

Blok 7 Verwarmen en koelen

INHOUD

	PRACTICUM
P0	HERHALING
P1	ENERGIESOORTEN
P2	ENERGIE-OMZETTING
P3	SOORTELIJKE WARMTE EN WARMTECAPACITEIT
P4	VERDER REKENEN MET WARMTE
	BASISSTOF
TW0	TEMPERATUUR EN WARMTE
TW1	ENERGIESOORTEN
TW2	ENERGIE-OMZETTINGEN
TW3	SOORTELIJKE WARMTE EN WARMTECAPACITEIT
TW4	VERDER REKENEN MET WARMTE
	HERHAALSTOF
H1	SOORTELIJKE WARMTE EN WARMTECAPACITEIT
H2	ENERGIE-OMZETTINGEN
H3	OEFENEN MET EXAMENOPGAVEN
	EXTRASTOF
	ONDERZOEK AAN SOORTELIJKE WARMTE

TIJDSINDELING

P0	1½ lesuur
TW0	1½ lesuur
P1	½ lesuur
TW1	1 lesuur
P2	1 lesuur
TW2	1 lesuur
P3	1 lesuur
TW3	2 lesuren
P4	1 lesuur
TW4	1½ lesuren
D-toets	1 lesuur
H-stof	1 lesuur
E-toets	1 lesuur
Totaal	15 lesuren

ALGEMEEN

In blok 7 wordt de behandeling van de warmteleer voortgezet. Eerdere blokken worden kort herhaald. In het eerste deel van het blok komen kwalitatief de begrippen energie, energie-omzetting en de wet van behoud van energie uitgebreid aan de orde. Het begrip energieketting wordt hierbij gebruikt. In het tweede deel van het blok worden de begrippen soortelijke warmte, smeltwarmte en verdampingswarmte gedefinieerd. Hierbij komt rekenwerk aan de orde gebruik makend van $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$; $Q = C \cdot \Delta T$ en $Q_{\text{op}} = Q_{\text{af}}$. Uit het examenprogramma komen in dit blok de volgende eindtermen aan de orde: 1, 7, 3, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24.

BIJ BLOK 7

P0

Bij dit practicum wordt door verschillende leerlingen op zoveel mogelijk verschillende manieren water verwarmd. Daarna moet een verslag worden gemaakt. Het is de bedoeling dat de resultaten, rendement en kosten, van de verschillende proefjes daarna worden vergeleken. Aangezien van nog niet behandelde theorie gebruik wordt gemaakt, is uitleg door de docent in aanvulling op de tekst van het boek zeker nodig. Een grondige behandeling van dit practicum kost veel tijd maar levert een hoop nuttig voorwerk voor dit blok. Er is een extra opdracht om de leerlingen te leren op de rekenmachine met machten van tien te werken.

Benodigd materiaal:

- huishoudpompelaar, elektrisch kookplaatje, warmtemeter met pompelaar, pan, theelichtje, gasmeter, gasbrander + driepoot, campinggasbrander, snelweger (deze artikelen in circa drievoud)
- bekeerglazen, thermometers, maatglazen in vijftienvoud

BIJ BLOK 7

P1

Er worden hier geen proefjes uitgevoerd of gedemonstreerd. Het practicum bestaat uit schrijfopdrachten met als doel dat de begrippen energiebron, energie-soort en apparaat als energie-omzetter duidelijk worden.

BIJ BLOK 7**P2**

Er worden hier geen proefjes uitgevoerd of gedemonstreerd. Het is de bedoeling dat de leerlingen per persoon of per twee personen een heel kleine literatuurstudie verrichten over een soort energie of een energiebron en hierover een pagina tekst produceren. Dit werk zal gedeeltelijk buiten de les moeten plaatsvinden. De teksten van de leerlingen gezamenlijk vormen een boekje over energie, dat onderdeel kan vormen van toetsing.

Er is een kleine opdracht over energiekettingen.

BIJ BLOK 7**P3**

Via een kookboekpracticum moet de leerling de soortelijke warmte bepalen van een vloeistof.

Benodigd materiaal (per groepje leerlingen):

- joulemeter met dompelaar, maatglas, stopwatch, spannings- en stroommeter, thermometer
- diverse vloeistoffen zoals water, olie, alcohol, glycerol

BIJ BLOK 7**P4**

De leerlingen laten een afgewogen hoeveelheid ijs smelten in water en controleren met een berekening of de afkoeling klopt. Laat de ijsblokjes uit de diepvries op temperatuur komen in de ijskast.

Benodigd materiaal:

- bekeerglas, thermometer, ijsblokjes
- snelweger

BIJ BLOK 7**T0**

Omschrijving van alle begrippen uit de warmteleer die eerder zijn behandeld. Bij het begrip rendement zijn er twee voorbeeldsommen.

BIJ BLOK 7**T1**

Omschrijving van een aantal soorten energie. Twee eenheden van energie.

BIJ BLOK 7**T2**

Aan de hand van energiekettingen wordt uitgelegd dat energie via energie-omzetters van de ene vorm overgaat in de andere. Er wordt een lijst van energie-omzetters, de ingaande en de uitgaande energie gegeven. De wet van behoud van energie wordt kwalitatief besproken en toegelicht. Paradox: wet van behoud van energie versus energietekort. Enkele milieuproblemen in relatie tot energiegebruik worden besproken.

BIJ BLOK 7**T3**

De begrippen soortelijke warmte en warmtecapaciteit worden kwantitatief besproken en met rekenvoorbeelden toegelicht.

BIJ BLOK 7**T4**

De begrippen smeltwarmte en verdampingswarmte worden kwantitatief besproken en met rekenvoorbeelden toegelicht.

BIJ BLOK 7**H1**

De begrippen soortelijke warmte en warmtecapaciteit worden herhaald en met rekenvoorbeelden toegelicht. Daarna volgen opgaven.

BIJ BLOK 7**H2**

Wet van behoud van energie en energie-omzettingen worden kort herhaald.

BIJ BLOK 7**H3**

Oefenen met examenopgaven.

Samenvattingen

SAMENVATTING T0

De temperatuur in kelvin wordt de *absolute* temperatuur genoemd. Dit is zo, omdat de schaal van kelvin begint bij de laagst mogelijke temperatuur.

Dit is $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, *het absolute nulpunt*.

T in kelvin = T in graden celsius + 273

T in graden celsius = T in kelvin - 273

Met een vloeistofthermometer (of elektronisch) kunnen we de temperatuur meten.

Warmte wordt gemeten in de eenheid joule (J), omdat warmte een soort energie is.

De verbrandingswarmte van een stof is dus het aantal joule energie dat vrijkomt als één kilogram van die stof wordt verbrand.

Er zijn drie manieren van warmtetransport: *geleiding*, *stroming* en *straling*.

Zo bereken je het rendement:

$$\eta = \frac{E_{\text{af}}}{E_{\text{op}}} \times 100\%$$

In deze formule is:

η het rendement in %;

E_{af} de *nuttige* energie die het apparaat *afstaat* in J;

E_{op} de *totale* energie die het apparaat *opneemt* in J.

SAMENVATTING T1

Je moet de volgende energiesoorten kennen: chemische energie, kernenergie, stralingsenergie, warmte, bewegingsenergie, zwaarte-energie en elektrische energie.

Je moet weten dat wij onze energie voornamelijk putten uit fossiele energiebronnen. Deze energiebronnen dreigen uitgeput te raken of veroorzaken problemen voor het milieu.

Daarom is het heel belangrijk dat wij op zoek gaan naar alternatieve (duurzame) energiebronnen.

SAMENVATTING T2

In iedere schakel van een energie-ketting wordt energie van de ene soort in de andere omgezet.

Dit gebeurt in een zogenoemde energie-omzetter.

Bij energie-omzettingen gaat geen energie verloren.

Dit is de wet van behoud van energie.

Toch is er een energie-probleem, want *de nuttige vormen van energie raken wel op*.

Milieuproblemen waar we nu al mee te maken hebben, zijn: het broeikaseffect, zure regen en het omkapen van de regenwouden.

SAMENVATTING T3

Rekenen met soortelijke warmte gaat zo:

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

In deze formule geldt:

Q is de benodigde warmte in joule;

c is de soortelijke warmte in joule/kilogram-kelvin;

m is de massa in kilogram;

ΔT is de temperatuurstijging in kelvin.

Rekenen met warmtecapaciteit gaat zo:

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

In deze formule geldt:

Q is de benodigde warmte in joule;

C is de warmtecapaciteit in joule/kelvin;

ΔT is de temperatuurstijging in kelvin.

SAMENVATTING T4

De smeltwarmte van ijs is de hoeveelheid warmte nodig om 1 kg ijs van $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ te smelten.

De verdampingswarmte van water is de hoeveelheid warmte nodig om 1 kg water van $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ te verdampen.

Bij warmte-uitwisseling geldt:

opgenomen warmte = afgestane warmte.

ANTWOORDEN BLOK 7

P0

Eerste deel: geen antwoorden vooraf mogelijk.

Rekenopdrachten:

10 000

10 000 000

10

10^3

10^5

50 000

50

4180

$40\,000 = 4 \cdot 10^4$

$4\,080\,000 = 4,08 \cdot 10^6$

$2,337 \cdot 10^{18}$

ANTWOORDEN BLOK 7

P1

2 woord	energie-bron	energie-soort	apparaat	nadelig gevolg energie-gebruik
aardgas	x			
kerncentrale			x	
dynamo			x	
uranium	x			
vliegass				x
zon	x			
auto			x	
straling		x		
warmte		x		
zure regen				x
graan	x			
broeikaseffect				x
kachel			x	
steenkool	x			
luchtvervuiling				x
boterham	x			
chemische energie		x		

- 3 **a** Chemische energie, warmte, stralingsenergie, elektrische energie, windenergie.
b Zon, aardolie, aardgas, voedsel, wind.
c Auto, bromfiets, zonnebank, magnetron, gloeilamp.
d Broeikaseffect, zure regen, smog, afval, energietekort.

ANTWOORDEN BLOK 7

WO

- 1 **a** $T = 630\text{ K} = 630 - 273\text{ °C} = 357\text{ °C}$
b $T = 23\text{ K} = 23 - 273\text{ °C} = -250\text{ °C}$
c 4 K temperatuurverschil = 4 °C temperatuurverschil

- 2 **a** $T = 20\text{ °C} = 20 + 273\text{ K} = 293\text{ K}$
b $T = -100\text{ °C} = -100 + 273\text{ K} = 173\text{ K}$
c 12 °C temperatuurverschil = 12 K temperatuurverschil
- 3 Een alcoholthermometer bestaat uit een reservoir met daaraan vast een dun buisje en daarachter een schaalverdeling. Als het reservoir warm wordt, zal de alcohol uitzetten en opstijgen in het dunne buisje. De stijghoogte is een maat voor de temperatuur van het reservoir.
- 4 **ab** In ketel:
 - branders: produceren warmte;
 - warmtewisselaar: hier wordt het water verwarmd;
 - schoorsteen: afvoer rookgassen.
 Verder:
 - leidingen: transport van warm en koud water naar en van de kamers;
 - radiator: warmte-afgifte aan de kamer;
 - thermostaat: regelt aan- en uitgaan van de ketel.
- 5 **ab** Straling: elektrische straalkachel, zonnebank. Stroming: de hete lucht boven een brandende lucifer of een aansteker.
 Geleiding: buitenkant van de pan die heet wordt door geleiding.
- 6 **a** Metalen: ijzer, koper, aluminium.
b Niet-metalen: (schuim)plastic, hout, steenwol.
- 7 Het is de bedoeling dat zoveel mogelijk warmte in huis komt. Warmte die naar beneden wordt afgegeven, gaat 'verloren'.
- 8 **a** Koper geleidt beter en dus wordt de zonnwarmte zo beter doorgegeven aan het water.
b Aan de zuidkant vangt het huis de meeste stralingswarmte van de zon.
- 9 **a** rendement = 10%
 $E_{\text{op}} = 50 \cdot 10^6\text{ joule}$
 $\eta = \frac{E_{\text{af}}}{E_{\text{op}}} \times 100\% \rightarrow$
 $10 = \frac{E_{\text{af}}}{50 \cdot 10^6} \times 100\% \rightarrow$
 $E_{\text{af}} = 10 \times 50 \cdot 10^6 / 100 = 5 \cdot 10^6\text{ joule}$
 Of makkelijker:
 10% = 1/10 deel
 1/10 deel van de houtwarmte komt dus in de kamer. Dat is $5 \cdot 10^6\text{ joule}$.
b De rest van de houtwarmte vliegt door de schoorsteen naar buiten.
 Dat is $50 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^6 = 45 \cdot 10^6\text{ joule}$

10 a De lamp gebruikt 60 watt = 60 joule per seconde

b $E_{op} = 60 \text{ J}$ en $E_{af} = 3 \text{ J}$

$$\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \times 100\%$$

$$\eta = 3/60 \times 100\% = 5\%$$

11 a Verbrandingswarmte van aardgas = $32 \cdot 10^6$ joule per m^3

Let op: In het informatieboekje staat $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$

$$\text{Dit betekent } \text{J} \cdot \frac{1}{\text{m}^3} = \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \text{J per m}^3$$

b 2200 m^3 levert $2200 \times 32 \cdot 10^6 = 7,04 \cdot 10^{10}$ joule

c $\eta = \frac{E_{af}}{E_{op}} \times 100\% \rightarrow$

$$72 = \frac{E_{af}}{7,04 \cdot 10^{10}} \times 100\% \rightarrow$$

$$E_{af} = 72 \times 7,04 \cdot 10^{10} / 100 = 5,1 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

b De rest vliegt naar buiten, dat is $28/100 \times 7,04 \cdot 10^{10} = 2,0 \cdot 10^{10} \text{ J}$

ANTWOORDEN BLOK 7

W1

- 1 Steenkool, aardolie, aardgas.
- 2 De zon: de zon houdt de aarde op temperatuur, door de zon groeit ons voedsel, door de zon zijn ook de fossiele brandstoffen gevormd.
- 3 Alle voedsel, steenkool, aardolie, aardgas.
- 4 **a** Aardolie, aardgas, steenkool en kernbrandstof worden heel snel opgebruikt en het gebruik ervan veroorzaakt milieuproblemen. In plaats daarvan kan men alternatieve energiebronnen gebruiken.
b Aardwarmte, biogas, windenergie, getijden-energie.
- 5 **a** $1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ joule}$
b Verbrandingswarmte van benzine = $33 \cdot 10^9$ joule per m^3 . Dus 1 liter produceert $33 \cdot 10^6$ joule.
c 3,6 miljoen joule elektrische energie kost 25 cent, dus 1 miljoen joule elektrische energie kost 6,9 cent (25/3,6).
33 miljoen joule energie uit benzine kost 225 cent, dus 1 miljoen joule benzine energie kost 6,8 cent (225/33).
De elektrische energie is dus het duurst.
d $100\,000 \text{ Joule} = 1/10$ miljoen joule en kost dus 0,69 cent aan elektrische energie (6,9/10).

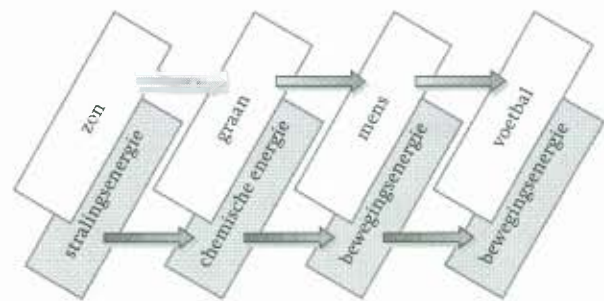
- 7 **a** – meer energie nodig omdat er meer mensen zijn;
– meer energie nodig wegens toename van de welvaart.
b Aardolie zal het eerst opraken.
c Biomassa = alles wat groeit en dat gebruikt kan worden voor verbranding (bijvoorbeeld brandhout) of om biogas uit te maken.
d We weten op dit moment nog niet hoe we de energiebehoefte in de toekomst moeten dekken.

ANTWOORDEN BLOK 7

W2

- 1 **a** Een energiebron krijgt zijn energie altijd van een andere energiebron. In een energieketting staan de energiebronnen achter elkaar die achtereenvolgens voor de energie-omzetting zorgen. De soort energie die de energiebron produceert, staat er bij vermeld.

b



- 2 **a** Als veel mensen in een auto rijden, zullen de aardolie-reserves eerder uitgeput zijn.
b Grote huizen vergen meer verwarming. Dat bevordert het broeikaseffect.
c Welvaart brengt energietekorten dichterbij en veroorzaakt schade aan het milieu.
- 3 Volgens de wet van behoud van energie verdwijnt geen energie. Dat geldt niet voor de aarde. Energie kan van de aarde verdwijnen door straling het heelal in. Zo kan energie uit fossiele brandstoffen na verbranding verloren gaan.
- 4 De welvaartstoename in 60 jaar leidt tot 365 maal zoveel auto's over de Waalbrug. Dat betekent ook veel meer energiegebruik. Zo'n welvaartsgroei zal in de toekomst tot grote problemen leiden.

ANTWOORDEN BLOK 7

W3

- 1 a** Soortelijke warmte van olie = 1650 joule per kg per K
 Soortelijke warmte van water = 4180 joule per kg per K
 Let op: in het informatieboekje staat $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Dit betekent:

$$\text{J} \cdot \frac{1}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{\text{K}} = \text{joule per kg per kelvin.}$$

- b** Om 1 kilogram olie 1 graad op te warmen is veel minder warmte nodig dan voor het opwarmen van 1 kilogram water met 1 graad.
- 2** Er moet staan: 'Voor het verwarmen van water is meer energie nodig dan voor het verwarmen van eenzelfde massa messing met dezelfde temperatuurstijging.'

- 3 a** Een hoge soortelijke warmte, dan hoeft de vloeistof niet met grote snelheid door de leidingen te stromen en dan hoeft de verwarming niet heel vaak aan en uit.
b Water.
c Water.

- 4** $m = 0,020 \text{ kg}$
 $\Delta T = 15^\circ \text{C}$
 $c_{\text{lood}} = 128 \text{ J per kg per K}$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 128 \times 0,020 \times 15 = 38,4 \text{ J}$

- 5 a** $\Delta T = (100 - 18)^\circ \text{C} = 82^\circ \text{C}$
 $c_{\text{water}} = 4180 \text{ J per kg per K}$
 $Q = 5 \cdot 10^5 \text{ J}$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow 5 \cdot 10^5 = 4180 \times m \times 82 \rightarrow$
 $m = 5 \cdot 10^5 / 342\,760 = 1,46 \text{ kg} \rightarrow V = 1,46 \text{ liter}$
b $Q = 5 \cdot 10^5 \text{ J}$
 verbrandingswarmte = $32 \cdot 10^6 \text{ J per m}^3$
 volume = $5 \cdot 10^5 / 32 \cdot 10^6 = 0,016 \text{ m}^3$ aardgas
c Omdat een deel van de warmte verloren gaat, is er in werkelijkheid meer gas nodig.

- 6 a** De afkoeling is $70 - 65 = 5^\circ \text{C}$
b $\Delta T = 70 - 65 = 5^\circ \text{C}$
 $m = 0,15 \text{ kg}$
 $c = 4180 \text{ J per kg per } ^\circ \text{C}$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4180 \times 0,15 \times 5 = 3135 \text{ joule}$
c Voor het opwarmen geldt ook $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$
 $Q = 3135 \text{ J (evenveel als het water heeft afgestaan)}$
 $m = 0,080 \text{ kg}$
 $\Delta T = 65 - 20 = 45^\circ \text{C}$
 $3135 = c \times 0,080 \times 45 \rightarrow$
 $c = 3135 / 3,6 = 871 \text{ joule per kg per } ^\circ \text{C}$ Klopt!

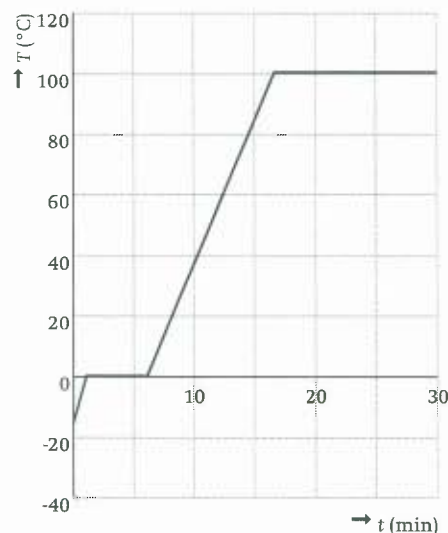
- 7 a** De ketel produceert $35,9 \text{ kW} = 35,9 \text{ kJ per seconde} = 35\,900 \text{ joule per seconde}$
b Een half uur = 1800 seconden.
 In een half uur produceert de ketel $35,9 \times 1800 = 64\,620 \text{ kJ} = 64,62 \text{ MJ}$
c Met 64,62 MJ wordt het huis 4°C warmer.
 $Q = C \cdot \Delta T$
 $64,62 = C \times 4 \rightarrow$
 $C = 64,62 / 4 = 16,2 \text{ MJ per } ^\circ \text{C}$

- 8 a** $m = 2 \text{ kg}$
 $c = 4180 \text{ J per kg per K}$
 $\Delta T = 1 \text{ K}$
 $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow$
 $Q = 4180 \times 2 \times 1 = 8360 \text{ J}$
b De warmtecapaciteit is de warmte nodig om de temperatuur 1 K te laten stijgen. Deze is hier dus 8360 J, zie vraag a.
c Als je massa 50 kg is, is de warmtecapaciteit:
 $C = 4180 \times 50 = 209\,000 \text{ J per K}$

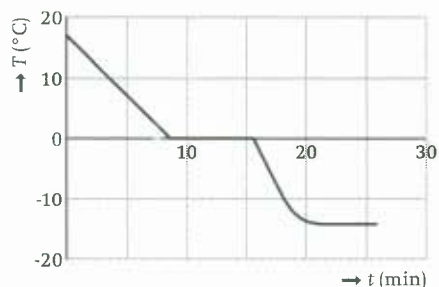
ANTWOORDEN BLOK 7

W4

- 1 a** De smeltwarmte van paraffine is de warmte nodig om 1 kg paraffine te smelten.
b smeltwarmte van paraffine = 147 000 joule per kg
c De verdampingswarmte van water is de warmte nodig om 1 kg water te verdampen.
d verdampingswarmte van water = $2,26 \cdot 10^6$ joule per kg
- 2 a** De temperatuur zou lager zijn met meer ijs. Meer warmte zou worden onttrokken aan de cola, om het ijs te smelten en het smeltwater op te warmen.
b De eindtemperatuur zou hoger zijn. Het onttrekken van warmte aan de cola geeft minder daling van de temperatuur van de cola, omdat er meer cola is.
- 3** Zie figuur.



4 Zie figuur.



5 a Gedurende het hele proces wordt warmte afge-
staan.

b $\Delta T = 30 - 15 = 15^\circ\text{C}$

$Q = 22\,000$ joule

$m = 0,35$ kg

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

$22\,000 = c \times 0,35 \times 15$

$c = 22\,000 / 5,25 = 4190$ joule per kg per $^\circ\text{C}$

6 a In de koelspiraal aan de achterkant van de koel-
kast.

b Binnen de koelkast bij de verdamper.

c Er ontstaat zo een natuurlijke stroming (convec-
tie), want koude lucht is zwaarder dan warme
lucht.

d In de condensor wordt het gas ten gevolge van de
afkoeling weer vloeibaar = condenseren.

ANTWOORDEN BLOK 7

H1

1 Zie eind van het herhaalblad.

2 a $Q = C \Delta T \rightarrow$

$Q = 200 \times 5 = 1000$ joule

b $Q = C \Delta T \rightarrow$

$Q = 200 \times 80 = 16\,000$ joule

3 a c van koper = 387 joule per kg per kelvin (Let op:
je vindt in de tabel de waarde $0,387$ maar bovenin
de kolom staat $10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Je moet het getal dus
vermenigvuldigen met $10^3 = 1000$).

De eenheid is $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = \text{J} \cdot 1/\text{kg} \cdot 1/\text{K} = \text{joule per kilo-}$
 gram per kelvin

b 1 kg = 1000 g, dus voor 5 g is nodig:

$5/1000 \times 387 = 1,935$ joule

Of met $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow$

$Q = 387 \times 0,005 \times 1 = 1,94$ joule

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

$Q = 387 \times 0,120 \times 15 = 697$ joule

4 $m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$

$\Delta T = 580^\circ\text{C}$ (of kelvin, temperatuurstijging dus
beide eenheden geven hetzelfde resultaat)

c = 240 joule per kilogram per kelvin

$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 240 \times 0,1 \times 580 = 13\,920$ joule

5 Het gaat over warmtecapaciteit, dus zullen we de
formule $Q = C \Delta T$ moeten toepassen.

$\Delta T = 100 - 20 = 80^\circ\text{C}$

$Q = 300 \times 80 = 24\,000$ joule

6 a kJ = kilojoule = 1000 joule

b We weten de soortelijke warmte en gebruiken
dus de formule $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$.

$6000 = 2000 \times 0,050 \times \Delta T$

$\Delta T = 6000/100 = 60 \text{ K} = 60^\circ\text{C}$

7 a $c = 1650$ joule per kg per K

b Olie en warmtemeter moeten verwarmd worden.
Het eerste deel berekenen we met behulp van de
soortelijke warmte van olie, het tweede deel met
behulp van de warmtecapaciteit van de warmte-
meter.

Olie: $Q = 1650 \times 0,1 \times 50 = 8\,250$ joule

Warmtemeter: $Q = 300 \times 50 = 15\,000$ joule

Totaal benodigde warmte = $8\,250 + 15\,000 =$
 $23\,250$ joule

ANTWOORDEN BLOK 7

H2

1 a Volgens de wet van behoud van energie veran-
dert de hoeveelheid energie nooit, ook niet als
energie wordt omgezet van de ene in de andere
soort.

b - Bij het branden van een kaars wordt evenveel
joule warmte en licht geproduceerd als er ver-
dwijnt aan chemische energie in het kaarsvet.
- Een rijdende auto produceert evenveel bewe-
gingsenergie en warmte als er gebruikt wordt aan
chemische energie van de benzine.

c Warmte is energie onderweg, die veroorzaakt dat
de temperatuur van een voorwerp of een stof
stijgt. Warmte wordt dus gemeten in joule.
De temperatuur van een voorwerp zegt iets over de
gemiddelde snelheid van de moleculen in een
voorwerp. De temperatuur wordt gemeten in gra-
den celsius of kelvin.

d Ik verwarm een grote pan met water en een klei-
ne pan met water op een fornuis. Ik zorg ervoor
dat aan beide pannen evenveel warmte wordt toe-
gevoerd. De stijging in temperatuur van de grote
pan zal kleiner zijn dan die van de kleine pan.

2 a De mens, auto, olielamp, kaars, c.v.-ketel.

b Voedsel, benzine, olie, kaarsvet, aardgas.

c Mens: chemische energie \rightarrow warmte en
bewegingsenergie

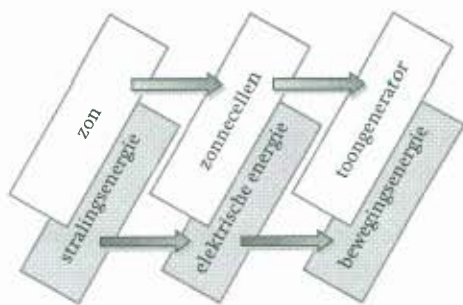
Auto: chemische energie \rightarrow warmte en bewegings-
energie

Olielamp: chemische energie \rightarrow stralingsenergie
en warmte

Kaars: chemische energie \rightarrow stralingsenergie en
warmte

c.v.-ketel: chemische energie \rightarrow warmte

3



ANTWOORDEN BLOK 7

H3

- 1 **a** In kan 2 want voor het smelten van het ijs is extra warmte nodig.
b $Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow Q = 4100 \times 2 \times 5 = 41\,000 \text{ J} = 41 \text{ kJ}$
c Grafiek 5: zolang het ijs nog aan het smelten is, stijgt de temperatuur niet boven de 0°C ; op het laatst stijgt de temperatuur minder snel omdat het verschil in temperatuur met het appelsap klein is.
- 2 Het verschil in soortelijke warmte is veel groter dan het verschil in dichtheid. In beide radiatoren zit dus ongeveer evenveel kg vloeistof. De radiator met olie zal sneller opwarmen want per graad celsius is voor olie veel minder warmte nodig.
- 3 Tijdens het uitstromen verdampt de vloeistof in de aansteker. Hiervoor is warmte nodig.
- 4 **a** Nodig is 900 000 joule. De pompelaar levert 300 joule per seconde.
Dus benodigde tijd = $900\,000/300 = 3000 \text{ s} = 50 \text{ minuten}$.
b Het duurt meer dan 10 maal zo lang. Tijdens het opwarmen staat het aquarium warmte aan de omgeving af. Er is dus meer warmte nodig dan je zou denken.
- 5 Dynamo: bewegingsenergie \rightarrow elektrische energie
Elektromotor: elektrische energie \rightarrow bewegingsenergie
- 6 **a** De pompelaar gebruikt $4 \times 60 \times 500 \text{ J} = 120\,000 \text{ J}$
b Energie in gas = $0,015 \times 30 \cdot 10^6 = 450\,000 \text{ J}$
c De elektrische energie wordt opgewekt in een elektrische centrale uit fossiele brandstof. Daarbij (en bij het transport) treedt veel verlies op.
- 7 In 1 uur verbruikt de automobilist $3600 \times 200 = 720\,000 \text{ J}$ energie. Hiervoor is nodig
 $720\,000/33 \cdot 10^6 = 2,18 \cdot 10^{-2} \text{ l} = 21,8 \text{ ml benzine}$.

Onderzoek aan soortelijke warmte

In dit extrastofblad vind je instructies voor een onderzoek naar de soortelijke warmte van een vaste stof. Van welke stof je de soortelijke warmte bepaalt, moet je zelf in overleg met je docent bepalen. De soortelijke warmte is eenvoudig te berekenen, als je een bekende massa van de stof opwarmt en als je dan de temperatuurstijging en de hoeveelheid benodigde warmte weet. Laat de vaste stof opwarmen door deze te dompelen in een hete vloeistof en meet de afkoeling van de vloeistof. Nu kun je de formule $Q_{op} = Q_{af}$ toepassen. Je hebt nu voldoende aanwijzingen om zelf aan de gang te gaan. Stel een meetplan op, met daarin antwoord op deze vragen:

- Welke stof ga je onderzoeken?
- Hoe voor je het onderzoek uit?
- Welke spullen heb je nodig?
- Welke metingen moet je verrichten?
- Hoe wil je je resultaat controleren?

Laat je meetplan controleren door je docent en ga aan het werk.

Maak van dit onderzoek een verslag met daarin:

- wat er onderzocht is;
- hoe dit gedaan is;
- wat de resultaten van het onderzoek zijn;
- de berekeningen.

Het verslag moet dus bestaan uit het meetplan, een presentatie van de meetresultaten en de conclusie. Uiteraard moet in het verslag ook staan wie het onderzoek heeft uitgevoerd en wanneer dat gebeurd is.