

Blok 13 | Warmte

Basisstof

P 1	
Temperatuur en warmte	5
P 2	
Warmtetransport door geleiding	7
P 3	
Stroming van warmte	8
P 4	
Warmtetransport door straling	9
P 5	
Warmte-opslag	5
T 1	
Temperatuur en warmte	12
T 2	
Warmtetransport door geleiding	14
T 3	
Stroming van warmte	15
T 4	
Warmtetransport door straling	15
T 5	
Warmte-opslag	16
W 1	
Temperatuur en warmte	18
W 2	
Warmtetransport door geleiding	18
W 3	
Stroming van warmte	19
W 4	
Warmtetransport door straling	20
W 5	
Warmte-opslag	20

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken en leren is:

**W 1, P 1, T 1,
P 2, T 2, W 2,
P 3, T 3, W 3,
P 4, T 4, W 4,
P 5, T 5, W 5.**

Herhaaltstof

H 1	
Warmte en het molekuulmodel	21
H 2	
Factoren die de grootte van warmtetransport bepalen	22
H 3	
Warmte-opslag	24
H 1	
Antwoordblad	26
H 2	
Antwoordblad	26
H 3	
Antwoordblad	27

Extra stof

82	
De koelkast	28
83	
De motor van ons weer	29
84	
De soortelijke warmte van vloeistoffen	32

Wat je moet kunnen aan het eind van blok 13

	Te vinden in:
1 Je moet weten hoe de temperatuur-verdeling in een gasvlam is.	P 1
2 Je moet de eenheid van warmte kennen en die van temperatuur.	W 1
3 Je moet het verschil kunnen aangeven tussen warmte en temperatuur.	W 1
4 Je moet kunnen aangeven waarom je bij het meten van temperatuur niet op je gevoel kunt afgaan, maar een thermometer moet gebruiken.	P 1
5 Je moet drie manieren kennen, waarop warmtetransport kan plaatsvinden.	T 2, T 3, T 4
6 Je moet drie stoffen kennen die warmte goed geleiden, en drie stoffen die warmte slecht geleiden.	P 2
7 Je moet twee factoren kunnen aangeven, die de grootte van het warmtetransport bij warmtegeleiding bepalen.	P 2
8 Je moet met het molekuulmodel kunnen verklaren, hoe de warmtegeleiding in vaste stoffen verloopt.	T 2
9 Je moet met het molekuulmodel kunnen verklaren, waarom bij warmtegeleiding de warmte in vaste stoffen zich sneller verspreidt dan in gassen en vloeistoffen.	T 2
10 Je moet kunnen verklaren waarom sommige stoffen kouder aanvoelen dan andere, terwijl ze toch dezelfde temperatuur hebben.	T 2
11 Je moet vier toepassingen kennen van warmteisolatie met behulp van stilstaande lucht.	T 2
12 Je moet kunnen aangeven wat het verschil is tussen warmtestroming en warmtegeleiding.	T 3
13 Je moet drie factoren kunnen aangeven, die de grootte van het warmtetransport bij warmtestroming bepalen.	P 2, P 3, T 3
14 Je moet kunnen verklaren waarom warme lucht of warm water opstijgt.	P 3, T 3
15 Je moet met behulp van warmtestroming de windrichting aan de kust overdag en 's nachts kunnen verklaren.	T 3, W 3
16 Je moet weten welke rol de molekulen spelen bij warmtetransport door middel van geleiding, stroming en straling.	T 2, T 3, T 4
17 Je moet weten hoe warmtetransport plaatsvindt bij straling.	T 4
18 Je moet drie factoren kennen, die bij een oppervlak de hoeveelheid van de uitgezonden straling bepalen.	T 4, P 4
19 Je moet weten wat er met straling gebeurt, als deze op een voorwerp valt.	T 4, P 4
20 Je moet weten welke rol de gladheid en de kleur van een oppervlak spelen bij absorptie van straling.	T 4
21 Je moet drie andere soorten straling dan warmtestraling kunnen noemen.	T 4
22 Je moet weten welke voorzorgsmaatregelen je moet nemen om bij warmteopslag zo min mogelijk warmteverlies te krijgen.	P 5

23

Je moet weten hoe je de hoeveelheid warmte berekent, die je pompelaar levert, als je het vermogen van de pompelaar kent.

Te vinden in:

P 5

24

Je moet weten welk verband er bestaat tussen de temperatuurstijging van een stof en de hoeveelheid toegevoerde warmte.

P 5

25

Je moet kunnen aangeven wat de massa van een voorwerp te maken heeft met de warmte, die in het voorwerp opgeslagen kan worden.

T 5

26

Je moet met behulp van de grafiek tussen toegevoerde warmte en temperatuurstijging, kunnen berekenen hoeveel warmte er nodig is om 1 gram van een stof 1 °C te verwarmen.

W 5

27

Je moet met behulp van de grafiek tussen toegevoerde warmte en temperatuurstijging, kunnen berekenen hoeveel warmte er nodig is om 1 gram van een stof te laten smelten.

W 5

28

Je moet kunnen aangeven hoe je van stoffen gebruik kunt maken om warmte op te slaan.

W 5, T 5

Temperatuur en warmte

Waarom hebben we een thermometer nodig om de temperatuur te meten?

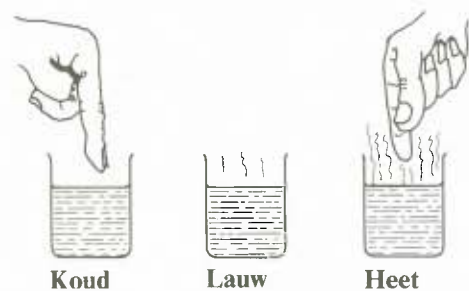
1

Neem 3 bekersglazen.

In het eerste glas doe je koud leidingwater. In het tweede glas doe je lauw water en in het derde glas doe je warm water. (Het water moet zo warm zijn dat je je vingers er nog net in kunt houden zonder ze te verbranden.) Houd nu je linker wijsvinger in het bekersglas met koud water en tegelijkertijd je rechter wijsvinger in het glas met warm water. Na ongeveer tien seconden stop je allebei je wijsvingers in het bekersglas met lauw water.

Wat voel je nu?

Drie bekersglazen met water



2

Schat met behulp van je waarnemingen uit proef 1 de temperatuur van het water in de drie bekersglazen.

De temperatuur van het koude water is $^{\circ}\text{C}$.

De temperatuur van het lauwe water is $^{\circ}\text{C}$.

De temperatuur van het warme water is $^{\circ}\text{C}$.

3

Meet met een laboratoriumthermometer de temperatuur in de drie glazen.

De temperatuur van het koude water is $^{\circ}\text{C}$.

De temperatuur van het lauwe water is $^{\circ}\text{C}$.

De temperatuur van het warme water is $^{\circ}\text{C}$.

N.B. Let op dat je de temperatuur op de juiste manier afleest. Houd je oog op de juiste hoogte (op dezelfde hoogte als het kwik staat). Ga eens na hoeveel graden je de thermometer verkeerd af kunt lezen als je je oog te hoog of te laag houdt (zie foto).

4

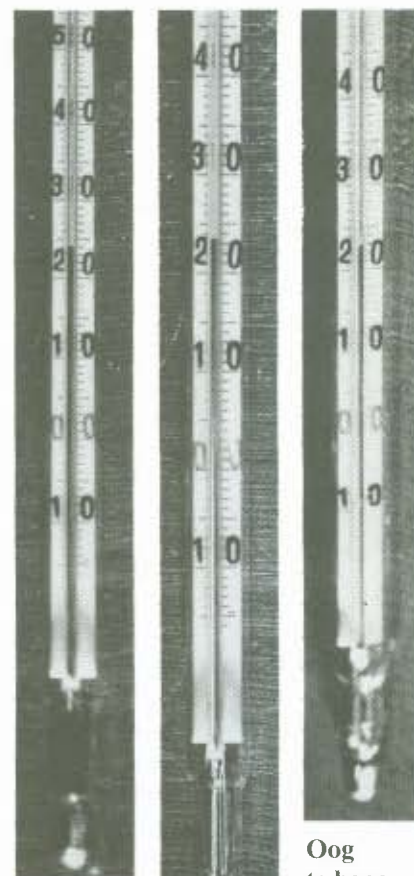
Houd je wijsvinger in een bak met lauw water.

Voel daarna hoe warm het water is als je je elleboog gebruikt.

Wat voor verschil voel je?

5

Ons lichaam beschikt blijkbaar over een zintuig om temperatuur te meten. Schrijf op waarom dit zintuig in de natuurkunde niet als thermometer kan worden gebruikt.



Oog te laag
Aflezings te hoog.

Juiste hoogte.

Oog te hoog.
Aflezings te laag.

Hoge en lage temperatuur, veel en weinig warmte.

6

De temperatuur van een laboratoriumgasbrander is ongeveer 450°C . Houd de kop van een kopspeeld in de vlam van een gasbrander. Gebruik een tang of pincet! Wat zal na enige tijd de temperatuur van de kop zijn?

Stop nu de kopspeeld snel in een bekersglas met water, waarin een thermometer staat. Wat gebeurt er met de temperatuur van het water?

7

Rond kerstmis en nieuwjaar worden veel sterretjes-staafjes verbrand. De sterretjes zijn vonkjes die van de staaf afspatten. Zo'n vonkje is een stukje gloeiende stof van de staaf. Zo'n sterretje heeft dezelfde temperatuur als de brandende staaf. Waarom krijg je nu wel een brandblaar als je de staaf aanraakt en geen brandblaar als je een sterretje op je hand krijgt?

Zo'n sterretje heeft een erg temperatuur, maar de hoeveelheid die het sterretje aan je hand kan afstaan is erg klein.

Koud vuur?





Warmte kan zich verplaatsen.

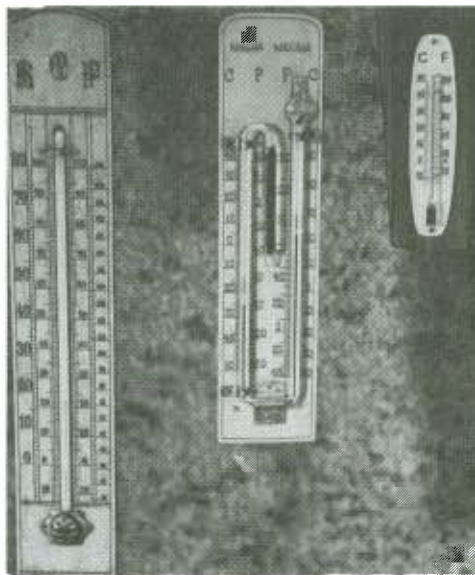
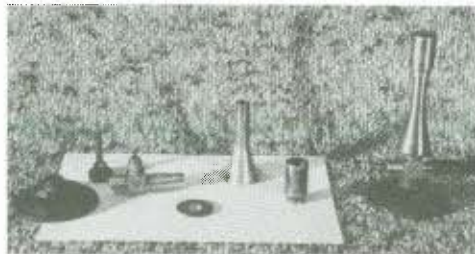
8
Neem een 50 cm lange, hol gebogen strip van aluminium, koper of ijzer. Bevestig deze horizontaal in een statief. Zorg dat je de strip aan één kant met een gasbrander kunt verwarmen. Leg op onderlinge afstand van 10 cm luciferkoppen op de strip. Plak met kaarsvet om de 5 cm bolletjes piekkrijt onder de strip. Verwarm nu de strip aan één kant met de gasbrander. Wat neem je waar?

Warmtebronnen.

9
Demonteer een gasbrander en maak daarna een schematische tekening van de brander. Geef in de tekening aan hoe het gas en de lucht in de brander stromen. Hoe kun je de temperatuur van de brander regelen?

10

Steek een gasbrander aan. Zet de luchttoevoer half open. Steek een satéprikker één cm boven de mond van de brander door de vlam. Houd de prikker daar even en haal hem dan weer uit de vlam. Als de prikker is gaan branden, moet je hem snel uitblazen. Waar is de temperatuur in de vlam hoog en waar laag?



Herhaal dit, maar nu met de prikker enkele cm hoger in de vlam. Ga op deze manier na hoe de temperatuurverdeling in de vlam is. Geef in de hiernaast staande tekening van een vlam aan waar de temperatuur hoog is en waar deze laag is.

11

Dikwijls verwarmen we een vloeistof met een verwarmingselement of dompelaar. Je gaat nu je eigen verwarmingselement bouwen. Wikkel één meter dun ijzerdraad om een potlood, zodat een schroefveer ontstaat. Bevestig aan de uiteinden twee snoertjes met behulp van krokodilleklemmen. Hang de schroefvormige draad in een bekglas met water, waarin een thermometer staat. Verbind de snoertjes met een batterij (6 V of 4 van 1,5 V in serie)

Resultaat:

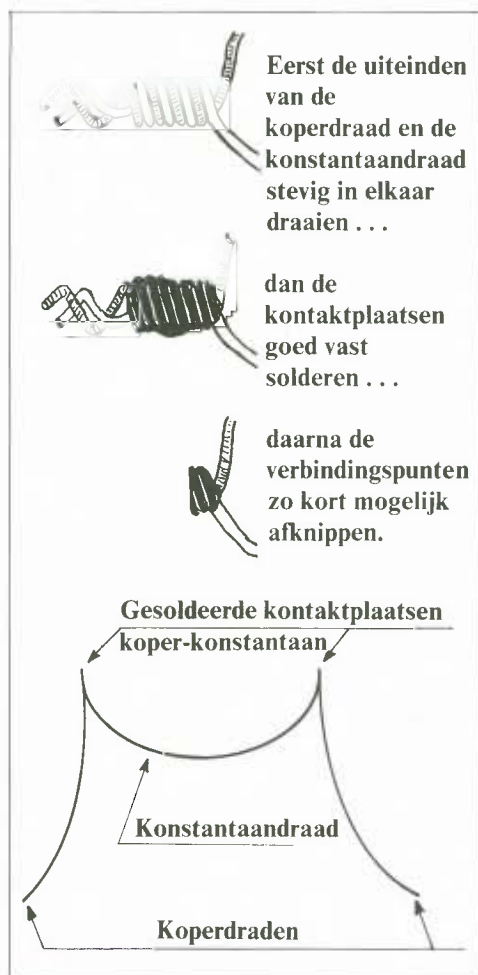
Thermometers.

12

Bekijk een kwikthermometer of alcoholthermometer eens goed. Hoe werkt zo'n thermometer?

13

Neem een 30 cm lang stuk konstantaandraad (doorsnede 0,2 mm). Soldeer aan elk van de uiteinden een stuk dun koperdraad van ongeveer 20 cm. Knip daarna de verbindingpunten zo kort mogelijk af. (Als je niet kunt solderen, kun je de uiteinden ook stevig in elkaar draaien. Wel zo kort mogelijk afknippen). Verbind nu de losse uiteinden van de koperdraden met een gevoelige ampèremeter. Hang één van de kontaktplaatsen (waar het koper aan het konstantaan gesoldeerd is) in een bekglas met water. De andere kontaktplaats hang je vrij in de lucht, zover mogelijk van het bekglas verwijderd. Verwarm nu het water in het bekglas. Lees, terwijl je het water verwarmt, regelmatig de ampèremeter af.



Warmtetransport door geleiding

Misschien heb je je vingers wel eens gebrand aan een hete pan of een ander heet voorwerp. Meestal waren die voorwerpen van metaal.

Als een pan een plastic of houten handvat heeft, kun je hem zonder problemen vastpakken. Toch wordt er dan ook warmte getransporteerd naar je hand maar dit gaat nu veel langzamer dan wanneer de warmte via het metaal naar je hand stroomt. Het lijkt erop dat de ene stof de warmte makkelijker geleidt dan een andere stof. We gaan het verschijnsel van warmtegeleiding hier nader onderzoeken.

1
Je hebt een aantal voorwerpen van verschillend materiaal nodig. Bijvoorbeeld een ijzeren, een houten en een aluminium blokje, een kurk, een glasstaaf enzovoorts.

De voorwerpen moeten al lange tijd in het lokaal gelegen hebben, zodat ze allemaal dezelfde temperatuur hebben. Als je nu eerst het ijzeren blokje aanraakt en daarna het houten, merk je dat het ijzeren blokje kouder aanvoelt dan het houten blokje.

Onderzoek op die manier de voorwerpen en noteer je resultaten in de tabel.

Voorwerp	
Ijzeren blokje	Voelt koud aan
Houten blokje	Voelt minder koud aan
Glasstaaf	

Aluminium blokje

Kurk

Messing blokje

Steen

Papier



Net zo lang vasthouden tot het te warm wordt!

Hebben de voorwerpen die je aanraakte een hogere, lagere, of gelijke temperatuur dan de temperatuur van je hand? (aanwijzing: wat is de temperatuur van je hand? en van het blokje?)

Werd tijdens het aanraken warmte getransporteerd? Zo ja, in welke richting?

Verklaar nu dat het ijzeren blokje kouder aanvoelt dan het houten blokje.

2
We gaan nu de warmte in de omgekeerde richting transporteren: van het voorwerp naar je hand.

Daarvoor moet je ervoor zorgen dat de temperatuur van het voorwerp hoger is dan de temperatuur van je hand.

De temperatuur van je hand is ongeveer °C.

We gaan de voorwerpen die **niet brandbaar** zijn verwarmen in de gasvlam van een brander.

We houden de voorwerpen gewoon vast met onze handen en meten (met een stopwatch) hoe lang het duurt tot het voorwerp te warm wordt.

Noteer in de tabel hoe lang je een voorwerp vast kunt houden.

Voorwerp	Tijd
Ijzeren staafje	
Glasstaafje	
Aluminium staafje	
Messing staafje	
Koperstaafje	
Handvat van een pan	
Steen	

Probeer een rangschikking aan te brengen.

Je moet de voorwerpen wel allemaal vasthouden op gelijke afstand tot de vlam.

Verklaar dat je sommige voorwerpen langer in de vlam kunt houden dan andere.

3
We gaan nu het verschijnsel warmtegeleiding enigszins zichtbaar maken. Dit doen we door een strook temperatuurgevoelig papier op de ijzeren staaf vast te plakken. Daarna houden we de staaf weer met één uiteinde in de vlam.

Resultaat:

We doen de proef ook met de glasstaaf.

Verschil:

Warmte isolatoren.

Stoffen die de warmte slecht geleiden, noemen we isolatoren. In deze proef gaan we enkele isolatoren onderzoeken.

We hebben nodig:

- twee dezelfde frisdrankblikjes;
- twee thermometers;
- heet water (90 à 100 °C);
- een stopwatch of een horloge met secondenwijzer;
- isolatiemateriaal.

Om één van de blikjes brengen we isolatiemateriaal aan. Dit moet per groepje leerlingen verschillend materiaal zijn, zoals watten, glaswol, kunststofschuim, een wollen doek, stilstaande lucht (door het blikje op een kurk of karton in een ruimer glas met deksel te zetten).

We gieten nu het hete water in de
blikjes en lezen om de 2 minuten de
temperatuur af gedurende 20 minuten.
Noteer de metingen in de tabel.

[illegible]

Laat de blikjes hierna gewoon staan om de temperatuur aan het einde van de les nog eens af te lezen.

Maak hierna een grafiek waarin je het temperatuurverloop van de beide blikjes water duidelijk kunt aflezen.

a Welk van de twee blikjes verloor het meeste gedurende de 20 minuten?

Waar is die warmte gebleven?

De invloed van isolatie is dus

b Bekijk nu apart het temperatuurverloop van het water in het niet geïsoleerde blikje.

Hoeveel graden daalde de temperatuur van het water in het niet geïsoleerde blikje in de eerste 4 minuten? °C.

En in de laatste 4 minuten? °C.

Wanneer was het warmtetransport het grootst, aan het begin of aan het eind?

Waarom is dat zo, denk je?

Samenvatting

In proef 4 hebben we ontdekt dat twee zaken het warmtetransport beïnvloeden. Omschrijf ze zo goed mogelijk.

1

2

Stroming van warmte

In dit praktikum gaan we het verschijnsel stroming als gevolg van de verwarming van lucht en water nader onderzoeken.

Hoe stroomt warme lucht?

1

Steek een dikke en dunne kaars aan
(beide kaarsen het liefst met eenzelfde
lont).



Houd boven de vlam een papieren spiraal (zie blok 9).

a Wat neem je in beide gevallen waar?

Verklaar dit.

b Waar komt volgens jou de toegevoerde lucht vandaan?

Als je goed kijkt, dan zie je dat bij de vlam het kaarsvet gesmolten is. Aan de rand is het kaarsvet nog vast.

c Waardoor wordt de rand van de kaars gekoeld?

d Maak een schets van een kaars met vlam en teken daarin de luchtstroom.

Hoe stroomt warm water?

2

Vul de hiernaast getekende buis met water.

Kleur het water met talkpoeder of kaliumpermanganaat (scheikundige formule = KMnO_4) om goed te kunnen zien hoe het water stroomt.

Verwarm de buis op de aangegeven plaats.

a Geef in de tekening aan hoe het water gaat stromen.

b Verklaar dit.

c Waarom stijgt het warme water?

3

Vul een reageerbuis met water en doe er een verzwaard blokje ijs (met een reepje koperblik omwikkeld) in.

Verwarm de bovenkant van de reageerbuis.

Bepaal de tijd die nodig is om het ijs te laten smelten.

4

Vul een reageerbuis met water en doe er een evengroot ijsblokje in als je bij 3 gebruikt hebt.

Verwarm de buis van onderen.

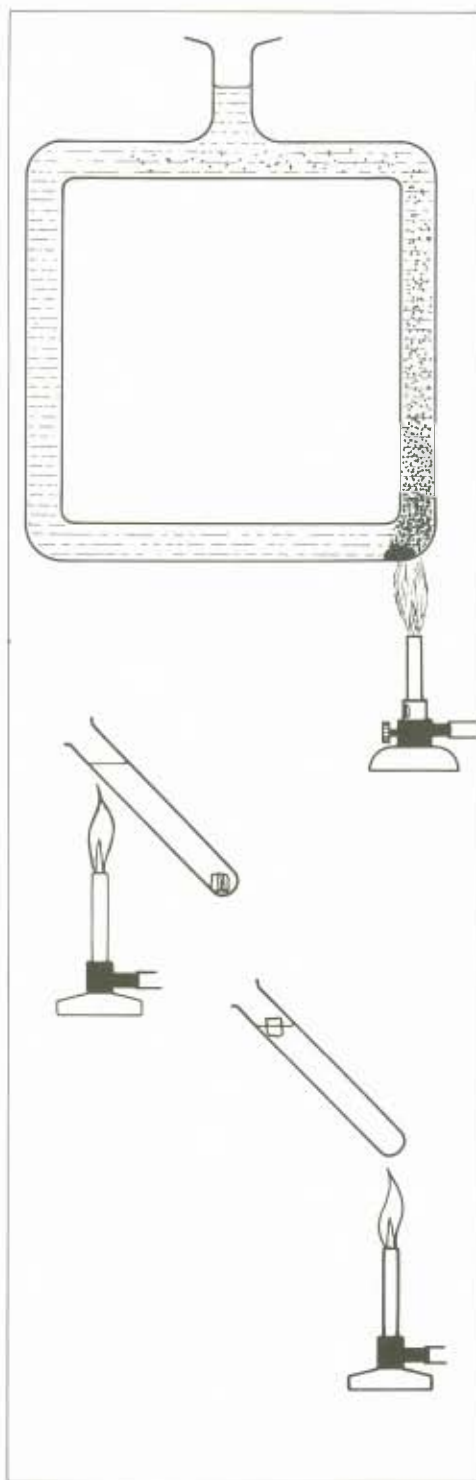
Bepaal de tijd die nodig is om het ijs te laten smelten.

Vergelijk de proeven 3 en 4.

a In welke proef verwacht je dat er geen vloeistof stroming was? Waarom?

Aanwijzing: zie 2 c.

b Waaruit blijkt dat water een slechte warmtegeleider is?



Blok 13 | Praktikum 4

Warmtetransport door straling

Als je voor de kachel staat, voel je met je hand dat die kachel warmte afgeeft. Je krijgt die warmte niet via stroming, want de verwarmde lucht stroomt omhoog. Via geleiding kan ook niet, want lucht is een slechte warmtegeleider. We zeggen dat de kachel warmte **uitstraalt**. Straling is naast geleiding en stroming een vorm van warmtetransport.

1

Absorptie-Reflectie.

Bij de volgende proeven hebben we een stralingsbron nodig. Daarvoor kun je een gewone gloeilamp gebruiken. Beter is het als je kunt beschikken over een verwarmingselement van een gloeikachel. Zo'n element bestaat uit een metalen draad, die door een elektrische stroom wordt verhit.

Bouw de hier getekende opstelling.

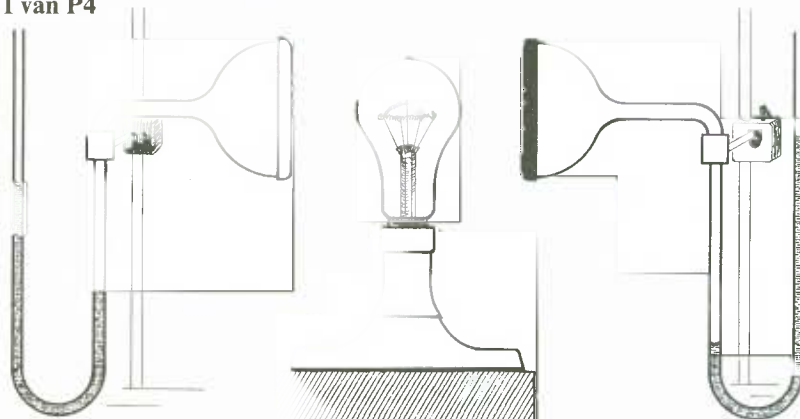
Een van de kolven heeft een zwarte bodem, de andere een glimmende.

Plaats ze op gelijke afstand met de bodem naar de stralingsbron toe

Zet het verwarmingselement aan en kijk wat er gebeurt. Noteer je waarnemingen:

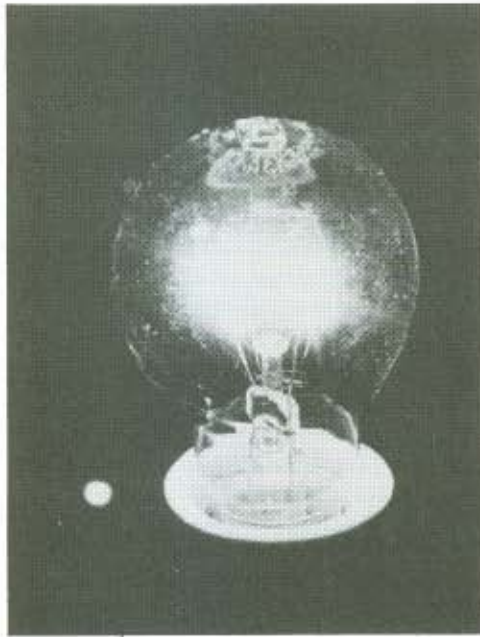
In welke kolf is de temperatuur het hoogst?

Proef 1 van P4



Op elke kolfbodem valt evenveel straling. Welke kolfbodem absorbeert dus de meeste straling?

Wat kun je opmerken over de reflectie bij het zwarte en het glimmende oppervlak?



2 Stralingsbronnen.

Van de zon of het verwarmingselement is het duidelijk dat ze straling uitzenden. Hun temperatuur is namelijk zo hoog dat ze gloeien.

Elk voorwerp echter dat een hogere temperatuur heeft dan zijn omgeving raakt warmte kwijt door straling. Des te hoger het temperatuurverschil van de stralingsbron en zijn omgeving des te groter de hoeveelheid uitgezonden straling.

Dat heb je gezien in onderdeel 1. De gloeidraad steeg na het aanzetten in temperatuur en straalde zoveel warmte uit, dat de beide kolven verwarmd werden.

Een tweede faktor, die een rol speelt bij het uitstralen van warmte kunnen we onderzoeken met de zojuist gebruikte opstelling.

Warm beide kolven met de hand op zo dat de verschillen van de waterniveau's bij beide kolven gelijk zijn. De temperatuur van de kolven is dan gelijk. Laat ze afkoelen en kijk wat er gebeurt.

Noteer je waarnemingen.

Welke kolf straalde het sterkst?

Vergelijk dit antwoord eens met de antwoorden bij de eerste proef, waar je de absorptie van oppervlakken bestudeerde.

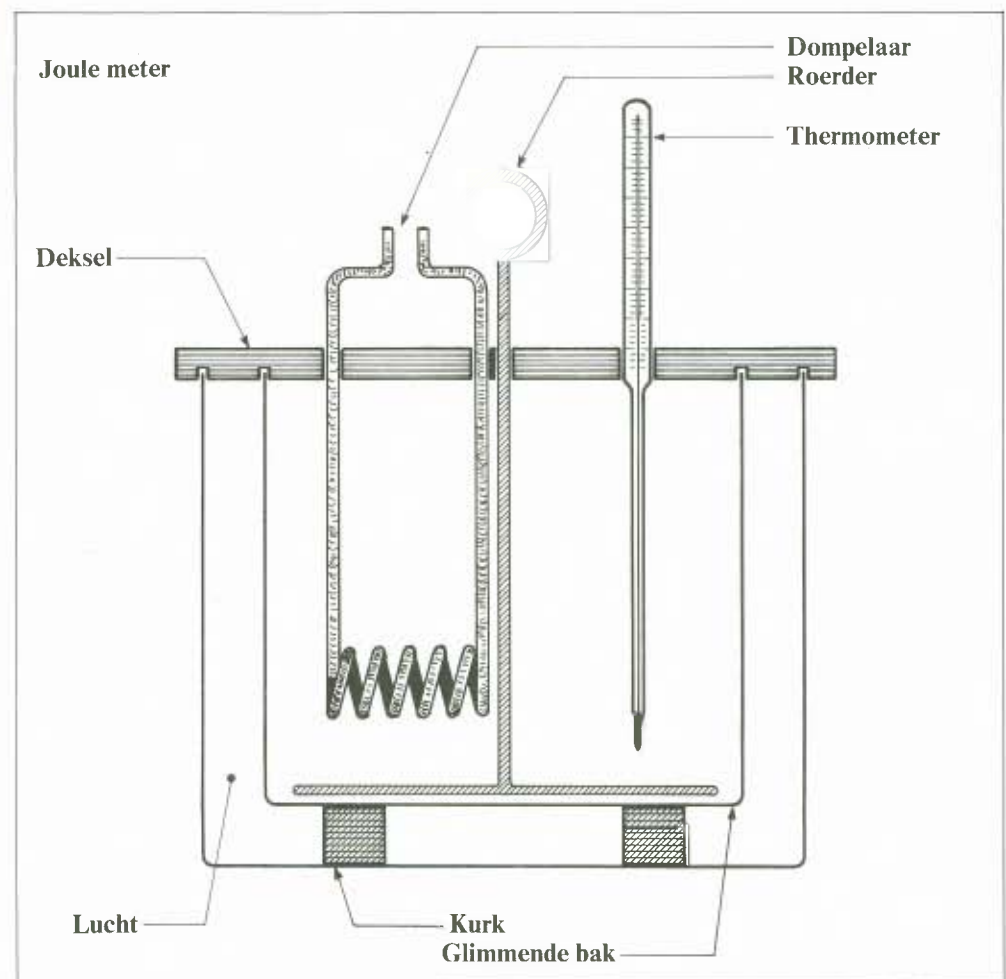
Konklusie:

Blok 13 | Praktikum 5

Warmte-opslag

Als je in staat bent om warmte op te slaan, kun je de warmte die de zon 's zomers in overvloed levert, gebruiken om 's winters je huis mee te verwarmen. Het is hierbij natuurlijk erg belangrijk, dat je zoveel mogelijk warmte opslaat in zo weinig mogelijk materiaal. Daarom zoeken we in dit praktikum antwoord op de vraag: waarvan is de hoeveelheid warmte, die een stof kan bevatten, afhankelijk?

Bij de proeven in dit praktikum gebruiken we een warmtevat. Deze bestaat uit een geïsoleerde bak, een roerder en een thermometer. De warmte wordt geleverd door een dampelaar. Op de dampelaar staat meestal het aantal watt geschreven, bijvoorbeeld, 25 watt. Dit betekent dat als de dampelaar op de juiste manier (op de juiste spanning) wordt aangesloten, hij 25 joule warmte levert per seconde.



Werking van het warmtevat.

1

Bekijk het warmtevat goed. Waarom kan er weinig warmte ontsnappen.

a door geleiding?

b door stroming?

c door straling?

2

Waarom moet er altijd vloeistof in het warmtevat?

3

Waarom is roeren belangrijk?

Hoe is het verband tussen temperatuurstijging en toegevoerde warmte bij een voorwerp?

Deze proef kan met water, olie of andere vloeistoffen gedaan worden.

4

Doe in het warmtevat 150 g vloeistof. Roer enige tijd totdat de temperatuur konstant blijft.

Hoe hoog is de temperatuur?

Hoeveel joule warmte levert jouw pompelaar iedere minuut?

Schakel de pompelaar aan en meet iedere minuut de temperatuur van het warmtevat. Blijf goed roeren.

Vul de meetwaarden in in onderstaande tabel.

Naam vloeistof:

Tijd (min)	Totaal toegevoerde warmte (J)	Temperatuur (°C)
------------	-------------------------------	------------------

0	0	
---	---	--

1		
---	--	--

2		
---	--	--

3		
---	--	--

4		
---	--	--

5		
---	--	--

6		
---	--	--

7		
---	--	--

--	--	--

--	--	--

--	--	--

Zet de waarden van de totaal toegevoerde warmte uit tegen de temperatuur in een diagram. Gebruik je eigen grafiekenpapier. Zet horizontaal de toegevoerde warmte uit en vertikaal de temperatuur.

Is voor elke graad temperatuurstijging evenveel warmte nodig?
(lees dat af uit je diagram!)

Voor de andere vloeistoffen zijn de volgende waarden gevonden (overnemen van andere groepen in het staatje hieronder).

Vloeistof	Aantal joule per °C
-----------	---------------------

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--

--	--



Bepaal uit de grafiek hoeveel warmte je moet toevoeren om jouw vloeistof plus joulemeter één graad celsius te verwarmen.

_____ joule per °C.

Temperatuur en warmte

Temperatuur en het dagelijkse leven

'Het is warm vandaag'.

'Koud hè, met die noordenwind'.

'Lekker weertje!'

Dit soort uitspraken kunnen we dagelijks horen als mensen elkaar ontmoeten. Dit wijst erop dat temperatuur en warmte twee grootheden zijn, die in ons leven een belangrijke rol spelen. Vooral de temperatuur van onze omgeving vinden wij belangrijk. Als die temperatuur tussen de 18° en 22°C is vinden we het behaaglijk en spreken we van 'lekker warm'. Als de temperatuur lager dan 18°C is vinden we het 'fris' of 'koud'.

Bij temperaturen hoger dan 22°C zeggen we dat het 'heet' is.

Om de temperatuur op de juiste waarde te houden, hebben we allerlei methoden ontwikkeld. Zodra de zon niet genoeg warmte levert, om voor de juiste temperatuur te zorgen, gaan we ons dikker kleden. Dan houden we de warmte, die we zelf produceren, vast om onze temperatuur op peil te houden. In huis gaan we dan allerlei verwarmingsapparaten gebruiken, waardoor de temperatuur aangenaam blijft. In de zomer, als de zon teveel warmte naar ons toe zendt, gebruiken we allerlei koelmethode om het teveel aan warmte weer af te voeren.

Omdat warmte en temperatuur zo voornaam voor ons zijn zullen we ons er dit hele blok mee bezig houden.

In deze eerste paragraaf willen we alles wat we van warmte en temperatuur al weten, nog eens op een rijtje zetten. Vandaar dat veel zaken die in W 1 en P 1 staan al bekend waren. Deze T paragraaf geeft een overzicht van alles wat in vorige blokken over warmte en temperatuur is gezegd. Die kennis gaan we dan in de volgende paragrafen uitbreiden.

Energie en warmte.

Wanneer je energie gebruikt, zet je een bepaalde soort energie om in een andere soort. Uiteindelijk verandert de gebruikte energie altijd in warmte.

Soms is dat erg hinderlijk. Je moet bijvoorbeeld een motor koelen, omdat de warmte die vrijkomt anders de temperatuur te hoog op zou laten lopen. De warmte is bij zo'n motor bovendien maar een bijproduct. Het gaat om de bewegingsenergie. Het vervelende is bovendien dat je met de warmte niets meer kunt doen. Daarom wordt deze warmte als 'wegwerp-energie' beschouwd: je werpt de energie weg, de lucht in. Vanwege het 'wegwerp' karakter wordt warmte een minderwaardige soort energie genoemd. Je kunt warmte namelijk niet gemakkelijk omzetten in nuttige energie. Zo bevatten de oceanen op aarde een onvoorstelbare grote hoeveelheid energie, maar je kunt met deze energie vrijwel niets doen. De temperatuur van het water is te laag om bijvoorbeeld een stoommachine aan te drijven.

Als er over een energiecrisis wordt gesproken is dat dus niet omdat er te weinig energie is, maar omdat er te weinig bruikbare energie is.

Volgens de wet van behoud van energie kan bovendien energie nooit opraken!

Wanneer je in de les warmte nodig hebt, gebruik je een (laboratorium) gasbrander of een elektrisch verwarmingselement. Bij zo'n elektrisch verwarmingselement weet je precies hoeveel joule warmte deze per seconde produceert, want het vermogen staat op het apparaat vermeld.

Temperatuur en het molekuulmodel.

Een grootheid die onverbrekkelijk met warmte verbonden is, is de temperatuur. De temperatuur van een voorwerp is een maat voor de bewegingsenergie van de molekulen van een voorwerp. Omdat het al een tijd geleden is dat we met het molekuulmodel gewerkt hebben, vatten we hier de belangrijkste punten van dat model samen.



Gassen, vloeistoffen en vaste stoffen zijn opgebouwd uit molekulen. Verschillende stoffen zijn opgebouwd uit verschillende molekulen.

In **gassen** kunnen de molekulen vrij bewegen. De afstand tussen de molekulen in een gas is zeer groot (de molekulen hebben geen last van elkaar).

In **vloeistoffen** zitten de molekulen dicht op elkaar. Toch kunnen ze nog vrij bewegen. Bij dat bewegen 'botsen' ze voortdurend tegen elkaar op.

In **vaste stoffen** kunnen de molekulen niet meer vrij bewegen. Ze zitten op een vaste plaats en vormen zo een rooster. In dat rooster trillen de molekulen om hun evenwichtsstand.

Hoe sneller de molekulen heen en weer vliegen (gas), zwemmen (vloeistof) of trillen (vaste stof) hoe hoger de temperatuur van gas, vloeistof, vaste stof.

De menselijke temperatuurmeter.

Om de temperatuur van een voorwerp te meten gebruik je een thermometer. Je zintuigen zijn niet betrouwbaar genoeg om de temperatuur te meten. Als in de winter je handen zo koud zijn geworden dat ze 'tintelen' en je houdt dan je handen onder de koudwaterkraan, dan lijkt het leidingwater warm. Als je echter 's morgens uit je warme bed komt en je houdt hoofd onder dezelfde koudwaterkraan, dan lijkt het leidingwater ijskoud.

Soms kun je dingen koud vinden, terwijl ze een heel hoge temperatuur hebben. De vonken die bij het lassen van ijzer in het rond springen lijken erg gevaarlijk. Als je echter zo'n vonk op je hand krijgt voel je vrijwel niets. Toch hebben die vonken een temperatuur van ruim 1500 °C. De stukjes gloeiend ijzer, want dat zijn de vonken, zijn echter zo klein dat ze te weinig warmte aan je hand afstaan om een brandblaar te veroorzaken.

Het meten van temperaturen.

Om temperaturen te meten in de les gebruik je meestal een kwikthermometer. Soms gebruik je een alcoholthermometer. Beide thermometers maken gebruik van dezelfde eigenschap, namelijk dat bij temperatuurstijging de vloeistof sterker uitzet dan het glas van het kapillair.

Als het voorwerp, waarvan je de temperatuur wilt meten erg klein is, kun je beter een thermo-element gebruiken. Met een gewone thermometer zou je zoveel warmte aan het voorwerp onttrekken, dat je een veel lagere temperatuur meet dan het voorwerp in werkelijkheid had.

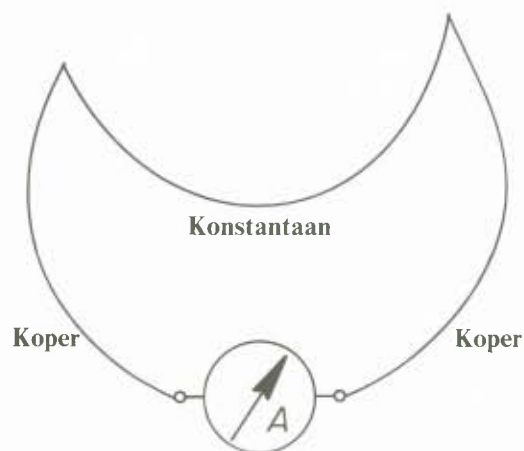
Een thermo-element bestaat uit een stroomkring die van twee verschillende metalen is gemaakt. Eén van de metalen is koper. In de koperdraad is een ampèremeter geschakeld. Omdat de verbindingsdraden in de meter ook van koper zijn, zijn er in de stroomkring dan twee plaatsen waar het ene metaal overgaat in het andere. Als de twee contactplaatsen een verschillende temperatuur hebben, gaat in de kring een stroom lopen. De stroomsterkte kun je dan op de meter aflezen.

Omdat de stroomsterkte groter wordt naarmate het temperatuurverschil groter wordt kun je het thermo-element als thermometer gebruiken.

Als je het thermo-element wilt gebruiken om temperaturen te bepalen, moet je er voor zorgen dat één van de contactplaatsen steeds dezelfde temperatuur heeft. Dan kun je het thermo-element ijken.

Als je een temperatuur meet, moet de thermometer dezelfde temperatuur krijgen als het voorwerp. Daarvoor moet er warmte van het voorwerp overgaan op de thermometer, of er moet warmte overgaan van de thermometer naar het voorwerp. Dat ligt eraan wie van de twee de hoogste temperatuur heeft.

Je weet natuurlijk wel dat warmte zich alleen maar verplaatst van voorwerpen met een hoge temperatuur naar voorwerpen met een lage temperatuur.



Warmtetransport door geleiding

Warmte kan alleen getransporteerd worden als er een verschil in temperatuur is in een bepaalde stof. Dit hebben we gezien bij alle proeven van P 2. Bij deze proeven verplaatste de warmte zich door de stof. De stof zelf bleef op zijn plaats. We spreken in dit geval van **warmtegeleiding**.

Wat is warmtegeleiding?

We kunnen dit enigszins duidelijk maken met het molekuulmodel dat we ook in blok 6 gebruikt hebben. Je weet dat de gemiddelde snelheid van molekulen toeneemt bij verhoging van de temperatuur.

Ook weet je dat in gassen en vloeistoffen botsingen optreden tussen molekulen. Als snelle molekulen tegen langzame botsen wordt snelheid doorgegeven. Bij vaste stoffen hadden we ontdekt dat de molekulen om een evenwichtsstand trillen. Ze kunnen zich niet door de gehele stof verplaatsen. Maar ook hier kunnen de molekulen door botsingen snelheid doorgeven.

Als dus een bepaalde plaats van een stof verwarmd wordt, zal de gemiddelde snelheid van de molekulen daar groter worden. Door botsingen gaan dan de naastliggende molekulen sneller bewegen; enzovoorts. De temperatuur van het niet verwarmde gedeelte van de stof stijgt dan ook.

Waarom geleiden vaste stoffen de warmte beter dan vloeistoffen en gassen?

Omdat in vaste stoffen het aantal botsingen per cm^3 meestal groter is dan in vloeistoffen en in vloeistoffen het aantal botsingen per cm^3 weer groter is dan in gassen, kunnen we in het algemeen zeggen dat vaste stoffen warmte beter geleiden dan vloeistoffen en vloeistoffen beter (minder slecht) dan gassen.

De beste warmtegeleiders zijn in het algemeen de metalen. De slechtste warmtegeleiders zijn de beste warmteïsolatoren en die vinden we dus bij de gassen. Stilstaande lucht is een zeer goede warmteïsolator. Praktisch alle isolatiematerialen bevatten dan ook lucht. Denk maar aan wol, watten, glaswol, kunststofschuim, kurk.

Warmte isolatie.

Je kunt nu met deze theorie heel wat dingen verklaren, bijvoorbeeld waarom bijna alle huizen spouwmuren hebben. Dat zijn dubbele muren, gescheiden door een luchtlaag. Ook het dak van huizen wordt tegenwoordig geïsoleerd. Men gebruikt daarvoor materialen als glaswol of kunststofschuim. Ramen kan men isoleren door middel van glas dat uit twee lagen bestaat met een luchtlaag ertussen (thermopane-glas). Ook kan men gewoon dubbele ramen aanbrengen. Het is van groot belang dat huizen zo goed mogelijk geïsoleerd worden in het kader van de energiekrisis.

Ook in de natuur wordt stilstaande lucht gebruikt als warmteïsolator. Denk maar aan de vacht van dieren, die zeer veel lucht bevat. De veren van pluimvee en vogels zijn eveneens goede warmteïsolatoren. Ook de haartjes op onze huid hebben de taak om de lucht vast te houden en ons tegen afkoeling te beschermen. Maar wij hebben meestal nog extra kleding nodig die des te warmer is naarmate ze meer lucht bevat. Denk maar aan een wollen trui.

Warmtegeleiders.

Naast goede warmteïsolatoren hebben we soms ook goede warmtegeleiders nodig. Men gebruikt dan meestal metalen als koper, aluminium, messing, ijzer. De pannen op het fornuis zijn daarom van dit soort materialen gemaakt; ze moeten de warmte goed geleiden.

Waar hangt warmtegeleiding vanaf?

Warmtetransport door geleiding hangt af van

- 1 het materiaal waarvan de geleider gemaakt is.
- 2 het temperatuurverschil van de voorwerpen waartussen de warmte getransporteerd wordt.

Stroming van warmte

In P 3 heb je kennis gemaakt met het verschijnsel van warmtestroming. Bij warmtestroming zijn het de warme dampen of vloeistoffen zelf die zich verplaatsen. Warmtestroming is belangrijk voor het transport van warmte naar koudere plaatsen. Denk hierbij maar aan de verwarming van een kamer.

We zagen in de proeven dat warme lucht en warm water opstijgt in koude lucht en water.

Waarom stijgt warme lucht op en waarom stijgt warm water?

Om het antwoord op deze vraag te vinden moeten we terug naar blok 3: Zinken, zweven en drijven.

We weten nog wel dat een voorwerp in water stijgt als de **dichtheid** van het voorwerp **kleiner** is dan de dichtheid van water. Door verwarming van een kleine hoeveelheid water zal deze uitzetten. Het volume wordt groter, de massa blijft gelijk. De dichtheid van deze hoeveelheid water zal dus kleiner worden. Omdat de dichtheid van warm water kleiner is, dan de dichtheid van koud water stijgt het warme water op. Dit zelfde effect treedt op als je lucht verwarmt.

Bij deze vorm van warmtetransport wordt de warmte dus meegenomen door de materie (damp of vloeistof) in tegenstelling tot het verschijnsel van warmtegeleiding, waarbij alleen de warmte zich verplaatste en de materie in rust was.

Warmtetransport door straling

Een aantal soorten straling.

Er bestaan vele soorten straling. Enkele zijn: röntgen, ultraviolet, licht, infrarood, radar, radiogolven. We noemen ze elektromagnetische golven of elektromagnetische stralen.

Ze hebben alle verschillende eigenschappen, zo is bijvoorbeeld alleen licht voor ons oog waarneembaar. Eén eigenschap hebben ze echter allemaal gemeen: ze verplaatsen zich in het luchtledige met een snelheid van $300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, de zogenaamde lichtsnelheid.

Alle straling transporteert energie die omgezet kan worden in warmte.

Het belangrijkste voor het transporteren van warmte is de infrarode straling, die men ook wel warmtestraling noemt. Dus infrarode straling is niet zichtbaar. Men neemt deze straling waar als ze onze huid treft en zo ons lichaam verwarmt.

Hoe wordt warmte door straling getransporteerd.

Deze vorm van warmtetransport heeft plaats via energie-omzettingen. Het ene voorwerp zet warmte om in stralingsenergie. Deze straling treft een ander voorwerp, welke de stralingsenergie weer om kan zetten in warmte.

De hoeveelheid uitgezonden straling wordt groter naarmate:

- 1 De temperatuur van de warmtebron (stralingsbron) hoger wordt.
- 2 Het oppervlak donkerder is. Een zwart oppervlak straalt beter dan een wit of glimmend oppervlak.
- 3 Het oppervlak groter is. Het is niet noodzakelijk dat je de afmetingen van het voorwerp groter maakt, een ruw oppervlak straalt ook beter dan een glad.

Als op een ondoorzichtig voorwerp straling valt, kan deze door het oppervlak teruggekaatst worden (reflektie). De stof kan de straling ook opnemen (absorptie). Stoffen die weinig straling absorberen, reflecteren veel straling. Goede 'reflektoren' zijn glimmende en/of witte voorwerpen. Goede 'absorbers' zijn zwarte, doffe voorwerpen.

Blok 13 | Theorie 5

Warmte-opslag

De hoeveelheid warmte die een stof bevat is afhankelijk van de volgende factoren:

1

De temperatuur van de stof.

Uit proef 4 van P 5 is gebleken, dat de temperatuurstijging evenredig is met de toegevoerde warmte.

2

De massa van de stof.

Hoe groter de massa van een voorwerp, des te meer warmte kan het bevatten. Deze hoeveelheid warmte is ook evenredig met de massa.

3

Soort stof.

Om één graad Celsius in temperatuur te doen stijgen heeft 150 g water meer warmte nodig dan 150 g olie.

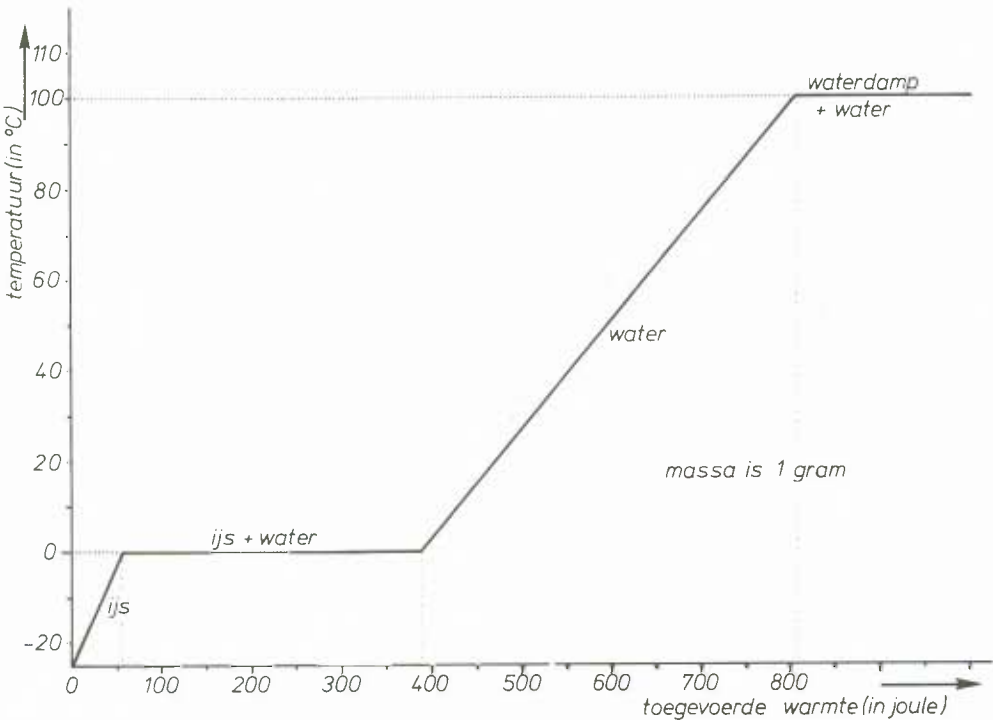
In de tabel hiernaast is voor een aantal stoffen weergegeven, hoeveel warmte er nodig is om 1 g van die stof 1 °C in temperatuur te laten stijgen.

4

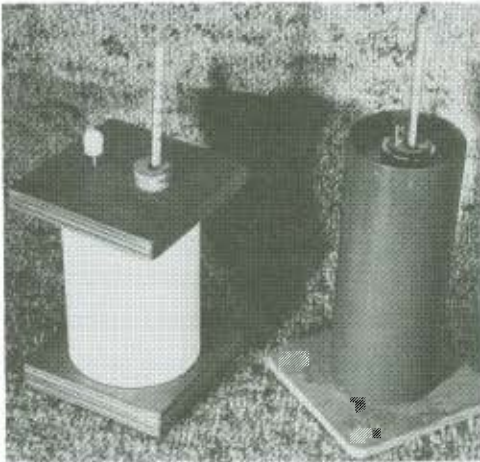
De fase waarin de stof zich bevindt.

Omdat we dit niet onderzocht hebben, zullen we dit enigszins toelichten aan de hand van een voorbeeld.

Bekijk de onderstaande grafiek.



Soort stof	Hoeveelheid warmte die nodig is om 1 gram stof 1 °C in temperatuur te laten stijgen (in J)
Glycerol	2,43
Olijfolie	1,65
Petroleum	2,1
Tetra	0,84
Water	4,18
Glas	0,84
Koper	0,39
IJzer	0,46
Paraffine	2,9
IJs	2,2



In de grafiek kunnen we 4 trajekten onderscheiden.

Trajekt 1

Ijs van -20° wordt tot 0°C verwarmd. Daarvoor is ongeveer 45 J nodig. Voor elke graad ongeveer 2,2 J.

Trajekt 2

Het ijs van 0°C wordt verwarmd, zodat het smelt. Aan het einde van het trajekt hebben we water van 0°C . Daarvoor is ongeveer 320 J nodig.

Trajekt 3

Het water wordt van 0°C naar 100°C verwarmd. Daarvoor is ongeveer 420 J nodig. Voor elke graad celcius is ongeveer 4,2 J nodig.

Trajekt 4

Het water van 100°C wordt verwarmd tot waterdamp van 100°C . Ook daar is weer warmte voor nodig. (Hoeveel warmte is niet uit deze grafiek af te leiden.)

Uit het diagram kunnen we het volgende afleiden:

1 Water in de vaste fase (ijs) heeft **minder** warmte nodig om 1°C warmer te worden dan water in de vloeibare fase.

2 Voor de faseovergangen van vast naar vloeibaar en van vloeibaar naar gasvormig is warmte nodig. We kunnen dus warmte opslaan door een stof in temperatuur te laten stijgen. Door de stof af te laten koelen komt de warmte weer vrij. We kunnen warmte ook opslaan door de fase waarin een stof verkeerd te laten veranderen (bijvoorbeeld: water verdampen). Om de warmte terug te winnen moet de stof dan naar zijn oude fase terugkeren (water kondenseren).

Temperatuur en warmte

In blok 9 heb je al geconstateerd, dat de meeste soorten energie na een aantal omzettingen uiteindelijk veranderen in warmte.

Omdat warmte voor de meeste energiesoorten een 'eindstation' is, is warmte in ons leven een zeer belangrijke soort energie. Vandaar dat je in dit blok alleen maar met warmte gaat bezig houden.

Wanneer je over warmte praat, denk je meestal ook aan **temperatuur**. Warmte en temperatuur horen zelfs zo sterk bij elkaar, dat deze grootheden soms door elkaar gehaald worden.

Om te voorkomen dat dit jou overkomt, ga je in dit werkblad nog eens op een rijtje zetten wat je in blok 9 over warmte en in blok 6 over temperatuur hebt geleerd.

Probeer in de volgende zinnen de ontbrekende woorden in te vullen. Raadpleeg zonodig blok 9 en blok 6 nog eens. Bespreek het stuk met je medeleerlingen voordat je aan P 1 begint.

De eenheid van temperatuur is

of

Warmte is een soort energie en de eenheid is dus

Temperatuur is een maat voor de

van de molekulen van het voorwerp.

Als een voorwerp beweegt bezit dat voorwerp energie.

Hoe sneller een voorwerp beweegt, hoe meer

Als de molekulen van een stof sneller gaan bewegen, betekent dit dat de temperatuur van de stof

De bewegingsenergie van de molekulen zal dan

In blok 6 hebben we gezegd, dat de temperatuur een maat is voor de

van de molekulen, maar we kunnen ook zeggen dat de temperatuur een maat is voor de

energie van de molekulen.

Om de temperatuur van een voorwerp te laten stijgen, moet je dat voorwerp

Je kunt ook zeggen dat je aan het voorwerp

of moet toevoeren.

Om de temperatuur van een voorwerp te laten dalen, moet je dat voorwerp

Je kunt ook zeggen dat je dan

of

aan het voorwerp moet onttrekken.

Als je een voorwerp tot het absolute nulpunt afkoelt, dan wordt volgens blok 6 de

van de molekulen

Volgens blok 9 kun je dit echter ook anders zeggen. Je kunt dan zeggen dat de energie van de molekulen

wordt als je de stof tot het absolute nulpunt af zou koelen.

Warmtetransport door geleiding

1 Een stuk hout en een stuk messing liggen reeds lange tijd naast elkaar op een hete radiator.

Welk materiaal voelt het heetst aan? Verklaar dat.

2 Als het koud is voelt het stuur van je fiets veel kouder aan dan de handvaten. Hoe komt dat?

3 Hoe kan een iglo eskimo's beschermen tegen de kou?

4 Waarom hebben alleen warmbloedige dieren een vacht of veren? Zoek indien nodig op wat warm- en koudbloedige dieren zijn.

5 Waarom zijn handschoenen die strak om je hand zitten niet warm?

6 Welke methoden kunnen bij jou thuis nog toegepast worden om je huis beter te isoleren? Waarom is het zo belangrijk om huizen goed te isoleren?

7 Om een glas water te verwarmen, maakt men in de natuurkundelessen soms gebruik van een brander met daarboven een kopergaasje dat op een driepoot ligt. Wat is de functie van het kopergaasje?



8 Bedenk een paar toepassingen van isolatiematerialen. Bedenk ook een paar toepassingen van geleidingsmaterialen.

9 Van welke 2 factoren is warmtetransport door geleiding afhankelijk.

Stroming van warmte

1

Aan het strand komt het 's zomers vaak voor dat de wind overdag de andere kant op waait dan 's nachts. Dit komt door het volgende: Bij zonneschijn wordt het land sterker verwarmd dan de zee. 's Nachts koelt het land sneller af dan de zee.

a Wanneer komt de wind uit zee?

Geef met pijlen de richting van de zeewind aan.

b Wanneer waait de wind naar zee toe?

Geef met pijlen de richting van de landwind aan.

2

Vroeger zette men de ketel van de centrale verwarming meestal in de kelder. Tegenwoordig wordt hij meestal op zolder gezet.

a Waarom heeft men tegenwoordig wel een pomp nodig bij de c.v. en vroeger niet?

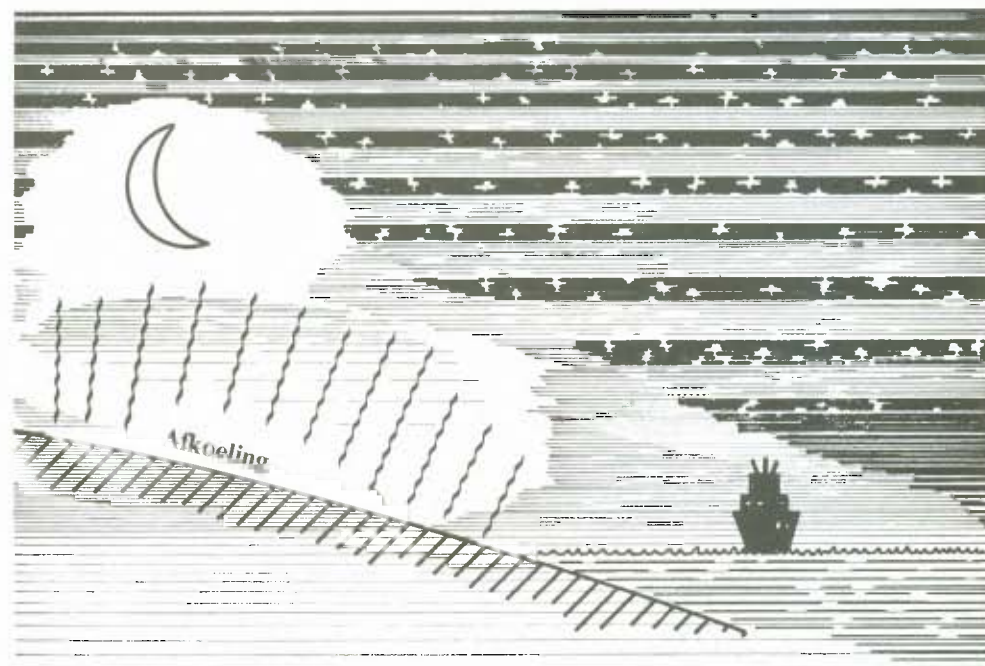
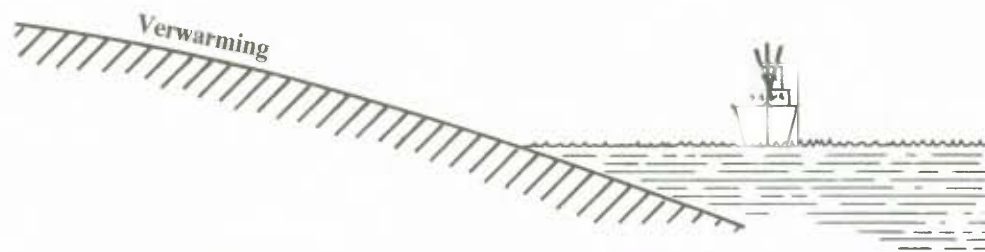
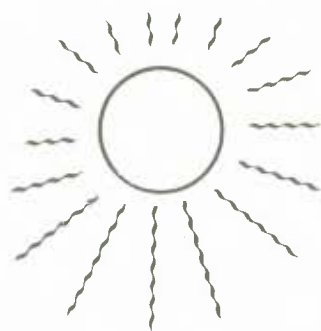
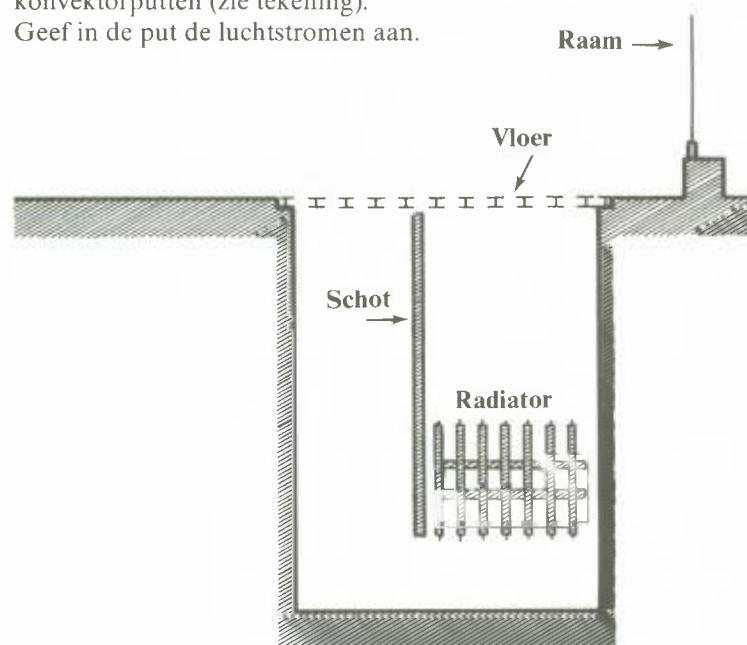
b Waarom zit bij deze tekening van een c.v. aansluiting 1 boven en aansluiting 2 onder aan de radiator?

3

In een verwarmde kamer is het bij het plafond altijd warmer dan bij de grond. Hoe komt dit? (Voel maar eens in de keuken als er gekookt wordt.)

4

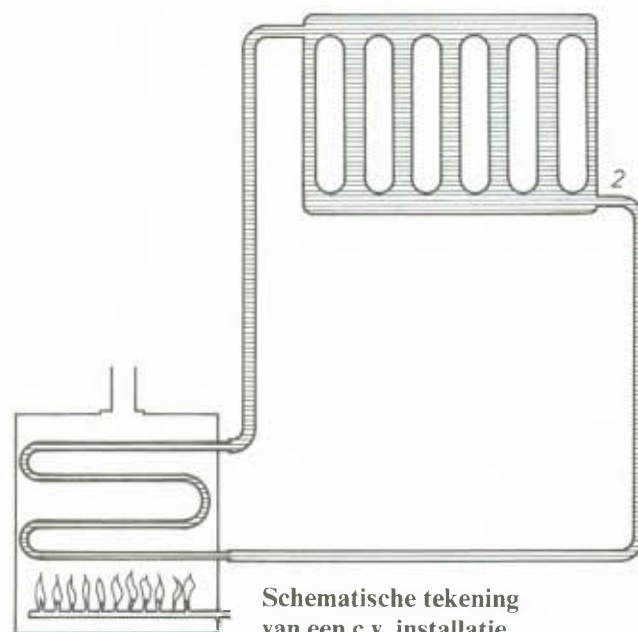
Tegenwoordig gebruikt men bij het verwarmen van woningen soms konvektorputten (zie tekening). Geef in de put de luchtstromen aan.



5

Hoe maken zweefvliegtuigen gebruik van warmtestromen (thermiek)?

Zoek eventueel op wat thermiek is.



Schematische tekening van een c.v. installatie

Warmtetransport door straling

1
In de tropen draagt men bij voorkeur witte kleding.
Leg uit waarom.

2
Hoe zou men zich in de poolstreken het beste kunnen kleden, in witte of in zwarte kleding?

3
Een thermosfles bestaat uit dubbele glazen wanden.
De ruimte tussen deze wanden is luchtledig gemaakt.
Tevens is het glas verzilverd.
Hoe heeft men het warmteverlies door geleiding zo klein mogelijk gemaakt?

Hoe heeft men het warmteverlies door straling zo klein mogelijk gemaakt?

Hoe heeft men het warmteverlies door stroming zo klein mogelijk gemaakt?

4
De zon levert de aarde veel warmte via haar zonnestralen.
Leg uit waarom warmtetransport via geleiding of stroming hierbij geen rol kan spelen.

5
De stralingsmeter van Crooke bestaat uit een molentje in een bijna luchtledige glazen bol.
De 'wieken' van het molentje zijn aan de ene kant zwart, aan de andere kant glimmend. Als er straling op valt gaat het molentje draaien.



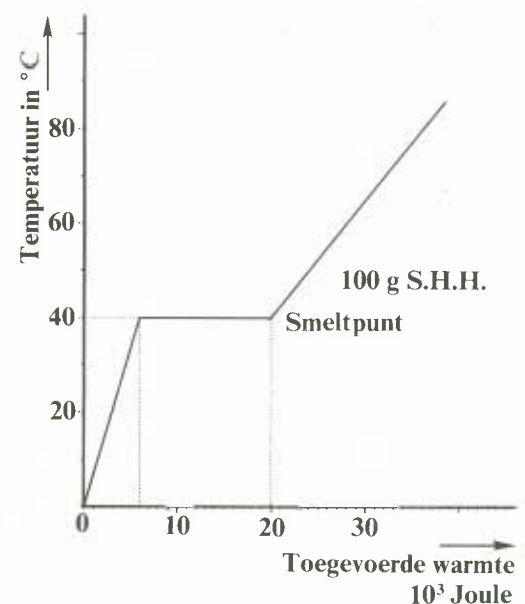
Geef hier een verklaring voor.
Waarom mag er niet te veel lucht in het bolletje aanwezig zijn?

Warmte-opslag

1
Waarom is water zo'n gunstige vloeistof om warmte in op te slaan? Zie ook de tabel in T 5.

2
Om één gram water van 100 °C volledig te verdampen is 2260 J warmte nodig.
Om één gram ijs van 0 °C volledig te smelten is 334 J warmte nodig.
a Welke faseovergang is het meest gunstig voor warmteopslag bij huisverwarming? Noem 2 redenen.
b Welke nadelen zijn verbonden aan deze warmteopslag?

3
In de grafiek is voor een blokje S.H.H. (Super Heat Holding, DBK-patent) het verband weergegeven tussen temperatuur en warmtetoevoer. Het blokje heeft een massa van 100 gram.
a Hoeveel warmte is nodig om één gram vloeibare S.H.H. één °C in temperatuur te laten stijgen?
b Hoeveel warmte is nodig om één gram vast S.H.H. één °C in temperatuur te laten stijgen?
c Hoeveel warmte is nodig om één gram vast S.H.H. van 40 °C volledig te laten smelten?
d Als je één kg S.H.H. van 60 °C in een kamer (18 °C) laat afkoelen hoeveel warmte komt er dan vrij?



Warmte en het molekuulmodel

In dit herhaalblad vraag ik je eerst mee te gaan op een fantasiereis naar de molekulen. Daarvoor moet je erg klein worden. Zo klein dat je de molekulen kunt zien. Ze zijn nu zo groot als tennisballen. Als je dat voor je ziet ben je in het modelland van de molekulen. Kijk eens omhoog! Zie je die molekulen, die met grote snelheid langsschieten. Soms botsen ze, maar niet vaak want ze zitten op grote afstand van elkaar. Dat zijn de molekulen van de lucht! Herinner je je nog, dat de molekulen van een gas zo bewegen?

Kijk eens daar ver voor je uit. Daar zitten de molekulen veel dichter op elkaar. Als je er naar toe loopt zie je de molekulen er als mieren krioelen.

Ze botsen steeds maar weer tegen elkaar maar vergeleken met de luchtmolekulen bewegen ze veel minder snel. Dit is nu een vloeistof, waarschijnlijk water. En kijk nu eens waar je op loopt. Onder je voeten!

De molekulen hangen in het niets. Ze vormen regelmatige patronen. De molekulen lijken wel een zuilgalerij te vormen.

Maar de molekulen zijn niet in rust. Ze trillen om hun evenwichtsstand en als door onzichtbare draden verbonden geven ze de trillingen aan elkaar door. Dit is nu een vaste stof. Misschien wel de zandkorrel waar je op stond voor je zo klein werd. Ik zie dat je huivert van deze omgeving. Maar het wordt warmer; de temperatuur stijgt. Hé, kijk eens om je heen en let goed op wat er allemaal verandert:

1 Als je naar de lucht kijkt zie je dat de molekulen daar bewegen.

2 De molekulen van het water gaan

3 En de molekulen onder je voeten gaan

Kom we gaan weer terug naar de ons vertrouwde wereld. Maar vergeet deze reis niet. Bij het beantwoorden van de volgende vragen kun je steeds teruggaan



naar deze ervaring, waarin je de molekulen zelf hebt gezien. Misschien kun je je nu ook beter voorstellen hoe warmtetransport door de molekulen plaatsvindt.

4 Samenvattend kun je zeggen: Temperatuurstijging betekent eigenlijk dat de molekulen meer energie krijgen.

Warmtegeleiding.

Als de stof zelf op zijn plaats blijft maar de warmte doorgeeft, spreek je over warmtegeleiding. De warmte blijkt altijd uit zich zelf van een plaats met hogere temperatuur naar een plaats met lagere temperatuur te gaan.

5

Proef.

Je hebt nodig twee knikkers en een gootje waarin de knikkers kunnen rollen. Geef de knikkers verschillende snelheden en laat ze botsen. Dit kan op twee manieren; de snelste knikker haalt de andere in of de knikkers komen uit tegengestelde richting. Noteer steeds welke knikker na de botsing snelheid gewonnen heeft: de snelste of de langzamere.

Konklusie:

Naar het molekuulmodel.

6

Een snel molekuul botst met een minder snel molekuul.

Het molekuul met de grootste snelheid zal dan

Het molekuul met de kleinste snelheid zal dan

7

Beschrijf nu in eigen woorden hoe warmtegeleiding plaatsvindt door molekulen.

8

In welke fase geven de molekulen de warmte het gemakkelijkst aan elkaar door?

Een andere faktor die de grootte van de warmtegeleiding bepaalt is natuurlijk het **temperatuurverschil**.

Als de temperatuur in ons huis 20°C is en buiten 10°C , stroomt er meer warmte naar buiten, dan wanneer het binnen 20°C is en buiten 15°C . Dus hoe groter het temperatuurverschil, des te groter de warmtegeleiding.

5

Welke 2 factoren die de grootte van warmtegeleiding bepalen zijn nu besproken?

a _____

b _____

B

Warmtestroming.

Bij warmtetransport door stroming verplaatst de warmte zich met de stof, in tegenstelling tot geleiding waarbij de stof stilstaat. Warmtestroming vindt alleen plaats in gassen en in vloeistoffen. Vaak hebben we hier te maken met het opstijgen van warme gassen of vloeistoffen. Hierbij wordt de warmte evenals bij geleiding van warme naar koude plaatsen gevoerd.

6

Verklaar het opstijgen van een heteluchtballon.

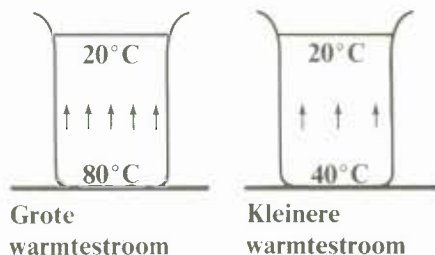
7

Wat is thermiek?

Waar maakt men gebruik van thermiek?

Warmtestroming gaat sneller naarmate het **temperatuurverschil** tussen de warme en koude plaatsen groter is. In een glas water waarin grote temperatuurverschillen voorkomen, zal de stroming ook groot zijn.

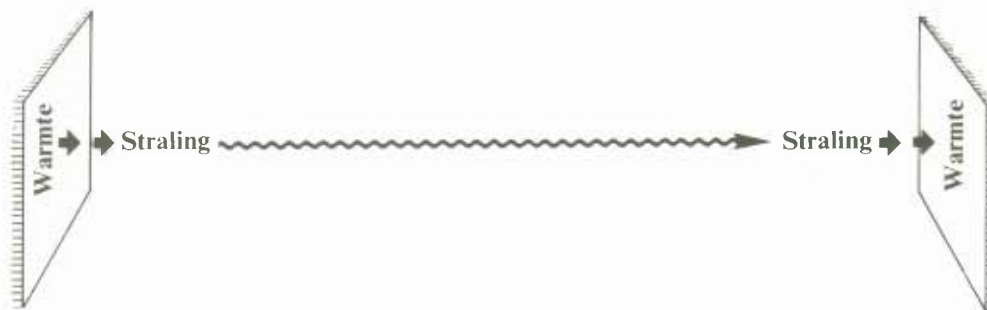
Zie de hieronder staande tekeningen.



C

Warmtestraling.

Warmtetransport door straling kan men schematisch als volgt voorstellen:



Bij het warme oppervlak wordt warmte omgezet in stralingsenergie. Deze straling kan zich verplaatsen en valt op het koude oppervlak waar de stralingsenergie weer wordt omgezet in warmte (absorptie). Straling zelf is dus geen warmte! Voor warmtetransport door straling is geen tussenstof nodig. Bijvoorbeeld de straling van de zon bereikt via het luchtledige de aarde.

We zullen nu het uitzenden en het absorberen afzonderlijk bekijken:

Het uitzenden van straling door een oppervlak is allereerst afhankelijk van de **temperatuur** van het oppervlak. Hoe hoger de temperatuur, des te meer straling wordt er uitgezonden. Maar ook voorwerpen van een lagere temperatuur zenden straling uit. Sterker nog: ieder voorwerp zendt straling uit. Voorwerpen die een donker en dof oppervlak hebben lijken (bij dezelfde temperatuur) meer stralingsenergie uit te zenden dan voorwerpen die een lichtgekleurd en/of glanzend oppervlak hebben. De hoeveelheid uitgezonden

straling is dus ook afhankelijk van het **soort oppervlak**.

Verder is het duidelijk dat een voorwerp met een **groot oppervlak** (bij dezelfde temperatuur en soort oppervlak) méér straling uitzendt dan een voorwerp met een klein oppervlak.

Het absorberen van straling hangt van dezelfde factoren af als het uitzenden.

8

Voorwerpen absorberen méér straling naarmate de **temperatuur** _____ is.

9

Voorwerpen absorberen méér straling naarmate het **soort oppervlak** _____ en/of _____ is.

10

Voorwerpen absorberen méér straling naarmate het **oppervlak** van het voorwerp _____ is.

Beantwoord nu met behulp van het bovenstaande de volgende vragen:

11

Als je je hand voor een hete radiator houdt, wordt hij warm.

Dit warmtetransport geschiedt voornamelijk door

Waarom zijn de twee andere soorten warmtetransport hier te verwaarlozen?

a is te verwaarlozen, omdat

b is te verwaarlozen, omdat

12

Waarom zou men radiatoren beter dofzwart kunnen maken?

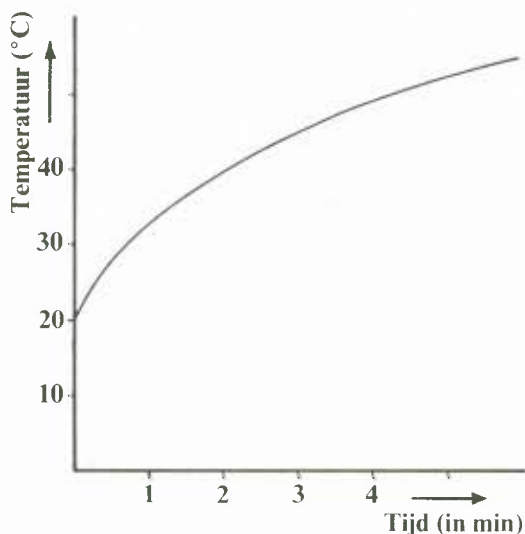
13

Hoe heeft men bij radiatoren voor een groot oppervlak gezorgd?

14

Men houdt een thermometer dicht bij een radiator. Om de minuut leest men de temperatuur af.

Men zet de temperatuur daarna uit in een grafiek tegen de tijd.



Waarom zie je dat de temperatuur steeds langzamer stijgt?

Verklaar dat.

15

Waarom draagt men in de tropen bij voorkeur witte kleding?

Blok 13 | Herhaalblad 3

Warmte-opslag

In dit herhaalblad zullen we nog eens op een rijtje zetten welke factoren bij het opslaan van warmte van belang zijn:

Isolatie.

Het is noodzakelijk dat als je ergens warmte in hebt opgeslagen deze warmte er niet nodeloos uitlekt. Er moet een goede isolatie zijn. De gunstige werking van isolatie is, behalve van het materiaal, ook afhankelijk van het temperatuurverschil tussen het 'opslag vat' en de naaste omgeving.

Temperatuur 'opslag vat'.

Een tweede belangrijke faktor is de temperatuur waarbij de warmte is opgeslagen. Als je warmte in een blok ijs van -20°C gaat opslaan zal de temperatuur van het ijs oplopen tot bijvoorbeeld -10°C . Hiermee kan je echter moeilijk een woonkamer op kamertemperatuur krijgen.

Het warmte-opslag-vat zal altijd een hogere temperatuur moeten hebben dan de ruimte of het voorwerp dat je ermee wilt verwarmen.

Soort stof.

Niet alle stof kan onder gelijke omstandigheden evenveel warmte bevatten. Als je aan één liter water 4200 joule toevoert stijgt de temperatuur 1°C . Als je aan 30 liter kwik 4200 joule toevoert stijgt de temperatuur ook 1°C . Hierbij is tevens van belang in welke fase de stof zich bevindt en of er sprake is van een fase overgang.

De warmte die een stof opneemt, hangt af van:

- 1 De temperatuurstijging die er optreedt;
- 2 De hoeveelheid stof die er is;
- 3 De soort stof waarmee men werkt;
- 4 De fase van de stof. Vast, vloeibaar of gas;
- 5 De fase overgang die kan optreden, smelten of verdampen.

Het verband tussen de opgenomen warmte en de temperatuurstijging is recht evenredig. Dit betekent dat als je $3 \times$ zoveel warmte toevoert de temperatuurstijging ook $3 \times$ zo groot is. Het zal duidelijk zijn dat als je $2 \times$ zoveel massa neemt van een stof dat je dan ook $2 \times$ zoveel warmte nodig hebt om

dezelfde temperatuurstijging te krijgen. In tabellenboekjes kun je vinden hoeveel warmte er nodig is om 1 g stof 1° C te verwarmen. Het blijkt dat bijna elke stof er een andere hoeveelheid warmte voor nodig heeft (zie ook T 5).

Bijvoorbeeld:	
Water	4,2 joule
Goud	0,13 joule
Koper	0,39 joule
Zilver	0,24 joule

Ook de fase is van belang, zo is voor 1 g ijs 2,1 joule nodig om het ijs 1° C in temperatuur te laten stijgen, dit is beduidend minder dan de hoeveelheid warmte die dezelfde hoeveelheid water nodig heeft. De faseovergang kan ook benut worden om warmte op te slaan. Om een zuivere stof te laten smelten is warmte nodig. De temperatuur blijft daarbij **konstant**. Als we de stof weer laten stollen komt de warmte weer vrij en wordt afgestaan aan de omgeving.

Opdrachten.

1 Om 100 gram lood 60° C in temperatuur te laten stijgen is 780 joule nodig.

a Hoeveel warmte is er nodig om 50 gram lood 60° C in temperatuur te laten stijgen? _____ joule.

b Hoeveel warmte is er nodig om 1 gram lood 60° C in temperatuur te laten stijgen? _____ joule.

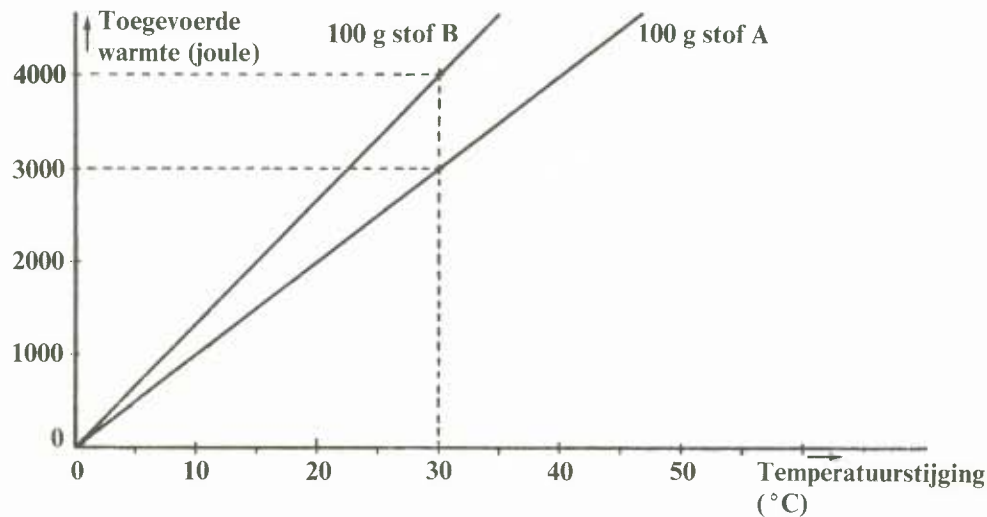
c Hoeveel warmte is er nodig om 1 gram lood 1° C in temperatuur te laten stijgen? _____ joule.

2 Om 1 gram alcohol 1° C in temperatuur te laten stijgen is 2,4 joule nodig.

a Hoeveel warmte is er nodig om 150 gram alcohol 1° C in temperatuur te laten stijgen? _____ joule.

b En hoeveel om 150 gram alcohol 40° C in temperatuur te laten stijgen? _____ joule.

3 Twee stoffen A en B worden verwarmd. Men meet de temperatuurstijging als functie van de hoeveelheid toegevoerde warmte. Het resultaat van deze proeven is weergegeven in het diagram rechtsboven:



Temperatuurstijging (°C)

a Hoeveel warmte is er nodig om 100 gram van stof in temperatuur A 1° C te laten stijgen? _____ joule.

b Dezelfde vraag voor 100 gram van stof B. _____ joule.

c Hoeveel warmte is er nodig om 1 gram van stof in temperatuur A 1° C te laten stijgen? _____ joule.

d En hoeveel voor stof B? _____ joule.

e Welke stof kun je het beste gebruiken om er warmte in op te slaan?

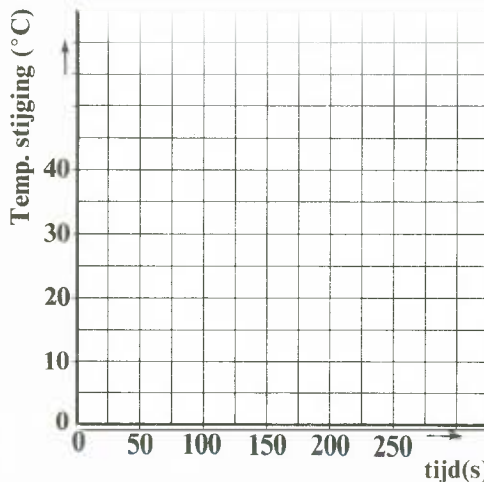
f Waarom?

De stoffen A en B worden verwarmd met een dompelaar, die een vermogen van 250 watt heeft.

g Hoelang moet de dompelaar aanstaan om 100 gram van stof A 30° C in temperatuur te laten stijgen? _____ seconden.

En hoelang voor stof B? _____ seconden.

Vraag 4



4 Je wilt 50 gram ijs van -10° C verwarmen tot dat je water van +20° C hebt gekregen. Hoeveel warmte is daarvoor nodig?

We gaan dit probleem in stappen oplossen. Eerst de gegevens die je nodig hebt:

1 gram ijs verwarmen kost 2,1 joule per graad;

1 gram water verwarmen kost 4,2 joule per graad;

1 gram ijs van 0° C smelten tot 1 gram water van 0° C kost 340 joule.

De verwarmingsbron heeft een vermogen van 100 watt.

En nu de stappen:

a Hoeveel warmte is er nodig om ijs van 0° C te krijgen? _____ joule.

Hoelang duurt dit? _____ s.

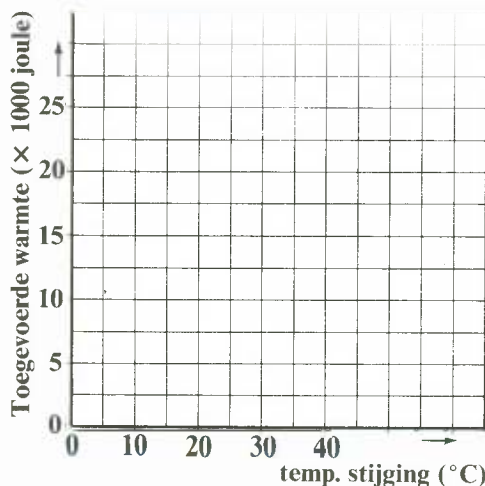
b Hoeveel warmte is er nodig om het ijs van 0° C te laten smelten tot water van 0° C? _____ joule.

Hoelang duurt dit? _____ s.

c Hoeveel warmte is er nodig om dan water van 20° C te krijgen? _____ joule.

Hoelang duurt dit? _____ s.

d Teken de grafieken, die bij het verwarmen van water horen.



Herhaalblad 1

Warmte en het molekuulmodel

- 1 Sneller.
- 2 Ook sneller bewegen.
- 3 Harder trillen.
- 4 Bewegings-
- 5 De snelste knikker verliest steeds snelheid.
De langzamere wint steeds aan snelheid.
- 6 Snelheid verliezen;
snelheid winnen.
- 7 Snelle molekulen staan door botsing met langzamere molekulen bewegingsenergie af.
- 8 Vaste fase. In deze fase botsen de molekulen het meest.
- 9 Sneller; ruimte; groter; kleiner.
- 10 Snelle molekulen stromen naar een koudere plaats en dragen zo de bewegingsenergie met zich mee.
- 11 Nee.
- 12 Warmtestraling.
- 13 Buiten de atmosfeer van de aarde bevinden er zich tussen de zon en de aarde bijna geen molekulen.
Omdat de warmtegeleiding en stroming allebei molekulen nodig hebben, kan in het heelal alleen warmtetransport door straling plaatsvinden.

Herhaalblad 2

Factoren die de grootte van warmtetransport bepalen

1

Materiaal	Joule
Zilver	420
Koper	390
Zink	110
IJzer	75
Kwik	10,4
Beton	1,7
Zand	1
Glas	0,93
Baksteen	0,6
Water	0,6
Hout	0,3-0,5
Papier	0,18
Alkohol	0,17
Stilstaande lucht	0,024

- 2 Zilver.
- 3 Stilstaande lucht.
- 4 Poreuze materialen bevatten stilstaande lucht.
- 5 a. soort stof b. temperatuurverschil
- 6 Warme lucht (in de hete luchtballon) stijgt op omdat warme lucht een kleinere dichtheid heeft dan koude lucht.
- 7 Opstijgende lucht. Bij het zweefvliegen.
- 8 Lager.
- 9 Donker en/of dof.
- 10 Groter.
- 11 Straling.
a geleiding is hier te verwaarlozen, omdat lucht een zeer slechte geleider is.
b stroming is hier te verwaarlozen, omdat lucht naar boven stijgt en niet van de radiator naar je hand.

12

Omdat dofzwarte voorwerpen meer straling uitzenden dan lichte en glanzende voorwerpen bij dezelfde temperatuur.

13

Door ze sterk geribbeld te maken.

14

- De grafiek gaat steeds meer horizontaal lopen.
- De temperatuur van de thermometer stijgt, waardoor hij steeds minder warmte absorbeert (of: waardoor hij zelf steeds meer warmte uitstraalt).

15

Witte kleding absorbeert minder straling dan zwarte.

Herhaalblad 3

Warmte-opslag

1

a $\frac{780}{2} = 390$ joule

b $\frac{390}{50} = 7,8$ joule

c $\frac{7,8}{60} = 0,13$ joule

2

a $150 \times 2,4 = 360$ joule

b $360 \times 40 = 14400$ joule

3

a Voor 30°C is nodig 3000 J dus voor 1°C is 100 J nodig.

b Voor 30°C is 4000 J nodig dus voor 1°C is 133 J nodig.

c Om $100 \text{ gr } 1^\circ \text{C}$ te verwarmen kost 100 joule dus $1 \text{ gr } 1^\circ \text{C}$ hoger kost $\frac{100}{100} = 1$ joule

d Om $100 \text{ gr } 1^\circ \text{C}$ te verwarmen

kost $\frac{400}{3}$ joule = $133,3 \text{ J}$ dus $1 \text{ gr } 1^\circ \text{C}$

kost $1,333$ joule

e Stof B, omdat bij dezelfde hoeveelheden stof en dezelfde temperatuursstijging stof B meer warmte heeft opgenomen dan stof A en dus ook meer kan afstaan.

f 30°C kost 3000 joule,

tijd = $\frac{3000}{250} = 12 \text{ s.}$

g 30°C kost 4000 joule,

tijd = $\frac{4000}{250} = 16 \text{ s.}$

4

a $50 \times 10 \times 2,1 = 1050$ joule

de tijd is $\frac{1050}{100} = 10,5 \text{ s.}$

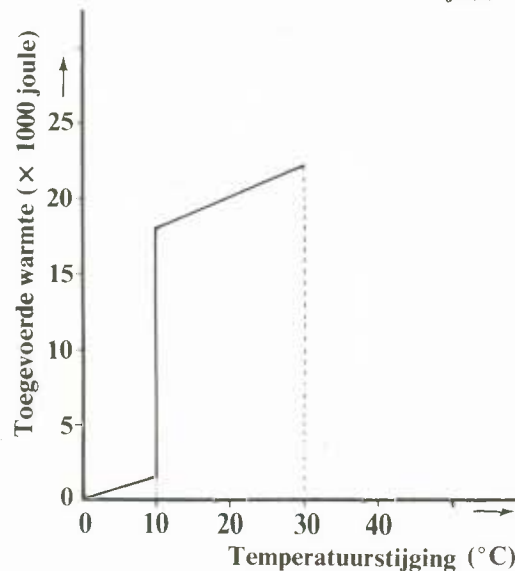
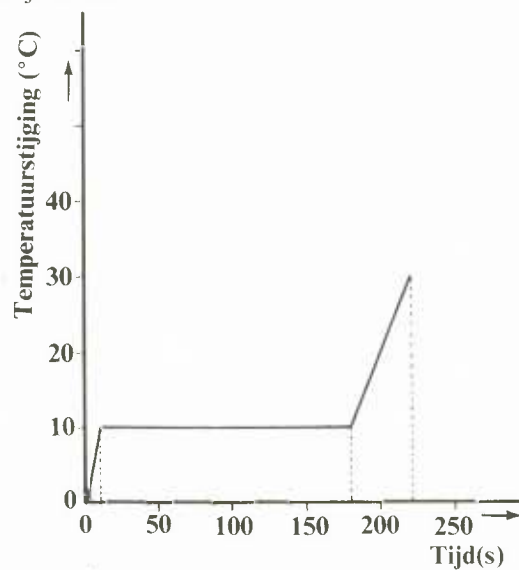
b $50 \times 340 = 17000$ joule

de tijd is 170 s.

c $50 \times 20 \times 4,2 = 4200$ joule

de tijd is 42 s.

d



De koelkast

In de basisstof heb je gelezen dat warmte uit zichzelf van een plaats met een hoge temperatuur naar een plaats met lagere temperatuur stroomt. Het is echter best wel mogelijk om warmte van een koude plek naar een warmere te transporteren. Bij een koelkast of diepvrieskast wordt warmte van binnen (koud) naar buiten (warmer) getransporteerd. Vanzelf gaat dit afkoelen echter niet, het kost ons (elektrische) energie.

Afkoelen door verdampen.

Als je je vinger nat maakt en in de wind houdt, voel je hem kouder worden. De huid wordt afgekoeld omdat het vocht verdampt. Blijkbaar is er voor het verdampen warmte nodig, die in dit geval door je vinger geleverd wordt. Met een stof als ether of aceton kun je een sterkere afkoeling waarnemen.

Hieronder staan twee proeven beschreven, vraag je leraar welke je doen kunt.

Proef 1.

Neem een horlogeglasje met wat ether of aceton.

Maak de bodem aan de onderkant vochtig, zodat er wat waterdruppels aan hangen.

Ga bij een open raam staan (of bij een zuurkast) en blaas met een fietspomp lucht over de ether of aceton. Pas op dat je niet te veel damp binnen krijgt! Wat neem je waar?

Proef 2.

Neem een erlenmeijer met ether of aceton, die is afgesloten met een stop waar een buisje doorheen gestoken is, dat je met de waterstraalpomp verbindt. In de erlenmeijer zet je een reageerbuisje met wat water of een thermometer. Zet de pomp aan.

Wat neem je waar?

Koelkast.

Als je proef 2 gedaan hebt, heb je kunnen waarnemen dat als de druk verlaagd wordt, de vloeistof heftig verdampt en daardoor de temperatuur afneemt. Hiervan wordt in een koelkast gebruik gemaakt.

Als koelvloeistof zoekt men een stof met een laag kookpunt, bijvoorbeeld freon.

Dit koelmiddel cirkuleert door een buizenstelsel. De kompressor is een pomp die damp aanzuigt en samenperst. Het koelmiddel in de verdamper zal snel verdampen als de kompressor de druk verlaagt door de damp weg te zuigen. De temperatuur van de verdamper zal dan sterk dalen, omdat voor het verdampen warmte nodig is die uit de omgeving wordt gehaald (de koelkast).

De kompressor perst de aangezogen damp samen in de kondensor. De dampdruk wordt hier erg groot. Het gevolg is dat de damp weer zal kondenseren. Hierbij staat de stof warmte af, zodat de kondensor heet wordt. De warmte van de kondensor wordt buiten de kast afgevoerd. Het koelmiddel bereikt weer de kamertemperatuur en bereikt na een ventiel weer de verdamper.

Vragen.

1

Wat is de functie van het ventiel?

2

Bekijk de koelkast of diepvrieskast thuis en zoek de verdamper en de kondensor op.

a Waarom zit de verdamper meestal boven in de koelkast?

b Houd je hand tegen de kompressor als hij uit is en als hij werkt. Wat merk je op?

3

a Wat is de functie van de kondensor?

b Waarom zijn de buisjes van de kondensor lang en dun?

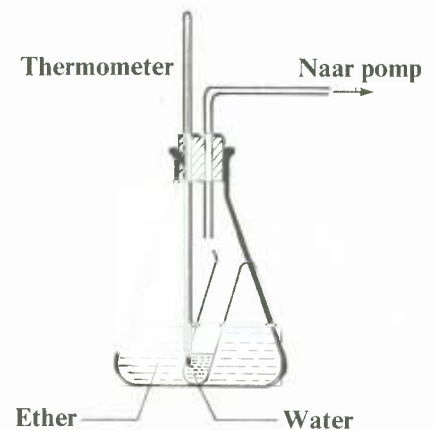
Waarom zijn ze zwart?

4

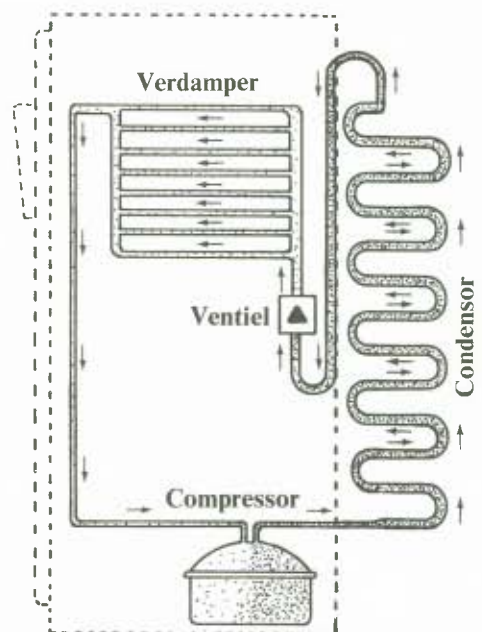
Waarom is een koelkast meestal wit?

5

Het achterste deel van het bovenblad van een koelkast steekt meestal uit en bovendien zitten er openingen in. Waarom?



Koelkast



6

Sommige koelkasten moeten geregeld ontdooit worden. Waarom?

7

In de handleiding van koelkasten staat dat de kast na versjouten 24 uur moet blijven staan voordat hij aangezet mag worden.

Zou je daar een reden voor kunnen geven?

8

Leg uit waarom een koelkast die in een koude ruimte staat minder elektrische energie verbruikt dan één die in een warme ruimte staat.

9

In een volledig geïsoleerde kamer (er kan dus geen warmte naar binnen of buiten) zet men een koelkast met geopende deur aan.

Wat gebeurt er met de temperatuur van de ruimte?

Blok 13 | Extra stof 83

De motor van ons weer

De belangrijkste oorzaak van al onze weersverschijnselen is de zon. Zij verwarmt de aarde door middel van straling. Daardoor ontstaan er stromingen in de atmosfeer die wij ervaren als weersverschijnselen. Wij zullen in dit extra blad nagaan hoe deze luchtstromingen tot stand komen.

De straling van de zon op het aardoppervlak.

De aarde ontvangt van de zon een grote hoeveelheid stralingsenergie. Een deel van die straling is zichtbaar, dat wil zeggen dat ons oog er gevoelig voor is. Tot de onzichtbare straling behoort onder andere de ultraviolette en de infrarode straling. De straling van de zon verwarmt het aardoppervlak. Het aardoppervlak zorgt nu op zijn beurt weer voor de verwarming van de atmosfeer.

Omdat de aarde een bol is, wordt hij niet gelijkmatig verwarmd, zie fig. 1. De afstand ab is overal gelijk, maar aan de evenaar, waar de zon loodrecht boven het aardoppervlak staat, ontvangt het stuk ab veel meer zonnestraling dan in de poolstreken.

Als er een zonnecel beschikbaar is, doe dan de volgende proef:

Bevestig de cel op een plankje dat draaibaar is om een horizontale as. De zonnecel levert een stroompje dat je met een milliampèremeter kunt meten. Ook de hoek waaronder het plankje staat kun je meten met een gradenboog.

Vul in de tabel bij de verschillende hoeken de gemeten stroom in. Maak daarna een grafiek waarin je de gemeten stroom uitzet tegen de hoek.

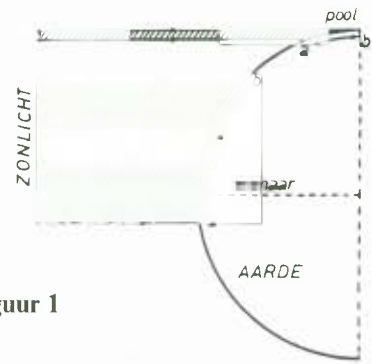
Konklusie:

De aarde ontvangt voortdurend een grote hoeveelheid straling van de zon. Je zou nu verwachten dat het op aarde steeds warmer zou worden, maar dat gebeurt niet. Dat komt omdat de aarde en de atmosfeer evenveel warmte weer uitstralen, die in de ruimte verdwijnt. Dat uitstralen is echter niet overal even sterk, zie figuur 3.

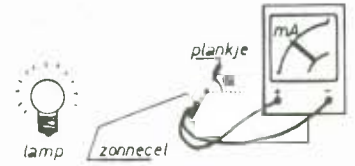
In figuur 3 is de ingestraalde en uitgestraalde warmte uitgezet voor iedere breedtegraad op aarde. We zien dat aan de evenaar meer instraling dan uitstraling plaatsvindt. Toch wordt de pool niet steeds kouder en de evenaar niet steeds warmer. De oorzaak hiervan is dat er voortdurend warmte van de evenaar naar de polen gaat. Dit warmtetransport vindt **hoofdzakelijk** plaats door stroming van de lucht. We zullen dit stromingsproces met behulp van een model proberen te beschrijven.

Warmtetransport in de atmosfeer.

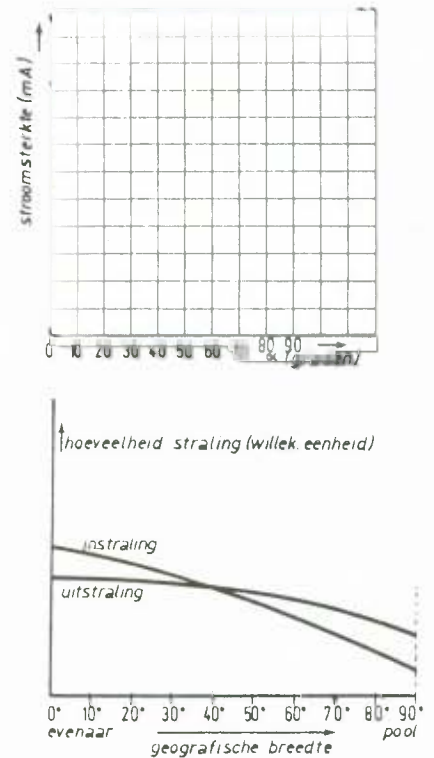
Zoals we gezien hebben, wordt aan de evenaar de lucht het sterkst verwarmd. Zoals je weet stijgt warme lucht op omdat hij lichter is dan koude lucht. Dat opstijgen gaat natuurlijk niet oneindig door. Er komt een ogenblik dat de opstijgende luchtmassa in ijlere regionen komt, waar afvloeiing naar opzij gaat optreden, zie figuur 4. Ver van de evenaar vandaan gaat de lucht door afkoelen weer dalen en stroomt over het aardoppervlak weer terug naar de evenaar. Ten noorden en ten zuiden van de evenaar zijn dus voortdurend winden (passaten) in de richting van de evenaar.



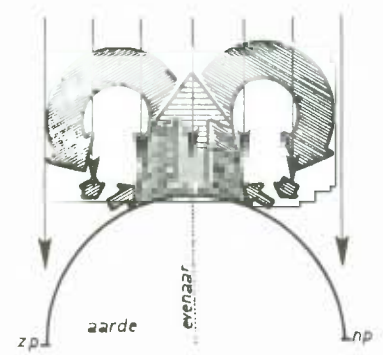
Figuur 1



Figuur 2



Figuur 3



Figuur 4

De stroming van de lucht wordt ook nog beïnvloed door het draaien van de aarde om haar as. De aarde tolt met grote snelheid om haar as in de richting die is aangegeven in figuur 5.

Bereken de snelheid van een punt op de evenaar in km per uur als je weet dat de omtrek van de aarde 40 000 km is, en dat de aarde in 24 uur om haar as draait. Als nu een hoeveelheid lucht zich beweegt in de richting van de evenaar (gestippelde pijl) komt zij op plaatsen waar de aarde een veel grotere snelheid naar rechts heeft. Zij blijft daardoor achter bij de aarde, zodat een luchtstroom in de richting van de doorgetrokken pijl ontstaat (noord-oostpassaat).

Als de lucht op het noordelijk halfrond in de richting van de noordpool wil stromen, wordt de afwijking precies tegengesteld hieraan.

Probeer dit zelf te beredeneren aan de hand van figuur 6.

Deze richtings-veranderingen staan bekend als de wet van Buys-Ballot.

Je kunt die ook als volgt formuleren:-

De wind krijgt op het noordelijk halfrond een afwijking naar rechts als je met je rug in de wind gaat staan. (op het zuidelijk halfrond is deze afwijking naar links).

Transport in de bovenste lagen van de atmosfeer.

Zoals je hierboven gezien hebt, is er in de bovenste lagen van de atmosfeer een luchtstroom van de evenaar in de richting van de polen, zie figuur 4. Deze poolwaarts gerichte stroming volgt de wet van Buys-Ballot en krijgt een afwijking naar rechts op het noordelijk halfrond. Deze afwijking is op die hoogte zeer groot, praktisch 90°! Het gevolg is dat op grote hoogte een (bijna) westenwind waait, zie figuur 6. Dit is dus een wind die uit het westen komt. Het centrum van die westenwind ligt ergens tussen 45° N.B. en 45° Z.B. We noemen dit de straalstroom (jetstream).

In het hart van de straalstroom kan de windsnelheid oplopen tot 500 km per uur. Maar ook buiten de straalstroom is er op grote hoogte een westenwind. Deze westenwind is op praktisch de hele aarde aanwezig in de bovenlucht!

Transport in de onderste lagen van de atmosfeer.

We weten nu wat de toestand op grote hoogte is, maar wat gebeurt er nu aan het aardoppervlak? Volgens de theorie hierboven moet er een luchtstroom teruggaan naar de evenaar, die een richtingsverandering volgens de wet van Buys-Ballot krijgt. Daardoor ontstaat dus de noordoostpassaat op het noordelijk halfrond en de zuidoostpassaat op het zuidelijk halfrond!

Maar die oostpassaten bevinden zich niet over de gehele aarde, zie bijvoorbeeld figuur 10. In onze streken komen overwegend westenwinden voor. Dit wordt nu verklaard doordat de westenwinden in de bovenlucht op deze breedten zo sterk zijn dat zij de oostelijke stroming teniet doen. Zo bevinden de westenwinden zich hier dus ook aan het aardoppervlak, zie figuur 7. In deze figuur zien we een dwarsdoorsnede van de atmosfeer van de evenaar naar de noordpool. De westenwinden zijn aangegeven door ○. Ze waaien naar je toe. De windsnelheid is het grootst in de straalstroom S. De oostenwinden zijn aangegeven door ⊗, ze waaien van je af.

De straalstroom volgt niet netjes een cirkelbaan maar slingerert. Dit slingeren noemen we meanderen. In figuur 8 is dit meanderen in beeld gebracht. Dit verschijnsel ontstaat door invloed van het draaien van de aarde en de warmtestroom die plaats moet vinden naar de polen. We kunnen dit verduidelijken door middel van de volgende modelproef:

Twee konservenblikken worden in elkaar op een draaiend plateau geplaatst, dat met 33 toeren per minuut draait. In het binnenste blik zit ijs, de noordpool.

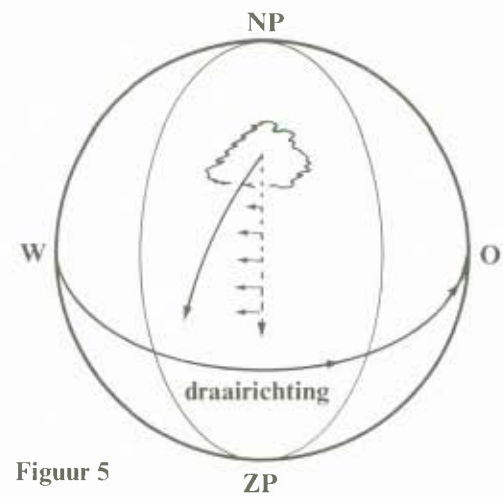
In het buitenste zit water, de atmosfeer. Het binnenste blik is bijvoorbeeld een dun aspergeblikje, dat je van te voren gevuld met water in de diepvries hebt gezet.

Er treedt bij deze proef een naar het centrum gerichte warmtestroom op. De vloeistofstroom is na ongeveer 30 minuten stabiel. Deze vloeistofstroom is zichtbaar te maken door bijvoorbeeld aluminiumpoeder op het water te strooien.

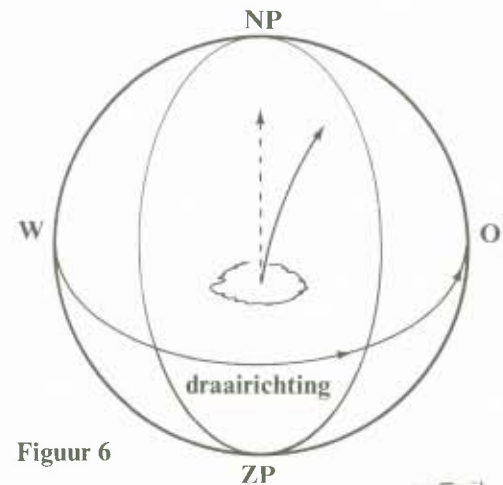
Er ontstaat nu een stroming rond het ijs waarin de zogenaamde meanders voorkomen. Het warme water dringt dus op sommige plaatsen dichter door tot het ijs dan op andere plaatsen. Ditzelfde beeld zien we nu ook in de algemene luchtcirkulatie van de aarde, zie figuur 10.

Bij deze proef zien we ook dat de golven zich slechts langzaam verplaatsen. Ook dit vinden we in de atmosfeer terug.

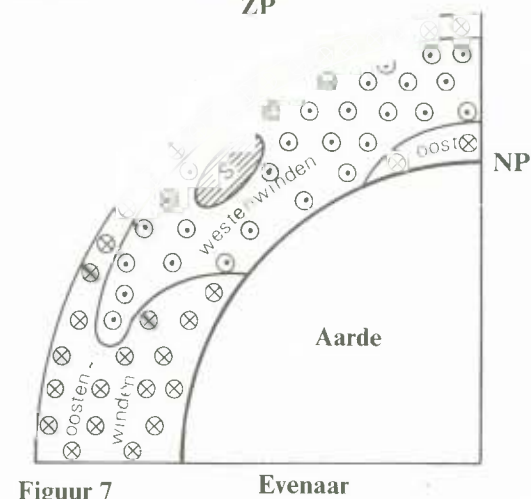
Met dit model zijn veel verschijnselen in de atmosfeer te verklaren, maar lang niet alle! We hebben slechts een paar factoren (eigenschappen) in ons model verwerkt. Veel



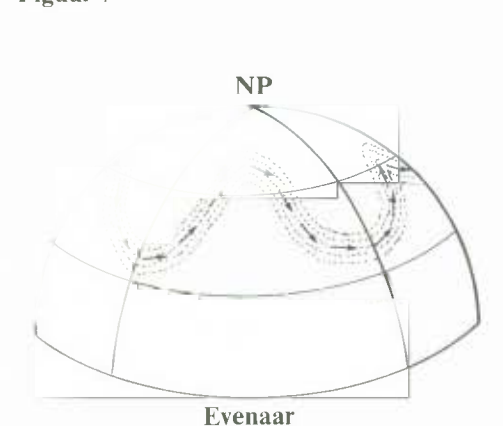
Figuur 5



Figuur 6

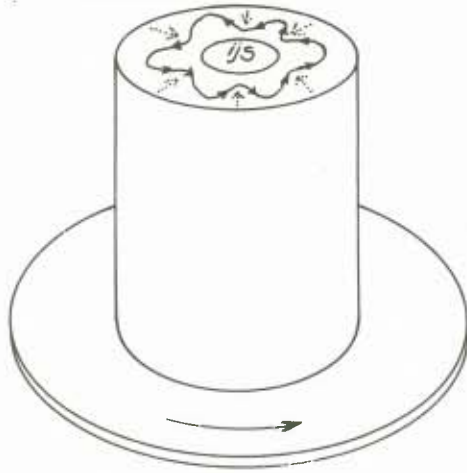


Figuur 7



Figuur 8

↑ = Warmtestroom



Figuur 9 Draaitafel

faktoren zijn er echter niet in betrokken. Bijvoorbeeld de gebergten op aarde en de ligging van de continenten.

Om nauwkeurige verklaringen te geven en voorspellingen te doen, moeten deze factoren er ook bij worden betrokken.

Vraag 1:

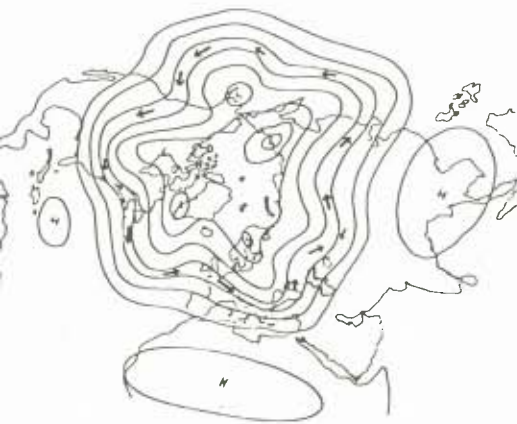
Waarom gaat het opstijgen van warme lucht aan de evenaar niet door tot ver buiten de aarde?

Vraag 2:

Ons land kan zich onder verschillende plaatsen van een meander bevinden. Geef voor de verschillende plaatsen de windrichting.

Vraag 3:

Bedenk nog een factor die we niet opgenomen hebben in ons model en die toch het weer bepaalt.



Figuur 10
luchtcirkulatie boven Europa
Azië en Amerika, met de
Noordpool in het midden.

De soortelijke warmte van vloeistoffen

Theorie.

In dit extra stofblad kun je leren hoe je de soortelijke warmte van vloeistoffen kunt bepalen.

Onder de soortelijke warmte verstaan we de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg stof 1 kelvin in temperatuur te laten stijgen.

(Zoals je weet is een temperatuursverschil van 1 K gelijk aan een temperatuursverschil van 1° C).

Heb je éénmaal de soortelijke warmte van een stof bepaald, dan kun je voor een willekeurige hoeveelheid van die stof berekenen hoeveel warmte er nodig is om deze stof een bepaald aantal kelvin te verwarmen. Je kunt dan ook berekenen hoeveel warmte er vrijkomt bij afkoeling.

In de basisstof van dit blok heb je al bepaald hoeveel warmte er nodig is om 1 gram van een stof 1° C in temperatuur te laten stijgen.

Zo lees je in de tabel van T 5 dat je aan 1 gram koper 0,39 J moet toevoeren om 1° C temperatuurstijging te krijgen.

Hieruit kun je berekenen dat je aan 1 kg koper _____ J moet

toevoeren om 1° C temperatuurstijging te krijgen.

De soortelijke warmte van koper is dus _____ joule per kg per K.

De soortelijke warmte van petroleum is _____ joule
per kg per K (zie ook weer de tabel van T 5).

Vraag 1

De soortelijke warmte van glycerol is $2,4 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- Wat betekent dit gegeven?
- Hoeveel warmte komt er vrij als je 5 kg glycerol 1 K afkoelt?
- Hoeveel warmte komt er vrij als je 5 kg glycerol 20 K afkoelt?

Voor de berekening van vraag 1 kun je ook gebruik maken van de volgende formule:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (\text{formule 1})$$

Hieronder wordt uiteengezet wat deze symbolen voorstellen:

- Q is de toegevoerde of afgevoerde warmte in joule (J);
- c is de soortelijke warmte in joule per kg per kelvin ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
(deze grootheid ga je bij een vloeistof bepalen, zie vervolg).
- m is de massa van de vloeistof in kg;
- ΔT is de temperatuurtoename of afname in kelvin (K).

Vraag 2

- Bereken Q als je 5 kg glycerol 20 K afkoelt.
- Bereken hoeveel warmte je aan 10 kg glycerol moet toevoeren om de temperatuur 40 K te laten stijgen.

Vraag 3

- Probeer formule 1 zo te schrijven dat c (de soortelijke warmte) links staat van het 'is - gelijk teken' en de andere grootheden rechts.
- Laat nu zien dat de eenheid van soortelijke warmte $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ is.

Bepaling van de soortelijke warmte

Voordat je gaat meten, heb je een soort meetschema nodig, waarin staat wat je gaat meten. Uit formule 1 konden we afleiden:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (\text{formule 2})$$

Uit deze formule 2 blijkt wat je allemaal moet meten om de soortelijke warmte te kunnen berekenen.

Vraag 4

Welke drie grootheden moet je gaan meten?

Praktikum.

Om er zeker van te zijn dat er geen warmte weglekt, doe je de vloeistof in een joulemeter.

Een pompelaar levert de warmte.

De toegevoerde warmte (de grootheid Q) is dan te berekenen, als het vermogen van de pompelaar en de tijd gedurende welke de pompelaar aanstaat, bekend zijn.

Lees op de pompelaar of vraag aan de leraar het vermogen van de pompelaar.

Het vermogen is _____ watt.

Probleem.

Niet alle geleverde warmte komt ten goede aan de vloeistof.

De joulemeter neemt ook warmte op. De warmte die de joulemeter opneemt, is een **vaste hoeveelheid per graad temperatuurstijging**.

Bij iedere joulemeter is dit een andere hoeveelheid. Vaak staat dit op de meter vermeld. Voor onze proef is het niet beslist noodzakelijk om te weten hoeveel warmte er per graad temperatuurstijging in de joulemeter gaat zitten.

Let op:

Het probleem is dus dat je de soortelijke warmte van een vloeistof wilt bepalen, zonder dat je weet hoeveel warmte per graad temperatuurstijging de joulemeter opneemt.

Probeer **eerst zelf** een oplossing te bedenken.

Oplossing meetprobleem.

We gaan tweemaal een meting uitvoeren, waarbij een hoeveelheid vloeistof wordt verwarmd. De eerste meting voer je uit met een half met vloeistof gevulde joulemeter.

De tweede meting voer je uit met een volle joulemeter.

In beide gevallen ga je meten hoeveel warmte er nodig is om de temperatuur een zelfde aantal kelvin te laten toenemen.

Vraag 5

- a Hoe omzeil je het probleem nu dat hierboven staat beschreven?
- b Waarom moet bij beide metingen de temperatuurstijging gelijk zijn?
- c Bij meting 1 heb je de grootheden Q_1 , m_1 en ΔT .
Bij meting 2 heb je de grootheden Q_2 , m_2 en ΔT .

Leg uit dat voor de soortelijke warmte van de vloeistof geldt:

$$c = \frac{Q_2 - Q_1}{(m_2 - m_1) \cdot \Delta T} \quad (\text{formule 3})$$

En dan nu meten.

Je meetschema ziet er als volgt uit:

1e meting

Massa van de vloeistof $m_1 =$ _____

Begintemperatuur $T_b =$ _____

Eindtemperatuur $T_e =$ _____

$\Delta T = T_e - T_b =$ _____

Tijd gedurende welke de pompelaar
aanstond $t_1 =$ _____

Het vermogen van de pompelaar $P =$ _____

De toegevoerde warmte $Q_1 =$
 \times _____

2e meting

Let op: zorg dat de temperatuurstijging
bij de tweede meting gelijk is aan die van
de eerste.

Massa van de vloeistof $m_2 =$ _____

Begintemperatuur $T_b =$ _____

Eindtemperatuur $T_e =$ _____

$\Delta T = T_e - T_b =$ _____

Tijd gedurende welke de pompelaar
aanstond $t_2 =$ _____

Het vermogen van de pompelaar $P =$ _____

De toegevoerde warmte $Q_2 =$
 \times _____

Vraag 6

a Bereken de soortelijke warmte van de vloeistof met formule 3.

b Je kent nu de soortelijke warmte van de vloeistof.

Hoeveel warmte is er bij de eerste meting alleen in de vloeistof gaan zitten?

c Hoeveel warmte is er bij de eerste meting in de joulemeter gaan zitten?

d Hoeveel warmte neemt de joulemeter op per graad temperatuurstijging?

We noemen dit de warmtecapaciteit van de joulemeter.