van de camera. Daarna valt het licht op een spiegel. Vervolgens gaat het licht door een vijfhoekig prisma. Enkele zijvlakken van dit prisma zijn bedekt met een spiegelende laag. Het licht wordt tegen deze wanden weerkaatst. Na een aantal keren van richting te zijn veranderd, valt het licht in het oog van de fotograaf. Als een foto gemaakt wordt, klapt de spiegel weg en valt het licht op de film die achter in de camera zit. In de figuur op de bijlage zijn de spiegel en het prisma schematisch weergegeven. Ook is een lichtstraal getekend die over de hoofdas van de lens invalt.



23. Construeer in de figuur op de bijlage het verdere verloop van de getekende lichtstraal totdat deze het prisma verlaat.

- Zie afbeelding. Bij spiegeling geldt:  $\angle_{\text{inval}} = \angle_{\text{uitval}}$

De spiegelende lagen op een aantal zijvlakken van het prisma zijn nodig voor de volledige terugkaatsing van het licht. De invalshoeken zijn namelijk kleiner dan de grenshoek die hoort bij het materiaal waarvan het prisma gemaakt is. Deze grenshoek bedraagt  $38^\circ$ .

24. Bereken de brekingsindex van het materiaal waarvan het prisma gemaakt is.

$$- \frac{\sin g}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin g}{1} = \frac{1}{n} \rightarrow n = \frac{1}{\sin g} = \frac{1}{\sin 38^\circ} = 1,6$$