

- 14 De thermische weerstand R_{therm} is een maat voor de warmtegeleiding van een voorwerp. De thermische weerstand wordt bepaald door de dikte van het materiaal, de oppervlakte van het materiaal en de thermische geleidbaarheid. In formule:

$$R_{\text{therm}} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

- a Leid de eenheid van R_{therm} af.

Het verband tussen de warmtestroom P en de thermische weerstand is:

$$P = \frac{\Delta T}{R_{\text{therm}}}$$

- b Leid deze formule af.

Als je verschillende materialen tegen elkaar legt, mag je de thermische weerstanden bij elkaar optellen.

De ruit van het zolderraam in voorbeeld 3 wordt vervangen door dubbelglas gemaakt van gewoon glas. De dikte van de twee glasplaten is samen 6,0 mm en de ruimte ertussen is 12 mm. In die ruimte bevindt zich lucht. Binnen is het 12,4 °C, buiten -4,2 °C.

- c Toon aan dat de warmtestroom door het dubbelglas 31 W is.

De warmtestroom door het raam met enkel glas is $4,9 \cdot 10^3$ W. Met dubbelglas hoeft je minder Gronings aardgas te verbranden dan met enkel glas.

De verbrandingswarmte van Gronings aardgas vind je in BINAS tabel 28B.

- d Bereken hoeveel m³ Gronings aardgas je per uur minder hoeft te verbranden om de temperatuur op zolder op 12,4 °C te houden.

Opgave 14

- a De eenheid van R_{therm} leid je af met de eenheden van de andere grootheden in de formule voor de thermische weerstand.

$$[R_{\text{therm}}] = \frac{[d]}{[\lambda] \cdot [A]}$$

$$[d] = \text{m}$$

$$[\lambda] = \text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$[A] = \text{m}^2$$

$$[R_{\text{therm}}] = \frac{\text{m}}{\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1} \times \text{m}^2}$$

- b De formule leid je af met de formule voor warmtestroom en de formule voor thermische weerstand.

$$\text{Uit } R_{\text{therm}} = \frac{d}{\lambda \cdot A} \text{ volgt } \lambda = \frac{d}{R_{\text{therm}} \cdot A}.$$

$$\text{Invullen in de formule voor de warmtestroom levert } P = \frac{d}{R_{\text{therm}} \cdot A} \cdot \frac{\Delta T}{d}.$$

$$\text{Hieruit volgt: } P = \frac{\Delta T}{R_{\text{therm}}}$$

- c Het vermogensverlies bereken je met het vermogensverlies door glas en het vermogensverlies door lucht.

Vermogensverlies bereken je met de gegeven formule voor de thermische weerstand.

$$R_{\text{therm,glass}} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

$$d = 6,0 \text{ mm} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,93 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1} \quad (\text{zie voorbeeld 3 pagina 199 van het leerboek})$$

$$A = 0,96 \text{ m}^2 \quad (\text{zie voorbeeld 3 pagina 199 van het leerboek})$$

$$R_{\text{therm,glass}} = 6,72 \cdot 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{therm,lucht}} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

$$d = 12,0 \text{ mm} = 12,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 24 \cdot 10^{-3} \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1} \quad (\text{zie BINAS tabel 12})$$

$$A = 0,96 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{therm,lucht}} = 5,208 \cdot 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

$$R_{\text{therm,tot}} = R_{\text{therm,glass}} + R_{\text{therm,lucht}} = 6,72 \cdot 10^{-3} + 5,208 \cdot 10^{-1} = 5,276 \cdot 10^{-1} \text{ KW}^{-1}$$

$$P = \frac{\Delta T}{R_{\text{therm}}}$$

$$\Delta T = 12,4 - (-4,2) = 16,6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 16,6 \text{ K}$$

$$P = \frac{16,6}{5,276 \cdot 10^{-1}}$$

$$P = 31,46 \text{ W}$$

Afgerond: $P = 31 \text{ W}$.

- d De hoeveelheid Gronings aardgas die je per uur minder hoeft te verbranden, bereken je met de stookwaarde van Gronings aardgas en de hoeveelheid energie die je per uur minder nodig hebt.
De hoeveelheid energie die je per uur minder nodig hebt, bereken je met de formule voor de warmtestroom.
De afname van het vermogensverlies bereken je met het vermogensverlies door dubbelglas en het vermogensverlies door enkel glas.

De afname van vermogensverlies $P_{\text{afname}} = 4,9 \cdot 10^3 - 31 = 4,869 \cdot 10^3 \text{ W}$.

$$P_{\text{afname}} = \frac{Q_{\text{afname}}}{t}$$

$$t = 1 \text{ uur} = 3600 \text{ s}$$

$$4,869 \cdot 10^3 = \frac{Q_{\text{afname}}}{3600}$$

$$Q_{\text{afname}} = 1,7528 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Er is dus $1,7528 \cdot 10^7 \text{ J}$ minder energieverlies per uur.

stookwaarde van Gronings aardgas = $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$ (zie BINAS tabel 28B)

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas minder} = \frac{1,7528 \cdot 10^7}{32 \cdot 10^6}$$

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas minder} = 0,5477 \text{ m}^3$$

Er is afgerond 0,55 m³ minder aardgas per uur nodig.