



# Blok 7

## INHOUD

### BASISSTOF

<b>T0</b>	<b>Temperatuur en warmte</b>	<b>172</b>
<b>W0</b>		<b>175</b>
<b>T1</b>	<b>Energiesoorten</b>	<b>176</b>
<b>W1</b>		<b>181</b>
<b>T2</b>	<b>Energie-omzettingen</b>	<b>182</b>
<b>W2</b>		<b>184</b>
<b>T3</b>	<b>Soortelijke warmte en warmtecapaciteit</b>	<b>185</b>
<b>W3</b>		<b>187</b>
<b>T4</b>	<b>Verder rekenen met warmte</b>	<b>188</b>
<b>W4</b>		<b>190</b>

### HERHAALSTOF

<b>H1</b>	<b>Soortelijke warmte en warmtecapaciteit</b>	<b>191</b>
<b>H2</b>	<b>Energie-omzettingen</b>	<b>192</b>
<b>H3</b>	<b>Oefenen met examenopgaven</b>	<b>193</b>

## LEERDOELEN

- 1 Je moet het verschil weten tussen de grootheden temperatuur en warmte. [P0, T0, W0]
- 2 Je moet kunnen omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd. [P0, T0, W0]
- 3 Je moet weten wat bedoeld wordt met de verbrandingswarmte en ermee kunnen rekenen. [P0, T0, W0].
- 4 Je moet drie manieren van warmtetransport kennen: geleiding, stroming en straling. [P0, T0, W0]
- 5 Je moet weten hoe een centrale-verwarmingsinstallatie werkt. [P0, T0, W0]
- 6 Je moet de grootheden energie en vermogen kennen en daarmee het rendement kunnen berekenen. [P0, T0, W0]
- 7 Je moet kunnen rekenen met machten van 10 op je rekenmachine. [P0, T0, W0]
- 8 Je moet een aantal soorten energie kennen en weten hoe ze opgewekt worden of waar ze gevonden worden: elektrische energie, stralings-energie, chemische energie, kernenergie, wind-energie, warmte, bewegingsenergie en zwaarte-energie. [P1, T1, W1]



# Verwarmen en koelen



9 Je moet een aantal energiebronnen kennen: zon, fossiele energiebronnen, voedsel, alternatieve energiebronnen. [P1, T1, W1]

10 Je moet weten dat verschillende soorten energie in elkaar kunnen worden omgezet en dat je zo een energie-ketting kunt maken. [P2, T2, W2]

11 Je moet weten dat bij de omzetting van energie niets verloren gaat (= wet van behoud van energie). [P2, T2, W2]

12 Je moet begrijpen dat ondanks de wet van behoud van energie er toch een energietekort dreigt te ontstaan. [P2, T2, W2]

13 Je moet met voorbeelden duidelijk kunnen maken dat energiegebruik leidt tot belasting van het milieu. [P2, T2, W2]

14 Je moet weten wat soortelijke warmte, warmte-capaciteit, smeltwarmte en verdampingswarmte is. [P3, T3, W3]

15 Je moet in je informatieboekje waarden van soortelijke warmte, smeltwarmte en verdampings-warmte van stoffen kunnen opzoeken. [P3, T3, W3]

16 Je moet de formule  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  begrijpen en kun-nen gebruiken. [P3, T3, W3]

17 Je moet de formule  $Q = C \cdot \Delta T$  begrijpen en kunnen gebruiken. [P3, T3, W3]

18 Je moet begrijpen dat als je twee dingen van ver-schillende temperatuur bij elkaar brengt, het ene evenveel warmte afstaat als het andere opneemt. Je moet dus begrijpen  $Q_{op} = Q_{af}$ . [P4, T4, W4]

19 Je moet grafieken over afkoeling en opwarming kunnen aflezen en toelichten. [P4, T4, W4]

## T0 Temperatuur en warmte

Je hebt al eerder veel geleerd over temperatuur en warmte in blok 7 uit deel 2mhv of in 8 blok uit deel 2vm. Dit blok vertelt je er nog meer over. In T0 worden de belangrijkste begrippen herhaald die je al eerder bent tegengekomen.

### Temperatuur

De temperatuur is een natuurkundige grootheid, afgekort *T*. We gebruiken twee eenheden voor de temperatuur: de graad Celsius (afgekort: °C) en de kelvin (afgekort: K). Zó kun je temperaturen in kelvin en graad Celsius in elkaar omrekenen:

$$T \text{ in kelvin} = T \text{ in graden Celsius} + 273$$

$$T \text{ in graden Celsius} = T \text{ in kelvin} - 273$$

Bij 0 °C, het vriespunt, is de temperatuur dus 273 K (figuur 1).

FIG. 1 Een thermometer die graden Celsius en kelvin aangeeft.



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 °C, *het absolute nulpunt*.

Een temperatuurverschil in graden Celsius is gelijk aan het temperatuurverschil in kelvin. Als je bijvoorbeeld een ketel water verwarmt van 20 °C tot 100 °C, dan is het temperatuurverschil 80 °C. In kelvin is het temperatuurverschil 373 K - 293 K is 80 K. Je ziet het: hetzelfde verschil als bij °C. Anders gezegd: een temperatuurverschil van 1 °C is even groot als een temperatuurverschil van 1 K. Een temperatuurverschil wordt aangeduid met het symbool  $\Delta T$ , spreek uit 'delta T'.

### Thermometer

Met een thermometer meten we de temperatuur. Als de temperatuur stijgt, *zet* het kwik of de alcohol in de thermometer *uit* en stijgt in een dun glazen buisje. Hoe hoger het kwik (of alcohol) stijgt, des te hoger is de temperatuur. Moderne thermometers werken elektronisch.

### Warmte

'Het is hier warm', betekent dat de temperatuur hoog is. Dat wordt veroorzaakt door warmte. De begrippen warmte en temperatuur lijken op elkaar. Hier is het verschil. Stel je voor: op twee gelijke gaspitten staan een kleine pan met een beetje water en een grote pan vol water. Na vijf minuten meten we de temperatuur. We hebben in die vijf minuten aan beide pannen evenveel warmte toegevoerd, maar de temperatuur van het kleine beetje water is veel hoger. Als je de temperatuur van een voorwerp wilt verhogen, moet je dus warmte toevoeren. (Hoe 'groter' het voorwerp, des te meer warmte is er nodig.)

Warmte wordt gemeten in de eenheid joule (J), omdat warmte een soort energie is. Net zoals elektrische energie een soort energie is. Alle soorten energie kunnen gemeten worden in joule.

### Verbrandingswarmte

De verbrandingswarmte is een stoffeigenschap. Een voorbeeld: de verbrandingswarmte van hout is 16 000 000 joule per kg. De verbrandingswarmte van een stof is dus het aantal joule energie dat vrijkomt als één kilogram van die stof wordt verbrand. De verbrandingswarmtes van een aantal stoffen staan in tabel 3 van je informatieboekje.

## Warmtetransport

Warmte gaat van plaatsen met hogere temperatuur naar plaatsen met lagere temperatuur. Er zijn drie manieren van warmtetransport: *geleiding*, *stroming* en *straling*.

Geleiding: de metalen steel van een soeplepel die in de hete soep staat, wordt heet door geleiding.

Stroming: de warme lucht boven een kaarsvlam of een brander van het gasfornuis stijgt op. Je kunt je hand branden als je deze dicht boven de vlam houdt.

Straling: in de zon, bij een kampvuur of voor de open haard voel je de stralingswarmte.

## Centrale-verwarmingsinstallatie

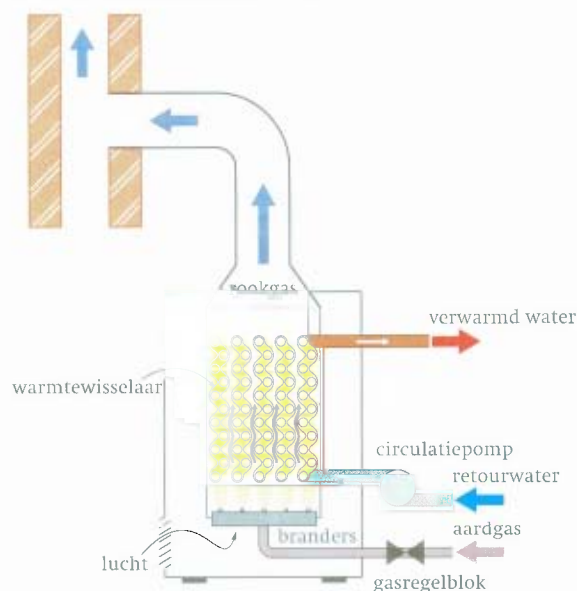
Vroeger, vijftig jaar geleden, stond er in ieder huis één kachel. Die stond in de huiskamer. De andere kamers, ook de slaapkamers, waren 's winters ijskoud. Nu worden in de meeste huizen alle kamers verwarmd met centrale verwarming. De centrale-verwarmingsinstallatie (cv-installatie) bestaat uit de cv-ketel, leidingen, radiatoren, de thermostaat en nog wat onderdelen.

De kachel van de centrale verwarming wordt meestal *cv-ketel* genoemd. Deze ketel staat in de meeste huizen op zolder. In bijna alle cv-ketels wordt water verwarmd door het verbranden van gas (figuur 2). In sommige flats is geen cv-ketel. Daar is één grote ketel voor het hele flatgebouw.

Het water dat in de cv-ketel wordt verwarmd, stroomt via leidingen naar de *radiatoren*. In de radiatoren, die in alle kamers staan of hangen, koelt het water af. Daardoor worden de kamers warm.

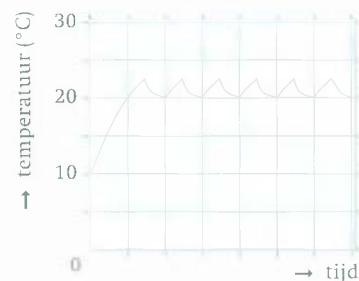
In de meeste woonkamers hangt een klein doosje, de *thermostaat*. Met de thermostaat kun je de temperatuur in de kamer regelen. Heb je 21 °C ingesteld, dan gaat de cv-ketel branden als de temperatuur lager is. Is de temperatuur hoger dan 21 °C, dan is de ketel uit.

FIG. 2 Een verwarmingsketel van binnen.



In het diagram kun je de temperatuur aflezen in een huiskamer in de loop van de tijd (figuur 3). 's Morgens vroeg is het koud, maar stijgt de temperatuur snel, omdat de cv-ketel aan is. Als de temperatuur 22 °C is, zorgt de thermostaat ervoor dat de ketel uitgaat. Als de kamer is afgekoeld tot 20 °C, gaat de cv-ketel weer aan. Nu stijgt de temperatuur.

FIG. 3 Het verloop van de temperatuur in huis 's winters. Voor de verwarming aangaat is het koud.





## Rendement

Een cv-ketel gebruikt gas en maakt er warmte van. Een gloeilamp gebruikt elektrische energie en maakt er licht van. Een stofzuiger gebruikt elektrische energie en brengt de lucht in beweging. Hoe goed zo'n apparaat werkt, blijkt uit het *rendement*. Bij een hoog rendement wordt de energie die je in het apparaat stopt, voor een groot deel nuttig gebruikt. Een spaarlamp geeft voor dezelfde hoeveelheid elektrische energie meer licht dan een gloeilamp. Een spaarlamp heeft dus een hoger rendement. Je berekent het rendement zo:

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

In deze formule is:

$\eta$  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.

### VOORBEELD 1

Een gloeilamp gebruikt in vijf uur  $1,35 \cdot 10^6$  joule elektrische energie. Hoeveel energie gebruikt deze lamp in één seconde (ofwel hoe groot is het vermogen van deze lamp)?

Voor we gaan rekenen eerst dit: In de wiskunde en de natuurkunde is er een bijzondere manier waarop je grote getallen kunt schrijven. Zo geldt  $1,35 \cdot 10^6 = 1,35 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 1\,350\,000$ . Deze manier van schrijven is makkelijk als je je rekenmachine gebruikt. In P0 staat precies uitgelegd hoe je je rekenmachine moet gebruiken bij grote getallen.

*Gegeven:*

$$t = 5 \text{ uur} = 18\,000 \text{ s}$$

$$E = 1,35 \cdot 10^6 \text{ J}$$

*Gevraagd:*

$P$

*Formule:*

$$P = \frac{E}{t}$$

*Oplossing:*

$$P = \frac{1,35 \cdot 10^6}{18\,000} = 75 \text{ W}$$

### VOORBEELD 2

De gloeilamp gebruikt dus in vijf uur  $1,35 \cdot 10^6$  joule elektrische energie. De lamp levert in deze 5 uur  $6,75 \cdot 10^4$  joule nuttige energie (dat is licht). Bereken het rendement van deze gloeilamp.

*Gegeven:*

$$E_{op} = 1,35 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$E_{af} = 6,75 \cdot 10^4 \text{ J}$$

*Gevraagd:*

$\eta$

*Formule:*

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

*Oplossing:*

$$\eta = \frac{6,75 \cdot 10^4}{1,35 \cdot 10^6} \times 100\% = 5\%$$

Het rendement van een gloeilamp is dus slechts 5%. Dat wil zeggen dat er voor 95% een energiesoort uitkomt die we eigenlijk niet willen: warmte.

LET OP: De nuttige energie is altijd minder dan de toegevoerde energie. Anders gezegd: het rendement is altijd kleiner dan 100%. Is je antwoord groter dan 100%, dan heb je de deling verkeerd om gedaan. Bedenk dit steeds als je sommen over rendement maakt.

## BLOK 7 BASISSTOF

### WO

- 1 Reken om naar °C:
  - a een temperatuur van 630 K;
  - b een temperatuur van 23 K;
  - c een temperatuurverschil van 4 K.
- 2 Reken om naar K:
  - a een temperatuur van 20 °C;
  - b een temperatuur van -100 °C;
  - c een temperatuurverschil van 12 °C.
- 3 Leg uit hoe een alcoholthermometer werkt.
- 4
  - a Noem de belangrijkste onderdelen van een centrale-verwarmingsinstallatie.
  - b Leg uit waar deze onderdelen voor dienen.
- 5
  - a Noem drie vormen van warmtetransport.
  - b Geef van elke vorm een voorbeeld (niet uit T0).
- 6
  - a Noem drie stoffen die warmte goed geleiden.
  - b Noem drie isolatoren, dat zijn stoffen die de warmte slecht geleiden.



FIG. 4 De vloerverwarming wordt aangelegd: warmwaterleidingen waarop later een tegelvloer komt te liggen.

- 7 Bij vloerverwarming stroomt warm water van de centrale verwarming door de buizen die onder de tegelvloer liggen (figuur 4). Waarom moet de laag onder deze buizen heel goed geïsoleerd worden?
- 8 In een zonnecollector wordt stralingsenergie van de zon omgezet in warmte (figuur 5). In de collectoren lopen koperen buizen, waarin het water wordt verwarmd.
  - a Waarom is het beter de buizen van koper te maken dan van plastic?
  - b Aan welke kant (noord, zuid, oost, west) van het huis levert een zonnecollector het hoogste rendement? Waarom?

FIG. 5 Een huis met zonnecollectoren.



# T1 Energiesoorten

- 9 Pierre stookt een avond lang hout in de open haard. Het hout kan  $50 \cdot 10^6$  joule warmte produceren. Het rendement van de open haard is 10%.
- a Bereken hoeveel warmte de kamer binnenkomt.
  - b Hoeveel warmte vliegt er door de schoorsteen naar buiten?
- 10 Een gloeilamp van 60 watt levert per seconde 3 J zichtbaar licht. De rest van de toegevoerde energie wordt omgezet in warmte.
- a Hoeveel elektrische energie gebruikt de lamp per seconde?
  - b Bereken het rendement van de lamp.
- 11 a Zoek de verbrandingswarmte van aardgas op in je informatieboekje.
- b In een jaar tijd gebruikt een centrale-verwarmingsinstallatie  $2200 \text{ m}^3$  aardgas. Hoeveel warmte levert dit op?
- De cv-ketel heeft een rendement van 72%.
- c Bereken hoeveel warmte in huis terecht komt.
  - d Hoeveel warmte vliegt door de schoorsteen naar buiten?

De wereld gebruikt grote hoeveelheden energie. De energie komt uit een energiebron. De belangrijkste soorten energie en de bijbehorende energiebronnen worden in T1 besproken.

## Chemische energie

Als stoffen verbranden, wordt de chemische energie van de stof omgezet in warmte. De bekendste bronnen van chemische energie zijn aardolie, aardgas en steenkool.

Aardolie, aardgas en steenkool zijn zogenoemde fossiele brandstoffen. Vanwaar de naam fossiele brandstoffen? De mens bestaat pas twee miljoen jaar. De aarde is al duizenden miljoenen jaren oud. In die lange, lange tijd is op sommige plaatsen zoveel leven geweest, dat we de resten ervan in de aardkorst terugvinden. Een fossiel is de rest van een plant of een dier in de aardkorst. Soms is dit niet meer dan een afdruk.

FIG. 7 De benzine gemaakt uit olie bevat chemische energie voor de auto. Het broodje dat de chauffeur staat te eten, bevat chemische energie voor haar lichaam.

FIG. 6 Fossiele energiebronnen worden gebruikt voor verwarming, voor transport maar ook veel voor de opwekking van elektrische energie in elektriciteitscentrales.





FIG. 8 De atoombom is het meest afschuwelijke wapen dat de mens ooit heeft bedacht. Het is gelukkig maar twee maal in een oorlog gebruikt.



Fossiele energiebronnen zijn de bronnen van energie ontstaan uit fossielen. Steenkool bestaat uit de resten van plantaardig leven. Aardolie en aardgas zijn gevormd uit dierlijk leven, vooral uit plankton in de oceanen. De fossiele energiebronnen zijn in de twintigste eeuw zóveel gebruikt dat ze voor een groot deel zijn opgebruikt (figuur 6).

Ook spijsvertering is een vorm van verbranding. Bij deze verbranding ontstaat niet alleen warmte. Het voedsel dat je eet, wordt ook omgezet in bewegings-energie (figuur 7).

### Kernenergie

Kernenergie wordt gebruikt in sommige elektriciteitscentrales en (gelukkig niet zo vaak) in atoombommen (figuur 8). De kernenergie komt vrij bij splijting van uranium. Er zijn in Nederland twee centrales die werken op kernenergie. Deze zogenoemde kerncentrales staan in Borssele en Dodewaard.

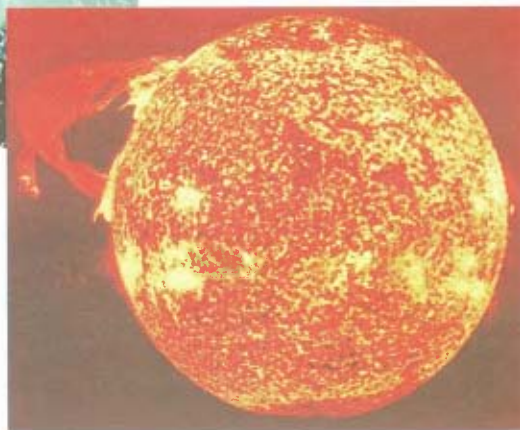


FIG. 9 De zon is een hele grote bol van gloeiende gassen. Er wordt voortdurend warmte gevormd uit kernenergie.

Toch is het maar goed dat kernenergie bestaat, want de zon werkt ook op kernenergie. De zon is de allerbelangrijkste bron van energie (figuur 9). Als de zon er niet was:

- zouden er geen steenkool, aardolie en aardgas in de grond zitten;
- zouden er geen wind, regen en wolken zijn;
- zouden er geen planten kunnen groeien;
- zou de temperatuur op aarde honderden graden onder nul zijn;
- zou de mens niet kunnen bestaan.



## Stralingsenergie

Er zijn verschillende soorten stralingsenergie. Zichtbaar licht, maar ook onzichtbaar licht zoals ultra-violette en infra-rode straling (figuur 10). Infra-rode straling is hetzelfde als warmtestraling. Ultra-violette straling maakt dat je bruin wordt. De belangrijkste bron van stralingsenergie is de zon. Andere stralingsbronnen: gloeilamp, kampvuur.

FIG. 10 Op het strand word je bruin door de ultra-violette straling, warm door de infra-rode straling en bescherm je je ogen tegen het zichtbare licht met een zonnebril.



## Warmte

Warmte is eigenlijk energie onderweg van de ene plaats naar de andere. In de keuken levert brandend aardgas de warmte waardoor het water in de ketel in temperatuur stijgt (figuur 11). Warmte is ook al behandeld in T0.



FIG. 12 Hoe harder deze auto's rijden, des te meer bewegingsenergie bevatten zij. Deze bewegingsenergie wordt verkregen uit de chemische energie van benzine.

FIG. 11 Warmte beweegt van de gasvlam naar het water.



## Bewegingsenergie

Het kost moeite, liever gezegd het kost energie om iets in beweging te brengen. Een bal die gegooid wordt, de golven van de zee, rijdende auto's (figuur 12). Hoe groter de snelheid en hoe zwaarder het bewegende voorwerp, des te meer bewegingsenergie bevat het voorwerp. Een hard geschoten voetbal bevat meer bewegingsenergie dan een tennisbal gegooid door een kind.

FIG. 13 Een windmolen zet met behulp van een grote dynamo bewegingsenergie om in elektrische energie.



Bewegingsenergie kan gebruikt worden om andere energie mee te maken. Dat gebeurt bijvoorbeeld in een windmolenpark. Daar wordt van de bewegingsenergie van de lucht elektrische energie gemaakt (figuur 13). Meer over bewegingsenergie leer je in blok 8 van dit boek.

### **Zwaarte-energie**

Op aarde valt een voorwerp naar beneden door de zwaartekracht, als het niet ondersteund wordt. Tijdens de val krijgt het voorwerp snelheid en dus bewegingsenergie. Voordat het voorwerp gaat vallen, bevat het zwaarte-energie. Het water in een stuwmeer bevat zwaarte-energie die gebruikt kan worden voor de opwekking van elektrische energie (figuur 14). We noemen dat witte steenkool. Meer over zwaarte-energie leer je in blok 8 van dit boek.

FIG. 14 Een stuwmeer is een voorraadvat van zwaarte-energie.



### **Elektrische energie**

Elektrische energie is een handig soort energie die we makkelijk via metaaldraden over de aarde kunnen vervoeren (figuur 15). Dit is uitvoerig behandeld in blok 3 van dit boek. In elektromotoren wordt elektrische energie omgezet in bewegingsenergie. Dat gebeurt bijvoorbeeld in een boormachine en een stofzuiger. In apparaten zoals een strijkijzer en een straalkachel wordt elektrische energie omgezet in warmte. Op het moment dat we een batterij gebruiken, wordt de chemische energie van de batterij omgezet in elektrische energie.

FIG. 15 Elektrische energie wordt opgewekt in enkele tientallen centrales in Nederland en vandaar via hoogspanningskabels naar alle steden en dorpen getransporteerd.



FIG. 16 Het hete water van geisers wordt op IJsland gebruikt voor de verwarming van huizen.



### Alternatieve energiebronnen

Onze belangrijkste energiebronnen dreigen uitgeput te raken en/of veroorzaken problemen voor het milieu. Dat geldt voor steenkool, aardolie, aardgas en kern-energie. Daarom wordt gezocht naar andere energiebronnen, die als vervanging kunnen dienen. Dit noemt men alternatieve energiebronnen. Een paar voorbeelden.

De warmte in de aardkorst, de aardwarmte, kan gebruikt worden voor verwarming. Dit gebeurt op grote schaal op IJsland, een eiland met veel vulkanisme (figuur 16).

De beweging van eb en vloed, de getijdenenergie, kan gebruikt worden voor het opwekken van elektrische energie.

Uit mest kan biogas worden gewonnen, dat gebruikt kan worden in plaats van aardgas.

Windenergie kan omgezet worden in elektrische energie met behulp van moderne windmolens (wind-turbines).



#### ENERGIE-EENHEDEN

Energie kan gemeten worden in twee eenheden, de joule en de kilowattuur. Er geldt:

$$1 \text{ kilowattuur} = 3\,600\,000 \text{ joule}$$

De joule is dus een heel kleine eenheid. Hieronder staat wat je met 100 000 joule energie kunt doen, of wat 100 000 joule energie kan leveren:

- een lamp van 100 watt 17 minuten laten branden;
- 20 minuten hardlopen;
- 30 meter met een auto rijden die een snelheid heeft van 100 km/u;
- een halve bruine boterham;
- je schoeltas of rugzak van 3 kg 8000 maal 40 cm optillen;
- een plakje ham;
- water voor twee koppen thee aan de kook brengen.



## BLOK 7 BASISSTOF

### W1

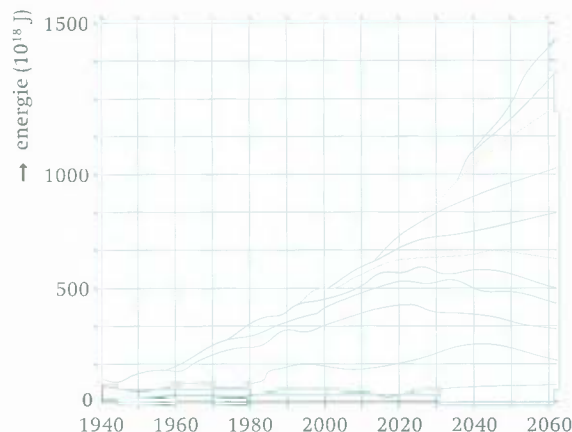
- 1 Welke soorten fossiele energie zijn er?
- 2 Wat is de belangrijkste energiebron voor de mens?
- 3 Wat zijn de belangrijkste bronnen van chemische energie?
- 4 **a** Wat wordt bedoeld met alternatieve energie?  
**b** Noem enkele soorten alternatieve energie.
- 5 Een kWh elektrische energie, zoals geleverd door de elektriciteitscentrale kost f 0,25. Een liter benzine kost f 2,25.
  - a** Hoeveel joule is 1 kWh?
  - b** Hoeveel joule zit er in 1 liter benzine?  
(Zoek de verbrandingswarmte van benzine op in je informatieboekje. Let op  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$ .)
  - c** Vergelijk de prijs van elektrische energie met die van de energie uit benzine. Wat is het duurst?  
Je schooltas 8000 keer optillen kost ongeveer 100 000 joule.
  - d** Hoeveel cent kost dat aan elektrische energie, als je dit met een elektromotor zou doen?

FIG. 17 Welke energie heb jij vandaag gebruikt?



- 6 Welke soorten energie heb jij vandaag gebruikt en waarvoor? (Zie figuur 17.)
- 7 In het diagram staat wat de oliemaatschappij Shell verwacht over het energiegebruik in de toekomst (figuur 18).
  - a** Waarom zal in het jaar 2060 zoveel meer energie nodig zijn dan nu?
  - b** Welke energiebronnen leveren in 2060 minder energie dan nu en waarom?
  - c** Wat wordt bedoeld met de energiebron 'biomassa'?
  - d** Wat betekent het woord verrassing hier?

FIG. 18 De energiegroei in de wereld.



- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| — = 'verrassing' | — = waterkracht  |
| — = aardwarmte   | — = aardgas      |
| — = zon          | — = olie         |
| — = biomassa     | — = kolen        |
| — = wind         | — = sprokkelhout |
| — = kernenergie  |                  |

## T2 Energie-omzettingen

### Energie-ketting

De energie-ketting van figuur 19 bestaat uit vier schakels. Iedere schakel bestaat uit een energiebron, die een soort energie produceert. In figuur 20 staat er nog één, een langere. Bij deze ketting staan alleen de energiebronnen vermeld.

De ketting van figuur 20 zit zo in elkaar. Uit kern-energie produceert de zon stralingsenergie. Dankzij deze energie groeiden lang geleden bomen, die diep in de aardkorst omgezet zijn tot steenkool. De chemische energie van de steenkool wordt in een elektriciteits-centrale omgezet in elektrische energie. Lampen in een kas waarin 's winters tomaten worden gekweekt, zetten de elektrische energie om in stralingsenergie. Hierdoor groeien de tomaten. De voedingswaarde, dat is onder andere chemische energie, geeft de mens de energie om een ballonnetje op te blazen. Hij produceert bewegingsenergie. Laat je een opgeblazen ballonnetje los, dan vliegt het rond: bewegingsenergie.

FIG. 19 Energieketting met vier schakels.

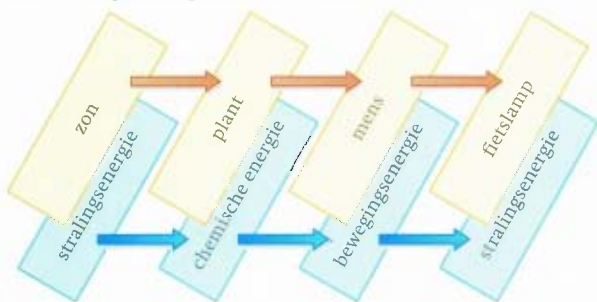
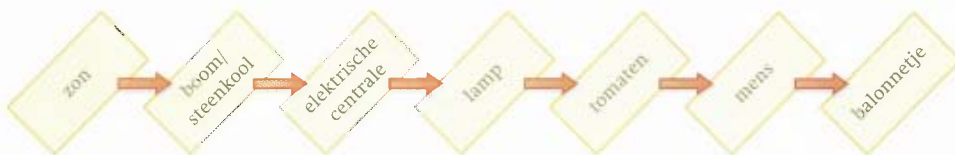


FIG. 20 Energieketting met zeven schakels.



### Energie-omzetters

In iedere schakel van de ketting wordt energie van de ene soort in de andere omgezet. In figuur 21 staat een aantal van die energie-omzetters met de energiesoort die het apparaat ingaat en de energiesoort die het apparaat produceert.

### Wet van behoud van energie

Apparaten zetten de ene soort energie om in de andere. De energie blijft dus bestaan, maar in een andere vorm. Met andere woorden: bij energie-omzettingen gaat geen energie verloren. Dit is de wet van behoud van energie. Zo zal van de benzine die in de tank van de auto gaat, iedere joule energie er als andere energie uitkomen.

Helaas worden in de energie-omzetters dikwijls soorten energie geproduceerd die niet meer nuttig gebruikt kunnen worden. We bekijken de auto. De auto trekt op. De chemische energie van de benzine wordt omgezet in bewegingsenergie. Maar tegelijkertijd ontsnappen hete gassen uit de uitlaat. Deze energie in de vorm van warmte is nutteloos. Benzine wordt gemaakt uit aardolie. Omdat er zoveel auto's rijden, raakt de aardolie op. De auto's maken van de benzine een *even grote hoeveelheid* bewegingsenergie en warmte, maar *de aardolie is wel verdwenen*. Nog een voorbeeld van energie die niet meer nuttig gebruikt kan worden. In een geiser maken we water heet met aardgas (figuur 22). In het bad mengen we het hete water met koud water. Als het water tenslotte door het riool in zee stroomt is het afgekoeld. Van de energie uit het aardgas voor een warm bad *gaat niets verloren*. De warmte is misschien genoeg om de zee een miljardste graad op te warmen. Maar daar hebben we niks aan en *het aardgas is verdwenen*.

FIG. 21 Deze energie-omzetters veranderen energie van de ene soort in een andere soort

energiesoort in	apparaat	energiesoort uit
elektrische energie	elektromotor	bewegingsenergie
bewegingsenergie	dynamo	elektrische energie
stralingsenergie	zonnecel	elektrische energie
stralingsenergie	zonnecollector	warmte
zwaarte-energie	waterkrachtcentrale	elektrische energie
chemische energie	auto	bewegingsenergie
chemische energie	vliegtuig	bewegings- + zwaarte-energie
elektrische energie	strijkijzer	warmte
chemische energie	cv-ketel	warmte
chemische energie	mens en dier	bewegingsenergie + warmte
stralingsenergie	plant	chemische energie



FIG. 22 Van de energie uit het aardgas voor een warm bad gaat niets verloren. De warmte is misschien genoeg om de zee een miljardste graad op te warmen. Maar daar hebben we niks aan.

LET OP: er is sprake van een paradox, een schijnbare tegenspraak. Aan de ene kant de wet van behoud van energie: energie gaat *niet verloren*. Aan de andere kant het dreigend *energie tekort*.

## Energie en milieu

Hoe rijker de mensen, hoe meer auto's en vliegereizen, hoe groter de huizen, hoe meer energiegebruik, hoe vlugger er een energietekort dreigt. Maar er is nog een probleem. Het energiegebruik is slecht voor het milieu. Het verband tussen welvaart, energiegebruik, energietekort en milieuproblemen kun je weergeven in een schema (figuur 23).

Op vele manieren kan energiegebruik schade aan het milieu veroorzaken. Hier volgen enige milieuproblemen, die met energiegebruik te maken hebben.

FIG. 23 Schematische weergave van de energieproblemen.





### HET BROEIKASEFFECT

Door het verbranden van fossiele energie (steenkool, aardolie en aardgas) wordt veel koolstofdioxide gevormd. Deze koolstofdioxide in de atmosfeer werkt als extra isolatie. Daardoor wordt de aarde een beetje warmer (net als de lucht in een broeikas). De gevolgen hiervan zijn nog niet goed te overzien. De klimaatverandering zou onder andere moeilijkheden voor de landbouw kunnen veroorzaken. Grotere droogte bijvoorbeeld. Door het smelten van het ijs op de Zuidpool zou de zeespiegel kunnen stijgen en veel land onder water lopen. Daarom is het broeikaseffect misschien wel het grootste milieuprobleem.

### ZURE REGEN

Uitlaatgassen veroorzaken samen met andere oorzaken zoals het mestoverschot, zure regen. De zure regen beschadigt bossen. Door vervuiling als deze dreigen sommige planten en dieren uit te sterven. De natuur wordt in een rijk land als Nederland zover teruggedrongen, dat veel planten en dieren zich niet meer goed kunnen voortplanten. Zo zijn er in Nederland vele soorten vlinders uitgestorven.

### OMKAPPEN VAN REGENWOUDEN

Tropisch hardhout wordt in het welvarende Westen veel gebruikt. Hiervoor worden regenwouden in landen als Maleisië, Indonesië en Brazilië omgekapt. De regenwouden zijn belangrijk onder andere omdat er zoveel soorten planten en dieren voorkomen, maar ook omdat deze regenwouden het klimaat beïnvloeden.

- 1 **a** Wat wordt bedoeld met een energie-ketting?  
**b** Maak een energie-ketting die begint met de zon en eindigt met een voetbalwedstrijd. Vermeld bij iedere schakel de soort energie die wordt geproduceerd.
- 2 **a** Welvaart leidt tot energietekort. Geef een voorbeeld.  
**b** Welvaart leidt tot milieuschade. Geef een voorbeeld.  
**c** Wat zijn de nadelen van grote welvaart?
- 3 Energie gaat nooit verloren. Er dreigt een energietekort. Deze twee zinnen zijn met elkaar in tegenspraak. Leg dit uit.
- 4 'Toen de Waalbrug bij Zaltbommel op 18 november 1933 werd geopend door koningin Wilhelmina, was het onduidelijk waarom de brug eigenlijk was gebouwd ter vervanging van het oude Waalveer. In 1934 kwamen er in een heel jaar 80 000 auto's overheen. Dat waren er 219 per dag, gemiddeld 9 per uur. Nu passeren per uur gemiddeld 3333 auto's, dat zijn er 80 000 per dag! In zestig jaar is het verkeer dus precies 365 keer drukker geworden... Als het verkeer zich zou blijven ontwikkelen zoals in de afgelopen zestig jaar, dan zouden in het jaar 2055 per dag 365 keer 80 000 auto's de Waal passeren: dit is per dag 29 200 000!!' (Uit NRC Handelsblad 05-01-96)  
 Wat heeft deze tekst te maken met T2? Je antwoord moet minstens 25 woorden lang zijn.

## T3 Soortelijke warmte en warmtecapaciteit

### Soortelijke warmte

In de keuken staat een pan op het fornuis (figuur 24).

Om de inhoud van de pan te verwarmen is energie nodig. Hoeveel energie? Dat hangt af van:

- wat er in de pan zit (het soort materiaal);
- hoeveel er in de pan zit (de massa);
- de temperatuurstijging.

Hoe kun je deze hoeveelheid energie berekenen? Uit heel nauwkeurige proeven blijkt: om 1 kilogram water 1 K warmer te maken is 4180 joule warmte nodig. Dit getal noemen we de *soortelijke warmte* van water. (Dit getal en ook het getal van andere stoffen kun je vinden in je informatieboekje.) Let op: de massa van 1 kg water = het volume van 1 liter water (van 4 °C).

### Rekenen met soortelijke warmte

Het rekenen met soortelijke warmte gaat als volgt:

Om 2 kg water 1 K warmer te maken is

$2 \times 4180 \text{ joule} = 8360 \text{ joule}$  warmte nodig.

Om 1 kg water 5 K warmer te maken is

$5 \times 4180 \text{ joule} = 20\,900 \text{ joule}$  warmte nodig.

Om 2 kg water 5 K warmer te maken is

$2 \times 5 \times 4180 \text{ joule} = 41\,800 \text{ joule}$  warmte nodig.

Ga na of je dit begrijpt: je hebt 2 × zoveel water en het moet ook nog 5 × zo warm worden!

Om uit te rekenen hoeveel warmte nodig is bij het opwarmen van water, moet je dus met elkaar vermenigvuldigen:

- de soortelijke warmte van water (= 4180);
- het aantal kg (de massa);
- het aantal kelvin temperatuurstijging.

Dit geeft de volgende formule:

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



FIG. 24 Het verwarmen van een pan.

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;

$\Delta T$  is de temperatuurstijging in kelvin.

De soortelijke warmte is een stoffeigenschap. Zo is de soortelijke warmte van glas 840 joule per kilogram per kelvin. Korter geschreven:  $c_{\text{glas}} = 840 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ . Om 1 kg glas 1 kelvin warmer te maken is dus 840 Joule nodig.

#### VOORBEELD 1

Om thee te zetten brengt iemand 0,5 liter water aan de kook. Het kraanwater heeft een temperatuur van 15 °C. Hoeveel warmte is hiervoor nodig?

*Gegeven:*

$$c_{\text{water}} = 4180 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$m = 0,5 \text{ kg } (\rho_{\text{water}} \approx 1,0 \text{ kg/l bij } 15^\circ \text{C})$$

$$\Delta T = 85 \text{ K (van } 15^\circ \text{C naar } 100^\circ \text{C)}$$

*Gevraagd:*

$Q$

*Formule:*

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

*Oplossing:*

$$Q = 4180 \times 0,5 \times 85 = 177\,650 \text{ J}$$

#### VOORBEELD 2

In voorbeeld 1 is vergeten dat ook de fluitketel zelf moet worden verwarmd van 15 °C naar 100 °C. De ketel weegt 400 gram en is gemaakt van roestvast staal. Hoeveel warmte kost het om deze ketel op te warmen?

*Gegeven:*

$$c_{\text{rvs}} = 460 \text{ J/kg} \cdot \text{K (informatieboekje)}$$

$$m = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 85 \text{ K}$$

*Gevraagd:*

$Q$

*Formule:*

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

*Oplossing:*

$$Q = 460 \times 0,4 \times 85 = 15\,640 \text{ J}$$

### Warmtecapaciteit

In huis gaat de kachel aan. Daardoor stijgt de temperatuur. Een pan met aardappels wordt aan de kook gebracht. Dit zijn twee voorbeelden van dingen, voorwerpen, die in temperatuur stijgen. Om het huis een graad in temperatuur te laten stijgen is veel meer warmte nodig dan voor de pan met aardappelen. We kunnen ook zeggen: de *warmtecapaciteit* van de pan met aardappelen is kleiner.

De warmtecapaciteit van de pan met aardappelen is 6500 joule per kelvin, kort geschreven:  $C_{\text{pan}} = 6500 \text{ J/K}$ . Dit betekent: om de pan met inhoud 1 kelvin op te warmen is 6500 joule nodig. (Let op: soortelijke warmte wordt aangeduid met een kleine letter  $c$ ; warmtecapaciteit wordt aangeduid met een hoofdletter  $C$ .)

### Rekenen met warmtecapaciteit

Het rekenen met warmtecapaciteit is eenvoudig en gaat als volgt:

Om de pan 1 kelvin te verwarmen is 6500 joule nodig. Dus om de pan 10 kelvin te verwarmen is 65 000 joule nodig.

Ga na of je dit begrijpt: de pan moet  $10 \times$  zo warm worden, dus dit kost  $10 \times$  zoveel warmte!

Om uit te rekenen hoeveel warmte nodig is bij het opwarmen van *een voorwerp als geheel*, moet je dus met elkaar vermenigvuldigen:

- de warmtecapaciteit;
- het aantal kelvin temperatuurstijging.

Dit geeft de volgende formule:

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

In deze formule geldt:

$Q$  is de benodigde warmte in joule;

$C$  is de warmtecapaciteit in joule/kelvin;

$\Delta T$  is de temperatuurstijging in kelvin.

#### VOORBEELD 3

Een pan met aardappelen heeft een warmtecapaciteit van 6500 J/K. Hoeveel kWh (!) warmte is nodig om de pan op een elektrisch fornuis te verwarmen van 12 °C tot het kookpunt.

*Gegeven:*

$$C = 6500 \text{ J/K}$$

$$\Delta T = 88 \text{ K (van } 12 \text{ °C naar } 100 \text{ °C)}$$

*Gevraagd:*

$Q$

*Formule:*

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



Oplossing:

$$Q = 6500 \times 88 = 572\,000 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

$$572\,000 \text{ J} = \frac{572\,000}{3\,600\,000} = 0,16 \text{ kWh}$$

VOORBEELD 4

Het rendement van het fornuis in voorbeeld 3 was slechts 50% (figuur 25). Hoeveel elektrische energie heeft het fornuis in werkelijkheid moeten leveren en hoeveel kost dit? De prijs van 1 kWh is f 0,25.

Gegeven:

$$\eta = 50\%$$

$E_{af} = 0,16 \text{ kWh}$  (de nuttige energie die het fornuis heeft afgestaan aan de pan)

Gevraagd:

$$E_{op}$$

Formule:

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

Oplossing:

$$50 = \frac{0,16}{E_{op}} \times 100\%$$

$$E_{op} = \frac{100}{50} \times 0,16 = 0,32 \text{ kWh}$$

$$\text{Dit kost } 0,32 \times f\,0,25 = f\,0,08$$

Deze oplossing ziet er nogal ingewikkeld uit. Beredeneer of je het antwoord 0,32 kWh ook uit je hoofd zou kunnen vinden.

FIG. 25 Een rendement van 50% betekent ook een verlies van 50%.



- 1 **a** Zoek op en noteer de soortelijke warmtes van water en olie.  
**b** Je moeder is heel verbaasd bij het oliebollen bakken. 'De olie wordt zo vlug heet, hoe zou dat komen?', zegt ze. Wat is de verklaring?
- 2 De volgende uitspraak is niet volledig: 'Voor het verwarmen van water is meer energie nodig dan voor het verwarmen van messing.' Wat ontbreekt er?
- 3 De centrale verwarming moet warmte transporteren van de ketel naar de kamers van het huis. Het hete water geeft in de radiatoren zijn warmte af.  
**a** Moet de vloeistof in de buizen van de verwarming een hoge of een lage soortelijke warmte bezitten om veel warmte te kunnen overdragen? Licht je antwoord toe.  
**b** Zoek in je informatieboekje op welke de meest geschikte vloeistof zou zijn.  
**c** Welke vloeistof wordt er in werkelijkheid gebruikt?
- 4 Bereken de hoeveelheid warmte die nodig is om 20 gram lood 15 °C te verwarmen.
- 5 Om water van 18 °C in een fluitketel aan de kook te brengen is  $5 \cdot 10^5 \text{ J}$  nodig.  
**a** Bereken hoeveel liter water de fluitketel bevat.  
**b** Hoeveel m<sup>3</sup> aardgas is nodig om een energie van  $5 \cdot 10^5 \text{ joule}$  te leveren?  
Het rendement van de verwarming is minder dan 100%.  
**c** Is er in werkelijkheid meer of minder aardgas nodig dan berekend bij **b**? Licht je antwoord toe.

## T4 Verder rekenen met warmte

- 6 Je voert een proef uit om de soortelijke warmte van aluminium te bepalen. Je verwarmt een bekglas met water tot  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het glas bevat 0,15 liter water. Je legt een blokje aluminium van 80 g in het water. Het aluminium blokje heeft een temperatuur van  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Het water koelt af en het aluminium wordt warmer. Ze krijgen na korte tijd dezelfde temperatuur:  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**a** Hoeveel graden is het water afgekoeld?

**b** Bereken hoeveel warmte het water heeft afgegeven.

Alle warmte die het water heeft afgegeven, is opgenomen door het aluminium blokje.

**c** Controleer met een berekening dat volgens deze proef de soortelijke warmte van aluminium  $871\text{ J/kg}\cdot\text{K}$  is.

- 7 's Morgens gaat de ketel van de centrale verwarming aan. Het duurt een half uur voor het huis is opgewarmd van  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De ketel heeft een vermogen van 35,9 kW.

**a** Bereken hoeveel joule warmte de kachel per seconde produceert.

**b** Bereken hoeveel joule warmte nodig is om het huis op te warmen van  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**c** Bereken de warmtecapaciteit van het huis.

- 8 **a** Bereken hoeveel warmte er nodig is om 2 liter water 1 K te verwarmen.  
**b** Bereken de warmtecapaciteit van 2 liter water.  
**c** Hoe groot is de warmtecapaciteit van je lichaam? (Je mag in deze opgave aannemen dat je lichaam helemaal uit water bestaat.)

### Smeltwarmte en verdampingswarmte

We doen de volgende proef: we gaan de koelcel van een slagerij binnen en hakken een stuk ijs tot gruis (heel kleine stukjes). Het ijs is net zo koud als de lucht in de koelcel:  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . We doen het gruis in een bekglas, zetten er een thermometer in en nemen het mee de koelcel uit. De temperatuur van het ijs stijgt geleidelijk tot een temperatuur van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  is bereikt (figuur 26). Nu begint het ijs te smelten. De temperatuur is  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en *verandert niet totdat al het ijs is gesmolten*. Nu begint het water weer in temperatuur te stijgen. We zetten het bekglas op een gasbrander: De temperatuur stijgt verder. Op zeker moment kookt het water. Tijdens het koken verandert de temperatuur niet. Deze blijft  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . De verandering van de temperatuur in de loop van de tijd is weergegeven in een diagram (figuur 27).

Smeltend ijs heeft een temperatuur van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; het smeltpunt van ijs. Het ijs smelt alleen als er *warmte wordt toegevoerd*. Deze warmte noemen we smeltwarmte. *De smeltwarmte van ijs is de hoeveelheid warmte nodig om 1 kg ijs van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  te smelten*. Deze smeltwarmte is  $334\text{ 000 joule/kg}$ .

Kokend water heeft een temperatuur van  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; het kookpunt van water. Het water blijft alleen koken (en verdampen) als er voortdurend *warmte wordt toegevoerd*. Deze warmte noemen we verdampingswarmte. *De verdampingswarmte van water is de hoeveelheid warmte nodig om 1 kg water van  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  te verdampen*. Deze verdampingswarmte is  $2\text{ 260 000 joule/kg}$ .

Voor andere zuivere stoffen geldt hetzelfde. Tijdens smelten en tijdens koken stijgt de temperatuur niet. Smeltpunt, smeltwarmte, kookpunt en verdampingswarmte zijn voor alle stoffen verschillend. Je kunt ze vinden in je informatieboekje.

FIG. 26 We meten de temperatuur van smeltend ijs.



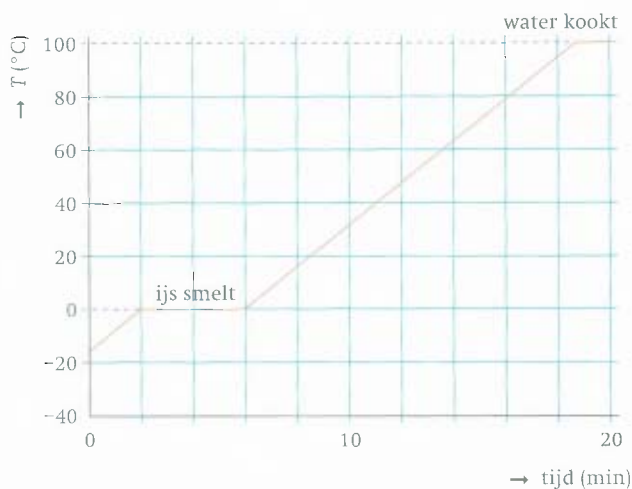
### Opgenomen warmte = afgestane warmte

Als je ijs in een glas lauwe cola gooit, zal het ijs smelten en de cola afkoelen. Na enige tijd is de temperatuur overal in het glas dezelfde. De warmte die het ijs heeft opgenomen = de warmte die de lauwe cola heeft afgestaan. In formulevorm:

$$Q_{\text{op}} = Q_{\text{af}}$$

Dit lijkt weer een nieuwe formule, maar eigenlijk staat hier iets wat je al lang weet: de wet van behoud van energie!

FIG. 27 Als het ijs smelt en als het water kookt, stijgt de temperatuur niet.



### VOORBEELD

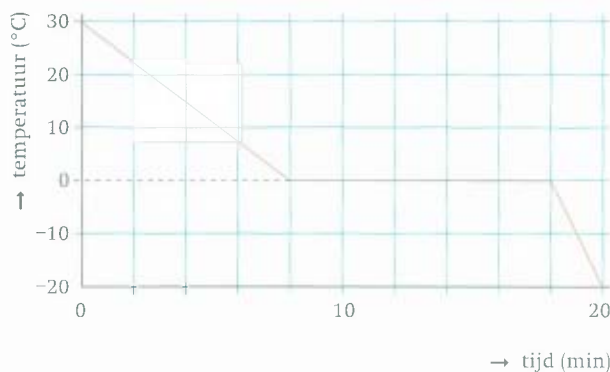
We gooien een blokje ijs van 0 °C in een glas cola met een temperatuur van 18 °C. Na enige tijd is het ijs gesmolten en is de temperatuur van de cola (met smeltwater) 8 °C.

De cola wordt kouder en staat dus warmte af (bijvoorbeeld 8000 joule).

Dan moet gelden: het ijs wordt warmer en neemt warmte op (ook 8000 joule).



- 1
  - a Wat wordt bedoeld met de smeltwarmte van paraffine?
  - b Zoek in je informatieboekje de smeltwarmte van paraffine op.
  - c Wat wordt bedoeld met de verdampingswarmte van water?
  - d Zoek in je informatieboekje de verdampingswarmte van water op.
  
- 2 We gooien een blokje ijs van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  in een glas cola met een temperatuur van  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na enige tijd is het ijs gesmolten en is de temperatuur van de cola (met smeltwater)  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - a Wat kun je zeggen over de eindtemperatuur als meer ijs was gebruikt? Licht je antwoord toe.
  - b Wat kun je zeggen over de eindtemperatuur als meer cola was gebruikt? Licht je antwoord toe.
  
- 3 We halen ijs van  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  uit de diepvries, laten het geleidelijk opwarmen, smelten en brengen dan het smeltwater aan de kook. Teken een grafiek van de temperatuur tegen de tijd.
  
- 4 We gaan met water ijsklontjes maken in de diepvries. Teken een grafiek van de temperatuur tegen de tijd.

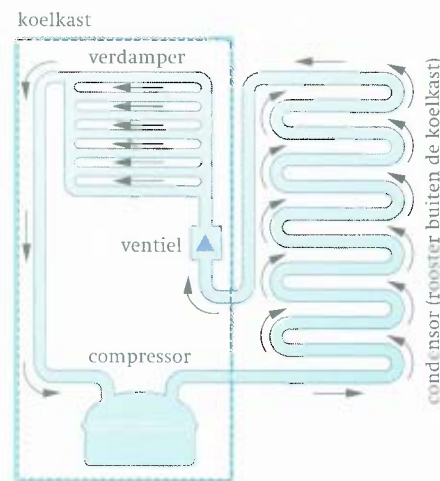
FIG. 28 De afkoeling van water van  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot ijs van  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

- 5 In het diagram zie je de afkoeling van  $0,35\text{ l}$  water van  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot ijs van  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (figuur 28).
  - a Bij welke delen van de proef wordt warmte afgestaan?
  - b Bekijk het eerste deel van de proef. Tijdens het afkoelen van  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  staat het water  $22\text{ kJ}$  warmte af. Bereken de soortelijke warmte van water.
  
- 6 In figuur 29 zie je een schematische weergave van een koelkast.
 

In een koelkast wordt een vloeistof beurtelings verdampt en weer gecondenseerd. Het verdampen gebeurt in de koelkast. De compressor perst het gas samen, zodat het weer condenseert. Het condenseren gebeurt in een spiraal aan de achterkant van de koelkast.

  - a Op welke plek staat de vloeistof warmte af?
  - b Op welke plek neemt de vloeistof warmte op?
  - c Waarom zit het koelement bovenin de koelkast?
  - d Waarom heet de spiraal aan de achterkant 'condensor'?

FIG. 29 Een schematische weergave van een koelkast.



## BLOK 7 HERHAALSTOF

### H1 Soortelijke warmte en warmtecapaciteit

- 1 Zoek op in de theorie van blok 7 en noteer:
- a Alle grootheden met symbool.
  - b Alle eenheden met symbool.
  - c Alle formules, in symbolen en in woorden.
- Aan het eind van dit herhaalblad kun je je lijst controleren.

#### VOORBEELD 1

Hoeveel warmte (energie) is nodig om 30 g lood 35 °C in temperatuur te doen stijgen?

*Gegeven:*

$$m = 30 \text{ g} = 0,030 \text{ kg}$$

$$\Delta T = 35 \text{ °C} = 35 \text{ K}$$

$$c_{\text{lood}} = 0,128 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K} = 128 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

*Gevraagd:*

$Q$

*Formule:*

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

*Oplossing:*

$$Q = 128 \times 0,030 \times 35 = 134 \text{ J}$$

PAS OP: In je informatieboekje staat achter lood:

0,128. Bovenaan de kolom staat  $10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

De juiste waarde van de soortelijke warmte is dus  $0,128 \cdot 10^3 = 128$ .

De eenheid  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  is hetzelfde als  $\text{J/kg} \cdot \text{K}$

#### VOORBEELD 2

Een warmtemeter heeft een warmtecapaciteit van 85 J/K. Hoeveel energie is nodig om de warmtemeter 25 °C in temperatuur te doen stijgen?

*Gegeven:*

$$C = 85 \text{ J/K}$$

$$\Delta T = 25 \text{ °C}$$

*Gevraagd:*

$Q$

*Formule:*

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

*Oplossing:*

$$Q = 85 \times 25 = 2125 \text{ J}$$

Nu zelf aan de slag. Gebruik waar nodig je informatieboekje.

- 2 De warmtecapaciteit van een warmtemeter is 200 J/K.
- a Hoeveel warmte is nodig om de warmtemeter 5 K te verwarmen?
  - b Hoeveel warmte is nodig om de warmtemeter 80 K te verwarmen?
- 3 a Zoek op en noteer de soortelijke warmte van koper.
- b Hoeveel warmte is nodig om 5 g koper 1 K te verwarmen?
  - c Hoeveel warmte is nodig om 120 g koper 15 K te verwarmen?
- 4 Een blokje zilver van 100 g wordt verwarmd van 20 °C tot 600 °C. Bereken de hoeveelheid warmte die daarvoor nodig is.
- 5 Een metalen pan heeft een warmtecapaciteit van 300 J/K. Bereken hoeveel warmte vrijkomt als de pan afkoelt van 100 °C tot 20 °C.
- 6 De soortelijke warmte van een stof is 2 kJ/kg·K.
- a Wat betekent de afkorting kJ?
  - b Bereken de temperatuurstijging als je 6 kJ warmte aan 50 g van die stof toevoert.

## H2 Energie-omzettingen

- 7** Een warmtemeter heeft een warmtecapaciteit van 300 J/K. De meter bevat 100 gram olie.
- a** Zoek op en noteer de soortelijke warmte van olie.
- b** Bereken hoeveel warmte nodig is om de warmtemeter en de olie 50 K op te warmen.

Formules:

$$\Delta T = T_e - T_b$$

In woorden:

temperatuurstijging = eindtemperatuur - begintemperatuur

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

In woorden:

warmte nodig om een stof op te warmen = soortelijke warmte van die stof  $\times$  massa  $\times$  temperatuurstijging

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

In woorden:

warmte nodig om een voorwerp op te warmen = warmtecapaciteit van het voorwerp  $\times$  temperatuurstijging

FIG. 30 Grootheden en eenheden in dit blok.

grootheid	symbool	eenheid	afkorting
energie	$E$	joule	J
		kilowattuur	kWh
warmte	$Q$	joule	J
		kilowattuur	kWh
eindtemperatuur	$T_e$	graad Celsius	°C
		kelvin	K
begintemperatuur	$T_b$	graad Celsius	°C
		kelvin	K
temperatuurstijging	$\Delta T$	graad Celsius	°C
		kelvin	K
massa	$m$	kilogram	kg
soortelijke warmte	$c$	joule per kg per kelvin	J/kg·K
warmtecapaciteit	$C$	joule per kelvin	J/K

De volgende vragen moet je in je eigen woorden beantwoorden. Probeer het eerst zelf. Lukt dat niet, zoek dan antwoorden op in T1 en T2. Schrijf het daarna als nog uit je hoofd in eigen woorden op. Controleer je antwoorden achteraf. Bedenk bij controle goed wat het verschil is tussen jouw antwoord en het 'goede' antwoord. Was je antwoord fout of was het goed, maar had je het alleen anders opgeschreven?

- a** Wat betekent de wet van behoud van energie?

**b** Geef twee voorbeelden van de wet van behoud van energie.

**c** Wat is het verschil tussen warmte en temperatuur?

**d** Geef een voorbeeld waarin dit verschil duidelijk tot uitdrukking komt.
- Schrijf op:

**a** Vijf energie-omzetters.

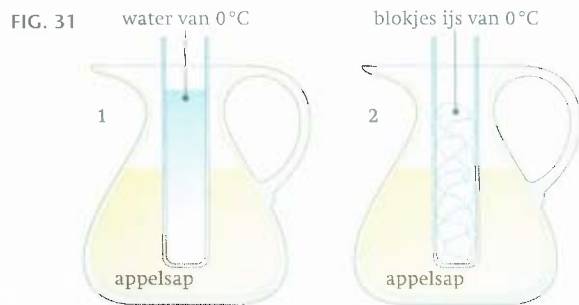
**b** De energiebron die de energie-omzetters gebruiken.

**c** De soorten energie die ze gebruiken en die ze maken.
- In Australië gebruiken boeren een 'rooguard'. Dat is een apparaat dat ultrasone geluiden maakt om kangoeroes te verjagen. Ultrasone geluiden zijn (hoge) geluidstrillingen die de mens niet kan horen. In het apparaat zit dus een toongenerator die het geluid produceert. De toongenerator werkt op zonnecellen. Maak een energie-ketting waarbij je de energiebronnen en de energiesoorten vermeld.



# H3 Oefenen met examenopgaven

- 1 Op terrasjes in Spanje hangt men in glazen kannen vaak een koker die gevuld kan worden met blokjes ijs of koud water. Hierdoor blijft de drank in de kan lekker koel. We gaan twee van zulke kannen vergelijken (figuur 31).



In kan 1 is de koker gevuld met 500 g water van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . In kan 2 is de koker gevuld met 500 g ijsblokjes van  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Beide kannen worden gevuld met evenveel appelsap van dezelfde temperatuur.

**a** In welke kan zal het appelsap de laagste temperatuur krijgen en waarom?

In kan 1 zit 2,0 liter ( $= 2,0\text{ kg}$ ) appelsap. De temperatuur van het appelsap in die kan is na een tijdje  $5,0\text{ K}$  gedaald. De soortelijke warmte van appelsap  $= 4,1\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

**b** Hoeveel warmte heeft het appelsap afgestaan?

Na enige tijd heeft kan 2 met inhoud de eindtemperatuur van  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  bereikt. Je ziet zes diagrammen getekend (figuur 32). Op  $t = 0\text{ s}$  is de koker met ijs in kan 2 gehangen.

**c** Welke van de grafieken geeft het temperatuurverloop in deze koker juist weer?

FIG. 32

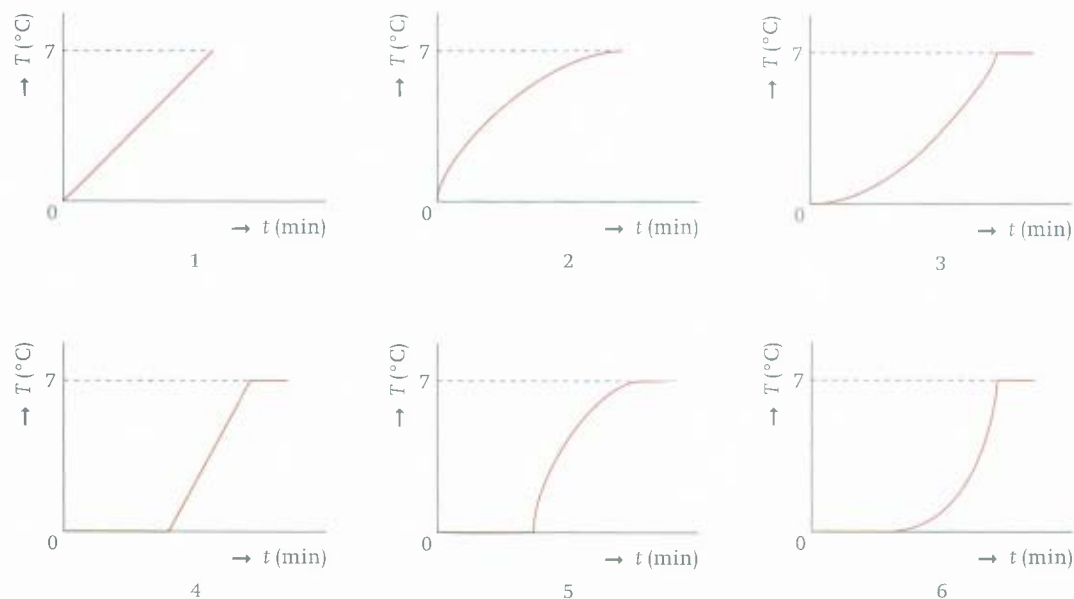


FIG. 33 Soortelijke warmte en dichtheid van olie en water.

stof	soortelijke warmte (kJ/kg·K)	dichtheid (kg/dm <sup>3</sup> )
olie	1,6	0,9
water	4,2	1,0

- 2** Er bestaan verwarmingsradiatoren waarbij de vloeistof in de radiator elektrisch verwarmd wordt. Je kunt zo'n radiator vullen met olie of water. Dat maakt verschil. In de tabel van figuur 33 zie je gegevens over deze vloeistoffen.

In de radiator kan 10 dm<sup>3</sup> vloeistof. Vergelijk het opwarmen van de radiator als die is gevuld met olie en als die is gevuld met water. De radiatoren worden verwarmd tot 70 °C. De begintemperatuur is gelijk.

Leg uit welke van beide radiatoren het snelst opwarmt.

- 3** In een sigarettaansteker zit 'vloeibaar gas'. Hoewel het gevaarlijk kan zijn, kun je het gas eruit laten stromen zonder het aan te steken. De aansteker koelt dan af.

Leg uit waarom de aansteker afkoelt.

- 4** Piet vult zijn tropisch aquarium met een bekende hoeveelheid leidingwater van 15 °C (figuur 34). Dat water moet hij gaan verwarmen. Daarvoor heeft hij een elektrische dompelaar met een vermogen van 300 W. Piet schat de warmtecapaciteit van zijn aquarium met inhoud op 900 kJ/°C. Piet verwaarloost het warmteverlies naar de koude omgeving.

**a** Bereken hoe lang het duurt om het aquarium met inhoud van 15 °C tot 16 °C te verwarmen.

Janet meet dat het 1 uur duurt om haar aquarium van 15 °C tot 16 °C te verwarmen. In werkelijkheid moet de temperatuurstijging van haar aquarium 10 × zo groot zijn, namelijk van 15 °C tot 25 °C.

**b** Hoe lang duurt het opwarmen van haar aquarium met inhoud. Ook 10 × zo lang, nog langer of korter? Licht je antwoord toe.

FIG. 34 Aquarium.



- 5** Een dynamo en een elektromotor zijn bedoeld om bepaalde energie-omzettingen te verrichten. Welke energie-omzetting verricht ieder van deze apparaten?

- 6** Het verwarmen van een hoeveelheid water met een elektrische dompelaar van 500 W duurt 4,0 minuten.

**a** Bereken hoeveel elektrische energie die dompelaar in die 4,0 minuten heeft gebruikt.

Als je dezelfde hoeveelheid water als in vraag **6a** met een gasbrander verwarmt, kost dat 0,015 m<sup>3</sup> aardgas. De verbrandingswarmte van aardgas is 30·10<sup>6</sup> J/m<sup>3</sup>.

**b** Hoeveel energie heeft de gasbrander gebruikt om het water te verwarmen?

Het verbruik van energie *in huis* is bij elektrisch koken kleiner dan bij het koken op gas. Toch moet er meer fossiele brandstof verbruikt worden bij elektrisch koken dan bij koken op gas.

**c** Waarom wordt er bij elektrisch koken toch meer fossiele brandstof verbruikt?

- 7 De overheid heeft in 1992 overwogen om overdag gebruik van de autoverlichting verplicht te stellen. Door de betere zichtbaarheid van de auto's zou dat goed zijn voor de verkeersveiligheid. Tegen deze maatregel is wel als bezwaar aangevoerd dat het milieu meer wordt belast omdat de energie die voor de verlichting nodig is, uiteindelijk wordt geleverd door het verbranden van extra benzine in de motor. Het totale vermogen van de autoverlichting is 200 W. De verbrandingswarmte van benzine is  $33 \cdot 10^6$  J per liter. Bereken hoeveel benzine minstens wordt verbruikt voor de verlichting als de automobilist 1 uur rijdt met het licht aan.