

**Doorgestreepte vraagnummers (Bijvoorbeeld opgave 2 vraag 7) zijn niet van toepassing.**

**Opgave 2 Aardwarmte N2-2002-I -----**

Hoe dieper je de aarde ingaat, hoe hoger de temperatuur wordt. Deze temperatuurstijging in de aardbodem wordt vooral veroorzaakt door energie die vrijkomt bij het verval van radioactieve stoffen. Eén van de stoffen die vervalt is  $^{238}\text{U}$ .

3p ~~7~~ Geef de vervalreactie van  $^{238}\text{U}$ .

Er is studie verricht naar de bruikbaarheid van aardwarmte voor het verwarmen van kassen in het Westland. Op een diepte van 2,3 km bevindt zich daar water met een temperatuur van 89 °C. De temperatuur aan het aardoppervlak is in het Westland gemiddeld 8,1 °C.

2p **8** Bereken de gemiddelde temperatuurstijging per meter diepte in het Westland.

Door het warme water op te pompen en af te koelen komt warmte vrij.

3p **9** Bereken hoeveel warmte vrijkomt als  $1,0 \cdot 10^3$  kg water afkoelt van 89 °C tot 8,1 °C.

Er is echter ook energie nodig om het water omhoog te pompen.

3p ~~10~~ Bereken de energie die minstens nodig is om  $1,0 \cdot 10^3$  kg water 2,3 km omhoog te pompen.

De studie heeft opgeleverd dat met het verwarmen van 40 hectare tuinbouwkassen door aardwarmte per jaar  $7,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> aardgas kan worden bespaard.

2p **11** Noem twee argumenten waarom aardwarmte de voorkeur heeft boven het verbranden van aardgas.

**Opgave 5 Woonhuisverwarming 1992-I -----**

Een vrijstaand huis is opgetrokken uit muren en vloeren van beton. In het huis is  $1,2 \cdot 10^5$  kg beton verwerkt.

Om de betonnen muren is een 'isolatiedeken' aangebracht, waarna de buitenmuren van baksteen zijn gemetseld. In het huis bevindt zich 400 m<sup>3</sup> lucht.

Op een zeker moment is de temperatuur van die lucht en van het beton 8,0 °C. Dan wordt de verwarming ingeschakeld. Men wil de temperatuur van de lucht in het huis laten stijgen tot 20,0 °C.

De gemiddelde temperatuur van het beton is dan 15,0 °C. De soortelijke warmte van het beton is  $0,90 \cdot 10^3$  J/(kg·°C), die van de lucht is  $1,0 \cdot 10^3$  J/(kg·°C).

4p **12** Toon door berekening aan dat het veel meer warmte kost om het beton te verwarmen dan om de lucht te verwarmen.

Een woning die op de gewenste temperatuur is, kan men op temperatuur houden door de

warmteverliezen via de ramen, de muren en het dak te compenseren door het huis te verwarmen.

Om met deze warmteverliezen te kunnen rekenen, heeft men de warmtedoorgangscoefficiënt  $K$  ingevoerd. Deze  $K$  geeft aan hoeveel warmte er per seconde door een oppervlakte van 1 m<sup>2</sup> verdwijnt bij een temperatuurverschil van 1 °C. De eenheid van  $K$  is W/(m<sup>2</sup>·°C). (Informatie aangepast Tn)

De oppervlakte van de muren is 114 m<sup>2</sup>.

De  $K$ -waarde voor deze muren is  $0,80$  W/(m<sup>2</sup>·°C).

Een stookseizoen duurt in Nederland 250 dagen. Gedurende het stookseizoen is het temperatuurverschil tussen binnen en buiten gemiddeld 13,0 °C.

4p **13** Bereken de warmte die in een stookseizoen door de muren naar buiten gaat.

De totale warmteverliezen zijn in een stookseizoen  $5,6 \cdot 10^{10}$  J.

De ketel van de c.v. wordt gestookt met aardgas. Bij de verbranding van 1,0 m<sup>3</sup> aardgas komt een warmte vrij van 35 MJ.

Het nuttig effect (rendement) van de ketel is 90%.

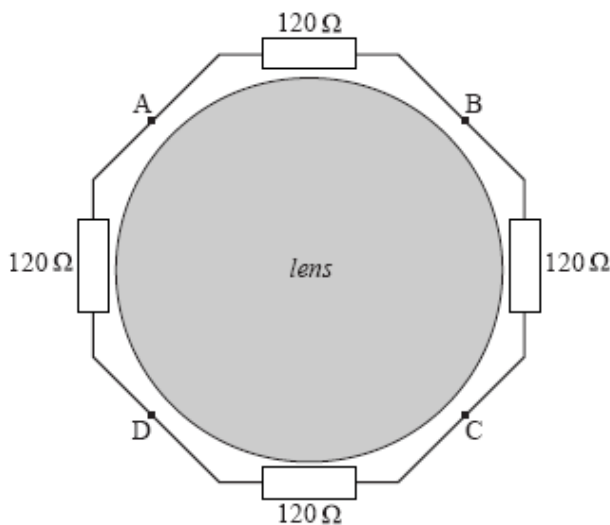
- 3p **14** Bereken hoeveel  $\text{m}^3$  aardgas er per stookseizoen nodig is voor verwarming.
- 3p **15** Bereken hoeveel procent aardgas er bespaard had kunnen worden als de thermostaat tijdens het hele stookseizoen  $1,0^\circ\text{C}$  lager was gezet.

**Opgave 4 Lensverwarming N1,2 2008-I** -----

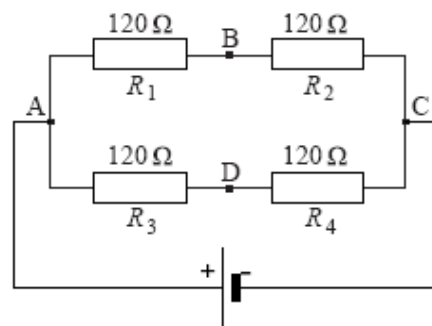
Op de school van Sophie zijn bewakingscamera's aangebracht. Tijdens koude nachten kan de lens van zo'n camera beslaan. Om dat te voorkomen, heeft Sophie een verwarmingselement bedacht.

Dit element bestaat uit vier gelijke weerstanden van  $120\ \Omega$  die langs de omtrek van de cameralens zijn gelegd. In figuur 8 is daarvan een vooraanzicht getekend. Sophie sluit een spanningsbron aan op de punten A en C. Daardoor ontstaat een combinatie van een serie- en parallelschakeling zoals in figuur 9 schematisch is getekend.

**figuur 8**



**figuur 9**



- 3p **14** Toon aan dat de vervangingsweerstand van deze schakeling gelijk is aan  $120\ \Omega$ .

- 2p **15** Wordt in elke weerstand per seconde evenveel warmte ontwikkeld? Licht je antwoord toe.

Sophie stelt de spanningsbron zo in dat de weerstanden samen per seconde  $1,6\ \text{J}$  warmte ontwikkelen. De spanningsbron levert dan dus een vermogen van  $1,6\ \text{W}$ .

- 3p **16** Bereken de spanning die zij daarvoor moet instellen.

Als het verwarmingselement er voor zorgt dat de lens tijdens een koude nacht op kamertemperatuur blijft, zal de lens niet beslaan.

Om te controleren of de spanning over het verwarmingselement goed is ingesteld, legt Sophie de lens zonder verwarmingselement in de koude buitenlucht. In  $1,5$  minuut daalt de temperatuur van de lens van  $20,0^\circ\text{C}$  naar  $19,0^\circ\text{C}$ . De warmtecapaciteit van de lens is  $190\ \text{J}/^\circ\text{C}$ .

- 4p **17** Ga met een berekening na of het verwarmingselement tijdens zo'n nacht de temperatuur van de lens op  $20^\circ\text{C}$  kan houden.

Op een bepaald moment raakt het contactpunt B los. Daardoor wordt de verbinding tussen de weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  verbroken. Zie nogmaals figuur 9. De spanning tussen de punten A en C blijft gelijk.

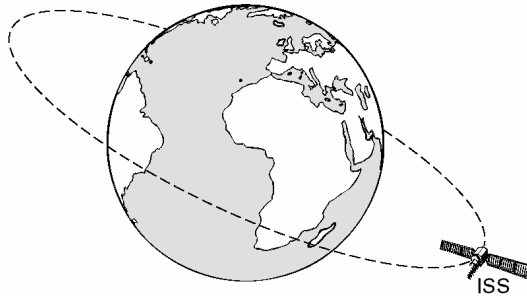
Op de uitwerkbijlage staat een tabel.

- 4p **48** Kruis in de tabel op de uitwerkbijlage aan wat er met de warmteontwikkeling per seconde ( $P$ ) in elk van de vier weerstanden gebeurt.

**Opgave 3 ISS N2-2004-II** -----

Het International Space Station (ISS) is een ruimtestation dat 400 km boven de evenaar om de aarde cirkelt. In figuur 4 zijn de aarde, het ruimtestation en de cirkelbaan (niet op schaal) getekend.

figuur 4



De snelheid waarmee ISS de cirkelbaan doorloopt, is  $7,67 \cdot 10^3$  m/s.  
Het middelpunt van de aarde valt samen met het middelpunt van de cirkelbaan.

4p **9**

Bereken de tijd die het ISS over één omloop doet. Gebruik tabel 31 van Binas.

Het ruimtestation heeft zonnepanelen voor de energievoorziening.  
Het rendement van de zonnepanelen is 25%.

Op 400 km hoogte heeft de zonnestraling een intensiteit van  $1,4 \text{ kW/m}^2$ .

De apparatuur in het ruimtestation heeft een elektrisch vermogen nodig van 110 kW.

3p **10**

Bereken de (minimale) grootte van het oppervlak van de zonnepanelen.

Op 400 km hoogte is de dichtheid van de atmosfeer heel klein. Daarom ondervindt het ISS een kleine wrijvingskracht. Door een kleine voortstuwingskracht op het ISS uit te oefenen, zorgt men er voor dat de baansnelheid van het ISS constant blijft.

2p **11**

Moet de voortstuwingskracht groter of kleiner zijn dan de wrijvingskracht of even groot zijn? Licht je antwoord toe.

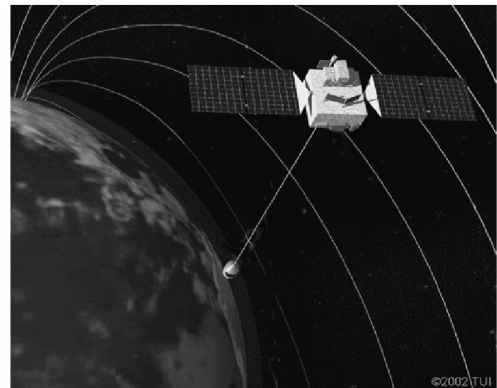
Een Amerikaans bedrijf heeft een plan bedacht waarbij de lorentzkracht als voortstuwingskracht dient.

In dit plan zorgen een lange stroomkabel die aan het ISS hangt en het magnetveld van de aarde voor de lorentzkracht. Zie figuur 5.

Om de juiste stroomsterkte in de kabel te krijgen, moet deze een weerstand hebben van  $45 \Omega$ . De afmetingen en het materiaal van de kabel zijn daarom op elkaar afgestemd.

De afmetingen zijn: lengte 10 km, oppervlakte van de doorsnede  $6,0 \text{ mm}^2$ .

figuur 5



4p **12**

Laat met een berekening zien van welk materiaal de kabel gemaakt wordt.

Om de snelheid van de satelliet constant te houden, moet de Lorentzkracht op de kabel  $0,50 \text{ N}$  bedragen. Het magneetveld van de aarde staat loodrecht op de kabel en heeft op deze hoogte een (gemiddelde) sterkte van  $8,5 \mu\text{T}$ .

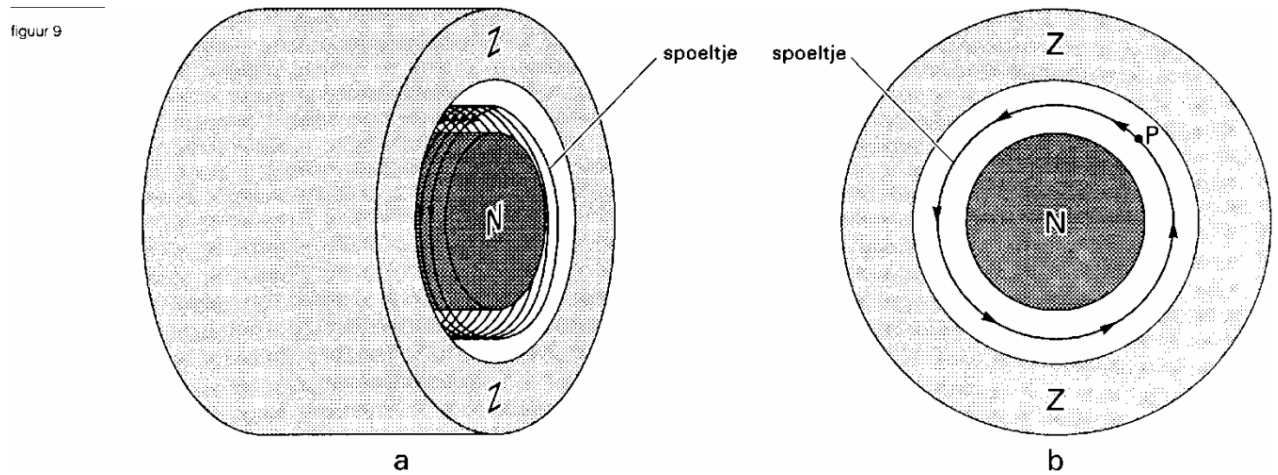
3p **13** Bereken de stroomsterkte die door de kabel moet lopen.

**Opgave 7 Luidspreker 1997-I** -----

In een luidspreker bevindt zich een spoeltje in het veld van een ringmagneet. Zie figuur 9.

Figuur 9b is een vooraanzicht van dit deel van de luidspreker.

Het spoeltje beweegt heen en weer als er een wisselstroom doorheen loopt.



Op een zeker moment loopt de stroom door het spoeltje zoals in figuur 9b met pijltjes is aangegeven. Hierdoor ondervindt het spoeltje een kracht.

3p **20** Bereken of die kracht in punt P van figuur 9b het papier uit of het papier in is gericht.

Het spoeltje heeft 65 windingen. De diameter van het spoeltje is  $2,6 \text{ cm}$ . Op de plaats van het spoeltje heeft het magneetveld een sterkte (magnetische inductie) van  $1,24 \text{ T}$ . Op een zeker moment ondervindt het spoeltje een kracht van  $7,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ .

4p **21** Bereken de sterkte van de stroom die dan door het spoeltje loopt.

----- *Einde opgaven* -----

Uitwerkingen:

**Opgave 2 Aardwarmte N2-2002-I** -----

- 2p **8**  $(89-8,1)/2300 = 0,035 \text{ } ^\circ\text{C/m}$ .
- 3p **9** Geg.:  $m = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$ ,  $\Delta T = 80,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$  (soortelijke warmte water uit BINAS)  
Gevr.: Warmteenergie  $Q$   
Opl.:  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 3,38 \cdot 10^8 = 3,4 \cdot 10^8 \text{ J}$ .
- 2p **11** Aardwarmte raakt niet op (aardgas wel)  
Bij aardwarmte ontstaat geen  $\text{CO}_2$  wat slecht is voor het milieu (broeikasgas)

**Opgave 5 Woonhuisverwarming 1992-I** -----

- 4p **12** **Beton:**  
Geg.:  $m = 1,2 \cdot 10^5 \text{ kg}$ ,  $c = 0,90 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ ,  $\Delta T = 15,0 - 8,0 = 7,0 \text{ } ^\circ\text{C}$   
Gevr.:  $Q$   
Opl.:  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 7,7 \cdot 10^8 \text{ J}$   
**Lucht:**  
Geg.:  $V = 400 \text{ m}^3$ ,  $c = 1,0 \cdot 10^3 \text{ J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$ ,  $\Delta T = 20,0 - 8,0 = 12,0 \text{ } ^\circ\text{C}$   
Gevr.:  $Q$   
Opl.: Eerst de massa van de lucht berekenen:  
BINAS: dichtheid lucht is  $1,295 \text{ kg/m}^3$  dus  $400 \text{ m}^3$  is  $400 \cdot 1,295 = 518 \text{ kg}$   
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 518 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \cdot 12 = 6,2 \cdot 10^6 \text{ J}$
- 4p **13** Geg: Als  $\Delta T = 1^\circ\text{C}$  en oppervlakte =  $1 \text{ m}^2$  dan is het verlies  $0,80 \text{ W}$   
oppervlakte =  $114 \text{ m}^2$   
 $\Delta T = 13,0 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $t = 250 \text{ dagen} = 250 \cdot 24 \cdot 3600 = 2,16 \cdot 10^7 \text{ s}$   
Gevr.: Warmteverlies  $Q$  of  $E$   
Opl.: Bij een opp. van  $1 \text{ m}^2$  en een temperatuurverschil van  $1 \text{ K}$  is het vermogensverlies  $0,80 \text{ W}$ .  
Bij een opp. van  $114 \text{ m}^2$  en een temperatuurverschil van  $13,0 \text{ K}$  is het vermogensverlies dus  
 $114 \cdot 13 \cdot 0,80 = 1186 \text{ W}$  (Dat is  $P_{\text{verlies}}$ )  
 $E = P \cdot t = 1186 \cdot 2,16 \cdot 10^7 = \underline{2,6 \cdot 10^{10} \text{ J}}$
- 3p **14**  $1 \text{ m}^3$  aardgas levert  $35 \text{ MJ}$  waarvan  $90\%$  nuttig (bruikbaar) is dus  $31,5 \text{ MJ} = 31,5 \cdot 10^6 \text{ J}$   
Je hebt nodig  $5,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$   
Hoeveelheid gas =  $5,6 \cdot 10^{10} / 31,5 \cdot 10^6 = 1778 = \underline{1,8 \cdot 10^3 \text{ m}^3}$
- 3p **15** Het temperatuurverschil was  $13,0 \text{ } ^\circ\text{C}$  en wordt  $12,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .  
Het verlies neemt af met  $1,0/13,0 \cdot 100\% = 7,7 \%$

**Opgave 4 Lensverwarming N1,2 2008-I** -----

- 4p **17** Geg.:  $C = 190 \text{ J/K}$ ,  $\Delta T = 20,0 - 19,0 = 1,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t = 1,5 \text{ min} = 90 \text{ s}$ ,  $P_{\text{in}} = 1,6 \text{ W}$   
Gevr.:  $P_{\text{verlies}}$   
Opl.:  $Q = C \cdot \Delta T = 190 \text{ J}$   
 $P = E/t$  of  $Q/t = 2,1 \text{ W}$   
Conclusie:  $P_{\text{in}}$  is kleiner dan  $P_{\text{verlies}}$  dus de lens kan niet op temperatuur gehouden worden.

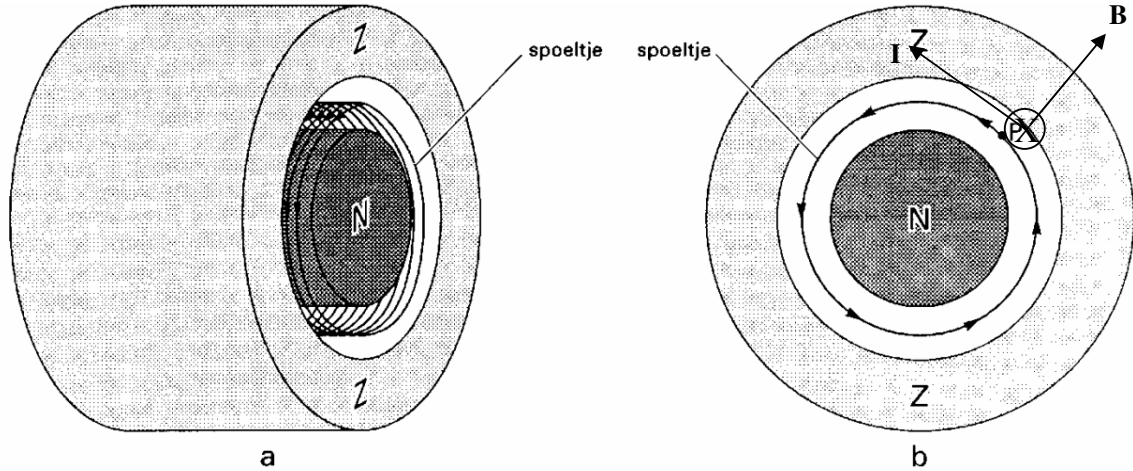
**Opgave 3 ISS N2-2004-II** -----

3p **10**  $1 \text{ m}^2$  zonnecel ontvangt  $1,4 \text{ kW}$ .  
 $25\%$  wordt omgezet in elektrische energie, dat is  $0,25 \cdot 1,4 = 0,35 \text{ kW}$   
 Je hebt nodig:  $110 \text{ kW}$ , dat wordt geleverd door  $110/0,35 = 314 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ m}^2$

3p **13** Geg.:  $l = 10 \text{ km} = 10 \cdot 10^3 \text{ m}$ ,  $F_L = 0,50 \text{ N}$ ,  $B = 8,5 \mu\text{T} = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}$  (voorvoegsels staan in BINAS)  
 Gevr.:  $I$   
 Opl.:  $F_L = B \cdot I \cdot l$  dus  $I = 5,88 = 5,9 \text{ A}$

**Opgave 7 Luidspreker 1997-I** -----

figuur 9



3p **20** 1.  $I$  tekenen  
 2.  $B$  tekenen (van  $N$  naar  $Z$ )  
 3. Lorentzkracht tekenen (linker hand gebruiken)  
 Deze is het papier in. Je kunt een kruisje tekenen in  $P$ :  $\otimes$

4p **21** Geg.:  $r = 2,6/2 = 1,3 \text{ cm} = 0,013 \text{ m}$   
 $B = 1,24 \text{ T}$   
 65 windingen  
 $F_L = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$   
 Gevr.:  $I$   
 Opl.:  $F_L = BIl$  toepassen.  
 Eerst lengte  $l$  nog berekenen: 1 winding:  $l = 2\pi r = 0,0817$   
 65 windingen:  $l = 5,31 \text{ m}$   
 Uitkomst:  $I = 0,012 \text{ A}$