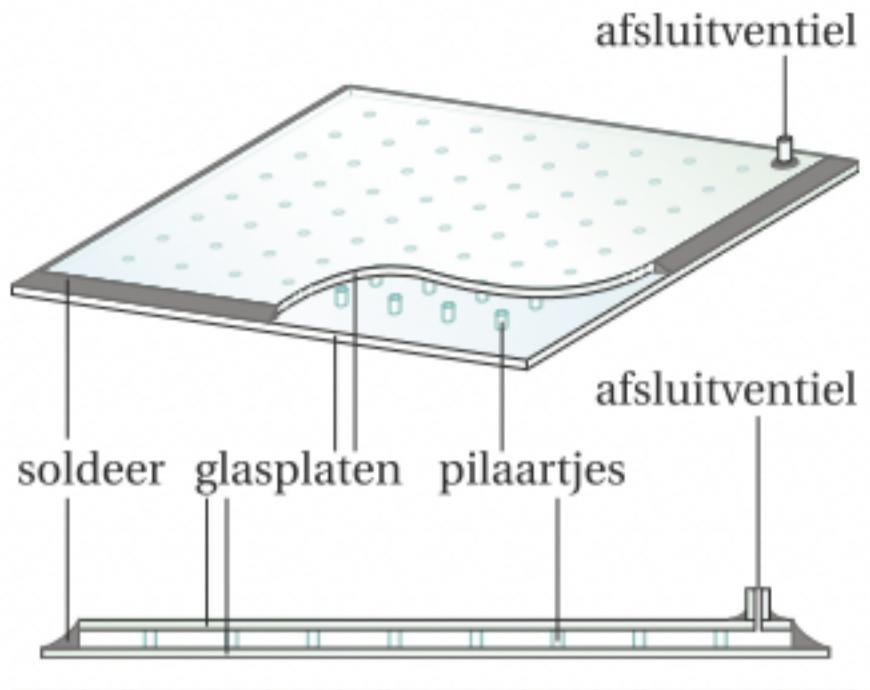


41 In plaats van ruiten van gewoon dubbelglas worden in woningen ook ruiten van vacuümglass toegepast. Bij gewoon dubbelglas bevindt zich droge lucht tussen de twee glasplaten. De ruit is 12 mm dik. Bij vacuümglass is de ruimte tussen de twee glasplaten vacuüm. Minuscule pilaartjes voorkomen dat de glasplaten tegen elkaar aan gedrukt worden. Zie figuur 4.44.



Figuur 4.44

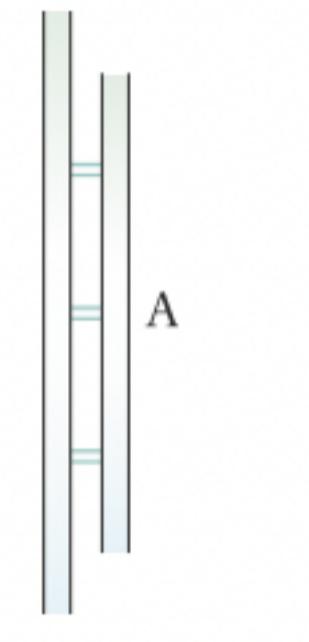
De ruit is nauwelijks dikker dan 6 mm en isoleert beter dan een ruit van gewoon dubbelglas. De warmtegeleiding via de pilaartjes is verwaarloosbaar.

- a Leg uit waarom vacuümglass beter isoleert dan gewoon dubbelglas.

Een ruit van vacuümglass heeft een oppervlakte van $1,20 \text{ m}^2$. Tussen de glasplaten bevinden zich zestig pilaartjes.

Deze pilaartjes vangen samen de totale kracht op die de buitenlucht op de ruit uitoefent. In figuur 4.45 is een gedeeltelijke doorsnede van het vacuümglass met drie pilaartjes getekend. De buitenluchtdruk is 1013 hPa .

- b Bereken de kracht die de rechter glasplaat op het pilaartje bij A uitoefent.



Figuur 4.45

Voor warmtestroom P geldt:

$$P = \mu \cdot A \cdot \Delta T$$

- μ is de warmtedoorgangscoefficiënt van de ruit in $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$.
- A is de oppervlakte van de ruit in m^2 .
- ΔT is het temperatuurverschil tussen binnen- en buitenkant van de ruit in K.

De waarde van μ voor een ruit van vacuümglass is $1,4 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$.

De waarde van μ voor een ruit van dubbelglas is $3,5 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$.

Op een bepaalde middag is gedurende $4,0 \text{ h}$ de buitentemperatuur $3,0^\circ\text{C}$ en de binnentemperatuur 19°C . Het vertrek dat wordt verwarmd, heeft ruiten met een totale oppervlakte van $6,0 \text{ m}^2$. De verwarmingsinstallatie verbrandt Gronings aardgas. Van de energie die hierbij vrijkomt wordt 90% gebruikt om de kamer te verwarmen.

- c Bereken hoeveel kubieke meter (Gronings) aardgas je in die vier uur bespaart bij gebruik van vacuümglass in plaats van gewoon dubbelglas.

Opgave 41

- a Bij dubbelglas met een luchtlagen kan lucht de warmte van de ene naar de andere glasplaat transporteren door middel van geleiding en/of stroming. Bij vacuümglass kan dat niet.
b De kracht die de rechter plaat op het pilaartje A uitoefent, bereken je met de kracht op 60 pilaartjes.
De kracht op 60 pilaartjes bereken je met de formule voor de druk.

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p = 1013 \text{ hPa} = 1013 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

$$A = 1,20 \text{ m}^2$$

$$F = 1,216 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\text{De kracht op één pilaartje is dus } \frac{1,216 \cdot 10^5}{60} = 2,026 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

$$\text{Afgerond: } F = 2,03 \cdot 10^3 \text{ N.}$$

- c De hoeveelheid m^3 Gronings aardgas die je in werkelijkheid bespaart, bereken je met de formule voor het rendement en de hoeveelheid m^3 Gronings aardgas die je in theorie bespaart.
De hoeveelheid m^3 Gronings aardgas die je in theorie bespaart, bereken je met de stookwaarde en de hoeveelheid energie die je bespaart.
De hoeveelheid energie die je bespaart, bereken je met de afname van de warmtestroom en de tijd.
De afname van de warmtestroom volgt uit de formule voor de warmtestroom.

$$\Delta P = \mu_{\text{dubbelglas}} \cdot A \cdot \Delta T - \mu_{\text{vacuümglass}} \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\mu_{\text{dubbelglas}} = 3,5 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$$

$$\mu_{\text{vacuümglass}} = 1,4 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$$

$$A = 6,0 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 19 - 3,0 = 16^\circ\text{C} = 16 \text{ K}$$

$$\Delta P = 3,5 \times 6,0 \times 16 - 1,4 \times 6,0 \times 16$$

$$\Delta P = 2,015 \cdot 10^2 \text{ W}$$

$$\Delta P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 4,0 \text{ uur} = 4,0 \times 3600 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$2,015 \cdot 10^2 = \frac{\Delta Q}{1,44 \cdot 10^4}$$

$$\Delta Q = 2,902 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas} = \frac{\text{besparing energie}}{\text{stookwaarde van Gronings aardgas}}$$

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

$$\text{aantal m}^3 \text{ aardgas} = \frac{2,902 \cdot 10^6}{32 \cdot 10^6}$$

In theorie wordt er dus $9,068 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ Gronings aardgas bespaard.

$$\eta = \frac{\text{aantal m}^3 \text{ in theorie}}{\text{aantal m}^3 \text{ in werkelijkheid}} \cdot 100\%$$

$$90\% = \frac{9,068 \cdot 10^{-2}}{\text{aantal m}^3 \text{ in werkelijkheid}} \cdot 100\%$$

In werkelijkheid bespaar je $1,008 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$ Gronings aardgas.
Afgerond: $0,10 \text{ m}^3$.