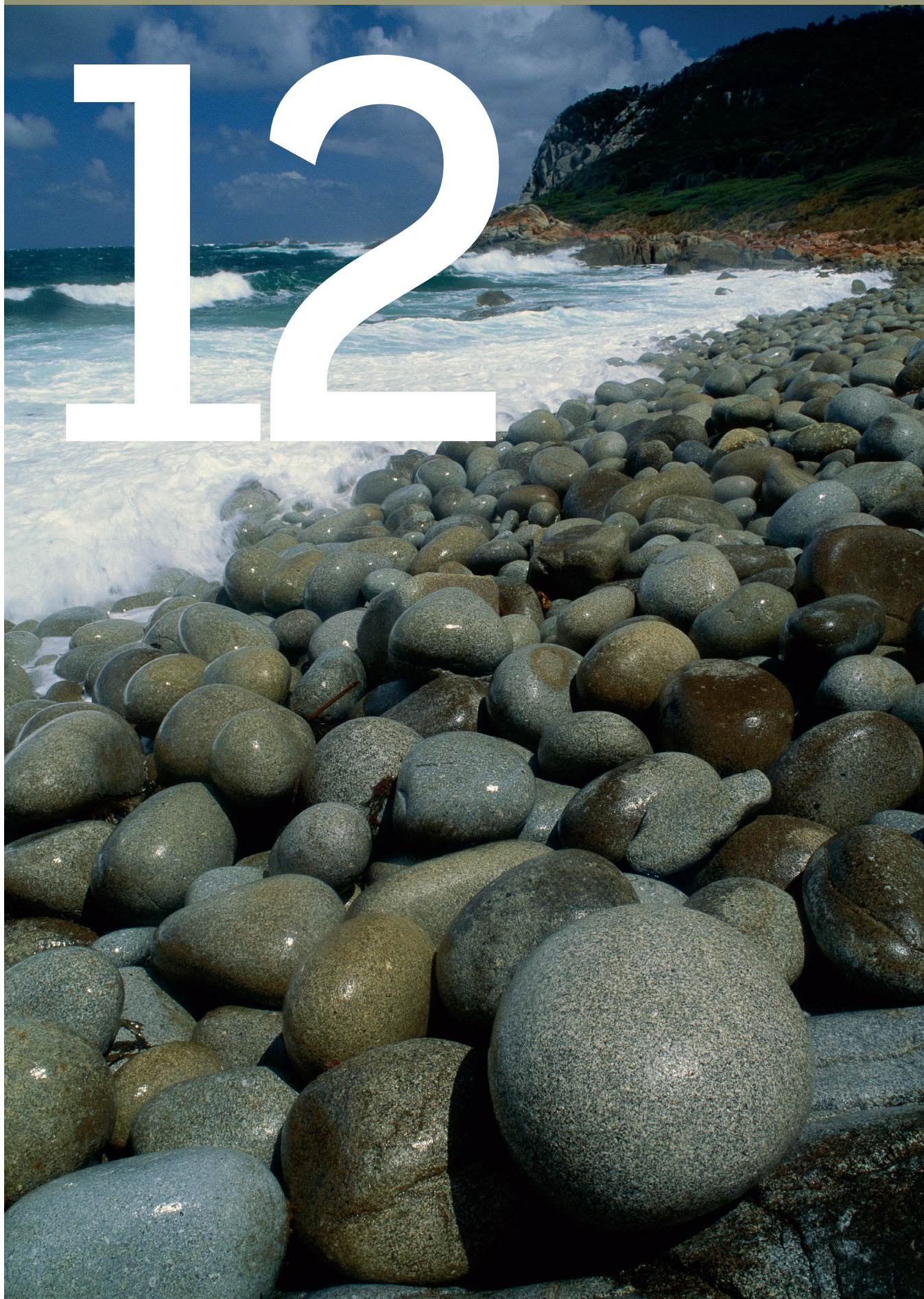


THEMA

WARMTECAPACITEIT

12



Waarover gaat dit thema

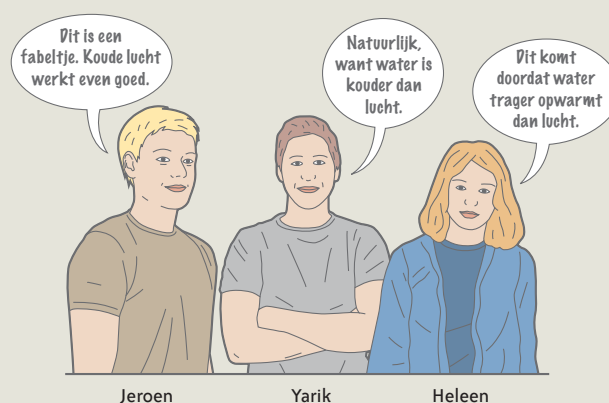
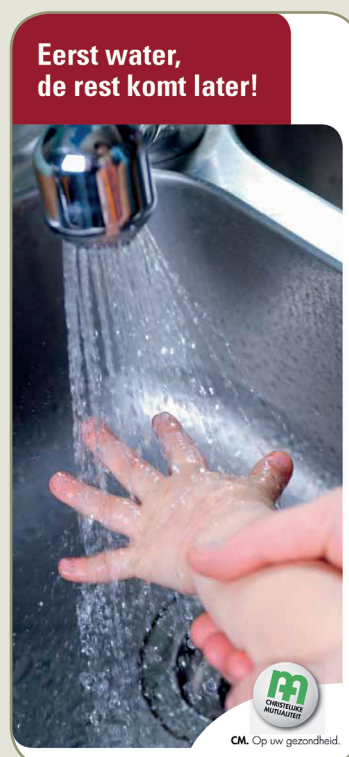
In dit thema onderzoeken we welke factoren van belang zijn om de temperatuur van een stof te doen stijgen of dalen. We bestuderen ook de **hoeveelheid energie** die wordt opgenomen en afgestaan bij een **thermisch evenwicht**.

Inhoud

1	Warmtecapaciteit van een voorwerp	195
2	Calorimeter of joulemeter	195
3	Specifieke warmtecapaciteit van een stof	196
4	Waarde van de specifieke warmtecapaciteit	197
5	Begrippenkaart	197
6	Water en zijn specifieke warmtecapaciteit	198
7	Voorbeeldopdrachten	200
	Opgaven	201
	Samenvatting	206

Openingsvraag

Wie heeft gelijk? Denk eerst zelf na. Bespreek je antwoord met je buur en maak samen uit wie gelijk heeft. Bespreek jullie antwoord met de hele klas.



De oplossing vind je op p. 199.

1

Warmtecapaciteit van een voorwerp

Als je een pizza in de oven steekt, neemt de pizza warmte op en neemt de temperatuur toe. Hoe groter de opgenomen warmtehoeveelheid, hoe meer de temperatuur stijgt.

In vorig thema hebben we gezien dat de **temperatuurverandering** van een voorwerp recht evenredig is met de **warmtehoeveelheid** die het voorwerp opneemt.

Het is logisch dat er meer warmte nodig is om een grote ijzeren kookpot te doen stijgen in temperatuur dan bijvoorbeeld een plastic koffielepeltje.



Fig. 12.1 Hoe groot is de warmtehoeveelheid die een pizza moet opnemen om van een begintemperatuur van 20 °C de baktemperatuur te bereiken?

De verhouding van de toegevoerde warmtehoeveelheid ten opzichte van de temperatuurstijging noemen we de **warmtecapaciteit** C van een **voorwerp**.

$$C = Q_{\text{op}} / \Delta\theta \text{ (temperatuur in } ^\circ\text{C)} \text{ of } C = Q_{\text{op}} / \Delta T \text{ (temperatuur in K)}$$

Symbol: C (hoofdletter)

Eenheid: J/°C of J/K

Om de hoeveelheid warmte te berekenen die nodig is om de temperatuur van een voorwerp te doen stijgen of dalen, vormen we de formule om:

$$Q = C \cdot \Delta\theta \text{ of } Q = C \cdot \Delta T$$

2

Calorimeter of joulemeter

Uit het vorig thema weet je dat een calorimeter of joulemeter een geïsoleerd vat is dat gebruikt wordt om warmtemetingen uit te voeren. Door de isolerende lagen wordt warmtetransport vermeden, zodat er zo weinig mogelijk energie-uitwisselingen met de omgeving mogelijk zijn. Een variant in het dagelijkse leven is een thermosfles.



Fig. 12.2
Calorimeter of
joulemeter

We kunnen door middel van een dompelkoker warmte toevoeren aan vloeistoffen die we in de calorimeter plaatsen en zo hun temperatuurstijging meten. Als de temperatuur toeneemt zal ook de calorimeter een beperkte hoeveelheid warmte opnemen, maar deze waarde werd vooraf onderzocht en staat gegeven voor een goede calorimeter. Dit is opnieuw de warmtecapaciteit van een voorwerp.

Cijfervoorbeeld: $C_{\text{calorimeter}} = 137 \text{ J/K}$

Dat wil zeggen dat als de temperatuur van de vloeistof in de calorimeter 10 K gestegen is, ook de calorimeter hierdoor warmte zal opgenomen hebben, namelijk:
 $Q_{\text{op}} = C \cdot \Delta T = 137 \text{ J/K} \cdot 10 \text{ K} = 1370 \text{ J}$

3

Specifieke warmtecapaciteit van een stof

ADS 9

- Als we een bord met aardappelen, worst en appelmoes in de oven opwarmen, is het mogelijk dat we onze tong verbranden aan de appelmoes terwijl het vlees nog lauw is.
- Een klein glas water zal meer stijgen in temperatuur dan een emmer water als we er dezelfde hoeveelheid warmte aan toevoegen.

Bij een specifieke stof zal naast de soort stof ook de hoeveelheid materie een rol spelen bij temperatuurveranderingen door energietoevoer.

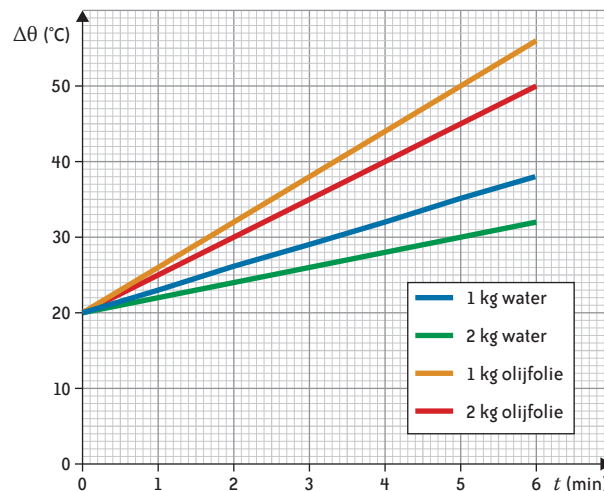


Fig. 12.3 $\Delta\theta(t)$ -grafiek voor water en olijfolie

Wanneer we per minuut een zelfde hoeveelheid warmte toevoeren, zien we dat niet alleen de soort stof maar ook de hoeveelheid stof een invloed heeft op de temperatuurstijging. Elke soort stof stijgt in temperatuur afhankelijk van de hoeveelheid stof en de toegevoerde warmte. Deze karakteristieke eigenschap noemen we de **specifieke warmtecapaciteit**.

De **specifieke warmtecapaciteit** c van een soort stof is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 kg van die stof 1 °C te laten stijgen of dalen (bij energieafname) in temperatuur.

$$c = Q_{\text{op}} / (m \cdot \Delta\theta) \text{ (temperatuur in } ^\circ\text{C)} \text{ of } c = Q_{\text{op}} / (m \cdot \Delta T) \text{ (temperatuur in K)}$$

Symbol: c (kleine letter)

Eenheid: J/kg.°C of J/kg.K

Om een hoeveelheid warmte te berekenen die nodig is om een bepaalde hoeveelheid van een soort stof te doen stijgen of dalen in temperatuur, vormen we de formule om:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \text{ of } Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

4

Waarde van de specifieke warmtecapaciteit

vaste stoffen	c (J/(kg · °C))
aluminium	899
goud	129
ijzer	450
koper	387
lood	128
roestvrij staal	460
zilver	235
diamant	490
glas	837
ijs (– 5 °C)	2 090
paraffine	290
porselein	800

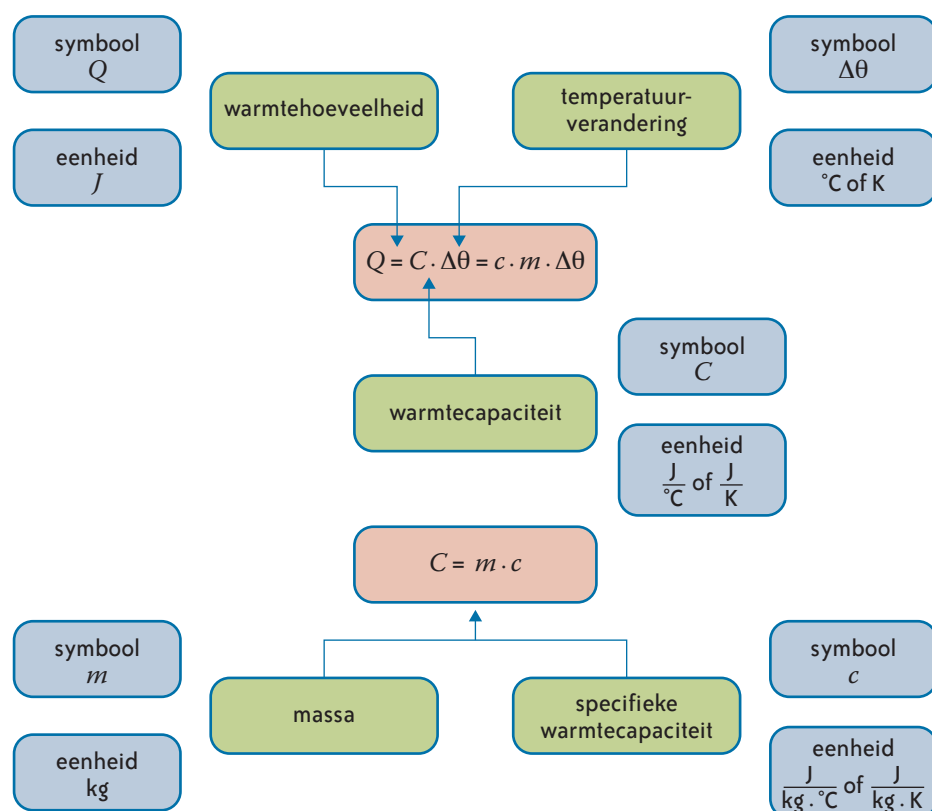
Tabel 1 De specifieke warmtecapaciteit van een aantal stoffen

vloeistoffen	c (J/(kg · °C))
alcohol (ethanol)	2 430
ether	2 300
glycerol	2 430
kwik	140
melk	3 900
olijfolie	1 650
water	4 186
zeewater	3 930

gassen	cte druk	ct volume
kooldioxide CO ₂	844	646
koolmonoxide CO	1 041	737
lucht	1 010	715
methaan	2 227	1 693

5

Begrippenkaart



6

Water en zijn specifieke warmtecapaciteit

Water heeft als specifieke warmtecapaciteit een waarde van 4186 J/kg.K. Dat is in vergelijking met alle andere stoffen een hoge waarde. We hebben veel energie nodig om de temperatuur van een hoeveelheid water te doen stijgen. Maar water zal dan ook traag afkoelen en een lange tijd deze energie kunnen behouden. Vandaar dat er water in de leidingen van de centrale verwarming loopt en bijvoorbeeld geen olie. Water wordt voor heel wat toepassingen gebruikt om warmte te behouden of juist af te koelen.

Hoeveel energie is er nodig om 1 molecule water 1 °C (of 1 K) in temperatuur te doen stijgen?

De moleculaire massa van een molecule is de som van de atoommassa's waaruit de molecule is samengesteld. De atoommassa's van waterstof en zuurstof halen we uit de tabel van Mendeljev:

- waterstof: 1,00784 u
- zuurstof: 15,999 u

waarbij de moleculaire massa-eenheid $u = \pm 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg

De moleculaire massa van water is dus $2 \times 1,00784 u + 1 \times 15,999 u = 18,015 u$, wat overeenkomt met ongeveer $2,9905 \cdot 10^{-26}$ kg.

1 molecule water stijgt 1 K in temperatuur als:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2,9905 \cdot 10^{-26} \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1,000 ^\circ\text{C} = 1,252 \cdot 10^{-22} \text{ J}$$

Voorbeelden van water als middel om warmte-energie te behouden:

- Het warme water in een warmwaterkruik blijft lang op temperatuur, waardoor we tijdens koude winters nachten onze voeten gemakkelijk kunnen warmen.
- Om voedsel warm te houden, plaatsen we dit vaak 'au bain-marie'. Het voedsel zit dan in een kom of pot met warm water, om het zo op temperatuur te houden.
- Op een zomeravond is het aan de kust vaak een stuk warmer dan in het binnenland. De warmte die tijdens een zonnige dag door het water werd opgenomen, wordt opnieuw afgegeven aan de lucht en zorgt voor een milder klimaat.
- Wanneer je een gerecht opwarmt in de microgolfoven, zullen voedingsmiddelen die veel water bevatten, trager opwarmen maar daarna ook langer warm blijven.

Een voorbeeld van water als middel om af te koelen:

- Water neemt gemakkelijk energie op en is dan ook een ideaal koelmiddel. Het dient bijvoorbeeld voor het afkoelen van de motor van een auto of een zaagblad om steen te zagen, voor het afkoelen van een heet metalen werkstuk na het bewerken ervan ...



Fig. 12.4 Het warme water in de warmwaterkruik houdt je voeten warm in de winter.



Fig. 12.5 Voedingsmiddelen met veel water zullen na opwarming langer warm blijven.

Water heeft veel energie nodig om te stijgen in temperatuur door zijn hoge warmtecapaciteit.



De polaire structuur van water

- Voor water is de waarde van $c_{\text{water}} = 4\,186 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$.
- Voor bijna alle andere stoffen is de waarde van c veel kleiner.
- Water is daarom het meest geschikt om warmte te stockeren.
- Voor ijs is de waarde van c gelijk aan de helft van de c voor water.

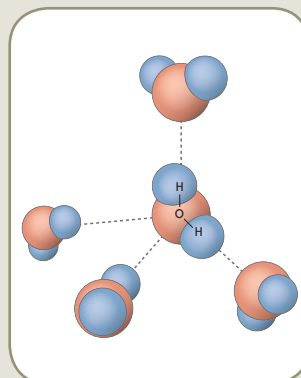
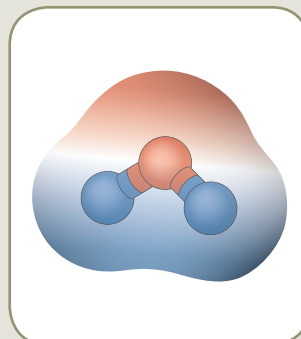
Een watermolecule H_2O bestaat uit een zuurstofatoom O en twee waterstofatomen H. De structuur is niet symmetrisch, de atomen vormen onderling een hoek, met O in het hoekpunt en een H op elk van de uiteinden. De bindingen tussen O en H zijn sterke covalente bindingen binnenin de watermolecule.

De elektrische lading is niet gelijkmatig verdeeld: de kant van het zuurstofatoom is negatief (rood op de figuur) geladen, aan de kant van de waterstofatomen is de lading positief (blauw). Elke molecule vormt zo een **dipool**. Het ladingsverschil veroorzaakt een aantrekkingskracht tussen verschillende watermoleculen onderling. De negatieve kant van een H_2O -molecule wordt aangetrokken door de positieve kant van een naburige H_2O -molecule.

De **waterstofbindingen** die zo tussen naburige watermoleculen ontstaan, zijn minder sterk dan die binnen de watermolecule zelf. De vier naaste watermoleculen wijzigen voortdurend van plaats. Deze symmetrische 3D-configuratie met naburige moleculen in de vloeistoffase is vrij uniek.

Ze verklaart voor een deel de **speciale eigenschappen** van **water**: zijn hoge smelt- en kooktemperatuur, de dichtheid van water en ijs rond de smelttemperatuur en de grote waarde van zijn specifieke warmtecapaciteit.

Door zijn grote warmtecapaciteit is water een goed medium om warmte te stockeren, evenals een goed koelmiddel en hitteschild.



Oplossing openingsvraag

Water heeft een grote warmtecapaciteit, waardoor het veel warmte kan opnemen zonder zelf veel in temperatuur te stijgen. Water is daarom een heel goed koelmiddel en zelfs op kamertemperatuur ideaal om brandwonden af te koelen. Heleen heeft gelijk.



De invloed van water en de Golfstroom op ons klimaat

Al het leven op aarde is afhankelijk van water. Water bedekt 71 % van het aardoppervlak. Hiervan bevindt 97 % zich als zout water in oceanen en zeeën. De rest is onderverdeeld in zoet en zout grondwater, ijs, oppervlaktewater en waterdamp in de atmosfeer. Water heeft een buitengewoon grote soortelijke warmte. Hierdoor hebben systemen die veel water bevatten – zoals levende wezens, maar ook de aarde als geheel – een vrij stabiele temperatuur. Die invloed is vooral zichtbaar in gebieden met een zeeklimaat. Kenmerkend voor het zeeklimaat is dat de temperatuurverschillen tussen zomer en winter minder groot zijn dan bij een landklimaat: de zomers zijn relatief koud en de winters relatief warm. Dit komt doordat het zeewater veel langer dan het land een bepaalde temperatuur vasthoudt. De zeewinden verplaatsen luchtmassa's met een verschillende temperatuur van boven de zee naar het land.

Door het steeds nieuw aangevoerde warme zeewater van de Golfstroom, is het klimaat op 50 graden noorderbreedte in Europa (de regio van België) veel warmer dan op vergelijkbare andere plaatsen op aarde. De havens van Noorwegen tot Moermansk zijn 's winters ijsvrij. Grote delen van Europa zijn een stuk warmer dan andere gebieden op een vergelijkbare breedtegraad. New York ligt op dezelfde geografische breedte als Rome, maar is 's winters veel kouder dan Brussel.

(Bron: naar Wikipedia)

7

Voorbeeldopdrachten

- 1 Bereken hoeveel warmte er nodig is om 5,0 liter water van 20 °C aan de kook te brengen.

GEGEVEN

$$V_{\text{water}} = 5,0 \text{ l}$$

$$\Delta\theta = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{water}} = 4186 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$$

GEVRAAGD

$$Q$$

OPLOSSING

$$m = \rho \cdot V = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,005 \text{ m}^3 = 5,0 \text{ kg}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 5,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C} \cdot 80 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1,7 \cdot 10^6 \text{ J}$$



- 2 Een calorimeter met een warmtecapaciteit van 205 J/K neemt 6355 J aan energie op. Hoeveel is de calorimeter gestegen in temperatuur?

GEGEVEN

$$Q = 6355 \text{ J}$$
$$C_{\text{calorimeter}} = 205 \text{ J/K}$$

GEVRAAGD

$$\Delta T$$

OPLOSSING

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{C} = \frac{6355 \text{ J}}{205 \text{ J/K}} = 31 \text{ K}$$

- 3 Hoeveel kilogram koper stijgt 50,0 °C in temperatuur als je weet dat er 420 kJ aan energie afgegeven is aan het koper?

GEGEVEN

$$Q = 420 \text{ kJ}$$
$$\Delta\theta = 50,0 \text{ °C}$$
$$C_{\text{koper}} = 387 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$$

GEVRAAGD

$$m$$

OPLOSSING

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

$$m = \frac{Q}{(c \cdot \Delta\theta)} = \frac{420 \text{ kJ}}{(387 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot 50 \text{ °C})} = 21,7 \text{ kg}$$

Opgaven

A-REEKS / B-REEKS



- 1 Een doorstroomboiler warmt per minuut 3,0 kg water 60 °C op. Bereken de warmte die per minuut afgegeven wordt.

Gegeven:

$$m_{\text{water}} = 3,0 \text{ kg}$$

$$\Delta\theta = 60 \text{ °C}$$

$$c_{\text{water}} = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$$

Gevraagd:

$$Q$$

Oplossing:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 3,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot 60 \text{ °C} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ J}$$



2 Verklaar volgende tips om energie te besparen.

a Zorg dat de diepvries steeds vol zit, eventueel met lege dozen.

$\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{stof}}}$ dus met kleine c_{lucht} zal de luchttemperatuur in een lege diepvries veel stijgen.

b Gebruik zo weinig mogelijk water om groenten te garen.

$Q_{\text{water}} = m \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta$ en grote c_{water} dus Q beperken door kleine massa.

c Gebruik geen te grote kookpot om voedsel op te warmen.

$Q = Q_{\text{pot}} + Q_{\text{water}}$ en hoe groter de pot, hoe groter Q_{pot} .

d Verwijder overtollige bakplaten uit de oven, gebruik een rooster indien mogelijk.

Elk voorwerp neemt warmte op, de hoeveelheid neemt toe met de massa.



e Laat voedingswaren uit de diepvries ontdooien in de koelkast.

Om te ontdooien moet er warmte onttrokken worden aan de koelkast; ze koelt af zonder elektrisch energieverbruik.



3 Aan vier blokjes met eenzelfde massa, maar vervaardigd uit verschillende materialen (aluminium, lood, staal en paraffine) wordt evenveel warmte toegevoegd. Alle blokjes bevinden zich op kamertemperatuur.

a Rangschik de eindtemperaturen van de blokjes van klein naar groot.

$\theta_{\text{eind,paraffine}} < \theta_{\text{eind,aluminium}} < \theta_{\text{eind,staal}} < \theta_{\text{eind,lood}}$

Hoe groter de soortelijke warmtecapaciteit, hoe lager de eindtemperatuur, want:

$|\Delta\theta| = \frac{|Q|}{m \cdot c_{\text{stof}}}$ waarbij Q en m constant zijn.

- b Blijft deze rangschikking behouden als de blokjes even groot zijn, maar niet dezelfde massa hebben? Waarom (niet)?

Nee, om de rangschikking te kunnen bepalen, moet eerst de massa van de blokjes berekend worden (via de massadichtheid), want: $\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c_{\text{stof}}} = \frac{Q}{V_{\text{stof}} \cdot \rho_{\text{stof}} \cdot c_{\text{stof}}}$.



4

Een ijzeren ketel van 2,40 kg is gevuld met 1,60 kg melk. Bereken hoeveel energie er minimum nodig is om de melk en de ketel 70,0 °C in temperatuur te doen stijgen.

Gegeven:

$$m_{\text{melk}} = 1,60 \text{ kg}$$

$$m_{\text{ijzeren ketel}} = 2,40 \text{ kg}$$

$$\Delta\theta = 70,0 \text{ °C}$$

$$c_{\text{melk}} = 3900 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$$

$$c_{\text{ijzer}} = 450 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$$

Gevraagd:

$$Q$$

Oplossing:

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{melk}} + Q_{\text{ijzer}}$$

$$Q_{\text{melk}} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 1,60 \text{ kg} \cdot 3900 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot 70,0 \text{ °C} = 437 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{ijzer}} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2,40 \text{ kg} \cdot 450 \text{ J/kg} \cdot \text{°C} \cdot 70,0 \text{ °C} = 75,6 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{melk}} + Q_{\text{ijzer}} = 437 \text{ kJ} + 75,6 \text{ kJ} = 512,6 \text{ kJ}$$



5

Een visboer gebruikt ijs om de vis koel te houden. Hoeveel warmte neemt 2,50 kg ijs op tijdens het opwarmen van – 8,0 °C tot – 3,0 °C?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2,50 \text{ kg} \cdot 2090 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \cdot 5,0 \text{ °C} = 26 \text{ kJ}$$





- 6 Een vork met een massa van 34 g neemt 193 J warmte op, waardoor haar temperatuur stijgt van 18 °C tot 28 °C. Uit welk metaal is de vork gemaakt?

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta} = \frac{193 \text{ J}}{0,034 \text{ kg} \cdot 10 \text{ °C}} = 5,6 \cdot 10^2 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \rightarrow \text{roestvrij staal (kan ook nikkel zijn, maar dit wordt zelden gebruikt)}$$

C-REEKS



- 7 Jonas gaat duiken in de Oosterschelde ($\theta = 14,3 \text{ °C}$) en er lekt 0,80 l water in de ruimte tussen zijn huid en het duikerspak. Hoeveel chocolade (803 kJ/reep) zal hij extra moeten eten om dit water op te warmen tot lichaamstemperatuur? Het lichaam zet voedsel om in energie met een rendement van 20 %.

Hoeveelheid warmte om water binnen het pak op te warmen tot lichaamstemperatuur:

$$Q = m \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta = 0,80 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/(kg} \cdot \text{°C)} \cdot (36,5 - 14,3) \text{ °C} = 74 \text{ kJ}$$

Aantal repen (n) nodig om deze warmte te leveren:

$$n = Q/E_{\text{nuttig}} = 74 \text{ kJ} / 803 \text{ kJ} \cdot 0,2 = 0,46.$$

Hij moet een halve reep chocolade extra eten.



- 8 Een voorwerp 1 heeft een massa m_1 en een specifieke warmtecapaciteit c_1 . Een voorwerp 2 heeft een massa $m_2 = 2 \cdot m_1$ en een specifieke warmtecapaciteit $c_2 = c_1/2$. Aan voorwerp 1 wordt een warmtehoeveelheid Q_1 toegevoegd, aan voorwerp 2 een warmtehoeveelheid $Q_2 = 2 \cdot Q_1$. Welk verband bestaat er tussen de temperatuurstijging $\Delta\theta_1$ van voorwerp 1 en de temperatuurstijging $\Delta\theta_2$ van voorwerp 2?

- a $\Delta\theta_1 = 2 \cdot \Delta\theta_2$
- b $\Delta\theta_1 = 4 \cdot \Delta\theta_2$
- c $2 \cdot \Delta\theta_1 = \Delta\theta_2$
- d $4 \cdot \Delta\theta_1 = \Delta\theta_2$

Antwoord c is correct: $2 \cdot \Delta\theta_1 = \Delta\theta_2$



9

Om een boiler met 10,0 l water een temperatuurstijging $\Delta\theta$ te geven, is 470 kJ warmte nodig. Om dezelfde boiler met 20,0 l water dezelfde temperatuurstijging te geven, is 890 kJ warmte nodig. Bereken de warmtecapaciteit van de lege boiler.

$$(C_{\text{boiler}} + 10,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot \Delta\theta = 470 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$(C_{\text{boiler}} + 20,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot \Delta\theta = \frac{(C_{\text{boiler}} + 20,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 470 \cdot 10^3 \text{ J}}{(C_{\text{boiler}} + 10,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C})} = 890 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$C_{\text{boiler}} = \frac{(20,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 470 \cdot 10^3 \text{ J} - 10,0 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 890 \cdot 10^3 \text{ J})}{(890 - 470) \cdot 10^3 \text{ J}} = 4,98 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$$



10

Een blokje koper geeft 4,19 kJ warmte af aan 200 g water, waardoor de temperatuur van het koper 80,0 $^\circ\text{C}$ daalt.

a Hoe groot is de temperatuurstijging van het water?

$$Q_{\text{koper}} = m_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta\theta_{\text{water}}$$

$$\Delta\theta_{\text{water}} = \frac{Q_{\text{koper}}}{m_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}}} = \frac{4,19 \text{ kJ}}{0,200 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}} = 5,00 ^\circ\text{C}$$

b Welke massa heeft het koperblokje?

$$Q_{\text{koper}} = m_{\text{koper}} \cdot c_{\text{koper}} \cdot |\Delta\theta_{\text{koper}}|$$

$$m_{\text{koper}} = \frac{Q_{\text{koper}}}{|\Delta\theta_{\text{koper}}| \cdot c_{\text{koper}}} = \frac{4,19 \text{ kJ}}{80,0 ^\circ\text{C} \cdot 387 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}} = 135 \text{ g}$$



SAMENVATTING

1 Warmtecapaciteit van een voorwerp

De verhouding van de toegevoerde warmtehoeveelheid ten opzichte van de temperatuurstijging noemen we de **warmtecapaciteit C van een voorwerp**.

$$C = Q_{\text{op}} / \Delta\theta \text{ (temperatuur in } ^\circ\text{C)} \text{ of } C = Q_{\text{op}} / \Delta T \text{ (temperatuur in K)}$$

Symbool: C (hoofdletter)

Eenheid: J/ $^\circ\text{C}$ of J/K

$$Q = C \cdot \Delta\theta \text{ of } Q = C \cdot \Delta T$$

2 Calorimeter of joulemeter

3 Specifieke warmtecapaciteit van een stof

De **specifieke warmtecapaciteit** van een soort stof is de hoeveelheid energie die nodig is om 1 kg van die stof 1 $^\circ\text{C}$ te laten stijgen of dalen (bij energieafname) in temperatuur.

$$c = Q_{\text{op}} / (m \cdot \Delta\theta) \text{ (temperatuur in } ^\circ\text{C)} \text{ of } c = Q_{\text{op}} / (m \cdot \Delta T) \text{ (temperatuur in K)}$$

Symbool: c (kleine letter)

Eenheid: J/kg. $^\circ\text{C}$ of J/kg.K

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \text{ of } Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

4 Waarde van de specifieke warmtecapaciteit

5 Begrippenkaart

6 Water en zijn specifieke warmtecapaciteit

Water heeft veel energie nodig om te stijgen in temperatuur door zijn hoge warmtecapaciteit.