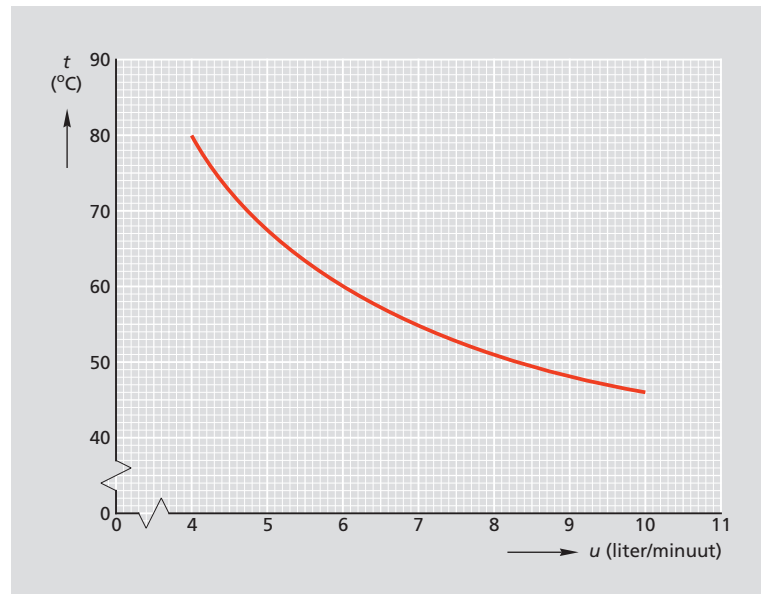


Oefenopgaven bij hoofdstuk 2

Opgave 1

Een geiser is een warmwaterinstallatie, waarin koud leidingwater wordt opgewarmd. Anneke meet de temperatuur van het uitstromende warme water. Deze temperatuur t hangt af van de hoeveelheid water u die per minuut uit de warmwaterkraan stroomt. In figuur 1 is het verband tussen t en u weergegeven.



Figuur 1

Anneke laat nu in 5,0 minuten 36 liter verwarmd water uit de kraan stromen. De temperatuur van dit warme water blijkt 43 °C hoger te zijn dan die van het koude leidingwater.

- Bepaal de temperatuur van het koude leidingwater. Geef de uitkomst in twee significante cijfers.
- Bereken de energie die het water in de warmwaterinstallatie in één seconde heeft opgenomen.

Opgave 2

Bij het vullen van een heteluchtballon wordt eerst lucht met een temperatuur van 20 °C in de ballon geblazen. Daarna gaan de branders aan en wordt de ballon met de lucht verwarmd tot 56 °C.

De warmtecapaciteit van de met lucht gevulde ballon is $6,0 \cdot 10^5 \text{ J/}^\circ\text{C}$.

- Bereken hoeveel warmte er nodig is om de ballon met de lucht te verwarmen tot 56 °C.

De branders werken op propaangas. Per minuut wordt er 59 dm^3 propaangas verbrand. De stookwaarde van propaangas is te vinden in tabel 28A van BINAS.

Het rendement van het verwarmen is 91%.

- Bereken hoeveel warmte het propaangas moet leveren.
- Bereken de tijd dat de branders aan staan.

Opgave 3

Nederland exporteert aardgas. Dit aardgas wordt getransporteerd via pijpleidingen. Een aantal andere landen die aardgas exporteren, Algerije bijvoorbeeld, kan zijn afzetgebied niet zo gemakkelijk per pijpleiding bereiken. Als zo'n land aan zee ligt, kiest het er vaak voor het aardgas eerst vloeibaar te maken. Dit vloeibaar gemaakte aardgas (LNG = Liquefied Natural Gas) wordt vervolgens in speciaal daarvoor ontworpen tankers vervoerd. De tanker die is afgebeeld in figuur 2 heeft vier bolvormige tanks met elk een inwendige diameter van 39 m. De tanker kan bijna honderdtwintigduizend kubieke meter LNG vervoeren.

Figuur 2



De temperatuur in de tanks is 112 K. Hoewel de tanks goed geïsoleerd zijn, vindt er toch warmte-uitwisseling met de omgeving plaats. Dit wordt veroorzaakt door het lekken van warmte van buiten naar binnen door de isolatielaag om de tanks. De grootte van het warmtelek wordt gegeven door de volgende formule:

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

- $\frac{dQ}{dt}$ is het warmtelek in J/s.
- λ is de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal in $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$.
- A is de grootte van het inwendige boloppervlak van een tank in m^2 .
- ΔT is het temperatuurverschil tussen binnen- en buitenkant van de isolatielaag in K.
- d is de dikte van de isolatie in m.

a Leg met de molecuultheorie uit hoe warmte door de isolatielaag kan lekken.

De isolatielaag bestaat uit glas- en steenwol. De warmtegeleidingscoëfficiënt hiervan bedraagt $0,041 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$. De temperatuur aan de buitenkant van de isolatielaag is gemiddeld 15°C . Het warmtelek per tank bedraagt 93 J/s.

b Bereken de dikte van de isolatielaag.

Om het warmtelek te compenseren, en zo te zorgen dat de temperatuur in de tanks constant blijft, laat men regelmatig LNG verdampen. Het vrijgekomen gas gebruikt men ondermeer als brandstof voor de scheepsmotoren. Het aantal kubieke meter LNG per etmaal dat zo verdampt, wordt de ‘boil-off rate’ genoemd.

Aardgas bestaat voornamelijk uit methaan. Voor berekeningen dienen de gegevens van methaan gebruikt te worden.

Voor het verdampen van vloeistof bij het kookpunt is per kilogram een hoeveelheid warmte nodig die in tabellenboeken te vinden is als de ‘verdampingswarmte’. De dichtheid van LNG is, bij de in de tanks heersende temperatuur, 423 kg/m^3 .

c Bereken de ‘boil-off rate’ per tank.