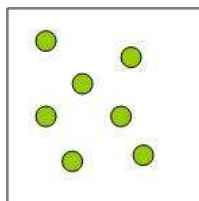


1

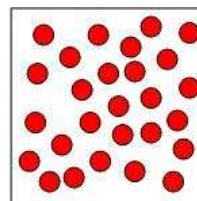
Warmteleer.

- 1 De soortelijke warmte is de warmte die je moet toevoeren om 1 kg van een stof 1°C op te warmen. Deze warmte moet je ook weer afvoeren om 1 kg van die stof 1°C af te koelen.
- 2 Om 2 kg water 2°C te verwarmen heb je dus $4 \times 4180 \text{ J}$ nodig
- 3 Om m kg water $\Delta T^{\circ}\text{C}$ op te warmen heb je $m \cdot \Delta T \cdot 4180 \text{ J}$ nodig.
 $Q = m \cdot \Delta T \cdot 4180$
- 4 Het symbool Δ staat voor verandering.
- 5 m moet in kg omdat c ingevuld wordt in $\text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
 $1,1 \cdot 10^4$ is beter omdat ΔT gegeven is in 2 significante cijfers.
- 6 Afronden op 2 significante cijfers is nodig omdat Q gegeven is in 2 significante cijfers.
Het voordeel van aanpak B is dat je beter inzicht hebt in de betekenis van een bepaald getal. Zo zie je meteen dat als de waarde van m 0,11 is in plaats van 0,1 het antwoord ook 10% anders is. Of je voor c 4180 of 4190 neemt heeft veel minder invloed op het antwoord (0,24 %).
- 7 Zware metalen zoals lood hebben zware atomen. Per kg heb je dus minder atomen. Als je de temperatuur wilt verhogen moet je de bewegingsenergie $\frac{1}{2}mv^2$ verhogen. Als je minder atomen hebt hoef je minder energie toe te voeren
Lood (Pb) heeft een molmassa van 207 g/mol en ijzer (Fe) een molmassa van 56 g/mol.
Loodatomen wegen $3,7\times$ zo zwaar.
Lood heeft een soortelijke warmte van $130 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ en ijzer heeft een soortelijke warmte van $440 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.
 c is $3,4\times$ zo klein . Klopt dus ongeveer!

x

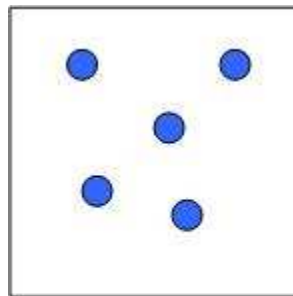


1 kg lood

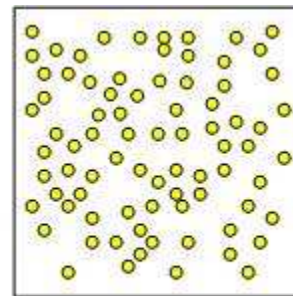


1 kg ijzer

- 8** Waterstofmoleculen (H_2 2 g/mol) zijn $16\times$ zo licht als zuurstofmoleculen (O_2 32 g/mol).
 In 1 kg waterstofgas gaan $16 \times$ zoveel moleculen als in 1 kg zuurstofgas.
 De soortelijke warmte voor H_2 -gas is dus veel groter omdat je veel moleculen per kg hebt.
 Waterstof heeft een soortelijke warmte van $14304 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.
 Zuurstof heeft een soortelijke warmte van $920 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.
 De soortelijke warmte van waterstof is $15,5\times$ zo groot.
 Klopt dus vrij aardig!



1 kg O_2

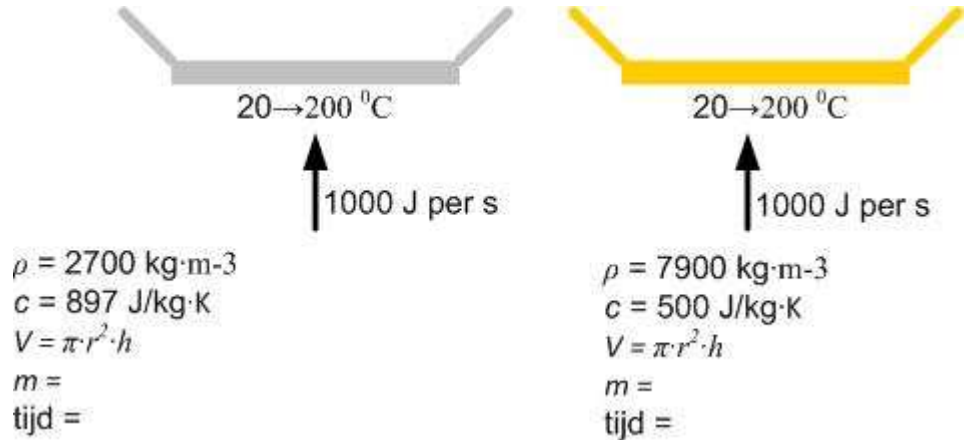


1 kg H_2

Bij gassen die opgebouwd zijn uit grotere moleculen hebben deze behalve hun snelheidsenergie ook nog rotatie-energie omdat ze om hun as draaien. Daardoor kunnen sommige zwaardere gassen weer een hogere soortelijke warmte hebben. Je hebt er minder per kg, maar ze hebben meer energiemogelijkheden.

- 9** Water heeft de grootste soortelijke warmte, namelijk $4180 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.
 Het grote voordeel hiervan is dat je in water veel warmte kunt opslaan per kg.
- 10** Een zonneboiler bevat een zonnecollector die bestaat uit twee platen waartussen water stroomt (vergelijk met een CV-radiator). De plaat die naar de zon gericht is absorbeert het zonlicht. De naar de zon gerichte zijde is matzwart en absorbeert daardoor beter de zonnestraling.
 Het in de collector opgewarmde water geeft de warmte af aan het koudere water in de boiler. Als het water in de boiler warmer is dan dat van de collector zal de pomp uitgeschakeld worden. Anders wordt het dak verwarmd en dat is niet de bedoeling.

11



12 In principe niet belangrijk, maar omdat het in huis meestal ongeveer 20°C is, kiezen we deze als begintemperatuur.

De massa van de bodems berekenen we via $m = \rho \cdot V$.

Het volume is gelijk aan $0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot h$ (h = dikte)

13 Als je de massa in gram neemt moet je de soortelijke warmte in $\text{J/g}\cdot^\circ\text{C}$ nemen.

14 De significantie van het antwoord wordt bepaald door het onnauwkeurigste getal. In dit geval is 3 significante cijfers voldoende.

15 Per seconde wordt er 2 kJ verbruikt.

Per minuut wordt er $60 \times 2 \text{ kJ} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kJ}$ verbruikt.

Per uur wordt er $60 \times 120 = 7,2 \cdot 10^3 \text{ kJ}$ verbruikt.

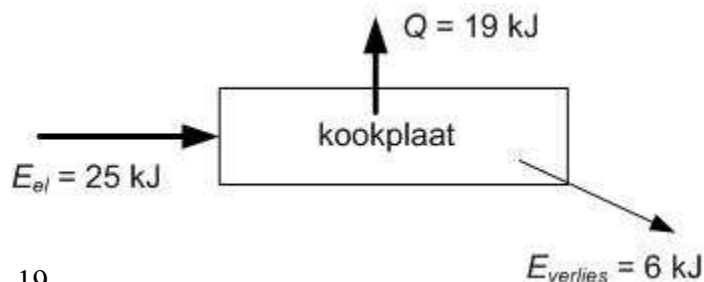
16 Verbruik in 2 minuten en 15 seconden = $135 \times 2 = 270 \text{ kJ}$

Verbruik in 2,15 minuten = $2,15 \times 60 \times 2 = 258 \text{ kJ}$

17 $E_{el} = P \cdot t$

Het verbruik aan elektrische energie is gelijk aan het aantal joule per seconde maal het aantal seconden.

18



$$\frac{19}{25} \times 100 = 76\% \text{ is nuttig !}$$

19 $\eta = \frac{Q}{E_{el}} \times 100\%$

20 Een apparaat met een vermogen van 1000 W verbruikt 1000 J per seconde.

21 In 1 uur verbruikt dit apparaat $3600 \times 1000 = 3,6 \cdot 10^6$ J
Een apparaat van 2 kW verbruikt in 0,5 uur 1 kWh.
Een apparaat van 500 W verbruikt in 2 uur 1 kWh.
1 kWh = **$3,6 \cdot 10^6$ J**

22 Voorbeeld: Een apparaat heeft in 105 minuten 2,0 kWh energie verbruikt.
Verbruik is $2 \times 3,6 \cdot 10^6$ J = $7,2 \cdot 10^6$ J in $105 \times 60 = 6300$ s
 $P = \frac{7,2 \cdot 10^6}{6300} = 1143$ W afgerond $P = 1,1$ kW

23 1 kW is duizend joule per seconde
1000 joule per seconde per uur is net zo iets als 20 km per uur per dag. Je komt de term nog wel eens tegen in artikelen, die geschreven zijn door niet technische mensen.

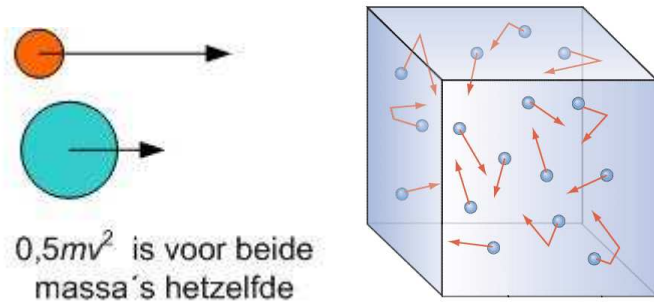
24 De temperatuur is een maat voor de gemiddelde bewegingsenergie van de moleculen. Ze hebben namelijk niet allemaal dezelfde snelheid.
Stikstofmoleculen hebben bij 20 °C gemiddeld een snelheid van ongeveer 330 m/s.
De gemiddelde bewegingsenergie van eenvoudige moleculen die je kunt beschouwen als harde bolletjes kun je berekenen met de formule:

$$E_k = 0,5mv^2 = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$$

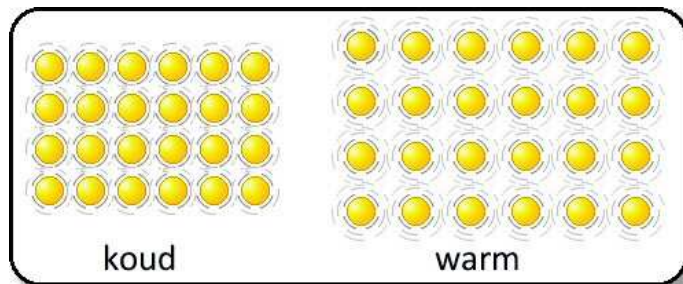
k is de constante van Boltzmann $k = 1,3807 \cdot 10^{-23}$ J/K

Grotere moleculen hebben ook nog rotatie-energie.
Als je de massa van een stikstofmolecuul (N₂) hebt kun je dus ook v^2 (gem) en daaruit v (gem) berekenen.
Bij een bepaalde temperatuur hebben alle soorten moleculen dus dezelfde bewegingsenergie. Als de massa wat groter is gaan ze wat langzamer.

De hoeveelheid warmte is een maat voor de som van alle bewegingsenergieën. Je kunt dus veel warmte hebben bij een lage temperatuur en andersom. Warmte bij een hoge temperatuur biedt wel meer mogelijkheden om warmte om te zetten in andere energieën. (verbrandingsmotor)

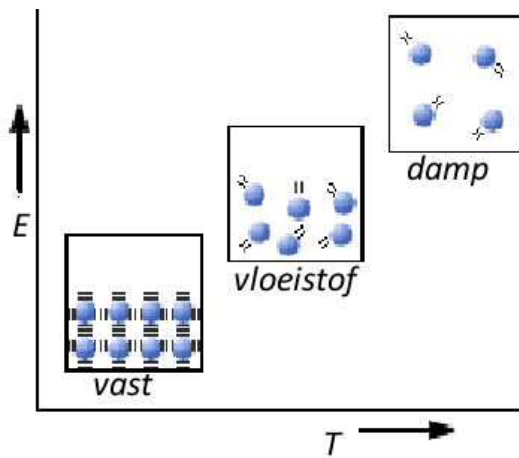
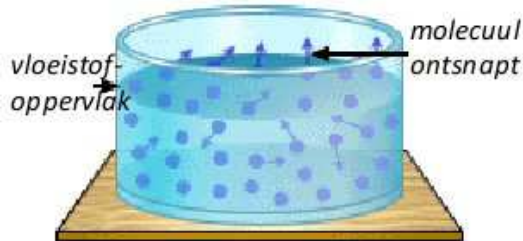
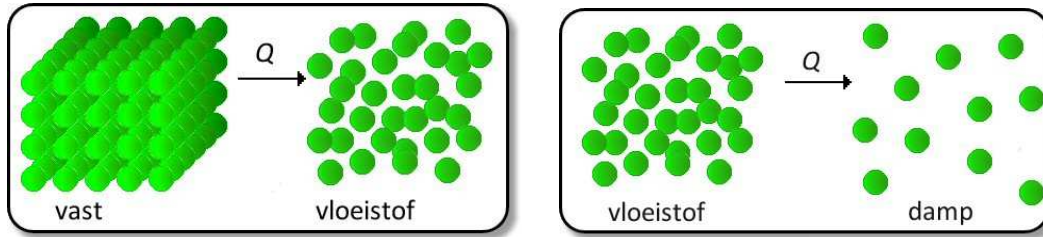


- 25** Als je een stof verwarmd krijgen de atomen of moleculen een grotere snelheid. Bij een gas dat in een vat zit zal de druk toenemen. Denk hierbij ook aan de bandenspanning in de zon. Bij een vloeistof of vaste stof leidt dit tot uitzetting. De krachten die hierbij optreden kun je vrijwel niet tegenhouden.



Bij een bepaalde temperatuur (denk “snelheid”) is de snelheid zo groot dat de atomen en/of moleculen door elkaar heen kunnen bewegen (smelten) of dat ze zelfs ontsnappen aan de stof (verdampen).

<p>IJs Moleculen zitten aan elkaar vast in een kristal. Ze voeren wel een trillende beweging uit.</p>	<p>Water Moleculen zijn te snel om in een kristal vast te zitten en te langzaam om aan elkaar te ontsnappen.</p>	<p>Damp Moleculen hebben genoeg snelheid om los van elkaar te bewegen</p>



Stollen en condenseren zijn de omgekeerde processen van smelten en verdampen. Bij stollen en condenseren moet je warmte afvoeren.

26 $T(K) = T(C) + 273$

27 $T(C) = T(K) - 273$

28 $273 \text{ K} = 0 \text{ (C)} + 273$
 $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K} - 273$

29 Om deze thermometer af te koelen heb je 20 maal 20 J = 400 J nodig.

30 $Q = C \cdot \Delta T$

31 c is de hoeveelheid warmte die je aan 1 kg van een stof moet toevoeren om een ΔT te krijgen van 1 $^{\circ}\text{C}$. ($\text{J}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)
 C is de hoeveelheid warmte die aan een voorwerp moet toevoeren om een ΔT te krijgen van 1 $^{\circ}\text{C}$. ($\text{J}/^{\circ}\text{C}$)

32 Om 2 kg ijs te smelten heb je $2 \times 334 \text{ kJ} = 668 \text{ kJ}$ nodig.

33 De eenheid is J per kg. De temperatuur speelt geen rol.

34 $Q = m \cdot l_s$

35 Om 2 kg ijs te bevriezen moet je 668 kJ warmte onttrekken, net zoveel als je moet toevoeren om het te smelten.

36 $Q = m \cdot l_s$

37 Als je verwarmt met 1000 J/s heb je in 10 seconden 10.000 J toegevoerd.

$$Q = P \cdot t$$

38 Bij een rendement van 60% zal Q gelijk zijn aan 60% van $P \cdot t$
Als $P = 1000 \text{ W}$ en $t = 10 \text{ s}$ dan $Q = 0,6 \times 10.000 = 6000 \text{ J}$

39 Om 2 kg water te verdampen heb je $2 \times 2260 \text{ kJ} = 4520 \text{ kJ}$ nodig.

40 Aan de eenheid van verdampingswarmte kun je zien dat deze niet afhangt van de temperatuur.

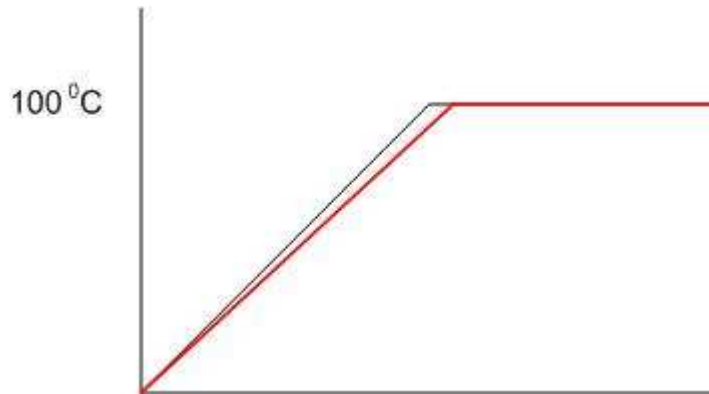
41 $Q = m \cdot l_v$

42 Als 2 kg waterdamp condenseert komt er 4520 kJ vrij. Je kunt ook zeggen dat als je 4520 kJ warmte onttrekt er 2 kg damp condenseert.

43 $Q = m \cdot l_v$

44 Veel warmte zal door warmtestraling en opwarming van de lucht rondom de vloeistof verloren gaan.

45



Doordat er warmte verloren gaat aan het verdampen van het water zal het iets langer duren voordat het kookpunt bereikt is.

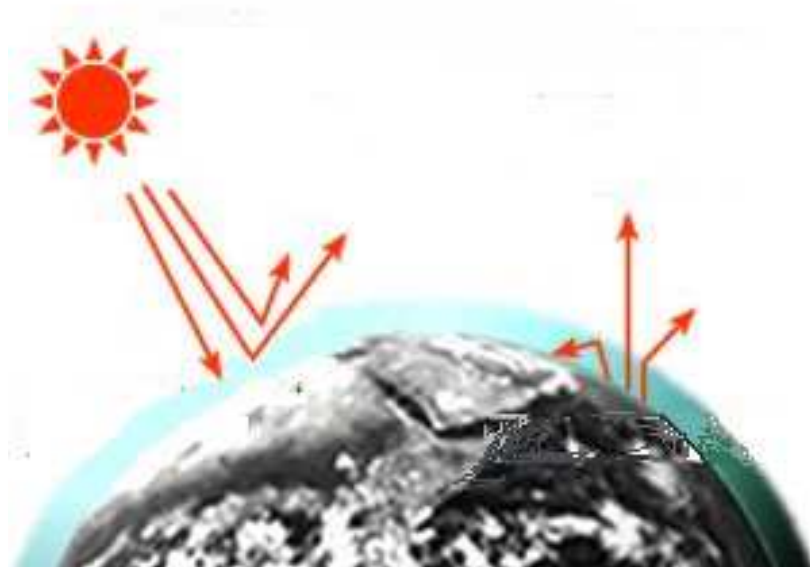
46 De verbrandingswarmte of oxidatiewarmte is de warmte die vrijkomt als je 1 kg van een stof verbrandt.

47 $Q = m \cdot l_{ox}$

48 Een broeikas is een afgesloten doorzichtige ruimte waar van buiten af warmtestraling doorheen kan. De warmte wordt vastgehouden door de isolerende werking van stilstaande lucht.

49/50/51

Op internet is alle relevante informatie te vinden.



52 De oploswarmte is de warmte die vrijkomt of die je toe moet voeren om 1 kg van een stof op te lossen.

- 53** $Q = m \cdot l_{opl}$
- 55** Omdat de term ΔT vaker gebruikt wordt en hiermee verschillende temperatuurverschillen bedoeld worden is het beter ze uit elkaar te houden door tussen haakjes te vermelden welke ΔT je bedoelt.
Je moet afronden op 2 significante cijfers omdat het onnauwkeurigste getal ($\Delta T(\text{water})$) 2 significante cijfers bevat.
- 56** $Q = m \cdot l_s$
- 57** $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
- 58** $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
- 59** Als het ijs eerst opgewarmd moet worden van -5 tot 0 °C zal de eindtemperatuur iets lager zijn.
- 60** $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ (c is de soortelijke warmte van ijs).
- 61** Aan de kant van de opgenomen warmte staan 3 termen, namelijk voor het opwarmen van het ijs, het smelten en het opwarmen tot de eindtemperatuur.
- 62** Allereerst condenseert er stoom bij het kookpunt en vervolgens wordt dit condens afgekoeld van 100 °C tot de eindtemperatuur.
 $Q = m \cdot l_v$ voor het berekenen van de condensatiewarmte.
 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ voor het berekenen van de warmte die door het condens wordt afgestaan bij het afkoelen tot de eindtemperatuur.