



H4 oefentoets eigenschappen van stoffen

Natuurkunde (Erasmiaans Gymnasium)



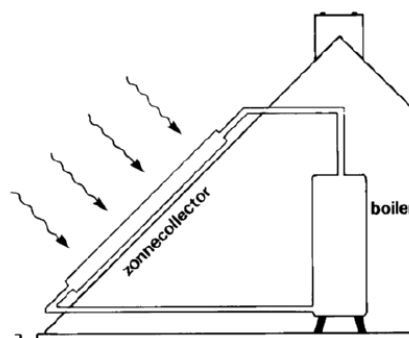
Scannen om te openen op Studeersnel

Opgave 1 Zonnecollector

Op het dak van een huis bevindt zich een zonnecollector. Hiermee wordt water uit een boiler verwarmd. Het warmtetransport in het systeem vindt plaats ten gevolge van het stromen van het water. **figuur 1**

- 2p **1** Geef in de tekening op de bijlage met pijlen de stroomrichting van het water aan.

Op een bepaalde dag wordt gestart met 80 L koud water met een temperatuur van 15°C in collector en boiler. De zon schijnt die dag 5,5 h waarbij met een gemiddeld vermogen van 700 W warmte aan het water wordt overgedragen.



- 3p **2** Bereken de eindtemperatuur van het water in de boiler.

Opgave 2 IJzeren ring

Een ring kan enorm stevig om een cilinder vastgemaakt worden. Hiervoor neem je een ring met een binnendiameter die kleiner is dan de diameter van de cilinder. Vervolgens verwarm je de ring zodat deze uitzet. De ring past dan om de cilinder heen en na afkoelen klemt hij zich vast. Op deze manier werden vroeger bijvoorbeeld ijzeren "banden" om treinwielen heen gelegd.

We hebben bij 20°C een ijzeren ring met een binnendiameter van 10,0 cm. Deze moet om een koperen cilinder met een diameter van 10,1 cm worden geschoven.

- 3p **3** Bereken de temperatuur waartoe we de ring tenminste moeten verwarmen om deze rond de koperen cilinder te kunnen schuiven.
- 2p **4** Leg uit dat er geen gevaar is dat de ring bij een temperatuurstijging weer van de cilinder afglijdt.

Een ijzeren staaf met een lengte van 10,0 cm kan worden uitgerekt tot 10,1 cm door hem te verwarmen, maar ook door er spanning op te zetten

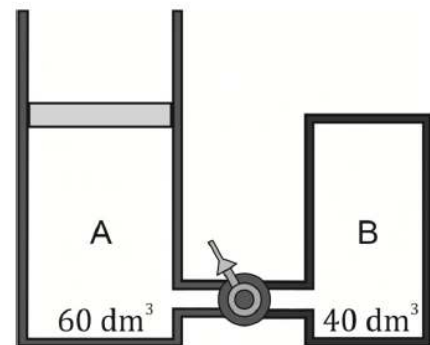
- 2p **5** Bereken de spanning die nodig is om een ijzeren staaf op te rekken van 10 cm naar 10,1 cm lengte.

Opgave 3 Ideaal gas

Twee vaten A en B zijn door een nauwe buis met elkaar verbonden. De kraan in deze buis staat open. In de vaten is 5,00 mol lucht afgesloten: 3,00 mol in vat A en 2,00 mol in vat B. Je mag lucht beschouwen als een ideaal gas.

De manometer wijst een druk van 1,25 bar aan. De druk van de buitenlucht is 1,00 bar. De druk door het gewicht van de zuiger kan verwaarloosd worden. De temperatuur mag over de hele opgave als constant worden beschouwd.

figuur 2



2p **6** Leg uit dat de zuiger moet zijn vastgezet.

De kraan wordt dichtgedraaid. Hierna wordt ervoor gezorgd dat de zuiger vrij kan bewegen.

3p **7** Bereken het volume dat de afgesloten lucht in vat A gaat innemen.

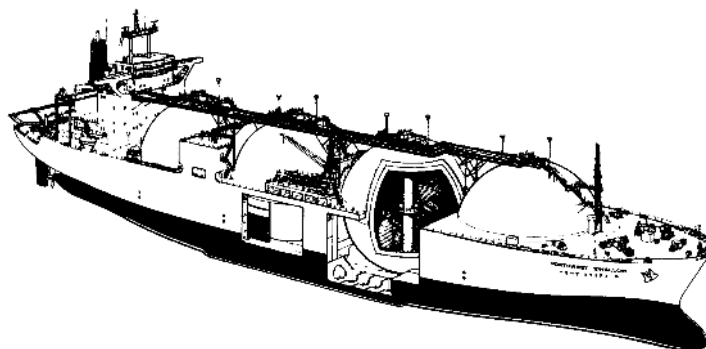
Vervolgens wordt de kraan opengedraaid.

3p **8** Bereken hoeveel mol lucht door de verbindingbuis stroomt.

Opgave 4 LNG

Aardgas kan in vloeibaar gemaakte form (LNG = liquid natural gas) in speciaal daarvoor ontworpen tankers verscheept worden. De tanker, afgebeeld in onderstaande figuur, heeft vier **bolvormige** tanks met elk een **diameter** van 39 m.

figuur 3



De temperatuur in de tanks is $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$, rond het kookpunt van LNG. Hoewel een tank goed geïsoleerd is met glaswol en steenwol als isolatiemateriaal, lekt een warmtestroom van 93 kW vanuit de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ warme buitenlucht door de isolatielaag de tank in.

4p **9** Bereken de dikte van de isolatielaag.

Om te voorkomen dat de temperatuur stijgt laat men een hoeveelheid LNG verdampen. Het vrijge-

komen gas gebruikt men ondermeer als brandstof voor de scheepsmotoren.

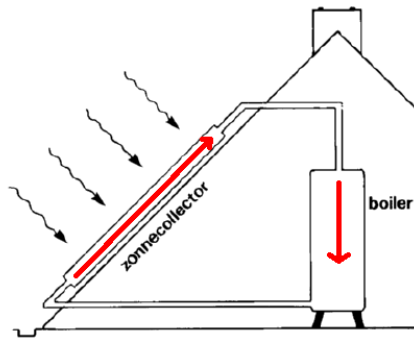
- 2p **10** Leg uit waarom de temperatuur niet stijgt als de warmtestroom gebruikt wordt om LNG te verdampen.

Het aantal kubieke meters aan LNG dat per dag verdampt moet worden wordt de "boil off rate" genoemd. Voor LNG mag je de gegevens van methaan gebruiken. De dichtheid van LNG is, bij de in de tanks heersende temperatuur, 423 kg/m^3 .

- 3p **11** Bereken de "boil off rate" per tank.

Opgave 1 Zonnecollector

1 maximum score 2



- Pijlen in de juiste richting

2

2 maximum score 3

De warmte die op de dag door het water is opgenomen is

$$Q = P t = 700 \text{ W} \times 5,5 \text{ h} = 1,4 \cdot 10^7 \text{ J}.$$

De soortelijke warmte van water is $4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg K)}$ (Binas), en de massa aan water is

$$m = \rho V = 0,998 \text{ kg/L} \times 80 \text{ L} = 80 \text{ kg}.$$

Dus verandert de temperatuur van het water met

$$\Delta T = \frac{Q}{c m} = \frac{1,4 \cdot 10^7 \text{ J}}{4,18 \cdot 10^3 \text{ J/(kg K)} \times 80 \text{ kg}} = 42 \text{ K}.$$

De temperatuur van het water bij zonsondergang is dus $T = T_0 + \Delta T = 15^\circ\text{C} + 42^\circ\text{C} = 57^\circ\text{C}$.

- gebruik van $Q = P t$ 1
- gebruik van $Q = c m \Delta T$ 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 2 IJzeren ring

3 maximum score 3

Nu is de diameter $l = 10,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ en de oorspronkelijke diameter $l_0 = 10,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, en de lineaire uitzettingscoëfficiënt van ijzer is $11,7 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ en dus kan de temperatuurverandering Δt uitgerekend worden met

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta t) \quad \Rightarrow \quad \Delta T = \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta l}{l_0} = 855 \text{ }^\circ\text{C}.$$

De temperatuur was $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dus het antwoord is dat we tot $875 \text{ }^\circ\text{C}$ moeten verwarmen.

- gebruik van $l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$ 1
- opzoeken lineaire uitzettingscoëfficiënt van ijzer 1
- completeren van de berekening 1

4 maximum score 2

De lineaire uitzettingscoëfficiënt van koper is $16,8 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ dus het koper zal meer uitzetten bij een temperatuurstijging.

- inzicht dat koper meer uit zal zetten dan ijzer 1
- completeren van de uitleg 1

5 maximum score 2

De rek is

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = 0,01,$$

de elasticiteitsmodulus van ijzer is $E = 220 \cdot 10^9 \text{ Pa}$ en dus volgt voor de spanning

$$\sigma = E \epsilon = 220 \cdot 10^7 \text{ Pa}.$$

- gebruik $\sigma = E \epsilon$ 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 3 Ideaal gas

6 maximum score 2

Onder de zuiger is overdruk ten opzichte van de buitenlucht: de zuiger zou naar boven gaan bewegen als hij los zat onder een kracht

$$F = (\Delta p) A$$

met Δp het drukverschil en A de oppervlakte van de zuiger.

- inzicht dat de druk onder de zuiger groter is dan erboven 1
- completeren van de uitleg 1

7 maximum score 3

De hoeveelheid stof n en de temperatuur T zijn constant, dus volgt uit de algemene gaswet

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

met $p_1 = 1,25$ bar, $V_1 = 60 \text{ dm}^3$ en $p_2 = 1,00$ bar omdat de zuiger omhoog zal bewegen totdat drukevenwicht is bereikt. Er volgt $V_2 = 75 \text{ dm}^3$.

- inzicht dat n constant is en $p_2 = 1,00$ bar 1
- gebruik algemene gaswet 1
- completeren van de berekening 1

8 maximum score 3

Het volume V en de temperatuur T zijn constant, dus volgt uit de algemene gaswet

$$\frac{p_1}{n_1} = \frac{p_2}{n_2}$$

met $p_1 = 1,25$ bar, $n_1 = 2,00$ mol en $p_2 = 1,00$ bar omdat gas stroomt totdat drukevenwicht met cilinder A is bereikt. Er volgt $n_2 = 1,6$ mol en dus $\Delta n = 0,4$ mol.

- inzicht dat V constant is en $p_2 = 1,00$ bar 1
- gebruik algemene gaswet 1
- completeren van de berekening 1

Opgave 4 LNG

9 maximum score 4

De oppervlakte van de bolvormige tank met diameter 39 m en dus straal $r = 19,5$ m is

$$A = 4 \pi r^2 = 4,78 \cdot 10^3 \text{ m}^2.$$

De warmtegeleidingscoëfficiënt van glaswol en steenwol is $\lambda = 0,04 \text{ W/(m K)}$, het temperatuurverschil is $\Delta T = 181 \text{ K}$ en de warmtestroom is $P = 93 \cdot 10^3 \text{ W}$. De dikte van de laag kan dus berekend worden via

$$P = \lambda A \frac{\Delta T}{d} \quad \Rightarrow \quad d = \lambda A \frac{\Delta T}{P} = 0,37 \text{ m} = 37 \text{ cm}.$$

- gebruik van $A = 4 \pi r^2$ 1
- opzoeken van warmtegeleidingscoëfficiënt van glaswol en steenwol 1
- gebruik van $P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}$ 1
- completeren van de berekening 1

10 maximum score 2

De warmte wordt bij een faseovergang opgenomen als potentiële energie. De kinetische energie verandert dus niet en daarmee de temperatuur ook niet.

- inzicht dat bij een faseovergang opgenomen warmte omgezet wordt in potentiële energie 1
- completeren van de berekening 1

11 maximum score 3

De verdampingswarmte van methaan is $r_v = 0,51 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$. Per dag wordt een warmte

$$Q = P t = 93 \text{ kW} \times 1 \text{ d} = 8,0 \cdot 10^9 \text{ J},$$

waarbij een dag 86 400 s is (Binas tabel 5). De massa aan methaan die dus verdampst is

$$m = \frac{Q}{r_v} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ kg}.$$

Het volume aan LNG is met de dichtheid van LNG $\rho = 423 \text{ kg/m}^3$

$$V = \frac{m}{\rho} = 37 \text{ m}^3.$$

- gebruik van $Q = P t$ met $t = 1 \text{ d}$ 1
- gebruik van $Q = r_v m$ 1
- completeren van de berekening 1