

2 Warmte



1 Brandstoffen verbranden

Leerstof

- 1 Vul in:
 - a Aardgas heeft een verbrandingswarmte van 32 MJ/m^3 .
 - b De belangrijkste bestanddelen van aardgas zijn methaan ($\pm 80 \%$) en stikstof ($\pm 15 \%$).
 - c Je kunt de verbranding van aardgas weergeven in een reactieschema: methaan + zuurstof $\rightarrow$ koolstofdioxide + water
 - d Om een liter water aan de kook te brengen, is ongeveer 15 liter aardgas en 120 liter lucht nodig.
- 2 Elk jaar overlijden er mensen door vergiftiging met koolstofmono-oxide.
 - a Welke eigenschappen maken het gas koolstofmono-oxide zo gevaarlijk?
Koolstofmono-oxide is reukloos, kleurloos en zeer giftig.
 - b Waarom is het belangrijk dat cv-ketels en gasboilers genoeg lucht krijgen aangevoerd?
Als de luchttoevoer niet in orde is, kan het aardgas niet volledig verbranden. Er kan dan giftig koolstofmono-oxide ontstaan.
- 3 Wat gebeurt er met de vlam van een gasbrander:
 - a als je de gasregelknop steeds verder dichtdraait?
De vlam wordt steeds kleiner totdat hij dooft.
 - b als je de luchtregelknop steeds verder dichtdraait?
De vlam wordt geel en minder heet.

Toepassing

- 4 Warmtebronnen zijn energie-omzetters.
 - a Noteer drie warmtebronnen die chemische energie omzetten in warmte.
bijvoorbeeld: gasfornuis, open haard, waxinelichtje
 - b Noem drie warmtebronnen die elektrische energie omzetten in warmte.
bijvoorbeeld: koffiezetapparaat, strijkbout, waterkoker
- 5 Frans gebruikt een houtkachel om zijn huiskamer te verwarmen. Een stuk hout voor de houtkachel weegt ongeveer $1,25 \text{ kg}$.
Bereken hoeveel warmte vrijkomt:
 - a als je een stuk hout verbrandt.
De verbrandingswarmte van hout is 16 MJ/kg .
 $1,25 \times 16 \text{ MJ} = 20 \text{ MJ}$

Op een avond heeft Frans 280 MJ warmte nodig.

 - b Hoeveel blokken moet Frans daarvoor verbranden?
Eén blok levert 20 MJ .
 $280 / 20 = 14$
Frans heeft die avond 14 blokken hout nodig.
 - c Hoeveel m^3 aardgas zou Frans moeten verbranden als hij een gaskachel had in plaats van een houtkachel?
De verbrandingswarmte van aardgas is 32 MJ/m^3 .
Voor 280 MJ warmte moet hij dan $280 / 32 = 8,75 \text{ m}^3$ aardgas verbranden.
Een deel van de warmte die vrijkomt in de gaskachel gaat via de schoorsteen naar buiten. Dit is verloren warmte.
 - d Hoeveel MJ warmte (van de 280 MJ) gaat verloren als de gaskachel 20% warmte verliest via de schoorsteen?
 20% van $280 \text{ MJ} = 56 \text{ MJ}$ gaat verloren.

*e Hoeveel aardgas moet Frans verbranden om, ondanks het warmteverlies, toch 280 MJ warmte voor zijn huiskamer te krijgen?

Hij heeft $100 / 80 \times 280 \text{ MJ} = 350 \text{ MJ}$ nodig om ondanks de verloren warmte toch 280 MJ voor zijn kamer te krijgen. Daarvoor moet hij $350 / 32 = 10,9 \text{ m}^3$ aardgas verbranden.

- 6 Jana leest in een folder dat je met een waterbesparende douchekop energie kunt besparen (figuur 1).

Leg uit dat je met zo'n douchekop niet alleen minder water verbruikt, maar ook minder aardgas.

Je doucht (meestal) met warm water. Hoe minder water je gebruikt, des te minder aardgas er hoeft te worden verbrand om dat water warm te maken.



Een waterbesparende douchekop bespaart per minuut al gauw 4,5 L water. Toch voelt de douchestraal even lekker aan als die van een gewone douchekop. Met een spaardouche en doorstroombegrenzers op kranen daalt het energiegebruik in een huishouden met gemiddeld 62 m³ gas per jaar.

▲ **figuur 1**
een waterbesparende douchekop

- 7 Murat leest een krantenartikel over een ontploffing in een woning bij hem in de straat (figuur 2).

a Hoe is de ontploffing waarschijnlijk veroorzaakt? Toen de bewoner het licht aandeed, ontstond in de schakelaar een vonk die het gas tot ontploffing bracht.

b Wat had de bewoner wel moeten doen? de hoofdkraan van het gas dichtdraaien en ramen en deuren openzetten om te ventileren

Gaslek veroorzaakt ontploffing

Afgelopen nacht vond in de Brinkstraat een ontploffing plaats ten gevolge van een gaslek. De bewoner van het pand had een gaslucht geroken en was op onderzoek uitgegaan. De man vermoedde dat het lek in de bijkeuken zat en deed bij het binnengaan het licht aan om beter te kunnen kijken. Op dat moment vond een ontploffing plaats, waarbij de man door de kracht van de ontploffing werd teruggeduwd in de keuken. Wonder boven wonder raakte hij slechts licht gewond. Na de ontploffing ontstond een brand die door de brandweer moest worden geblust.

De brandweercommandant waarschuwt: "Doe bij gaslekkage nooit elektrisch licht aan of uit!"

▲ **figuur 2**
het verslag van de ontploffing bij Murat in de straat

- 8 In figuur 3 zie je een veiligheidskaart voor koolstofmono-oxide.

a Voor welke twee gevaren waarschuwen de pictogrammen op de kaart?

Koolstofmono-oxide is zeer licht ontvlambaar en het is giftig.

b Hoe kun je voorkomen dat er na het vrijkomen van koolstofmono-oxide:

– brand ontstaat?

geen open vuur, geen vonken en niet roken

– mensen bewusteloos raken?

zorgen voor goede ventilatie (afzuiging); ademhalingsbescherming gebruiken (bijvoorbeeld een gasmasker)

- een explosie plaatsvindt?

werken met gesloten en explosie-
veilige apparatuur en verlichting
(die geen vuur of vonken
produceert), goed ventileren

c Peter klaagt over hoofdpijn en duizeligheid.

Je vermoedt dat hij koolstofmono-oxide heeft ingeademd.

Wat moeten hulpverleners in zo'n situatie doen?

Ze moeten ervoor zorgen dat hij
in de frisse lucht komt, zuurstof
toedienen en hem naar het
ziekenhuis brengen.

d Voor veel schadelijke stoffen is een MAC-waarde vastgesteld. MAC staat voor *maximum allowed concentration* = maximaal toegestane concentratie.

Hoe hoog is de MAC-waarde van koolstofmono-oxide?
29 mg/m³

e De eenheid van de MAC-waarde is milligram per kubieke meter.

- Wat wordt gemeten in milligram?

de hoeveelheid koolstofmono-oxide

- Wat wordt gemeten in kubieke meter?

de totale hoeveelheid lucht

9 Reda gebruikt een gasbrander om een bekersglas met water te verwarmen. Hij steekt de brander aan, draait de luchtregelring een eindje open en schuift de brander onder het bekersglas.

a Hoe komt het dat het bekersglas dan meteen beslaat?

De waterdamp die ontstaat bij
de verbranding van het aardgas
condenseert tegen het koude
bekersglas.

b Hoe komt het dat de condens even later weer verdwenen is?

Het bekersglas warmt snel op,
zodat de waterdruppeltjes op
het bekersglas weer verdampen.

KOOLSTOFMONO-OXIDE

Fysische eigenschappen		Belangrijke gegevens	
Kookpunt, °C	-191	KLEURLOOS EN REUKLOOS GAS	
Smeltpunt, °C	-205	Het gas mengt zich goed met lucht, makkelijke vorming van explosieve mengsels.	
Vlampunt, °C	brandbaar gas	MAC-waarde 29 mg/m ³	
Explosiegrenzen volume% in lucht	11,0-75	De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie in de lucht kan bij vrijkomen van dit gas zeer snel worden bereikt.	
Molecuulformule:		Wijze van opname/inademingsrisico: De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing. Een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie in de lucht kan bij vrijkomen van dit gas zeer snel worden bereikt.	
		Directe gevolgen: De stof werkt op het bloed. Bloedafwijkingen kunnen optreden. In ernstige gevallen kans op stoornissen van ademhaling, hartritme, hart- en vaatstelsel, bewusteloosheid, toevallen, dodelijke afloop. De stof werkt op het zenuwstelsel. Hersenbeschadigingen kunnen optreden.	
DIRECTE GEVAREN/SYMPTOMEN		PREVENTIE	BLUSSTOFFEN/EERSTE HULP
Brand; zeer brandgevaarlijk		Geen open vuur, geen vonken en niet roken	Toevoer afsluiten, indien niet mogelijk en geen gevaar voor omgeving, laten uitbranden anders blussen met poeder, koolzuur
Explosie; gas is met lucht explosief		Gesloten apparatuur, ventilatie, explosieveilige elektrische apparatuur en verlichting, vonk-arm gereedschap	Bij brand: drukhouder koel houden door spuiten met water, brand bestrijden vanuit beschutte plaats.
Inademen: hoofdpijn, duizelig, bewusteloosheid		Ruimtelijke afzuiging, plaatselijke afzuiging, ademhalingsbescherming (filtertype CO)	Frisse lucht, rust, beademing, zuurstof toedienen en onmiddellijk naar ziekenhuis vervoeren
OPRUIMING/OPSLAG		ETIKETTERING	
Opruimen gemorst product: Deskundige waarschuwen! Draag verse luchtkap/persluchtmasker. Gevaarzone ontruimen. Explosiegevaar. Extra ventilatie Opslag: Brandveilig, koel.		 	

▲ **figuur 3**
een veiligheidskaart voor koolstofmono-oxide

Plus Nederland aardgasland

10 Lees de tekst in figuur 4.

a Wat wordt bedoeld met 'calorische waarde'?
de verbrandingswarmte van het aardgas

b Hoeveel warmte komt vrij als je:

- 1 m³ Groningen-gas verbrandt? 35 MJ
- 1 m³ Ekofisk-gas verbrandt? 38 MJ
- 1 m³ Sleen-gas verbrandt? 17 MJ

c Bevat Ekofisk-gas meer of minder methaan (per m³) dan Groningen-gas? meer

d Cv-ketels en gasfornuizen in Nederland zijn afgestemd op Groningen-gas.

Wat moet je doen om het Ekofisk-gas geschikt te maken voor Nederland?

- ☐ A methaan aan het Ekofisk-gas toevoegen
☒ B stikstof aan het Ekofisk-gas toevoegen

11 Het grootste aardgasveld ter wereld ligt in Groningen. De gaswinning hier heeft voor- en nadelen.

a Zoek in een woordenboek of op internet op wat wordt verstaan onder 'aardgasbaten'.

Aardgasbaten zijn de inkomsten (opbrengst, winst) uit de winning van aardgas.

b Noteer een nadeel van de gaswinning in Groningen.

De gaswinning veroorzaakt aardbevingen. Hierdoor is schade ontstaan aan duizenden huizen in de provincie Groningen.

Nederland aardgasland

Behalve uit het Slochterenveld haalt de Gasunie ook aardgas uit een aantal kleinere Nederlandse velden. Verder wordt een beperkte hoeveelheid aardgas geïmporteerd uit Noorwegen en Engeland.

De samenstelling van aardgas hangt af van de plaats waar het wordt gewonnen. Zo bestaat het aardgas uit het Slochterenveld, het Groningen-gas (G-gas), uit 81% methaan, 14% stikstof,

1% koolstofdioxide en 4% overige stoffen. Dit aardgas heeft een middenmaat calorische waarde van 35 MJ/m³. Aardgas uit Ekofisk (Noorwegen) is hoogcalorisch. Dit H-gas heeft een calorische waarde van 38 MJ/m³. Het aardgas dat in Sleen (Drenthe) wordt gewonnen, bevat verhoudingsgewijs weinig methaan. De calorische waarde van dit L-gas is slechts 17 MJ/m³.

▲ figuur 4

Waar komt ons aardgas vandaan?

2 Warmte en temperatuur

Leerstof

12 Vul in:

- a Een elektrische warmtebron zet elektrische energie om in warmte.
- b Je kunt de geleverde hoeveelheid warmte (Q) berekenen met de formule: $Q = E = P \cdot t$
- c Als je in deze formule P invult in watt en t in seconde, dan vind je Q in joule.
- d Soms moet je eerst het vermogen berekenen met de formule: $P = U \cdot I$

13 Waarom moet het bakje van een warmtemeter goed geïsoleerd zijn?

Anders verdwijnt er warmte naar de omgeving en wordt niet alle warmte door de vloeistof opgenomen.

Toepassing

14 Tijdens een ballonvlucht is 26 000 L (dm^3) propaangas verbrand.

Bereken hoeveel kJ energie bij deze verbranding is vrijgekomen. Gebruik hierbij tabel 1 op bladzijde 24 van je handboek.

$$\begin{aligned} 26\,000\,\text{dm}^3 &= 26\,\text{m}^3 \\ E &= 26 \times 94\,\text{MJ} = 2444\,\text{MJ} \\ 2444\,\text{MJ} &= 2444 \times 1000 = \\ &= 2\,444\,000\,\text{kJ} \end{aligned}$$

Naar: examen 2014-I

15 Een elektrische frituurpan (2400 W) doet er 7,5 minuut over om de frituurolie te verhitten tot 180 °C.

Bereken hoeveel warmte de frituurpan in die tijd heeft geleverd (in kJ).

$$\begin{aligned} P &= 2400\,\text{W} \\ t &= 7,5\,\text{min} = 450\,\text{s} \\ Q &= E = P \cdot t \\ &= 2400 \times 450 \\ &= 1\,080\,000\,\text{J} = 1080\,\text{kJ} \end{aligned}$$

16 Een elektrische kachel werkt gedurende tien minuten op 50% van zijn vermogen. De kachel is aangesloten op het lichtnet. Tijdens het verwarmen loopt er een stroom van 5 A door de kachel.

a Met welke formule kun je uitrekenen hoeveel energie deze kachel levert?

$$Q = E = P \cdot t \text{ met } P = U \cdot I$$

(ook goed: $Q = E = U \cdot I \cdot t$)

b Bereken hoeveel warmte deze kachel heeft geleverd.

$$\begin{aligned} U &= 230\,\text{V} \\ I &= 5\,\text{A} \\ t &= 600\,\text{s} \\ Q &= E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t \\ Q &= 230 \times 5 \times 600 = 690\,000\,\text{J} \\ &= 690\,\text{kJ} \end{aligned}$$

c Hoeveel MJ warmte levert deze kachel als hij een uur op vol vermogen werkt?

$$\begin{aligned} U &= 230\,\text{V} \\ I &= 10\,\text{A} \\ t &= 3600\,\text{s} \\ Q &= E = U \cdot I \cdot t \\ Q &= 230 \times 10 \times 3600 = \\ &= 8\,280\,000\,\text{J} = 8,28\,\text{MJ} \end{aligned}$$

17 Zie vaardigheid 9 achter in je handboek.

Tjitske wil onderzoeken hoe de temperatuur van olijfolie stijgt als je de olie verwarmt. Ze doet 200 g olijfolie in een warmtemeter. Daarna verwarmt ze de olie 10 minuten lang met een verwarmingselement van 15 W. In tabel 1 zie je haar meetresultaten.

a Teken in figuur 5 het (temperatuur,tijd)-diagram van haar proef.

b Welk verband bestaat er tussen de temperatuur en de tijd: evenredig, lineair, kwadratisch of omgekeerd evenredig? lineair

c Welk verband bestaat er tussen de temperatuur en de hoeveelheid toegevoerde warmte? lineair

d Hoelang moet Tjitske de olie verwarmen om de temperatuur te laten stijgen tot 50 °C? circa 14 minuten

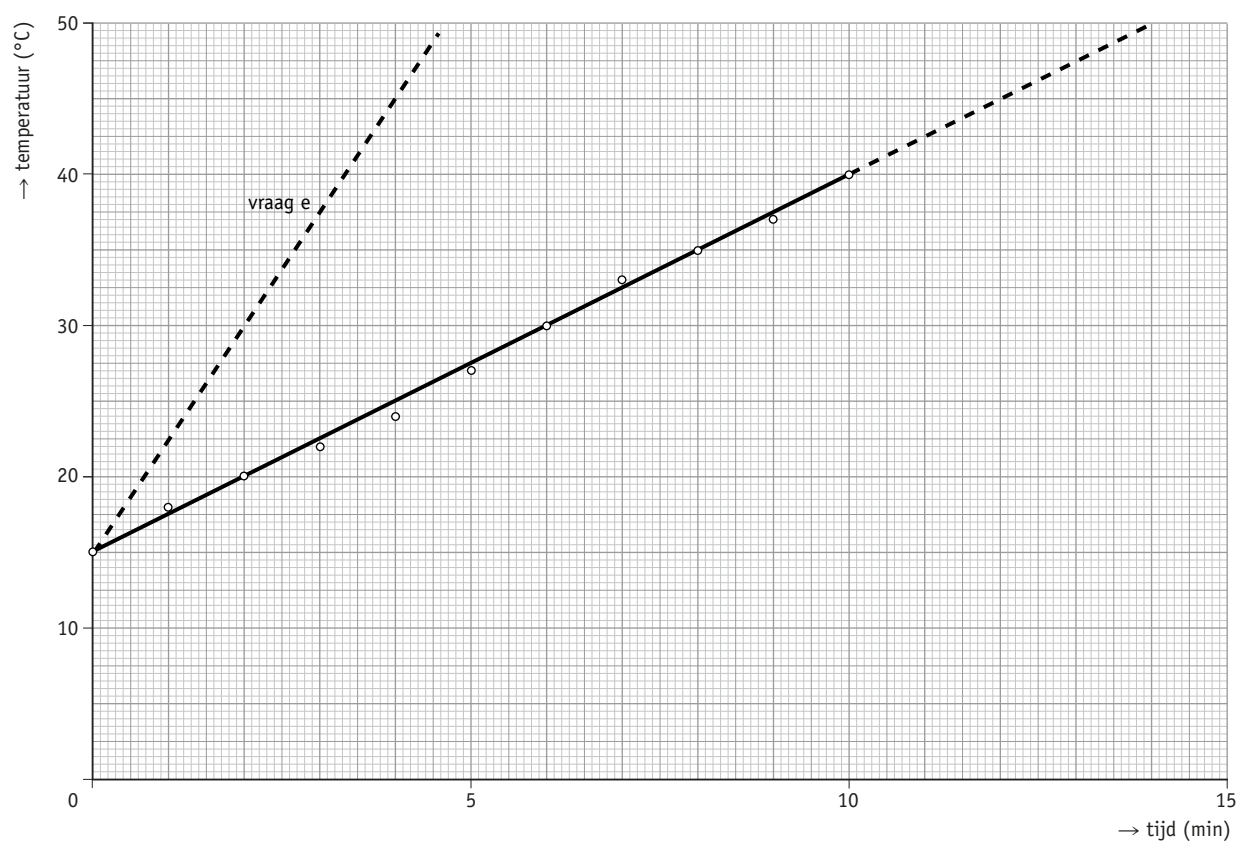
e Tjitske voert dezelfde proef nog eens uit, maar nu met een verwarmingselement van 45 W.

Teken met rood in figuur 5 hoe de temperatuur dan zal stijgen.

▼ tabel 1

Tjitskes meetresultaten

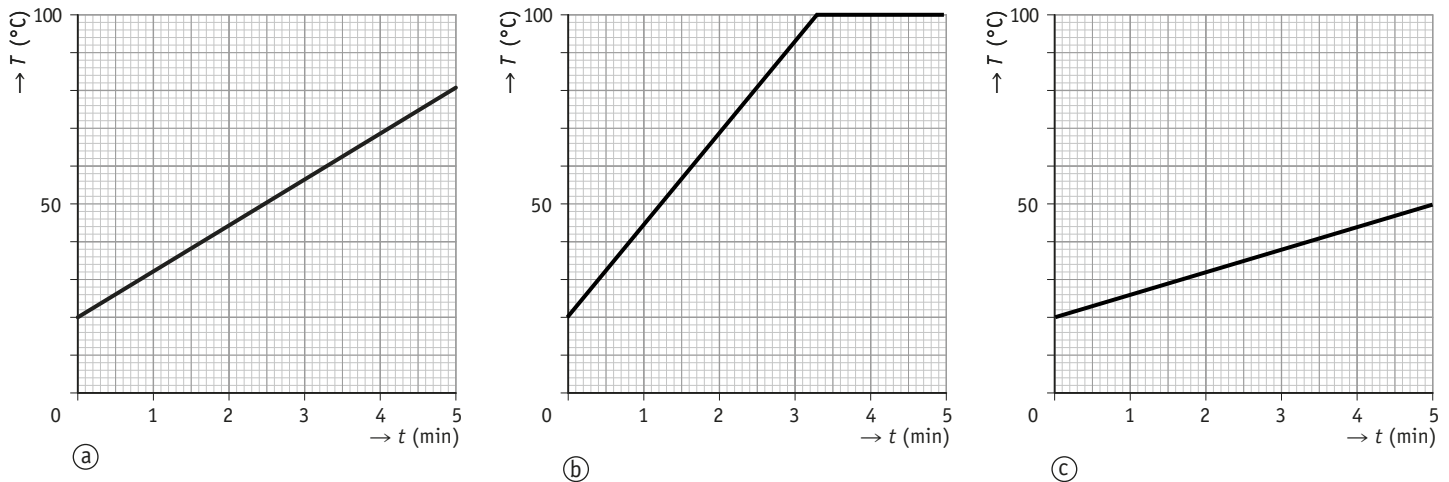
tijd (min)	temperatuur (°C)
0	15
1	18
2	20
3	22
4	24
5	27
6	30
7	33
8	35
9	37
10	40



▲ figuur 5

de grafiek van de proef van Tjitske

 Meer oefening nodig? Ga naar de V-trainer.



▲ figuur 6

drie proeven met een warmtemeter

- 18** Ron verwarmt 200 g water in een warmtemeter.

In figuur 6a is het (temperatuur,tijd)-diagram van zijn proef getekend.

a Na hoeveel minuten stopt Ron met verwarmen?
na 5 minuten

b Hoeveel °C is de temperatuur van het water dan gestegen?

De temperatuur is dan met $(80 - 20 =) 60$ °C gestegen.

c Vervolgens verwarmt Ron 100 g water met dezelfde dompelaar.

Teken het (temperatuur,tijd)-diagram van deze proef in figuur 6b.

d Ten slotte verwarmt Ron 400 g water met de dompelaar.

Teken het (temperatuur,tijd)-diagram van deze proef in figuur 6c.

- *19** Een openluchtzwembad is 50 m lang, 10 m breed en 1,5 m diep. Het zwembad wordt zó gevuld dat het water 10 cm onder de rand van het bad staat. De temperatuur van het water is 16 °C. Het water moet worden verwarmd tot 21 °C.

a Om 1 L (dm^3) water 1 °C te verwarmen, is 4,2 kJ energie nodig.

Bereken hoeveel energie er nodig is om het zwembadwater tot 21 °C te verwarmen.

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

$$\text{volume van het water} =$$

$$50 \times 10 \times 1,4 = 700 \text{ m}^3 =$$

$$700\,000 \text{ dm}^3$$

$$\text{Er is } 700\,000 \times 4,2 \text{ kJ} =$$

2 940 000 kJ nodig om het bad 1 °C te verwarmen.

Om het bad tot 21 °C te verwarmen, is dus

$$5 \times 2\,940\,000 \text{ kJ} =$$

$$14\,700\,000 \text{ kJ} = 14\,700 \text{ MJ}$$

nodig.

b Bereken hoeveel m^3 aardgas moet worden verbrand om het bad op 21 °C te brengen.

De verbrandingswarmte van aardgas is 32 MJ/m^3 .

$$\text{Er moet dus } 14\,700 / 32 =$$

$$459,3 \text{ m}^3 \text{ aardgas worden}$$

verbrand.

Marije kijkt in de tabel met verbrandingswarmten van verschillende stoffen (tabel 1 op bladzijde 24 van je handboek). Ze zegt: "Ik denk dat het zwembad beter butagas kan gebruiken om het water te verwarmen."

c Leg uit waarom Marije dit denkt.

Butagas heeft een verbrandingswarmte die ruim 3x zo groot is als de verbrandingswarmte van aardgas. Er hoeft dus minder butagas te worden verbrand.

d Waarom is het toch handiger voor het zwembad om aardgas te verbranden, denk je?

Butagas is alleen verkrijgbaar in gasflessen. De verwarmingsketel van het zwembad is aangesloten op het aardgasnet.

20 Shima heeft een dompelaar in een bekglas met water gezet (figuur 7). Ze sluit de dompelaar aan op een spanning van 230 V. De stroomsterkte door de dompelaar is dan 0,70 A. Na 10 minuten schakelt Shima de stroom weer uit.

a Bereken het vermogen van de dompelaar.

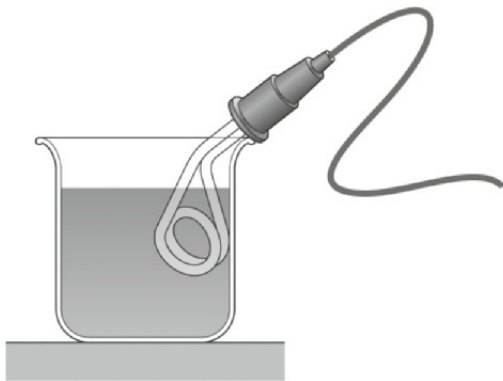
$$U = 230 \text{ V}$$

$$I = 0,70 \text{ A}$$

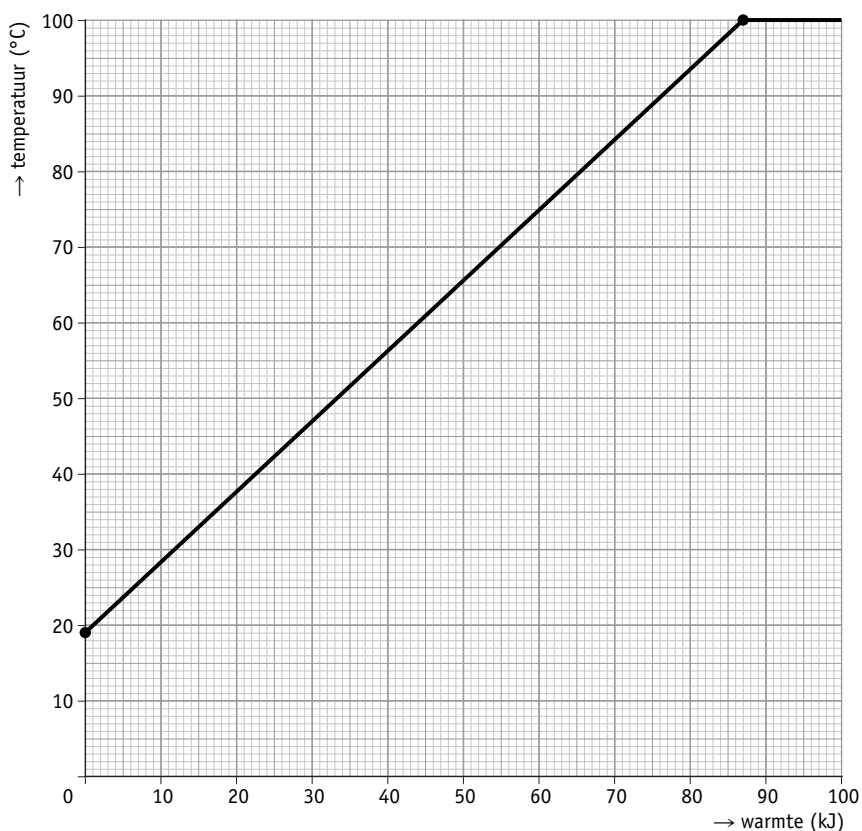
$$P = U \cdot I$$

$$= 230 \times 0,70$$

$$= 161 \text{ W}$$



▲ **figuur 7**
de proef van Shima



▲ **figuur 8**
de grafiek van de proef van Shima

b Bereken hoeveel warmte de dompelaar levert in 2 minuten.

$$P = 161 \text{ W}$$

$$t = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

$$Q = E = P \cdot t$$

$$= 161 \times 120$$

$$= 19\,320 \text{ J}$$

c Klopt de uitkomst met Shima's meetresultaat (tabel 2)?

Zo nee, spoor dan eerst de fout in de berekening op voor je verdergaat.

$$\text{Ja: } 19\,320 \text{ J} \approx 19 \text{ kJ.}$$

d Bereken hoeveel warmte de dompelaar levert in 4, 6, 8 en 10 minuten.

Noteer de (afgeronde) uitkomsten in tabel 2.

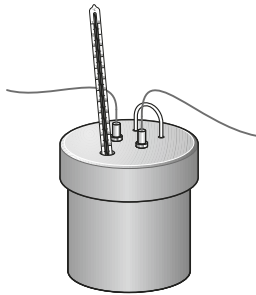
***e** Het water heeft bij het begin van de proef een temperatuur van 19 °C. Na 9 minuten kookt het water.

Teken in figuur 8 een (temperatuur,warmte)-diagram van Shima's proef. Zet een schaalverdeling langs elke as en schrijf de grootheden en eenheden erbij.

▼ **tabel 2**
Shima's meetresultaten

tijd (min)	warmte (kJ)
2	19
4	38
6	57
8	76
10	95

- 21** Een koffieautomaat verwarmt het water voor de koffie met een elektrisch verwarmingselement. Voor elk bekertje koffie moet 150 mL water worden opgewarmd van 20 °C tot 80 °C. Kozin wil onderzoeken hoeveel elektrische energie daarvoor nodig is. Hij voert zijn onderzoek uit met de warmtemeter die in figuur 9 is getekend. Het verwarmingselement in de warmtemeter sluit hij aan op een voedingskastje.



▲ **figuur 9**
een warmtemeter

- a** Met welke formule kan Kozin berekenen hoeveel elektrische energie het verwarmingselement verbruikt?

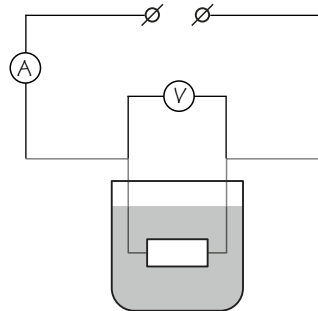
$$E = U \cdot I \cdot t$$

- b** Noteer in tabel 3:
- welke drie grootheden Kozin moet meten;
 - welke meetinstrumenten hij daarvoor nodig heeft.

▼ **tabel 3**
de meetinstrumenten voor Kozins proef

grootheid	meetinstrument
spanning	spanningsmeter
stroomsterkte	stroommeter
tijd	horloge

- c** In figuur 10 is een begin gemaakt met het schakelschema van Kozins proef. Maak het schakelschema af.



▲ **figuur 10**
het schakelschema van Kozins proef

Plus Energie in voedsel

- 22** In figuur 14 van je handboek zie je een stukje van de verpakking van chocoladevlokken. Vul in:
Volgens de verpakking bevat 100 g vlokken 4,9 g eiwit, 15,5 g vet en 67,9 g koolhydraten.
- 23** Bij volledige verbranding levert:
- 1 g eiwit: 16,8 kJ;
 - 1 g vet: 37,8 kJ;
 - 1 g koolhydraten: 16,8 kJ.

Bereken met behulp van deze gegevens de energiewaarde van 100 g vlokken.

eiwit: $4,9 \times 16,8 \approx 82,3 \text{ kJ}$

vet: $15,5 \times 37,8 = 585,9 \text{ kJ}$

koolhydraten: $67,9 \times 16,8 = 1140,7 \text{ kJ}$

totaal: $82,3 + 585,9 + 1140,7 = 1808,9 \text{ kJ}$

- 24** Vergelijk je antwoord bij opdracht 23 met de energiewaarde die op het etiket staat vermeld. Wat valt je op?

Het antwoord klopt (bijna) met de vermelde energiewaarde.

3 Warmte-transport

Leerstof

25 Vul in:

a Warmte kan zich verplaatsen:
door geleiding,
door stroming en
door straling.

b De warmte verplaatst zich daarbij van de
plaats met de hoogste
temperatuur naar de plaats met de
laagste temperatuur.

c Hoe hoger het temperatuurverschil,
des te meer warmte er wordt vervoerd.

26 De ene stof geleidt de warmte veel beter dan de andere.

a Noteer drie stoffen die goede warmtegeleiders zijn.
bijvoorbeeld: gietijzer, aluminium, koper

b Noteer drie stoffen die slechte warmtegeleiders zijn.
bijvoorbeeld: hout, plastic, lucht

27 Leg uit:

a waarom pannen vaak van staal of aluminium worden gemaakt.
Staal en aluminium zijn goede warmtegeleiders: de warmte moet zich gemakkelijk kunnen verplaatsen naar het voedsel.

b waarom je in de keuken houten lepels gebruikt om te roeren.
Hout is een slechte warmtegeleider: de warmte mag zich niet gemakkelijk verplaatsen van de inhoud van de pan naar je hand.

c waarom veel isolatiematerialen grotendeels uit lucht bestaan.
De warmte moet zo veel mogelijk worden tegengehouden en lucht is een zeer slechte warmtegeleider.

d waarom mensen 's zomers liever geen donkere kleding dragen.

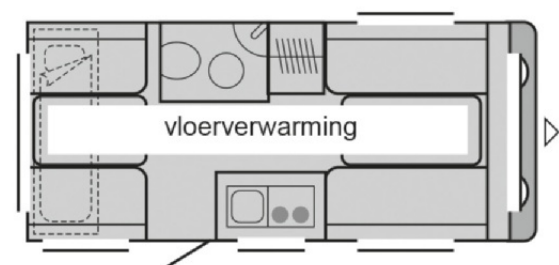
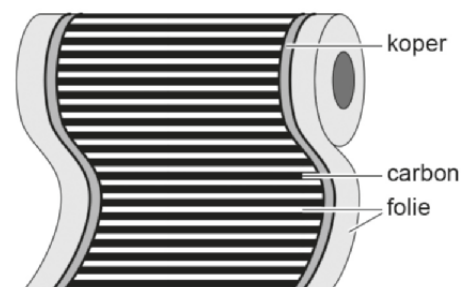
Donkere kleding absorbeert het zonlicht waardoor je het in de zon eerder warm krijgt dan in (zonlicht weerkaatsende) witte kleding.

Toepassing

28 Een tafel met een houten blad en ijzeren poten staat in een warme kamer. Het hout en het ijzer zijn even warm. Wanneer je het blad en de poten aanraakt, voelen deze niet even warm aan. Leg uit welk van de twee materialen het warmst aan voelt.

Het hout is een slechtere warmtegeleider dan het ijzer. De ijzeren poten voeren de warmte van je hand sneller af dan het hout. Daardoor voelt de houten bovenkant warmer aan dan de ijzeren poten.

29 Henk en Anneke gaan er graag met de caravan op uit in de winter. Om geen koude voeten te krijgen, wil Henk elektrische verwarmingsfolie onder de vloerbedekking leggen. Deze folie bestaat uit een rol zeer dunne (0,2 mm) plastic folie. In de folie zitten horizontaal carbonstroken (carbon = koolstof), die verbonden zijn met twee koperbanen (figuur 11).



▲ **figuur 11**
verwarmingsfolie voor in de caravan

- a Welke vorm van warmtetransport zorgt ervoor dat de vloerbedekking op de folie warm wordt?

geleiding

De fabrikant laat met de afbeeldingen in figuur 12 de voordelen van de verwarmingsfolie zien in vergelijking met verwarming door radiatoren.

- b Welke vorm van warmtetransport geven de pijlen in afbeelding a aan?

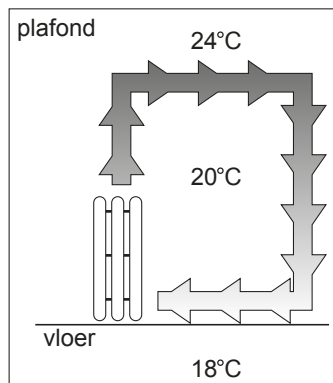
stroming

- *c Leg uit waarom veel mensen de warmteverdeling bij vloerverwarming prettiger zullen vinden.

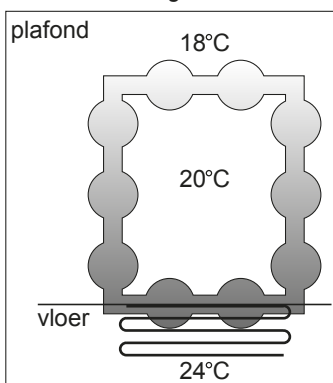
Met vloerverwarming is de temperatuur bij de vloer het hoogst. Ook ontstaat hierbij geen stroming van (koude) lucht door de caravan.

Naar: examen 2009-I

de warmteverdeling bij verwarming met radiatoren

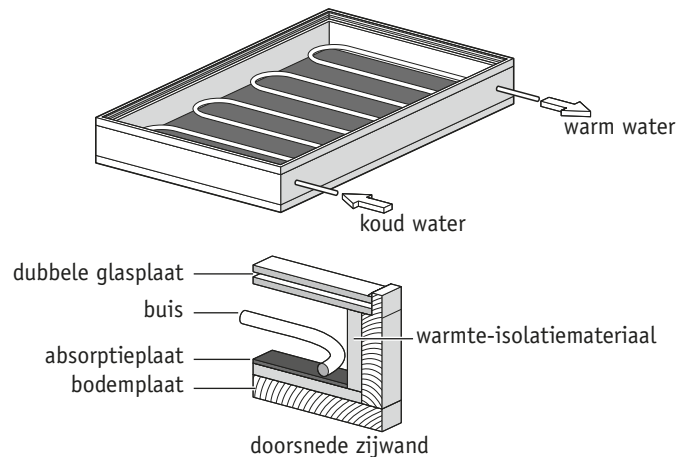


de warmteverdeling bij vloerverwarming



▲ **figuur 12**
warmteverdeling bij twee verwarmingssystemen

- 30 Met een zonnecollector kun je water verwarmen, bijvoorbeeld voor de afwas en de douche. In figuur 13 is zo'n collector getekend. De collector neemt warmte op door zonlicht te absorberen en geeft die warmte af aan het water in de buis.



▲ **figuur 13**
een zonnecollector

- a Hoe wordt de warmte vervoerd van de zon naar de absorptieplaat: door geleiding, stroming of straling?

straling

- b Hoe wordt de warmte vervoerd van de absorptieplaat naar het water in de buis: door geleiding, stroming of straling?

geleiding

- c Leg uit waarom de absorptieplaat zwart is geschilderd.

Zwarte voorwerpen absorberen de warmtestraling beter.

- d Waarom is onder de absorptieplaat isolatiemateriaal aangebracht?

Anders gaat er warmte verloren via de bodem van de zonnecollector.

- e Zie vaardigheid 5 en 6 achter in je handboek. Op een mooie zomerdag kan de collector in één uur 20 L water verwarmen van 18 °C tot 74 °C. In totaal heeft het water dan 4,7 MJ warmte opgenomen. Bereken het vermogen van de zonnecollector in deze situatie.

$$E = 4,7 \text{ MJ} = 4,7 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{4,7 \cdot 10^6}{3600} = 1306 \text{ W}$$

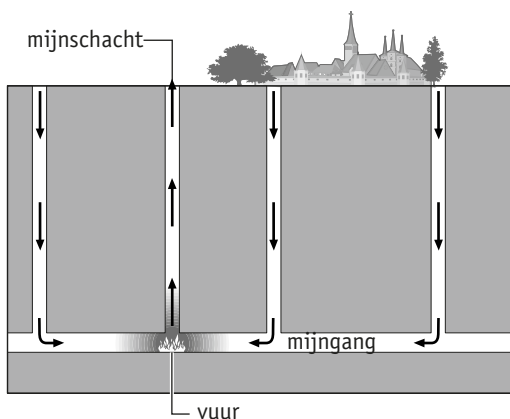
Meer oefening nodig? Ga naar de V-trainer.

- 31 In Engelse kolenmijnen zorgde men vroeger soms voor goede ventilatie in de ondergrondse gangen door onder in een van de verticale mijnschachten een vuur te stoken. In figuur 14 is dat schematisch weergegeven.

a Teken met pijlen hoe de lucht door de mijn stroomt.

b Leg uit hoe dit ventilatiesysteem werkt.

De lucht bij het vuur wordt warm, zet uit, krijgt een kleinere dichtheid en stijgt op. De lucht uit andere schachten wordt zo aangezogen.



▲ figuur 14

Het vuur zorgt voor frisse lucht.

- 32 Een thermosfles heeft een binnen- en een buitenwand. De ruimte tussen de twee wanden is luchtledig gemaakt.

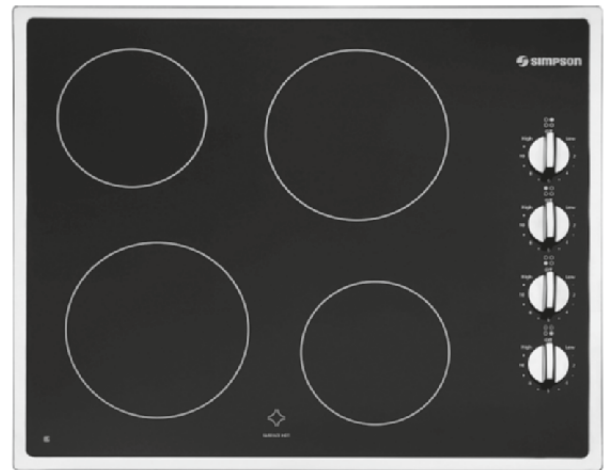
a Welke vormen van warmteoverdracht worden zo (vrijwel) onmogelijk gemaakt?

geleiding en stroming

b Leg uit waarom de binnen- en buitenwand van een thermosfles worden verzilverd.

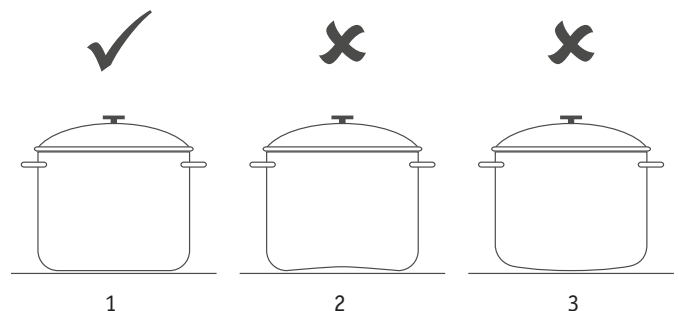
De binnenkant wordt verzilverd, zodat de straling van de hete inhoud weer wordt teruggekaatst. De buitenkant wordt verzilverd, omdat een glanzend oppervlak ook een slechte warmtestraler is. Zo wordt maar heel weinig warmte uitgestraald.

- 33 Een keramische kookplaat is een doorzichtige plaat van glas. Glas is een hard en krasbestendig materiaal (figuur 15). Onder die kookplaat zit een warmtebron. Dat is meestal een verwarmingsspiraal. Figuur 16 komt uit een gebruiksaanwijzing van zo'n keramische kookplaat.



▲ figuur 15

een keramische kookplaat

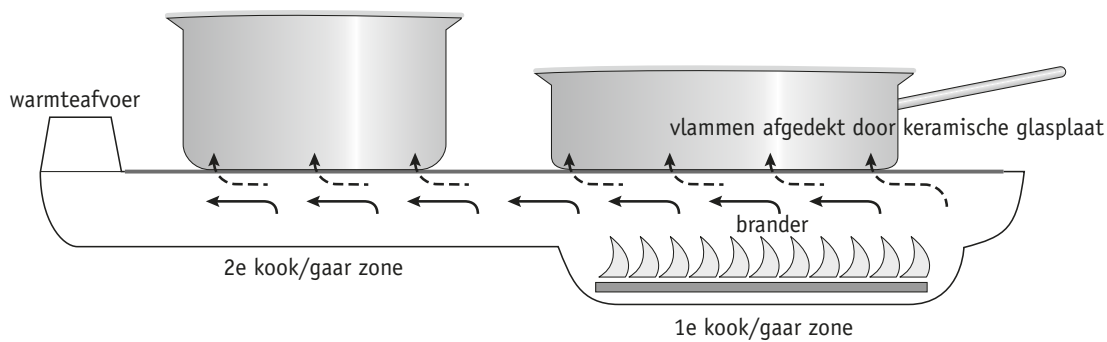


▲ figuur 16

keramische kookplaat met drie verschillende pannen

a Leg uit waardoor eenzelfde hoeveelheid water in de eerste pan eerder aan de kook zal zijn.

De eerste pan heeft een vlakke bodem en daardoor is er een groter oppervlak waar geleiding kan plaatsvinden dan bij de tweede en de derde pan.

▲ **figuur 17**

keramische kookplaat met gas

Soms wordt een gasbrander gebruikt als warmtebron onder een keramische kookplaat (figuur 17). Volgens de fabrikant wordt bij koken op de keramische 'gas onder glas'-kookplaat maar 70% van de hoeveelheid gas gebruikt ten opzichte van een fornuis met gewone branders.

Onder de eerste kook/gaar-zone zit een gasbrander. De tweede kook/gaar-zone wordt niet met een gasbrander verwarmd. Op de tweede kook/gaar-zone kunnen gerechten wel aan de kook blijven.

In figuur 18 zie je twee soorten pijlen. Elke pijl stelt een andere vorm van warmtetransport voor.

b Noteer in de figuur welke vorm van warmtetransport elke pijlsoort voorstelt.

geleiding	stroming

▲ **figuur 18**

warmtetransport bij een keramische kookplaat

c Wat is het belangrijkste voordeel voor het milieu van de keramische kookplaat op gas in vergelijking met gewone gasbranders?

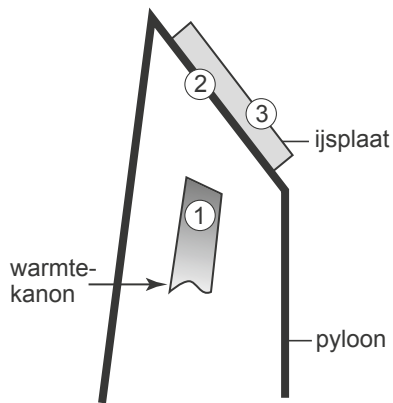
- ☐ A afname van de hoeveelheid smog
☒ B minder CO₂-uitstoot
☐ C minder stikstofoxiden in de lucht
☐ D minder zure regen

Naar: examen 2009-II

34 Op 26 januari 2010 werd de Erasmusbrug in Rotterdam voor alle verkeer afgesloten. Een plaat ijs in de top van de pylon dreigde naar beneden te vallen (figuur 19a). Het ijs werd verwijderd met behulp van warmtekanonnen. Deze bliezen hete lucht tegen de stalen binnenkant van de pylon. In figuur 20 zie je een schematische tekening van deze situatie. Tijdens het verwarmen is er warmtetransport tussen de genummerde onderdelen.

▲ **figuur 19**

de Erasmusbrug in Rotterdam



▲ figuur 20
inzet warmtekanon

Welke vorm van warmtetransport vond plaats:

- a van 1 naar 2? stroming
- b van 2 naar 3? geleiding

Naar: examen gt en tl 2013-II

Plus Koken op zonne-energie

- 35 Koken op zonne-energie heeft verschillende voordelen vergeleken met koken op hout.

Noteer twee voordelen van koken op zonne-energie.

- Zonlicht is overal, brandhout is vaak schaars.

- Koken op zonlicht schaadt het milieu niet, koken op hout wel (ontbossing, erosie).

- 36 Om water te pasteuriseren moet je het verwarmen tot 70 °C. Dat zorgt ervoor dat schadelijke bacteriën en andere micro-organismen in het water doodgaan.

- a Bij proeven in Kenia deed een *Cookit* er 1,5 uur over om 1 L water te verwarmen van 25 tot 70 °C. Daarvoor is ongeveer $2 \cdot 10^5$ J warmte nodig.

Bereken het vermogen van de *Cookit* in deze situatie.

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$t = 1,5 \text{ h} = 5400 \text{ s}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{2 \cdot 10^5}{5400} \approx 37 \text{ W}$$

- b Bereken hoelang een waterkoker van 1800 W erover doet om $2 \cdot 10^5$ J warmte te leveren.

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$P = 1800 \text{ W}$$

$$t = \frac{E}{P} = \frac{2 \cdot 10^5}{1800} \approx 111 \text{ s}$$

4 Isoleren

Leerstof

37 Vul in:

- a Uit een huis dat wordt verwarmd door een kachel of een cv-ketel, verdwijnt voortdurend warmte naar buiten.
- b Dit warmteverlies wordt veroorzaakt door:
- geleiding: de warmte beweegt dan door muren en ruiten heen;
 - stroming: stromende lucht neemt warmte mee naar buiten;
 - straling: 'warme' muren en ruiten stralen warmte uit.
- c Je kunt het warmteverlies tegengaan door tegen de muren een laag isolatiemateriaal aan te brengen.
- d Een 5 cm dikke laag isolatiemateriaal kan het warmteverlies door een muur 4x zo klein maken.

38 Noteer vier manieren om een woonhuis te isoleren.

- muren isoleren
- dubbelglas aanbrengen
- spouwmuurisolatie aanbrengen
- dak- en vloerisolatie aanbrengen

Toepassing

39 Isolatiematerialen bestaan voor een groot deel uit lucht.

- a Hierna zie je een aantal beweringen over lucht. Streep door wat fout is.
- Lucht kan goed warmte geleiden.
~~waar~~ / niet waar
 - Lucht kan warmte vervoeren door stroming.
waar / ~~niet waar~~
 - Stilstaande lucht is een goede warmte-isolator.
waar / ~~niet waar~~
 - Lucht vervoert warmte door middel van straling.
~~waar~~ | niet waar

Welk voordeel heeft lucht in isolatiematerialen als je kijkt naar:

b de dichtheid van het materiaal?

Doordat isolatiemateriaal veel lucht bevat, heeft het een kleine dichtheid (gemakkelijk te tillen).

c de prijs van het materiaal?

Lucht is gratis; een materiaal met veel lucht is verhoudingsgewijs goedkoop.

40 Leg uit:

a Waarom isoleren veel mensen het dak van hun huis, ook al wordt de zolder niet verwarmd?

Warme lucht stijgt op en verzamelt zich uiteindelijk onder het dak. Daardoor zal er via het dak altijd veel warmte naar buiten verdwijnen.

b Hoe komt het dat je je hand vlak naast de vlam van een bunsenbrander kunt houden zonder je te branden?

Naar opzij is er bijna geen warmtetransport. De vlam straalt maar een klein beetje warmte uit.

c Hoe komt het dat je je wel brandt als je je hand vlak boven de gasvlam houdt?

De meeste warmte van de vlam wordt door stroming vervoerd en gaat recht naar boven.

d Waarom wordt het koelelement van een koelkast altijd boven in de koelkast aangebracht?

Er ontstaat dan een stroming doordat de koude lucht naar beneden zakt. Dat is nodig om alle lucht in de koelkast te koelen.

41 Sebastiaan heeft een oud huis gekocht, waarvan de spouwmuuren niet geïsoleerd zijn. In een folder leest hij dat zulke muren slecht isoleren (figuur 21).

a Hoeveel warmte verdwijnt er volgens de folder per jaar:

– door 1 m² van een niet-geïsoleerde spouwmuur?

580 MJ

– door 1 m² van een goed geïsoleerde spouwmuur?

260 MJ

Spouwmuurisolatie prima idee!



Een 'lege' spouwmuur isoleert minder goed dan veel mensen denken. Gemiddeld verdwijnt er door één vierkante meter spouwmuur 580 MJ warmte per jaar. Dat komt overeen met circa 18 m³ aardgas. Een goed geïsoleerde spouwmuur laat veel minder warmte door. Het warmteverlies door zo'n muur bedraagt slechts 260 MJ (8 m³ aardgas) per vierkante meter per jaar. Het is dus beslist aan te raden om uw spouwmuren te isoleren.

**U kunt er
honderden
euro's per jaar
mee besparen.**

▲ **figuur 21**

een gedeelte uit een folder over spouwmuurisolatie

b Sebastiaan laat de spouwmuren van zijn huis (in totaal 55 m²) degelijk isoleren.

Hoeveel warmte verdwijnt er daardoor per jaar minder naar buiten?

Per m² muur bespaart hij
 $580 - 260 = 320$ MJ.

Voor het hele huis is dat dus:
 $55 \times 320 = 17\,600$ MJ.

c Hoeveel m³ aardgas bespaart Sebastiaan op deze manier elk jaar?

Per m² muur bespaart hij
 $18 - 8 = 10$ m³ aardgas.

Voor het hele huis bespaart hij
dus: $55 \times 10 = 550$ m³ aardgas.

d Met hoeveel euro gaat Sebastiaans jaarlijkse energierekening naar beneden? 1 m³ aardgas kost inclusief energiebelasting € 0,65 (prijspeil 2014).

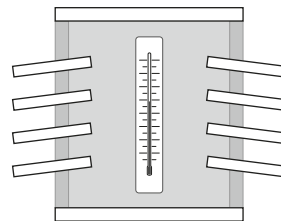
$550 \times € 0,65 = € 357,50$

e In de folder staat dat je met spouwmuurisolatie 'honderden euro's per jaar kunt besparen'.

Ben jij het met deze uitspraak eens? Licht je antwoord toe.

Sebastiaan moet eerst de kosten
van het isoleren terugverdienen.
Hoelang dat duurt, vertelt het
artikel niet. Pas daarna bespaart
hij € 357,50 per jaar.

***42** Martijn heeft veel interesse in het weer en wil later meteoroloog worden. Hij bouwt in zijn tuin een klein weerstation. De temperatuur van de lucht meet hij in een kastje met openingen in de wanden (figuur 22). Het platte dak van het huisje verft hij wit met hoogglansverf.



▲ **figuur 22**

schematische tekening van het weerhuisje van Martijn

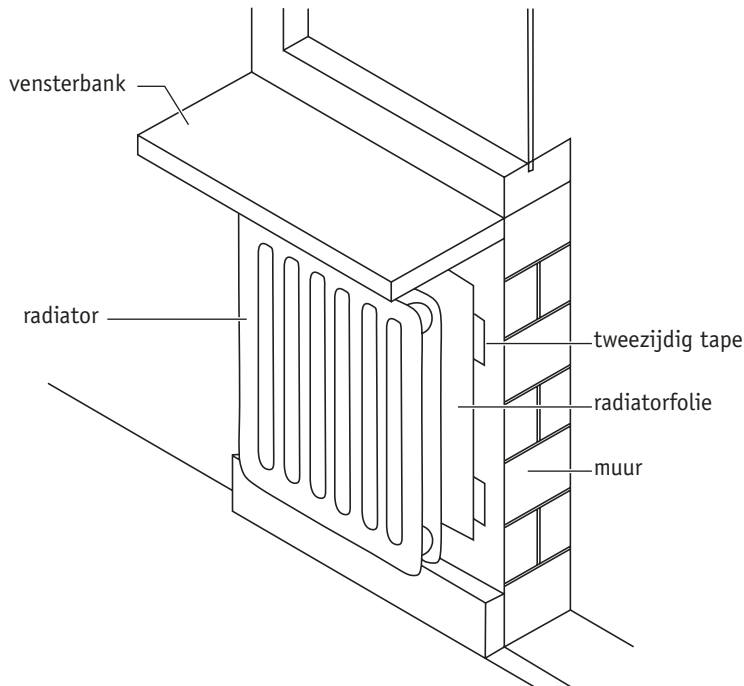
a Leg uit dat de bouw van het kastje een vorm van omgekeerde isolatie is.

Isolatie voorkomt warmteverlies.
De maatregelen van Martijn
voorkomen opwarming. Hij moet
namelijk de temperatuur van de
lucht meten. In het kastje moet
dezelfde temperatuur heersen als
buiten het kastje. Extra warmte
moet dus worden afgevoerd.

b Waarom verft Martijn het dak van het huisje wit? Lichte kleuren weerkaatsen (infrarode) straling. Het huisje wordt daardoor minder verwarmd door de zonnestraling.

c Welke vorm van warmtetransport wordt door de openingen in het kastje mogelijk? stroming

- 43 Sofie en Daan bouwen een huis. Tussen de radiatoren en de muur willen zij radiatorfolie aanbrengen. Radiatorfolie is glimmend aluminiumfolie dat ervoor zorgt dat er weinig warmte via de muur verdwijnt (figuur 23).



▲ **figuur 23**
energie besparen met radiatorfolie

- a Wat is de belangrijkste functie van radiatorfolie?

- ☐ A warmteverlies door geleiding tegengaan
☒ B warmteverlies door straling tegengaan
☐ C warmteverlies door stroming tegengaan

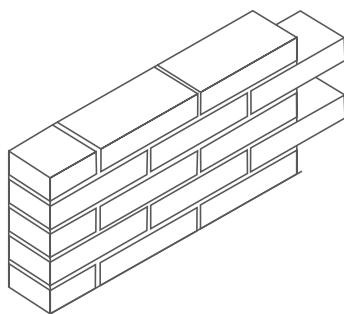
- b In een folder vinden Sofie en Daan informatie over de besparing van aardgas bij gebruik van radiatorfolie (figuur 24).

Waarom bespaart radiatorfolie bij een steensmuur meer gas dan bij een spouwmuur?

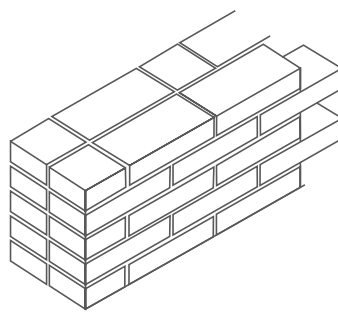
Door een steensmuur gaat meer warmte verloren dan door een spouwmuur (een spouwmuur isoleert beter). Daardoor heeft het aanbrengen van radiatorfolie bij een steensmuur meer effect.

Naar: examen 2008-II

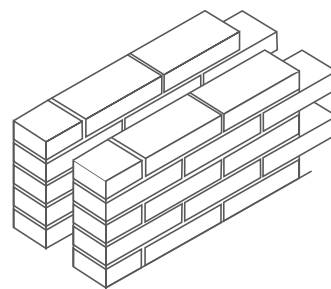
besparingen van radiatorfolie bij verschillende gevels



halfsteens



steens



spouwmuur

constructie	besparing gas in m ³ per m ² per jaar
halfsteens	25
steens	15
spouwmuur	7

▲ **figuur 24**
informatie uit een folder over radiatorfolie

44 Voor de brandweer zijn speciale beschermende pakken ontwikkeld waarmee je desnoods dwars door de vlammen kunt lopen.

a De buitenkant van zo'n pak is van een licht, glanzend materiaal gemaakt.

Leg uit waarom voor dit materiaal gekozen is.

Licht, glanzend materiaal
weerkstaat de warmtestraling
goed.

b De onderste laag bestaat uit een donsachtig materiaal dat veel lucht bevat.

Leg uit waarom voor dit materiaal gekozen is.

Lucht is een goede isolator.
Doordat de lucht in het dons
zit 'opgesloten', kan er ook geen
stroming ontstaan.

45 Op een besneeuwd wegdek kan een auto in een slip raken doordat de banden geen grip meer hebben. 's Winters rijden daarom ook in Nederland steeds meer auto's met winterbanden.

De buitenlaag van een winterband bestaat uit een speciaal soort rubber dat flexibel blijft bij lage temperaturen. 's Zomers kan de winterband beter niet worden gebruikt. De banden worden dan te warm en slijten snel.

Welke eigenschap van rubber zorgt ervoor dat de banden hun warmte niet goed kwijt kunnen?

- ☐ A Rubber heeft een kleine dichtheid.
☐ B Rubber is een warmtegeleider.
☒ C Rubber is een warmte-isolator.
☐ D Rubber is elastisch.

Naar: examen 2012-II

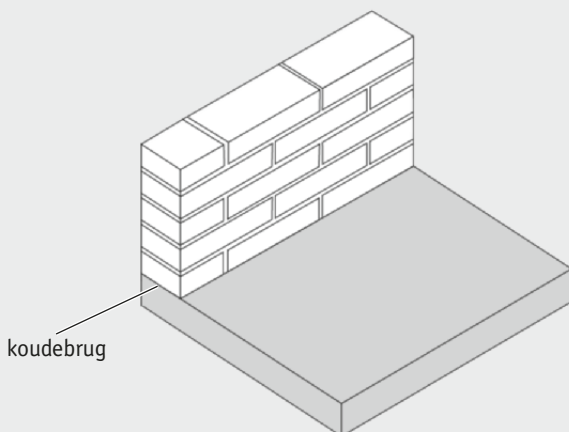
Plus Koudebrug

46 Als je een muur direct op een betonnen vloer bouwt, zoals in figuur 25 is getekend, ontstaat een koudebrug.

Welke vorm van warmtetransport treedt op in deze koudebrug?

- ☒ A geleiding
☐ B straling
☐ C stroming

Naar: examen 2008-II



▲ **figuur 25**

Zo kan een koudebrug ontstaan.

47 Foamglas is een materiaal dat een koudebrug goed kan onderbreken. In een folder staan enkele eigenschappen van Foamglas (figuur 26).

a Welke eigenschap geeft aan dat Foamglas geschikt is om een koudebrug tegen te gaan?

- ☐ A 1
☐ B 2
☒ C 3
☐ D 4

b Met Foamglas kun je de koudebrug onderbreken tussen een muur en een betonnen vloer. In dat geval is het ook belangrijk dat Foamglas een hoge druksterkte heeft. Leg uit waarom dat belangrijk is.
Het gewicht van de muur drukt op
het Foamglas. Het Foamglas moet
tegen die druk bestand zijn en dus
een hoge druksterkte hebben.

Naar: examen 2008-II

Foamglas is:

- 1 onbrandbaar, waterdicht en waterdampdicht.
- 2 maat- en vormvast en heeft een zeer hoge druksterkte.
- 3 een thermisch isolatiemateriaal.
- 4 leverbaar in platen met een dikte van 3, 4 en 6 cm.

▲ **figuur 26**

informatie over Foamglas

Practicum

Proef 1 Een (temperatuur,warmte)-diagram maken 45 min

Inleiding

Een waterkoker zet elektrische energie om in warmte en geeft die warmte af aan het water in de waterkoker. Daardoor gaat de temperatuur van het water stijgen. De warmtemeter waarmee je deze proef uitvoert, werkt op dezelfde manier.

Doel

Je leert een (temperatuur,warmte)-diagram te maken. In zo'n diagram kun je zien welk verband er bestaat tussen de hoeveelheid toegevoerde warmte en de temperatuur.

Nodig

- ☐ voedingskastje
- ☐ warmtemeter
- ☐ insteekweerstand
- ☐ thermometer
- ☐ roerder
- ☐ spanningsmeter
- ☐ stroommeter
- ☐ snoeren
- ☐ maatcilinder

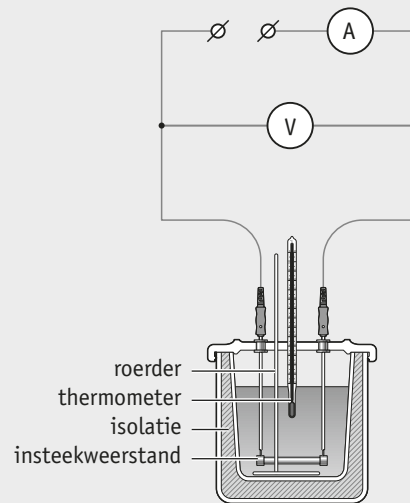
Uitvoeren

- Doe 100 mL water in de warmtemeter.
- Maak de opstelling die in figuur 27 is getekend.
- Stel de spanning in op 12,0 V.
- Lees de stroomsterkte af.

1 Vul in: de stroomsterkte is _____ A.

- Lees om de minuut de temperatuur af. Ga hiermee 10 minuten door. Roer ondertussen regelmatig zodat het water goed gemengd blijft.

2 Noteer de temperatuur steeds in de tweede kolom van tabel 4.



▲ **figuur 27**
de schakeling van proef 1

▼ **tabel 4**
de meetresultaten van proef 1

tijd (min)	temperatuur (°C)	vermogen · tijd	warmte (J)
0		× 0	0
1		× 60	
2		× 120	
3		× 180	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

- Ruim na 10 minuten alles weer op voor je verdergaat.

Uitwerken

3 Bereken het vermogen van de insteekweerstand met $P = U \cdot I$.

4 Vul de derde kolom van de tabel verder in.

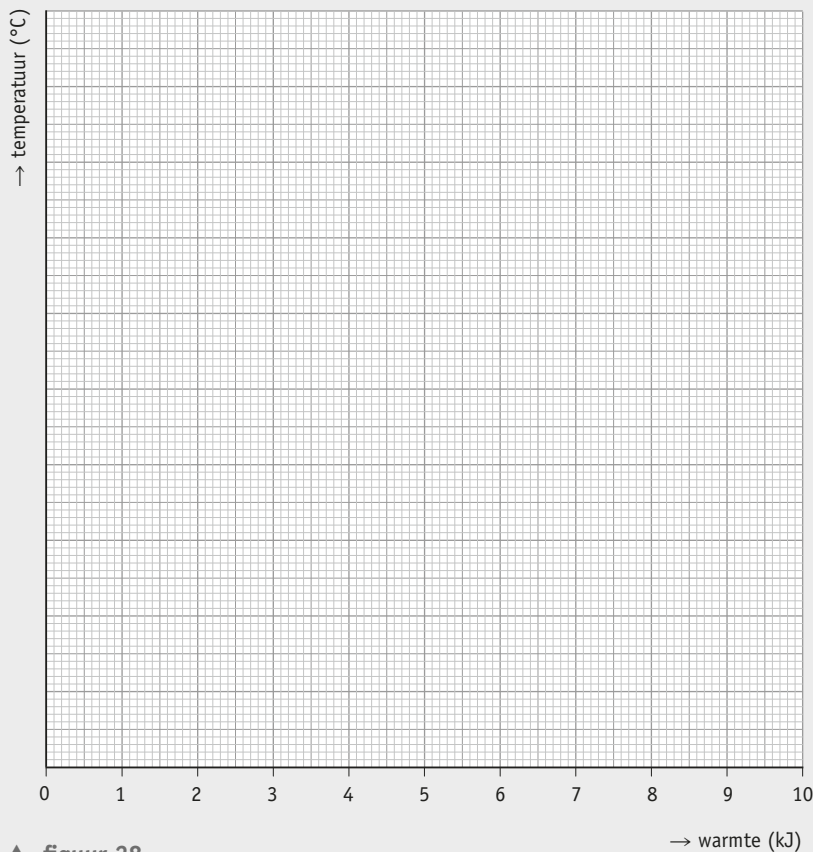
5 Bereken de hoeveelheid ontwikkelde warmte na 1, 2, 3 minuten, enzovoort, met: $Q = E_{\text{el}} = P \cdot t$. Noteer de uitkomsten in de vierde kolom van de tabel.

6 Zie vaardigheid 8 achter in je handboek. Teken in figuur 28 het (temperatuur,warmte)-diagram van de proef.

7 Zie vaardigheid 9 achter in je handboek.

Welk verband bestaat er tussen de warmte en de temperatuur?

- ☐ A evenredig
☐ B lineair
☐ C kwadratisch
☐ D omgekeerd evenredig



▲ **figuur 28**
het (temperatuur,warmte)-diagram van proef 1

Proef 2 Onderzoek doen met een brander 45 min

Inleiding

Als je een vloeistof verwarmt, zal de temperatuur van de vloeistof gaan stijgen. In deze proef ga je daar zelfstandig een onderzoek naar uitvoeren. Daarbij staat het verband tussen tijd en temperatuur centraal.

Doel

Hier staan vier onderzoeksvragen. Kies een van de vragen uit voor jouw onderzoek.

- 1 Wat gebeurt er als je verschillende vloeistoffen op dezelfde manier verwarmt: stijgt de temperatuur van die vloeistoffen dan even snel?
- 2 Welk verband bestaat er bij verschillende vloeistoffen tussen de tijd en de temperatuur? Vind je steeds hetzelfde soort verband?
- 3 Hoe verandert het (temperatuur,tijd)-diagram van een proef als je 2× zo veel vloeistof neemt?
- 4 Hoe verandert het (temperatuur,tijd)-diagram van een proef als je 2× zo weinig vloeistof neemt?

Nodig

- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ bekerglazen
- ☐ maatcilinder
- ☐ thermometer
- ☐ horloge
- ☐ verschillende vloeistoffen

Uitvoeren

1 Zie vaardigheid 11 achter in je handboek.
Je gaat eerst een kort werkplan voor je onderzoek maken.

- a** Noteer welke onderzoeksvraag je wilt beantwoorden.
- b** Teken hiernaast de opstelling die je wilt bouwen.
- c** Schrijf op welke metingen je gaat uitvoeren (in de juiste volgorde).

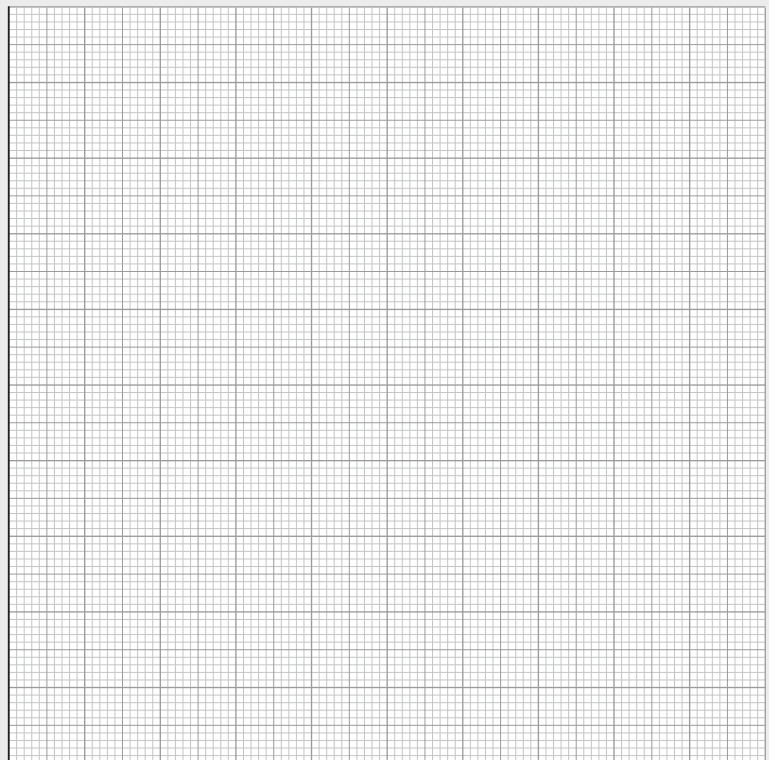
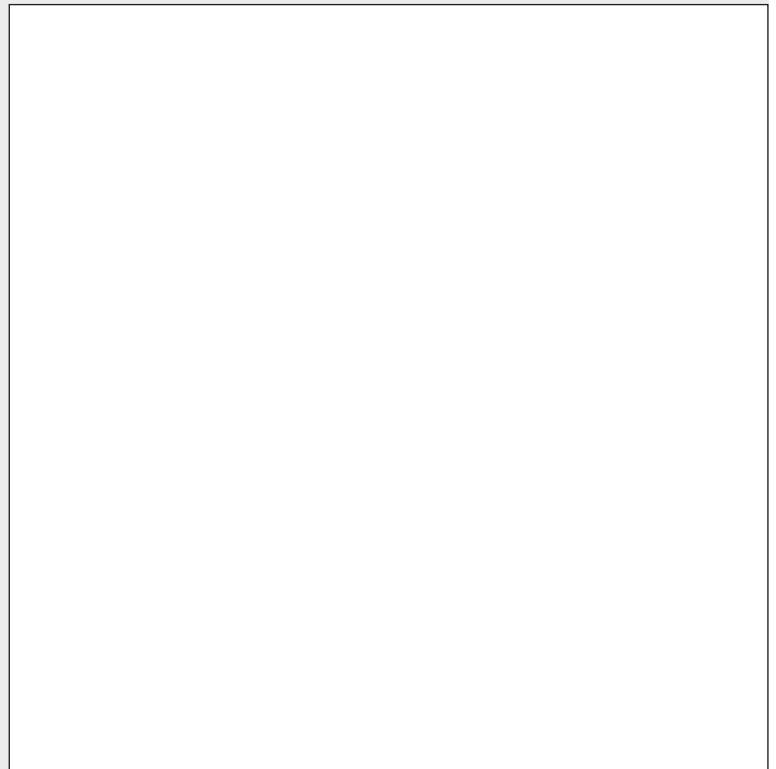
- Laat je werkplan controleren door je docent. Breng zo nodig verbeteringen aan.
- Bouw de opstelling en voer de proef uit.

2 Noteer hieronder alle meetresultaten.

Uitwerken

3 Teken de (temperatuur,tijd)-diagrammen in één assenstelsel (figuur 29).

- Zie vaardigheid 12 achter in je handboek.
Maak een verslag van het onderzoek en lever het in bij je docent.



▲ **figuur 29**
de (temperatuur,tijd)-diagrammen van proef 2

Test jezelf

- 1 Kruis aan of de volgende beweringen waar (W) of onwaar (O) zijn.

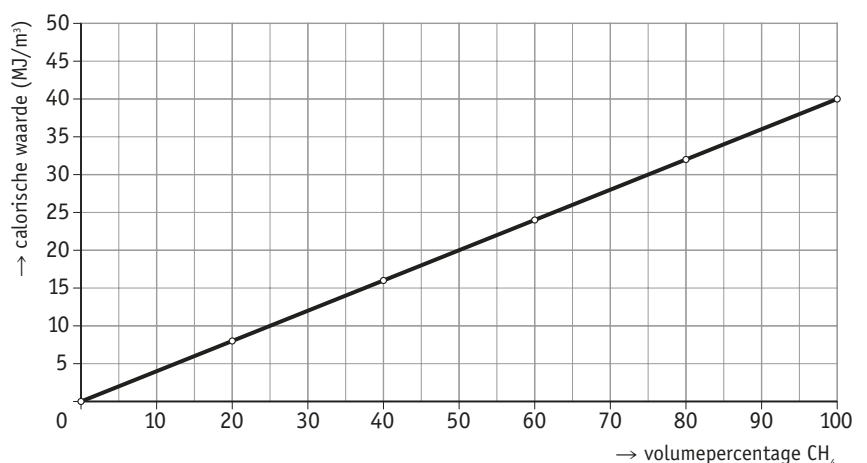
bewering	W	O
a Als aardgas onvolledig verbrandt, ontstaat onder andere koolstofmono-oxide.	X	
b Als aardgas volledig verbrandt, ontstaan koolstofdioxide en stikstof.		X
c Bij het verbranden van een brandstof wordt chemische energie omgezet in warmte.	X	
d Dat aardgas onvolledig verbrandt, kun je zien aan de vlammen: die zijn dan niet geel, maar blauw.		X
e Koolstofmono-oxide is een reukloos, kleurloos en zeer giftig gas.	X	

- 2 De verbrandingswarmte van aardgas is 32 MJ/m^3 , de verbrandingswarmte van butagas is 110 MJ/m^3 . Hans zegt: "Met butagas heb je minder warmte nodig om een liter water aan de kook te brengen." Arnold zegt: "Je moet meer butagas verbranden om dezelfde hoeveelheid warmte te krijgen die je met aardgas krijgt."
- Wie heeft gelijk?
- ☐ A alleen Arnold
- ☐ B alleen Hans
- ☒ C geen van beiden
- ☐ D zowel Hans als Arnold

- 3 Aardgas is een mengsel van voornamelijk methaan en stikstof. Hoe groter het percentage methaan (CH_4) is, des te groter is de verbrandingswarmte (figuur 30).
- a Hoe groot is de verbrandingswarmte van zuiver methaan? 40 MJ/m^3
- b Hoe groot is de verbrandingswarmte van zuivere stikstof? 0 MJ/m^3
- c Het aardgas dat thuis uit de gaskraan komt, heeft een 'calorische waarde' van 32 MJ/m^3 . Hoeveel volumepercent methaan bevat dit aardgas (bij benadering)? 80 volumepercent
- d H-gas (hoogcalorisch gas) uit het Ekofisk-veld in Noorwegen heeft een calorische waarde van 38 MJ/m^3 . Hoeveel volumepercent methaan bevat dit aardgas (bij benadering)? 95 volumepercent
- 4 Rinze gebruikt een gasbrander om water te verwarmen. Als het water kookt, draait hij de gasregelknop een eindje dicht.
- a Hoe verandert de gasvlam hierdoor? De vlam wordt een beetje kleiner.
- b Neemt het vermogen van de vlam nu toe of af? Het vermogen van de vlam neemt af.
- c Verbrandt het aardgas nog wel volledig als de gasregelknop half dicht is? Ja, het aardgas verbrandt wel volledig.

► **figuur 30**

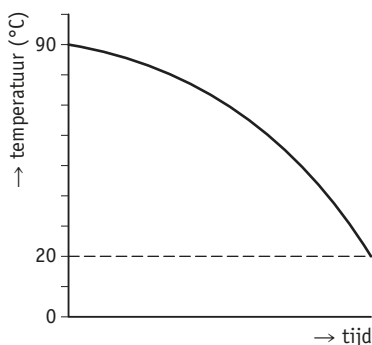
Hoe hoger het methaangehalte is, des te meer warmte er ontstaat.



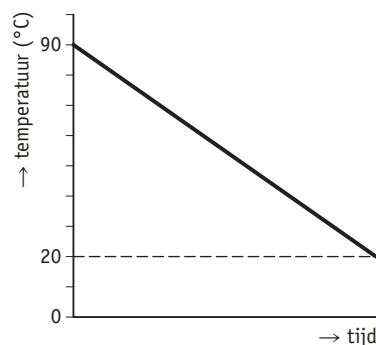
- 5 Welke twee beweringen over een pompelaar zijn waar?
- ☒ A De hoeveelheid warmte die een pompelaar levert, geef je aan in joule.
 - ☐ B Een pompelaar geeft meer energie af dan hij opneemt.
 - ☒ C Een pompelaar zet alle elektrische energie om in warmte.
 - ☐ D Het vermogen van de pompelaar geef je aan met Q .
- 6 Aniek wil berekenen hoeveel warmte een pompelaar in een bepaalde tijd heeft geleverd. Wat is hiervoor de juiste formule?
- ☐ A $Q = P = E \cdot t$
 - ☐ B $P = E = Q \cdot t$
 - ☒ C $Q = E = P \cdot t$
 - ☐ D $P = t = Q \cdot E$
- 7 Een glas met water van $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ koelt af tot de kamertemperatuur van $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Welke grafiek in figuur 31 geeft het best het temperatuurverloop weer?
- ☐ A grafiek A
 - ☐ B grafiek B
 - ☒ C grafiek C
- 8 Om een liter water aan de kook te brengen, kunnen Helmut en Lotte twee waterkokers gebruiken: een kleine van 800 W of een grote van 2400 W . Helmut zegt: "Ik zou de kleine waterkoker nemen, want dan is het energieverbruik $3\times$ zo klein." Lotte zegt: "Ik zou de grote waterkoker nemen, want dan kookt het water $3\times$ zo snel."

Wat is juist?

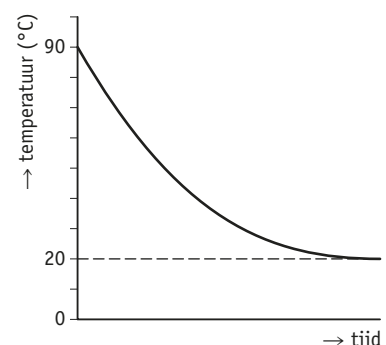
- ☐ A De argumenten van Helmut en Lotte kloppen allebei.
 - ☐ B Het argument van Helmut klopt, het argument van Lotte niet.
 - ☒ C Het argument van Lotte klopt, het argument van Helmut niet.
 - ☐ D De argumenten van Helmut en Lotte kloppen geen van beide.
- 9 Eva gebruikt ovenwanten om een bakvorm met een appeltaart uit de hete oven te halen. Welke vorm van warmtetransport gaat Eva vooral tegen door de ovenwanten te gebruiken? geleiding
- 10 Twee vakantiegangers zitten onder een parasol om zich te beschermen tegen de felle zon. Welke manier van warmteoverdracht wordt vooral door de parasol tegengehouden? straling
- 11 Als het 's winters vriest, voelt de leuning van een stalen brug kouder aan dan de leuning van een houten brug. Peter zegt: "Dat komt doordat staal meer warmtestraling reflecteert." Jeroen zegt: "Dat komt doordat staal een betere warmtegeleider is." Wie heeft gelijk?
- ☐ A Peter en Jeroen hebben allebei gelijk.
 - ☐ B Peter heeft gelijk, Jeroen heeft ongelijk.
 - ☒ C Peter heeft ongelijk, Jeroen heeft gelijk.
 - ☐ D Peter en Jeroen hebben allebei ongelijk.



(a)



(b)



(c)

▲ figuur 31

Hoe koelt het water af?

- 12 Bekijk de advertentie in figuur 32. De noppen zijn kleine blaasjes gevuld met lucht. Welke vorm van warmtetransport wordt vooral tegengegaan door de lucht in de noppen? En welke door de reflecterende laag?

	<i>noppen</i>	<i>reflecterende laag</i>
☐ A geleiding		geleiding
☒ B geleiding		straling
☐ C straling		straling
☐ D straling		geleiding

Naar: examen 2005-II



▲ figuur 32
een advertentie voor noppensfolie

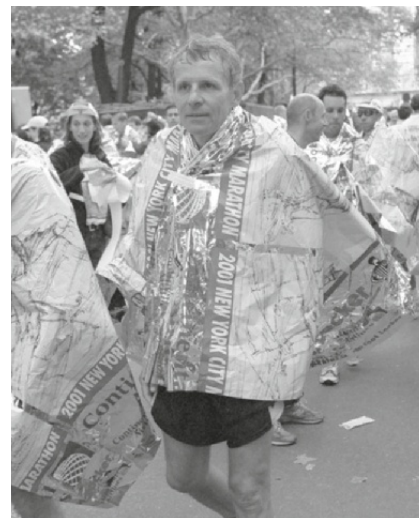
- 13 In je Binas kun je de k-waarde opzoeken van allerlei isolatiematerialen. Streep door wat fout is.
- a Hoe ~~hoger~~ / *lager* de k-waarde van een isolatiemateriaal is, des te beter isoleert het.
 - b De k-waarde van enkelglas is *hoger* / ~~lager~~ dan de k-waarde van dubbelglas.
 - c Hoe dikker een laag isolatiemateriaal is, des te ~~hoger~~ / *lager* is de k-waarde.
- 14 In 2013 werd op de Zuidpool een Nederlands laboratorium voor klimaatonderzoek geopend. Tijdens veldonderzoek dragen de wetenschappers goed isolerende kleding. In hun jassen zit bijvoorbeeld een laag dons. Waardoor isoleert dons zo goed?
- ☒ A Dons bevat stilstaande lucht.
 - ☐ B Dons geleidt warmte goed.
 - ☐ C Dons reflecteert de warmtestraling.

- 15 Via een niet-geïsoleerde spouw gaat veel warmte verloren.

Op welke twee manieren gebeurt dat vooral?

- ☐ A door geleiding en straling
- ☐ B door geleiding en stroming
- ☒ C door stroming en straling

- 16 Marathonlopers kunnen gemakkelijk onderkoeld raken als het niet al te warm weer is. Daarom worden de lopers na een race soms in thermische dekens gewikkeld (figuur 33). Zo'n thermische deken is gemaakt van kunststof met een aluminium coating.



▲ figuur 33
marathonlopers na een race

Welke twee eigenschappen van aluminium helpen mee om de marathonloper warm te houden?

- ☐ Het heeft een erg kleine dichtheid.
- ☒ Het houdt wind en water tegen.
- ☐ Het is een goede warmtegeleider.
- ☒ Het reflecteert het licht van de zon.
- ☐ Het reflecteert infrarode straling.
- ☐ Het wordt niet aangetast door vocht.

- 17 Gebruik je Binas.

In de brandstoftank van Henks auto gaat 60 L dieselolie.

Bereken hoeveel MJ warmte deze hoeveelheid brandstof kan leveren.

In Binas tabel 19 staat dat de verbrandingswarmte van dieselolie 36 000 J/cm³ is.

1 cm³ = 1 mL

1 mL dieselolie levert dus

36 000 J warmte.
1 L dieselolie levert dus
36 000 000 J = 36 MJ warmte.
60 L dieselolie levert dus
 $60 \times 36 = 2160$ MJ warmte.

- 18** Inan verwarmt 150 mL water met een dompelaar van 200 W. Het duurt 4,5 minuut voor het water kookt.

Bereken hoeveel warmte de dompelaar in die tijd heeft geleverd.

$$P = 200 \text{ W}$$

$$t = 4,5 \text{ min} = 270 \text{ s}$$

$$Q = E = P \cdot t$$

$$= 200 \times 270$$

$$= 54\,000 \text{ J} = 54 \text{ kJ}$$

- 19** Meneer Van Balen heeft in de zomervakantie een gasgeiser in zijn stacaravan geïnstalleerd. In de herfstvakantie brengt hij opnieuw een week in de caravan door. Tot zijn ergernis is er na een paar dagen nogal wat roetaanslag in de geiser te zien. 's Ochtends wordt hij duizelig en met een stevige hoofdpijn wakker.

- a** Wat is er aan de hand als er in een geiser roetaanslag ontstaat?

Dan verbrandt het aardgas onvolledig.

- b** Welke stof kan de duizeligheid en hoofdpijn hebben veroorzaakt? koolstofmono-oxide

- c** Leg uit welk groot risico Meneer Van Balen loopt. Koolstofmono-oxide is

bedwelmend; je kunt bewusteloos raken en dan zonder dat je het merkt stikken.

- d** Waar moet meneer Van Balen in elk geval voor zorgen?

Hij moet de caravan beter ventileren, zodat er meer frisse lucht naar binnen komt.

- 20** Reza heeft vier proeven gedaan met een warmtemeter. Bij elke proef deed hij 80 g vloeistof in de warmtemeter. Vervolgens verwarmde hij de vloeistof 5 minuten met een verwarmingselement van 12 W.

In figuur 34 zijn de meetresultaten van de vier proeven ingetekend.

- a** Reza heeft een van de vloeistoffen uit de koelkast in het verzorgingslokaal gehaald.

Om welke vloeistof gaat het? Waaraan zie je dat?

Olijfolie; die vloeistof heeft de laagste begintemperatuur.

- b** Bij welke vloeistof stijgt de temperatuur het snelst?

Bij olijfolie; daarvan loopt de grafiek het steilst.

- c** Bij welke vloeistof stijgt de temperatuur het traagst?

Bij water; daarvan loopt de grafiek het minst steil.

- d** Reza wilde met zijn proeven de volgende onderzoeksvraag beantwoorden:

Stijgt de temperatuur van andere vloeistoffen even snel als die van water?

Noteer zo precies mogelijk welke conclusie Reza uit zijn onderzoek kan trekken.

Van zeewater en water stijgt de temperatuur ongeveer even snel.

De temperatuur van alcohol stijgt sneller en die van olijfolie nog sneller.

- 21** Tabel 7 komt uit een folder over het isoleren van woonhuizen.

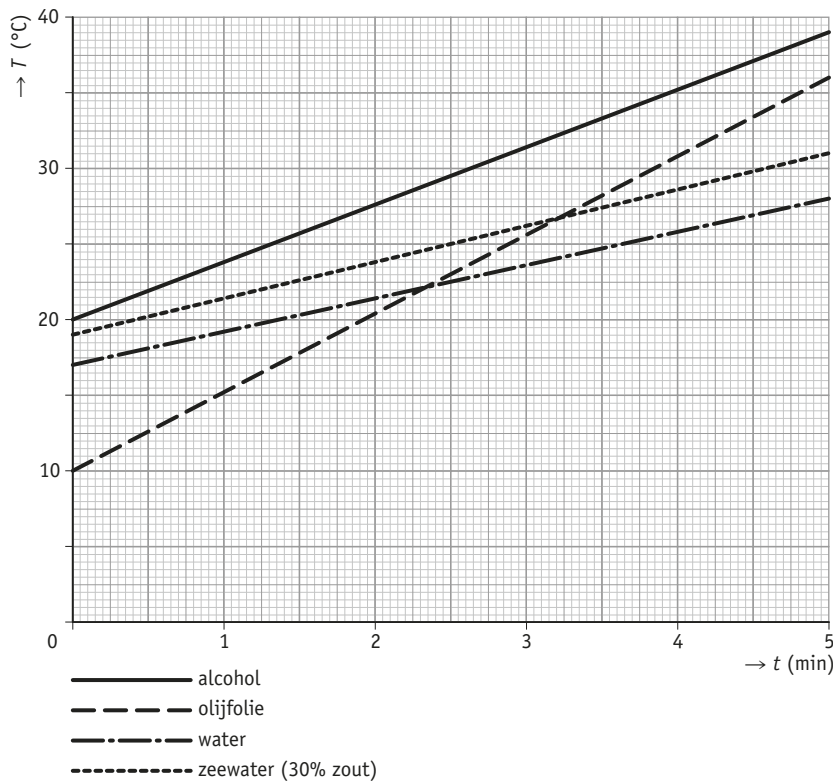
- a** Natuurlijk verdwijnt er niet echt aardgas naar buiten door de ramen en muren van een huis.

Wat verdwijnt er dan wel? warmte

- b** Welke delen van een huis houden de warmte het slechtst binnen? de ramen

- c** Hoe wordt de warmte die naar buiten verdwijnt, weer aangevuld?

Dat gebeurt doordat er in de cv-ketel aardgas wordt verbrand. De warmte die daarbij ontstaat, wordt daarna verspreid door het huis.

▲ **figuur 34**

een grafiek met de meetresultaten van Reza's onderzoek

▼ **tabel 7**

warmteverlies in een woonhuis

door 1 m ² van een	verdwijnt per jaar
raam met enkelglas	60 m ³ aardgas
raam met dubbelglas	30 m ³ aardgas
niet-geïsoleerde spouwmuur	18 m ³ aardgas
geïsoleerde spouwmuur	8 m ³ aardgas
niet-geïsoleerd dak	30 m ³ aardgas
geïsoleerd dak	6 m ³ aardgas
niet-geïsoleerde vloer	15 m ³ aardgas
geïsoleerde vloer	3 m ³ aardgas

- 22 Het huis van de familie Blok heeft 81 m² muren, 63 m² ramen en een dak van 52 m².

Bereken met behulp van de gegevens in tabel 7 hoeveel m³ aardgas de familie Blok kan besparen:

a door de ramen van dubbelglas te voorzien.

gasverbruik

$$\text{met enkelglas: } \underline{63} \times 60 \text{ m}^3 = \underline{3780} \text{ m}^3$$

$$\text{met dubbelglas: } \underline{63} \times 30 \text{ m}^3 = \underline{1890} \text{ m}^3$$

$$\text{besparing: } \underline{1890} \text{ m}^3$$

b door de spouwmuren te isoleren.

gasverbruik

$$\text{zonder isolatie: } \underline{81} \times \underline{18} \text{ m}^3 = \underline{1458} \text{ m}^3$$

$$\text{met isolatie: } \underline{81} \times \underline{8} \text{ m}^3 = \underline{648} \text{ m}^3$$

$$\text{besparing: } \underline{810} \text{ m}^3$$

c door het dak te isoleren.

gasverbruik

$$\text{zonder isolatie: } \underline{52} \times \underline{30} \text{ m}^3 = \underline{1560} \text{ m}^3$$

$$\text{met isolatie: } \underline{52} \times \underline{6} \text{ m}^3 = \underline{312} \text{ m}^3$$

$$\text{besparing: } \underline{1248} \text{ m}^3$$

