

Deze 5 opgaven (21 vragen) met uitwerkingen vind je op [www.agtijmensen.nl](http://www.agtijmensen.nl)  
Et-stof: h4. Arbeid en energie, h5. Licht en h6. Elektriciteit

### **Opgave 1 De waterkrachtcentrale van Itaipu** (N1 2006-I opgave 1).

Op de grens van Brazilië en Paraguay ligt de waterkrachtcentrale van Itaipu. De stuwdam is een van de grootste ter wereld.

In de dam zijn 18 generatoren (Grote dynamo's) aangebracht die elk een elektrisch vermogen opwekken van  $7,0 \cdot 10^5$  kW. Van de 18 generatoren zijn er steeds enkele niet in gebruik in verband met onderhoud.

In het topjaar 2000 heeft de centrale  $3,3 \cdot 10^{17}$  J elektrische energie opgewekt.

- a. Bereken hoeveel generatoren in het jaar 2000 gemiddeld in bedrijf waren.

Het water dat een generator aandrijft, stroomt een pijp in met een snelheid van 8,0 m/s en doorloopt een hoogteverschil van 120 m. Zie figuur 1.

Per seconde stroomt er  $690 \cdot 10^3$  kg water met 8,0 m/s de pijp in. De snelheid van het water achter het schoepenrad is te verwaarlozen.

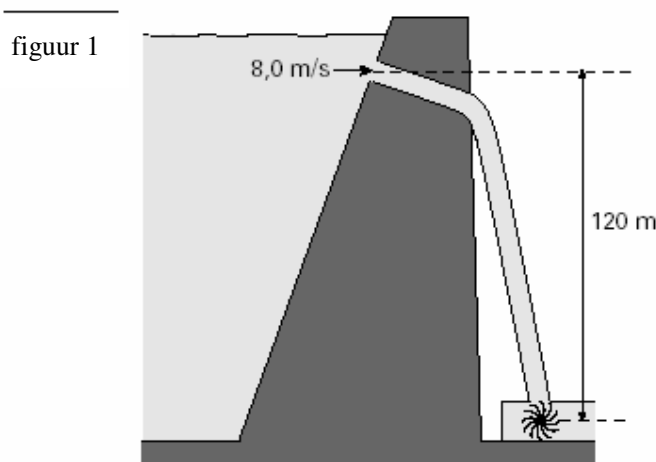
- b. Bereken de kinetische energie van deze hoeveelheid water als het op het schoepenrad valt.

Houd geen rekening met wrijving.

- c. Bereken het rendement waarmee de generator de kinetische energie en zwaarte-energie van het water omzet in elektrische energie.

Als het stuwmeer te vol raakt worden er schuiven geopend. Een elektromotor trekt dan een schuif(deur) van  $90 \cdot 10^3$  kg 10,0 m omhoog met een constante snelheid van 0,010 m/s. De wrijvingskracht is  $1,0 \cdot 10^4$  N.

- d. Bereken de arbeid die daarbij door de elektromotor wordt verricht.  
e. Bereken het minimale vermogen van de elektromotor.



### **Opgave 2 Vuurtoren** Natuurkunde N1 Havo 2001-II opgave 3

Het licht van een vuurtoren moet op grote afstand gezien kunnen worden. De lichtbundel moet dus een grote intensiteit hebben. De lamp van de Brandaris (figuur 6) op Terschelling, met daaromheen de optische stelsels die voor de lichtbundels zorgen, is in figuur 7 afgebeeld.

Fig. 6

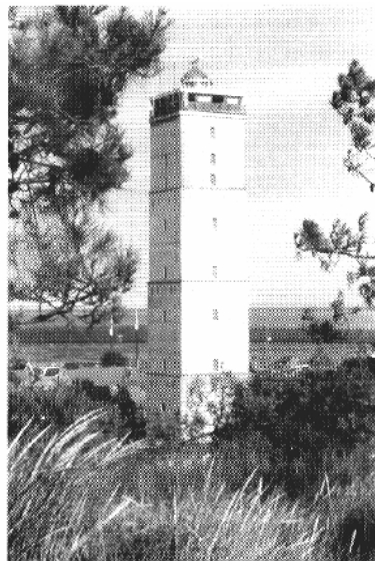
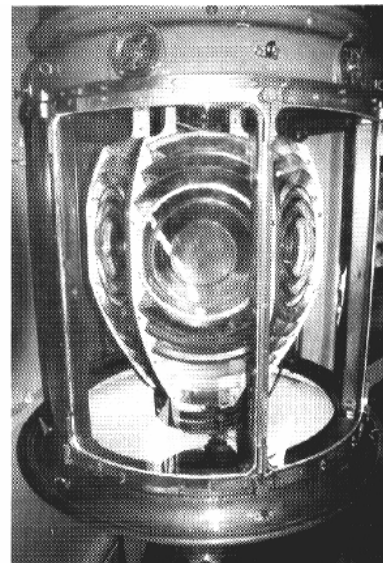


Fig. 7

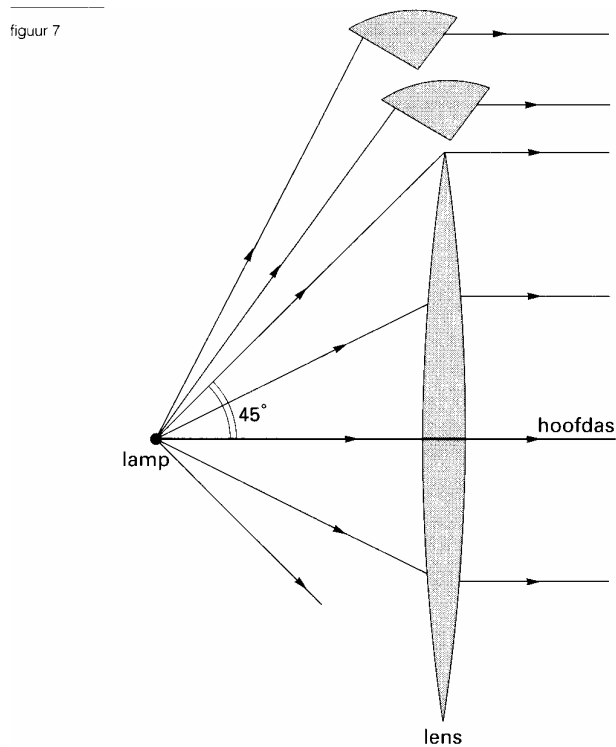


In figuur 7 zijn de lamp en een deel van één zo'n optisch stelsel schematisch weergegeven. Een lens zorgt ervoor dat alle lichtstralen die een hoek kleiner dan  $45^\circ$  met de hoofdas maken, evenwijdig met de hoofdas uit de lens komen. Figuur 7 is op een schaal van 1:20 getekend.

- 3p **10**  Bepaal de brandpuntsafstand van de lens.  
Geef een toelichting.

De lamp is in 1920 speciaal voor vuurtorens ontworpen. De gloeidraad van de lamp is van wolfram, heeft een diameter van 0,35 mm en een weerstand van  $1,6 \Omega$ .

- 4p **11**  Bereken de lengte van de gloeidraad.

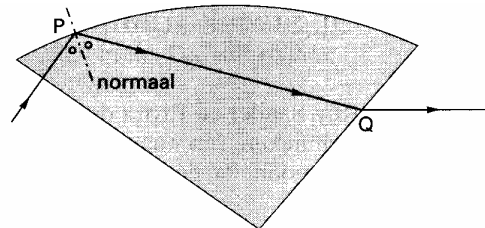


Om ervoor te zorgen dat zo weinig mogelijk licht verloren gaat, zijn boven (en onder) de lens een soort prisma's geplaatst. In figuur 7 zijn twee van deze prisma's getekend.

In figuur 8 is het verloop van een lichtstraal in een van de prisma's getekend. Figuur 8 is vergroot op de bijlage weergegeven.

- 4p **12**  Bepaal met behulp van de figuur op de bijlage de brekingsindex van het materiaal waarvan het prisma gemaakt is.

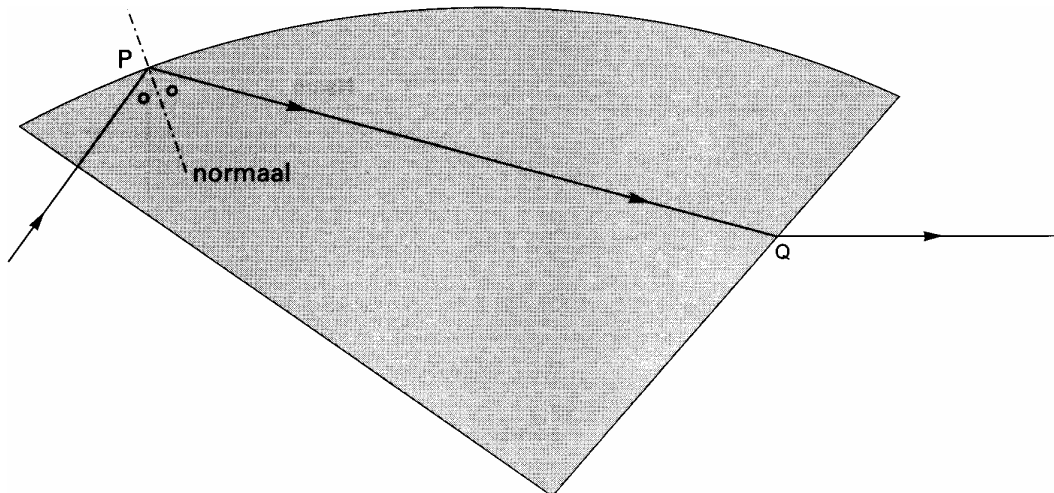
figuur 8



Het is van belang dat uit de optische stelsels rondom een vuurtorenlamp een zo sterk mogelijke lichtbundel komt.

- 2p **13**  Leg uit met een berekening of de invalshoek van de lichtstraal bij punt P groter is dan de grenshoek van het gebruikte materiaal, kleiner is dan die grenshoek of gelijk is aan die grenshoek.

Bijlage bij vraag 12:



**Opgave 3 Kerstboomverlichting** N1 2004-II Opgave 2

Afra heeft een nieuwe kerstboomverlichting met 50 lampjes gekocht. Zie figuur 3.

figuur 3



Op de verpakking staan de volgende aanwijzingen:

- 1 *Alle lampjes dienen goed ingeschoven te zijn; wanneer er één los zit, werkt de verlichting niet.*
- 2 *De lampjes mogen niet verwijderd of ingeschoven worden wanneer de verlichting is aangesloten op het lichtnet.*
- 3 *Vervang onmiddellijk een defect lampje door een nieuw.*

De 50 lampjes zijn in serie geschakeld.

Dat volgt direct uit één van de aanwijzingen op de verpakking.

2p **6** Welke aanwijzing is dat? Licht je antwoord toe.

Afra sluit de kerstboomverlichting aan op de netspanning van 230 V. Alle lampjes branden normaal en nemen in totaal 35 W aan elektrisch vermogen op.

4p **7** Bereken de weerstand van één brandend lampje.

Rond de feestdagen heeft de kerstboomverlichting in totaal 98 uur gebrand. 1 kWh kost € 0,22.

3p **8** Bereken hoeveel het branden van de kerstboomverlichting heeft gekost.

Op een bepaald moment gaat er een lampje kapot. Afra volgt aanwijzing 2 niet op en trekt dit lampje uit de fitting. Vanaf dat moment is de stroomkring daar onderbroken.

2p **9** Hoe groot is de spanning die nu over deze fitting staat?

Voordat Afra het kapotte lampje uit de fitting trok, bleken alle andere lampjes nog te branden. Dit komt doordat bij dit type lampje de toe- en de afvoerdraad binnen het lampje contact maken als het lampje kapot gaat. Er ontstaat dan een serieschakeling van 49 lampjes. Het is raadzaam om aanwijzing 3 op te volgen, zeker als er meer lampjes kapot gaan.

3p **10** Leg uit dat alle lampjes kapot kunnen gaan als aanwijzing 3 niet wordt opgevolgd.

**Opgave 4 Fotograferen** Havo Na1,2 2007-I opgave 2

Een amateur-fotograaf heeft een foto van een bloem gemaakt. Zie figuur 3.

Op de achtergrond is de schaduw van de bloem te zien.

De afstand tussen de bloem en de lens was 63 cm. De fotograaf heeft scherp ingesteld op de bloem.

Het fototoestel heeft een lens met een brandpuntsafstand van 7,0 cm.

3p 5 Bereken de afstand tussen de lens en de film.

Op de uitwerkbijlage staat een figuur waarin schematisch is getekend hoe een punt B van de bloem door de camera-lens op de film wordt afgebeeld. Punt S is een punt van de schaduw van de bloem.

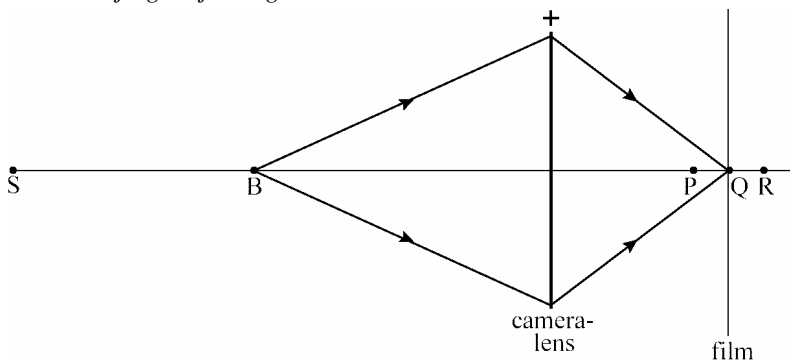
3p 6 Beantwoord de volgende vragen:

- Waar bevindt zich het beeldpunt van S: in P, Q of R?
- Teken op de uitwerkbijlage de lichtbundel die vanuit S via de lens op de film valt.
- Leg met behulp van de tekening uit waarom de schaduw van de bloem onscherp is.

**figuur 3**

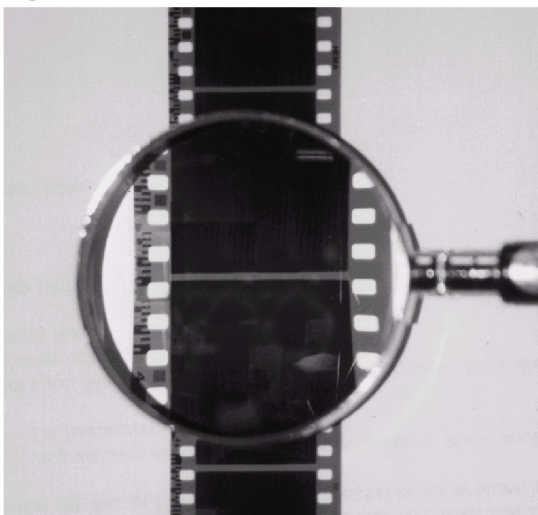


*Uitwerkbijlage bij vraag 6:*

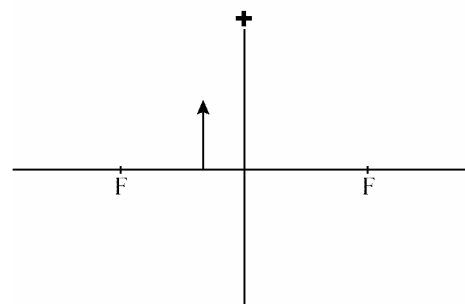


De fotograaf bekijkt de negatieven van het filmpje met een loep. Zie de foto in figuur 4. In figuur 5 zijn het filmpje (als een pijl) en de loep schematisch getekend. In deze figuur zijn ook de twee brandpunten van de loep aangegeven.

**figuur 4**



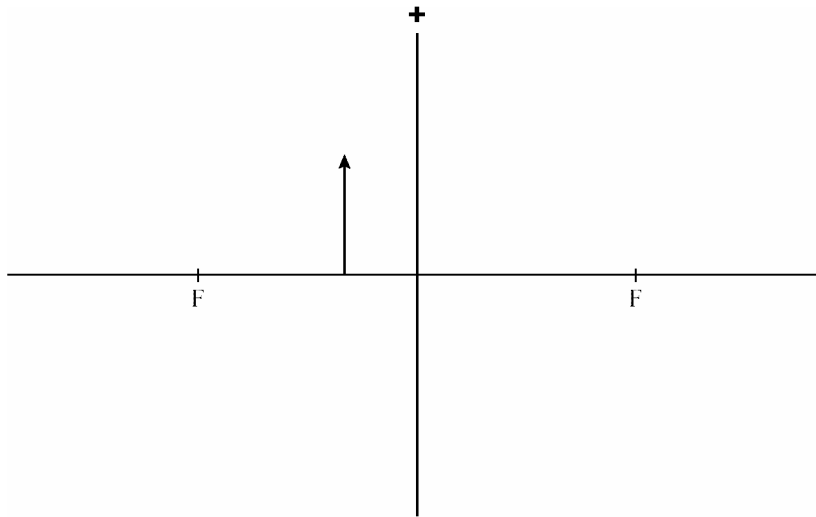
**figuur 5**



Figuur 5 is vergroot op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 5p 7 Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage het beeld van het filmpje en controleer of de vergroting in deze constructie overeenstemt met die in figuur 4.

*Uitwerkbijlage bij vraag 7:*



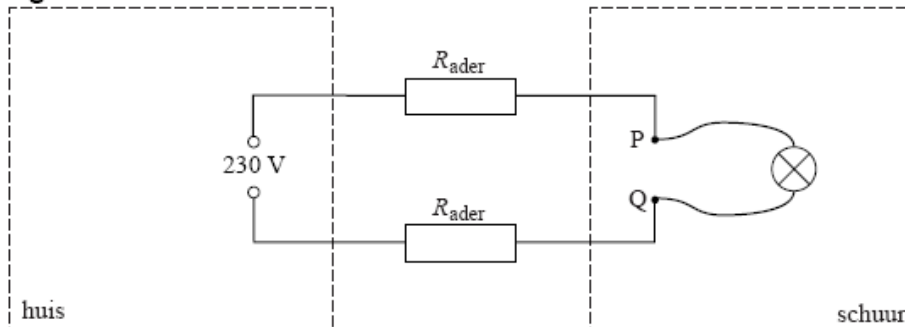
### **Opgave 5 Stopcontact in schuur** Na1 2008-I opgave 3

Op flinke afstand van een huis staat een schuur. Nico heeft een stopcontact in de schuur aangelegd. Met een elektriciteitskabel (met twee aders) heeft hij het stopcontact verbonden met het lichtnet in huis. Als Nico een lamp op het stopcontact in de schuur aansluit, brandt deze vrijwel normaal. Als hij echter een grasmaaier aansluit, die een veel groter vermogen heeft dan de lamp, constateert hij dat de maaier minder toeren maakt dan zou moeten.

Nico wil dit verschijnsel begrijpen. Hij besluit om de spanning tussen de polen van het stopcontact te meten als functie van de stroomsterkte die het lichtnet levert.

Hij maakt daarvoor de schematische tekening van figuur 4. De punten P en Q zijn de polen van het stopcontact waarop de lamp is aangesloten. De lamp staat in serie met de twee weerstanden van de aders.

**figuur 4**



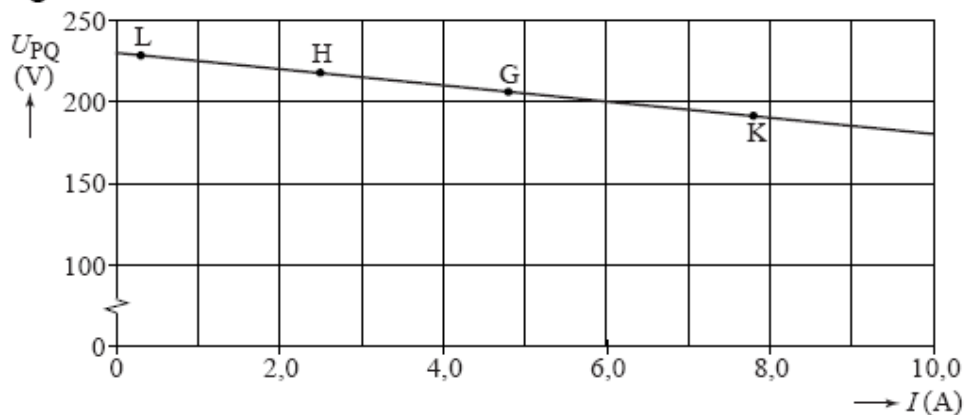
Om de spanning over en de stroomsterkte door de lamp te kunnen meten, moet Nico een stroommeter en een spanningsmeter in de schakeling opnemen.

- 3p 11 Teken in figuur 4 de schakeling met beide meters en de verbindingsdraden.

Nico sluit in plaats van de lamp L een heggenschaar H aan, daarna in plaats van de heggenschaar de grasmaaier G en tenslotte in plaats van de maaier een straalkachel K. In het  $(U,I)$ -diagram van figuur 5 zijn de vier metingen met de punten L, H, G en K aangegeven. Door deze punten is een dalende rechte lijn getrokken.

3p 12 Leg met behulp van figuur 5 uit welk apparaat de kleinste weerstand heeft.

figuur 5



De grafiek daalt omdat de weerstand van de aders niet te verwaarlozen is en omdat de aders in serie staan met het aangesloten apparaat. In deze situatie verdeelt de spanning van 230 V zich over de twee aders en het apparaat.

4p 13 Bereken de weerstand van één ader. Bepaal daartoe eerst met behulp van de grafiek de spanning over elk van de aders bij een stroomsterkte van 10 A.

Nico wil dat alle apparaten, die hij aansluit op het stopcontact in de schuur, een spanning krijgen van bijna 230 V. Hij gaat een andere kabel aanleggen.

2p 14 Leg uit of de aders in de nieuwe kabel dunner of dikker moeten zijn dan de aders in de oude kabel.

----- Einde opgaven -----

## Uitwerkingen -----

**Opgave 1 De waterkrachtcentrale van Itaipu** (N1 2006-I opgave 1).

- a. Geg.:  $E = 3,3 \cdot 10^{17}$  J elektrische energie.  
 $P = 7,0 \cdot 10^5$  kW =  $7,0 \cdot 10^8$  W  
 $t = 1$  jaar =  $365 \cdot 24 \cdot 3600 = 3,15 \cdot 10^7$  s.  
 Gevr.: Hoeveel generatoren er in bedrijf zijn.  
 Opl.: Eén generator levert in een jaar:  $E = P \cdot t = 7,0 \cdot 10^8 \cdot 3,15 \cdot 10^7 = 2,2 \cdot 10^{16}$  J  
 De energie is dus geleverd door  $3,3 \cdot 10^{17} \text{ J} / 2,2 \cdot 10^{16} \text{ J} = 15,2 = \underline{\underline{15}}$  generatoren.
- b. Volgens de wet van behoud van energie geldt:  
 $(E_z + E_k)_{\text{boven}} = (E_k + E_z + Q)_{\text{onder}}$  en onder is  $E_z = mgh = 0$  want  $h_{\text{onder}} = 0$  en  $Q_{\text{onder}} = 0$  want er is geen wrijving.  
 $(E_k)_{\text{onder}} = (E_z + E_k)_{\text{boven}} = mgh_{\text{boven}} + 1/2mv_{\text{boven}}^2$   
 $= 690 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 120 + 1/2 \cdot 690 \cdot 10^3 \cdot 8,0^2 =$   
 $= 8,12 \cdot 10^8 + 2,21 \cdot 10^7 = 8,34 \cdot 10^8 = \underline{\underline{8,3 \cdot 10^8 \text{ J}}}$
- c. Geg.:  $W_{\text{uit}}$  of  $E_{\text{nuttig}} = 2,2 \cdot 10^{16}$  J in 1 jaar (zie 1a)  
 $E_{\text{in}} = 8,34 \cdot 10^8$  J in 1 seconde (zie 1b)  
 Gevr.: rendement  
 Opl.: In 1 jaar (=  $3,15 \cdot 10^7$  s) is  $E_{\text{in}} = 8,34 \cdot 10^8 \text{ J} \cdot 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} = 2,63 \cdot 10^{16}$  J  
 rendement =  $W_{\text{uit}}/E_{\text{in}} \cdot 100\% = 2,2 \cdot 10^{16} \text{ J} / 2,63 \cdot 10^{16} \text{ J} \cdot 100\% = \underline{\underline{84\%}}$
- d. Geg.:  $m = 90 \cdot 10^3$  kg,  $s = 10,0$  m,  $v$  is constant  
 Gevr.: W  
 Opl.: Omdat  $v = \text{constant}$  is  $F_{\text{motor}} = F_z + F_w$  en  $F_z = m \cdot g = 90 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 8,83 \cdot 10^5$  N  
 $F_{\text{motor}} = 8,83 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^4 = 8,93 \cdot 10^5$   
 $W = F \cdot s = 8,93 \cdot 10^5 \cdot 10,0 = \underline{\underline{8,93 \cdot 10^6 \text{ J}}}$
- e. Geg.:  $F_{\text{motor}} = 8,93 \cdot 10^5$  N en  $v = 0,010$  m/s  
 Gevr.: P  
 Opl.:  $P = F \cdot v = 8,93 \cdot 10^5 \cdot 0,010 = \underline{\underline{8,93 \cdot 10^3 \text{ W}}}$   
**N.B.:** Het kan ook met  $P = W/t$ . Je moet dan eerst  $t$  berekenen:  $s = v \cdot t$  dus  $t = s/v = 10/0,010 = 1000$  s.  
 $P = W/t = 8,93 \cdot 10^6 \text{ J} / 1000 \text{ s} = \underline{\underline{8,93 \cdot 10^3 \text{ W}}}$

**Opgave 2 Vuurtoren** Natuurkunde N1 Havo 2001-II opgave 3

- 3.10 - Er komt een evenwijdige bundel uit de lens. De lamp staat dus in het brandpunt.  
 - Opmeten van lamp tot optisch midden: dat is 3,9 cm. *Let op! Bij het printen kan het formaat wat afwijken waardoor de afstand aardig kan afwijken van 3,9 cm!*  
 - In werkelijkheid is  $f = 20 \cdot 3,9 = \mathbf{78 \text{ cm}}$

- 3.11 Geg.:  $R = 1,6 \Omega$ ,  
 $d = 0,35 \text{ mm} = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ,  
 wolfram dus soortelijke weerstand  $\rho = 55 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$

Gevr.: L

Opl.: BINAS:  $R = \rho L/A$ .

Je hebt dus nog de doorsnede A van de ronde draad nodig:

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot (0,175 \cdot 10^{-3})^2 = 9,62 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

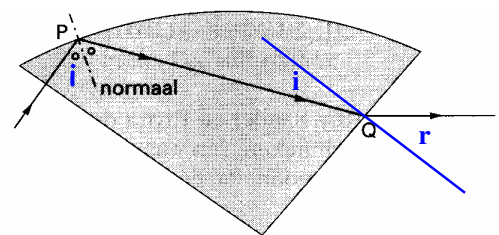
R,  $\rho$  en A invullen in de formule levert op:  $L = \mathbf{2,8 \text{ m}}$

- 3.12 Zie figuur 8:

In Q wordt de straal gebroken dus daar kun je de brekingswet van Snellius toepassen:

- normaal teken en opmeten:  $i = 26^\circ$  en  $r = 41^\circ$ .
- $\sin i / \sin r = n \rightarrow \sin 26 / \sin 41 = n \rightarrow n = 0,667$ . Maar dat is van glas naar lucht!
- $n(\text{glas}) = n(\text{lucht naar glas}) = 1/0,667 = \mathbf{1,5}$

figuur 8



- 3.13  $\sin g = 1/n = 1/1,5 = 0,667 \rightarrow g = 41,8^\circ$   
 Opmeten punt P in figuur 8:  $i = 61^\circ$   
 Conclusie:  $i > g$  dus er treedt **totale reflectie** op.



**Opgave 3 Kerstboomverlichting** N1 2004-II Opgave 2

- 2.6 Uit aanwijzing 1 blijkt dat de lampjes in serie geschakeld zijn:  
*Wanneer er één los zit, werkt de verlichting niet.*
- 2.7 Geg.:  $U = 230 \text{ V}$  (50 lampjes)  
 $P = 35 \text{ W}$  (50 lampjes)  
 Gevr.: R  
 Opl.: **Methode 1:**  
 Kijk in BINAS welke formule het verband tussen U, P en R weergeeft.  
 Dat is  $P = U^2/R \rightarrow 35 = 230^2/R \rightarrow R = \underline{30 \Omega}$   
**Methode 2:**  
 $P = U \cdot I \rightarrow 35 = 230 \cdot I \rightarrow I = 0,152 \text{ A}$   
 $U = I \cdot R \rightarrow 230 = 0,152 \cdot R \rightarrow R = \underline{30 \Omega}$   
 Opl.: **Methode 3:**  
 Pas de formules toe op één van de 50 lampjes:  
 $U_1 = 230/50 = 4,6 \text{ V}$   
 $P_1 = 35/50 = 0,7 \text{ W}$   
 Kijk in BINAS welke formule het verband tussen U, P en R weergeeft.  
 $P = U \cdot I \rightarrow 0,7 = 4,6 \cdot I \rightarrow I = 0,152 \text{ A}$   
 $U = I \cdot R \rightarrow 4,6 = 0,152 \cdot R \rightarrow R = \underline{30 \Omega}$   
 Opl.: **Methode 4:**  
 Pas de formules toe op één van de 50 lampjes:  
 $U_1 = 230/50 = 4,6 \text{ V}$   
 $P_1 = 35/50 = 0,7 \text{ W}$   
 Kijk in BINAS welke formule het verband tussen U, P en R weergeeft.  
 Dat is  $P = U^2/R \rightarrow 0,7 = 4,6^2/R \rightarrow R = \underline{30 \Omega}$
- 2.8 Geg.:  $P = 35 \text{ W} = 0,035 \text{ kW}$   
 $t = 98 \text{ h}$   
 Gevr.: E (Het aantal kWh)  
 Opl.:  $E = P \cdot t = 0,035 \text{ kW} \times 98 \text{ h} = 3,43 \text{ kWh}$   
 Dat kost  $3,43 \cdot \text{€ } 0,22 = \underline{\text{€ } 0,75}$ .
- 2.9 De stroom is 0 A want de stroomkring is verbroken.  
 De spanning over lampje 1:  $U_1 = I \cdot R_1 = 0 \cdot 30 = 0 \text{ V}$   
 Over elk lampje staat 0 V en de totale spanning is 230 V.  
 Conclusie: De spanning over de fitting is **230 V**.
- 2.10 Er zijn nu 49 i.p.v. 50 lampjes in serie. De vervangingsweerstand (totale weerstand) wordt minder.  
 De totale spanning blijft 230 V, de weerstand wordt minder dus de **stroomsterkte wordt groter** ( $I = U/R_v$ )

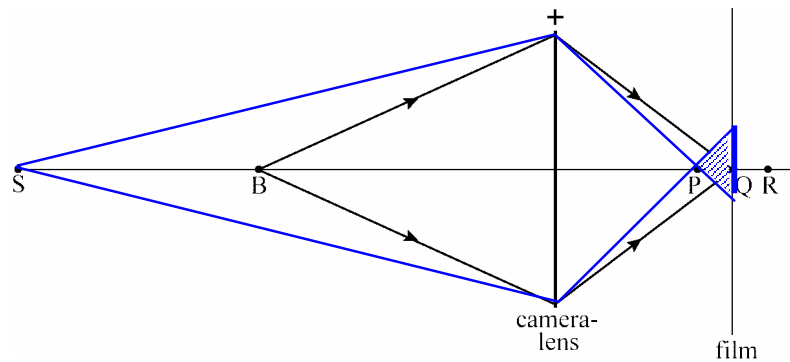
**Opgave 4 Fotograferen** Havo Na1,2 2007-I opgave 22.5 Geg.:  $v = 63$  cm $f = 7,0$  cmGevr.:  $b$ Opl.:  $1/b + 1/v = 1/f \rightarrow 1/b + 1/63 = 1/7,0 \rightarrow \mathbf{b = 7,9$  cm2.6 1. Hoe groter  $v$  des te kleiner wordt  $b$ .

S ligt verder van de lens dan B dus het beeld van S ligt dichterbij de lens

 $\rightarrow$  P is het beeld van S

2. De bundel is getekend in figuur hier onder. Tussen de blauwe lijnen moet het gearceerd worden!

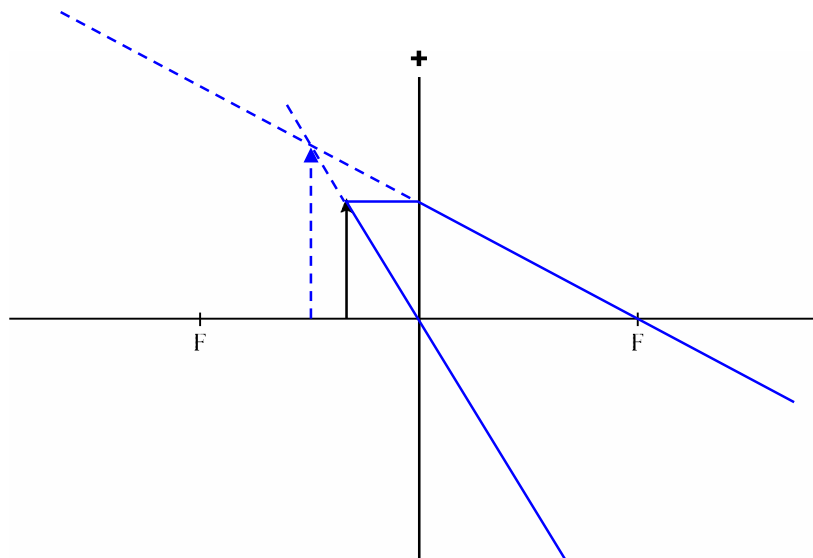
3. Op het scherm ontstaat een vlek (aangegeven met de blauwe streep op het scherm)



2.7 - Gebruik twee van de drie constructiestralen

- Verleng de stralen die uit de lens komen naar links (stippelen)

- Het snijpunt is het (virtuele) beeld.



- 2.8 Vergroting volgens figuur 4:  
Meet de breedte van het voorwerp (filmpje) op: 22 mm  
Meet breedte van het beeld op (wat je in de lens ziet): 33 mm  
De vergroting =  $33/22 = \underline{1,5}$

Vergroting volgens de constructie:

Methode 1:

Meet op het antwoordblad de hoogte van het voorwerp op: 15 mm en de hoogte van het beeld: 23 mm.

De vergroting =  $23/15 = 1,53 = \underline{1,5}$

Methode 2:

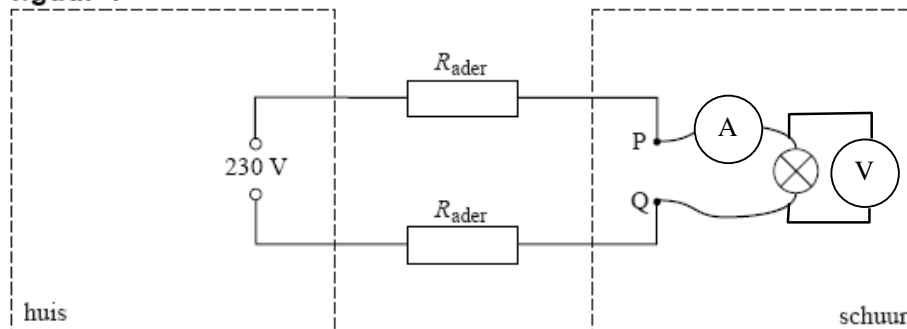
Meet op:  $v = 9,5$  mm en  $b = (-)14$ mm want virtueel.

Vergroting  $N = |b/v| = 14/9,5 = 1,47 = \underline{1,5}$

Conclusie: beide waarden komen overeen.

**Opgave 5 Stopcontact in schuur** Na1 2008-I opgave 33.11 *amperemeter in serie, voltmeter parrallel aan de lamp.*

figuur 4

3.12 Methode 1:

De kachel K heeft de grootste stroom en de kleinste spanning.  $R = U/I$  dus **K heeft de kleinste weerstand.**

Methode 2:

Bereken R voor elk van de apparaten:

K:  $R = U/I = 190/7,8 = 24 \Omega$  en L:  $R = U/I = 230/0,2 = 1150 \Omega$

**Dus K heeft de kleinste weerstand.**

3.13 Methode 1:

Ader 1, het apparaat en ader 2 zijn *in serie* aangesloten op 230 V.

Aflezen in de grafiek: Als  $I = 10 \text{ A}$  dan is  $U = 180 \text{ V}$

In serie geldt  $U = U_{\text{ader1}} + U_{\text{apparaat}} + U_{\text{ader2}}$  dus  $U_{\text{aders}} = 230 - 180 = 50 \text{ V}$

en  $U_{\text{ader1}} = U_{\text{ader2}} = 25 \text{ V}$ .

$R_{\text{ader1}} = U_{\text{ader1}}/I = 25/10 = \underline{\underline{2,5 \Omega}}$ .

Methode 2:

$R_v = U/I = 230/10 = 23 \Omega$ .

$R_{\text{apparaat}} = U_{\text{apparaat}}/I = 180/10 = 18 \Omega$ .

De aders hebben een weerstand van  $23 - 8 = 5 \Omega$ .

Omdat de aders hetzelfde zijn heeft elke ader een weerstand van **2,5 Ω**.

3.14  $R_{\text{ader1}}$  moet kleiner worden dus zijn doorsnede moet groter worden.

Dus de kabel moet **dikker** zijn.

----- Einde uitwerkingen -----