

Leerlingexperimenten

HANDLEIDING **WARMTE** P9160-4C



INHOUDSOPGAVE

1. THERMISCHE EXPANSIE.....	3
1.1. Model van een thermometer.....	3
1.2. Ijking van een thermometer	5
1.3. Bimeteal.....	7
1.4. Lineaire expansie van vaste stoffen	9
1.5. Volumeverandering van vloeistoffen	11
1.6. Volumeverandering van lucht bij constante druk.....	13
1.7. Drukverandering van lucht bij constant volume.....	15
1.8. Warmtetransport: geleiding	17
1.9. Warmtetransport: stroom.....	19
1.10. Warmtetransport: straling	21
1.11. Isolatie van warmte.....	23
2. FASEVERANDERINGEN	25
2.1. Mengen van vloeistoffen met verschillende temperatuur	25
2.2. Soortelijke warmte van water	27
2.3. Soortelijke warmte van vaste stoffen.....	29
2.3.1. Berekening van soortelijke warmte van vaste stoffen	31
2.4. Smeltpunt.....	33
2.4.1. Smeltwarmte.....	35
2.5. Stollen van een mengsel	37
2.6. Stollingswarmte	39
2.7. Kookpunt.....	41
2.7.1. Verdampingswarmte.....	43
2.8. Destillatie	46

Opmerking:

De temperatuurmetingen bij de experimenten kunnen ook met Coach en de temperatuursensoren BT84i, 016i gedaan worden. De drukmetingen kunnen met de druksensor BT66i.

Proeven met natriumthiosulfaat kunnen ook met het veiligere stoffen zoals stearinezuur uitgevoerd worden.

1. THERMISCHE EXPANSIE

1.1. MODEL VAN EEN THERMOMETER

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

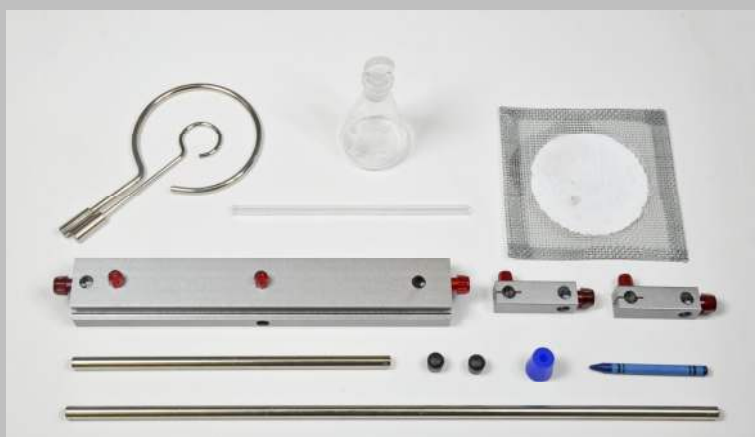


Materiaal:

- 1x Kleurstof, rood
- 1x Waskrijt(stift)
- 1x Warmteverdeler 150x150 mm
- 1x Stop, silicone 17/22/25 mm, 1 gat 7mm, SB19
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 2x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statief stang, rond, L=500mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Manometerbuis, acryl, D = 8 mm, L = 200 mm
- 1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19
- 1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



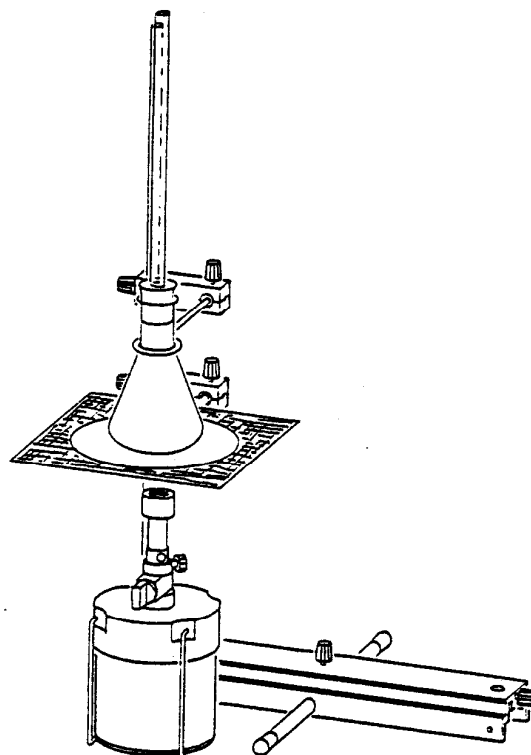
We hebben een thermometer nodig om de temperatuur van een lichaam of een vloeistof te meten. Het belangrijkste onderdeel van de thermometer is een dunne glazen buis gevuld met kwik of andere vloeistof (bijv. gekleurde alcohol). We bouwen in dit experiment een eenvoudig model van een thermometer. We gebruiken water als aanwijzende vloeistof.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. De 50 cm lange staaf klemmen we verticaal in de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast op de 50 cm lange staaf met het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

Het erlenmeyer glas vullen we met water waaraan het gekleurde poeder is toegevoegd. We drukken de plastic slang door het gat van de siliconen stop. We maken de buitenste wand van de slang enigszins vochtig om hem makkelijker door het gat van de siliconen stop te laten gaan. De plastic slang moet dicht bij de rand van de siliconen stop uitkomen!

Doe de stop met de slang in het glas. Zorg ervoor dat er geen lucht meer in het glas zit. Het gekleurde water stroomt nu in de slang. We markeren het waterpeil in de plastic slang doormiddel van het waskrijt.



Experiment:

We plaatsen het model van de thermometer op de warmteverdeler met keramische inleg. De kleine statiefring doen we rond de hals van het erlenmeyer glas voor de veiligheid. Dan zetten we de brander onder de keramische inleg en het erlenmeyer glas en steken hem aan (zet de vlam laag). We verhitten het water enige tijd. Na vijf minuten markeren we het nieuwe waterpeil in de plastic slang weer met waskrijt. We zetten de brander uit en observeren de waterkolom.

Conclusie:

Vloeistoffen zetten uit bij verhitting en krimpen bij afkoeling. De warmtestand en/of temperatuur meten we met behulp van een thermometer.

Opmerking:

Water vertoont een andere reactie tussen 0°C en 4°C (anomalie van water).

1.2. MODEL VAN EEN THERMOMETER

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9902-4C Warmte 1

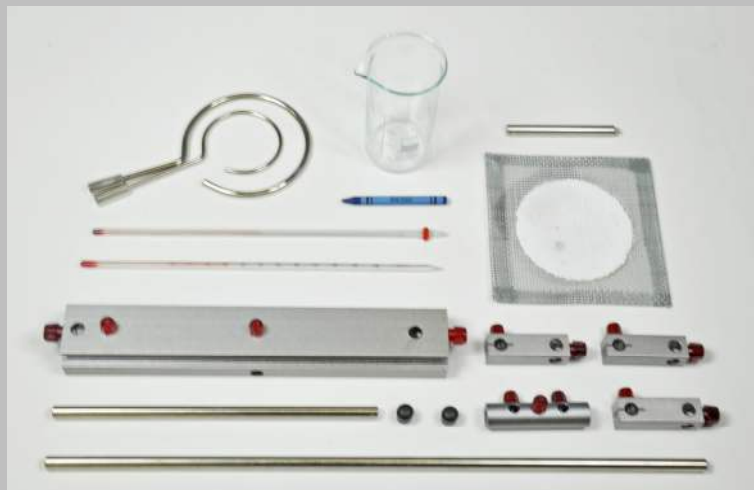


Materiaal:

- 1x Aluminium profiel, 300 mm
- 3x kopstukken, universeel
- 1x kopstuk rond
- 1x Statiefstang, 250 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, 100 mm
- 1x Waskrijt, stift
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Warmteverdeler 150x150 mm
- 1x Bekerglas, hoog, 250 mm
- 1x Statiefstang, 500 mm
- 1x Thermometer zonder schaalverdeling
- 1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



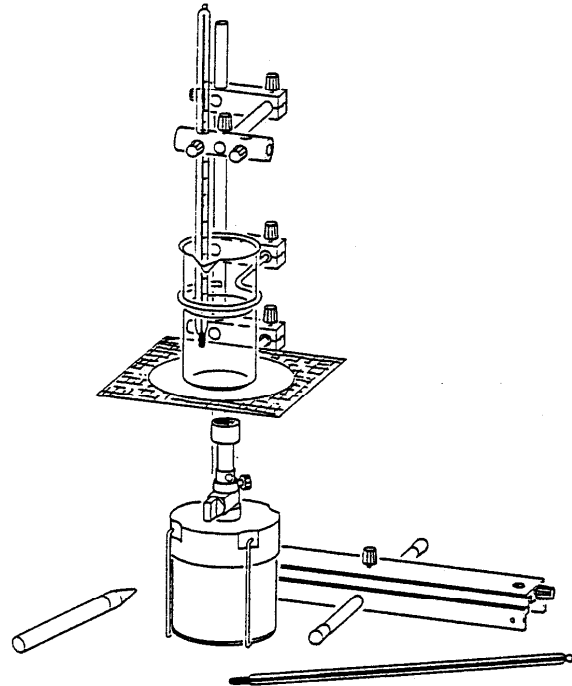
In dit experiment gaan we zien hoe de schaal van een thermometer wordt gemaakt.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. De 50 cm lange staaf klemmen we verticaal in de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast op de 50 cm lange staaf met het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

Experiment 1:

Bepaling van het vriespunt: we vullen een beker voor de helft met water en ijsklontjes. We zetten hem op de warmteverdeler met keramische inleg. We dompelen de ongeschaalde thermometer zodanig in de beker dat de vloeistofbal volledig omgeven is met stukjes ijs en het water. We roeren het ijswater om en letten op wat er gebeurt met de vloeistofkolom in het model van de thermometer. Zodra het peil van de waterkolom niet meer wijzigt markeren we dit peil met het waskrijt. We controleren de temperatuur met een thermometer met schaalverdeling.



Experiment 2:

Bepaling van het kookpunt: we vullen een beker voor de helft met water dompelen het model van de thermometer onder in de beker. We plaatsen de beker op de warmteverdeler met keramische inleg en de middelgrote statiefring doen we voor de zekerheid rond de beker. We steken de brander aan en plaatsen hem onder de warmteverdeler met keramische inleg. Zodra het water kookt markeren we de hoogte van de kolom met het waskrijt. Dan zetten we de brander uit.

Experiment 3:

Het tekenen van de schaal voor de thermometer: we nemen het model van de thermometer uit de beker en meten de afstand tussen de twee gemarkeerde punten. We verdelen deze afstand in 10 gelijke delen. We geven het vriespunt aan met 0°C en het kookpunt met 100°C .

Dan meten we de kamertemperatuur door middel van deze thermometer.

Conclusie:

1 graad Celsius is het honderdste deel van de afstand tussen het vriespunt en het kookpunt van water.

1.3. BIMETAAL

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Bimetalenstrip

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

1x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagstang, rond, L = 250 mm,
D = 10 mm

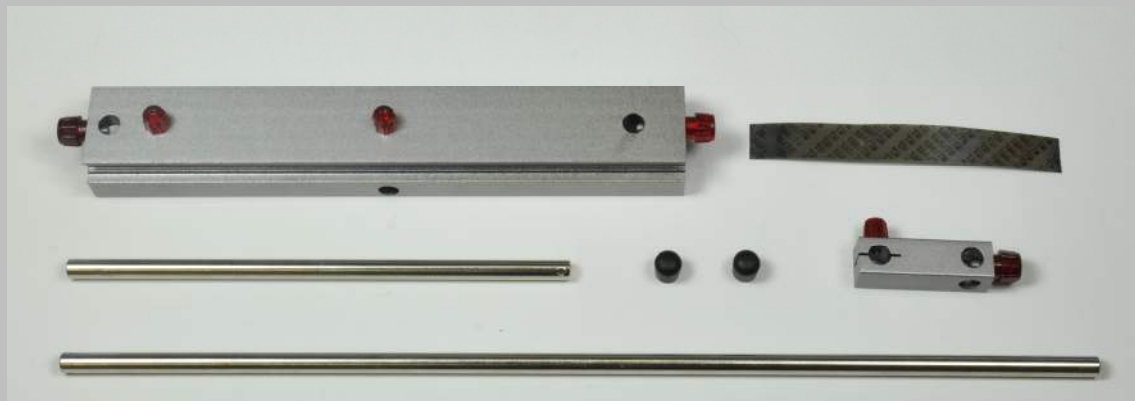
2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander

1x Lucifers



Als twee metalen strips, gemaakt van metalen met verschillende uitzettingscoëfficiënten, stevig tegen elkaar gedrukt worden, zullen de strips buigen zodra ze verhit worden. We gaan een zogenaamde bimetalen strip demonsteren.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf.

De bimetalen strip klemmen we met het universele kopstuk zodanig vast dat de brander eronder geplaatst kan worden. De afstand van de strip tot aan de brander moet ongeveer 10 cm zijn.

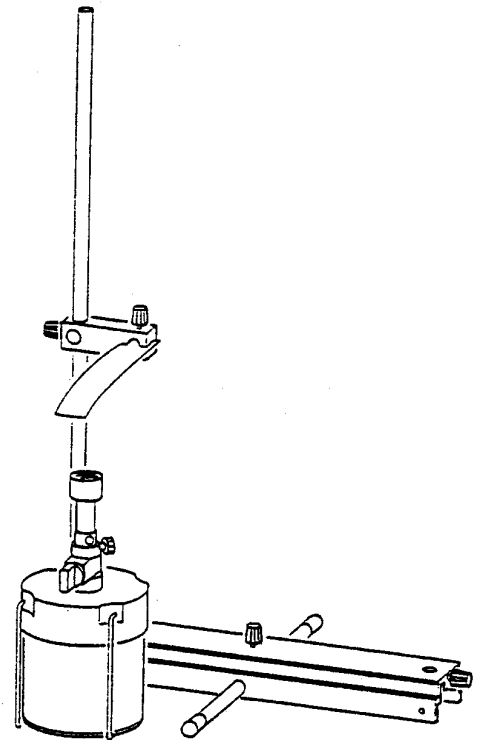
Experiment:

We verwarmen de bimetalen strip voorzichtig van onderen en kijken goed naar wat er gebeurt. Dan halen we de brander weg en letten goed op wat er verder gebeurt.

Zodra de bimetalen strip afkoelt klemt hij de andere kant op. De kant die eerst naar de brander wees wijst nu in de tegenovergestelde richting. We herhalen dit experiment en letten opnieuw op de reactie van de strip.

Conclusie:

De bimetalen strip buigt zodra hij verhit wordt omdat de gecoate kant meer uitzet dan de ongecoate kant.



1.4. LINEAIRE EXPANSIE VAN VASTE STOFFEN

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Buis voor uitzetting bij temperatuuroptename, aluminium

1x Buis voor uitzetting bij temperatuuroptename, ijzer

2x Aanwijzer met plug

1x Glijder met schaalverdeling

1x Koppelstuk voor rails, universeel

1x Glijder met uitsparing voor aanwijzer

1x Warmteverdelers 150x150mm

1x Stop, silicone 17/22/25 mm, 1 gat 7mm, SB19

2x Slang, plastic, 100 cm

2x Statiefstang, 300 mm,

2x Kopstuk, universeel,

1x Draagstang met schroef, L = 100 mm, D = 10 mm

2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Statiefringen set van 3

2x Glazen buis, recht, D=8/5mm, L = 80mm

1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander

1x Lucifers

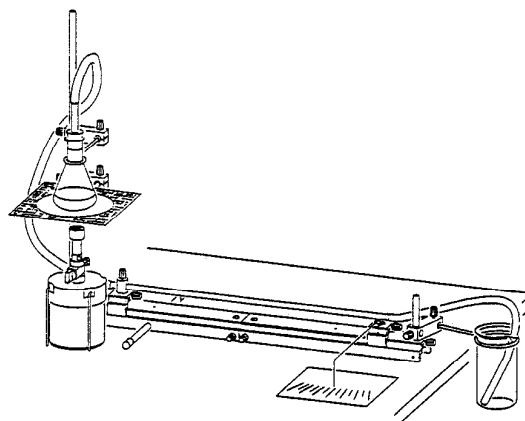
1x Water



We gaan in dit experiment de kleine warmte uitzetting van aluminium en ijzer vaststellen. De lineaire uitzettingscoëfficiënt geeft de lengteverandering van een staaf van 1 m aan wanneer die 1°C verwarmd wordt.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We verbinden de twee statiefstangen door middel van de railverbinder. De staaf van 50 cm klemmen we links vast door middel van de vastzetschroef. We zetten de twee statiefringen, voor de warmteverdeler en de erlenmeyer, vast aan de stelschroef door middel van de universele kopstukken.



We plaatsen het glijzadel met de vastzetschroef naast de staaf op de rail. We klemmen de bout in het glijzadel. De bout doet dienst als de linker bevestiging van de aluminium buis. We bevestigen het glijzadel met de schaalverdeling aan het rechter uiteinde. We klemmen de aanwijznaald in het glijzadel met schaalverdeling door middel van de stop. De aanwijznaald wijst naar beneden. De schaal voor de hefboom balans plaatsen we zodanig op de tafel dat de aanwijznaald naar het graden merkpunt in het midden wijst. Aan de ene zijde van de aluminium buis bevindt zich een gat. Het andere eind drukken we door de vastzetbout maar we zetten hem niet vast. Aan de andere zijde drukken we het omgebogen uiteinde van de aanwijznaald door het gat in de aluminium buis. Dan kunnen we de aluminium buis vastzetten aan de bout.

We klemmen de 10 cm staaf vast met behulp van de vastzetschroef aan het rechter uiteinde van de rail. We zetten het universele kopstuk voor de middelste maat statiefring vast aan de vastzetschroef. De statiefring draagt de beker. We zetten de kortere PVC-pijp vast aan het rechter uiteinde van de aluminium buis. Het uiteinde ervan wijst in de richting van de beker.

We doen ongeveer 50 ml water in de erlenmeyer. We doen de glazen buis in de siliconen stop en zetten hem in de Erlenmeyer. We maken de glazen buis met de linkerkant vast aan de aluminium buis door middel van de PVC-pijp.

Experiment 1:

We verhitten het water in de erlenmeyer totdat het kookt. Heet water en stoom vloeien door de aluminium buis en verhitten de buis. De aanwijzer geeft de mate van uitzetting weer die de verhitting heeft veroorzaakt. Zodra de aanwijzer stopt met bewegen lezen we de hoeveelheid uitzetting af van de schaal.

Aangegeven uitzetting: mm

We delen de aangegeven lineaire uitzetting door 40, omdat de aanwijzer het 40-voudige van de lengtewijziging weergeeft.

Echte uitzetting. mm

De lengte van de aluminium buis tussen de twee steunen bedraagt 50 cm.

De hoeveelheid van de lengteverandering moet vermenigvuldigd worden met 2 om de uitzetting van een buis met een lengte van 1 m te bepalen.

Uitzetting van een buis met een lengte van 1 m: mm

Om de uitzetting bij het verwarmen met 1°C te kunnen afleiden delen we de temperatuurstijging van de kamertemperatuur tot aan het kookpunt van water. Meet dus de temperatuurstijging van de buis.

De specifieke lineaire uitzetting van aluminium is: mm/m °C.

Experiment 2:

We herhalen het experiment met de ijzeren buis en voeren het experiment uit zoals hierboven. Bezie de fouten die hier voorkomen.

Conclusie:

De specifieke lineaire uitzetting van aluminium is twee keer zo groot als die van ijzer. De lineaire uitzetting is in de orde van grootte van een honderdste millimeter.

1.5. VOLUMEVERANDERING VAN VLOEISTOFFEN

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Laboratoriumthermometer-10...+110°C,
met schaalverdeling

1x Waskrijt(stift) ☐

1x Warmteverdeler 150 x 150 mm

2x Stop, silicone 12/18/27mm, 1 gat 7mm

1x Statiefstang, 300 mm,

1x Kopstuk, rond,

3x Kopstuk, universeel,

1x Draagstang met schroef, L = 100 mm, D = 10 mm

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

1x Statiefringen set van 3

2x Manometerbuis, acryl, D = 8 mm, L = 200 mm ☐

2x Reageerbuisen, glas, 16 x 160 mm

1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander☐

1x Luciferase □

Water en petroleum of spiritus

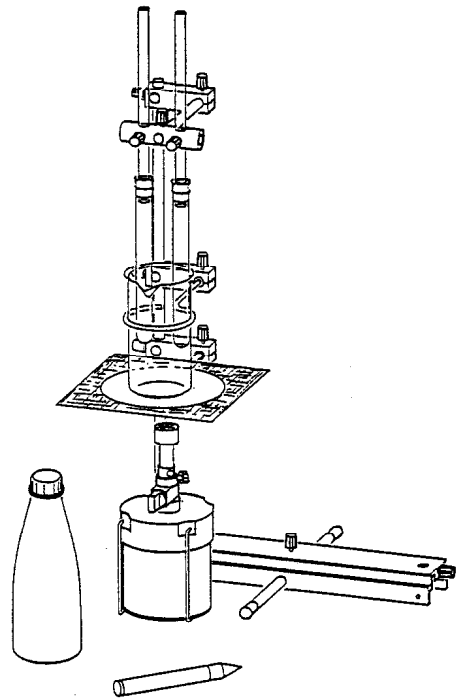


Zetten alle vloeistoffen op dezelfde wijze uit als ze verhit worden?

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote maat statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de Warmteverdeler met keramische inleg.

We bestuderen twee verschillende vloeistoffen. Water en spiritus. We vullen de ene reageerbuis met water en de tweede met spiritus, tot aan de rand. We rusten de twee siliconen stops uit met plastic slangen en gebruiken ze om de testbuizen te sluiten. We willen de twee vloeistoffen een beetje in de buizen drukken. Ze zouden beide op dezelfde hoogte moeten staan in de buizen. We markeren het vloeistofpeil van de kolommen. We klemmen de twee testbuizen bij de plastic buizen vast aan het ronde kopstuk en dompelen ze onder in de beker. We zetten de beker op de warmteverdeler en houden hem vast met de middelgrote statiefring.



Experiment:

We steken de brander aan en verhitten het water in de beker. We houden de vloeistoffen in de plastic buizen goed in de gaten.

De twee vloeistofpeilen veranderen van hoogte na enige tijd, omdat ze in verschillende mate uitzetten.

Conclusie:

Spiritus heeft een grotere mate van uitzetting dan water.

1.6. VOLUMEVERANDERING VAN LUCHT BIJ CONSTANTE DRUK

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Warmteverdeler 150 x 150 mm

1x Stop, silicone 17/22/25 mm, 1 gat 7mm, SB19□

1x Waskrijt(stift) ☐

1x Slang, plastic, 100 cm ☐

1x Statiefstang, 300 mm

2x Kopstuk, universeel ☐

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm □

1x Statiefringen set van 3

1x Bekerglas, 250 ml, hoog ☐

1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19

1x Glazen buis, recht, D=8/5mm, L = 80mm

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander ☐

1x Luciferase

1x Water



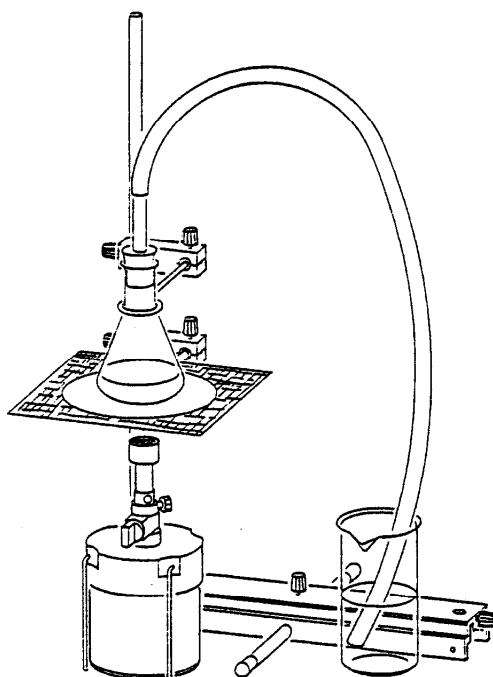
Als een gas wordt verhit en de buitendruk wordt constant gehouden, dan zal het gas uitzetten. We gaan in dit experiment de verandering van volume bekijken.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

Eerst drukken we de glazen buis door het gat in de siliconen stop, totdat het een stukje door de bodem heen steekt.

We drukken dan de siliconen stop met de glazen buis stevig in de erlenmeyer en zetten het geheel dan op de warmteverdeler. We doen dan de kleine maat statiefring, die vastgehouden wordt door het universele kopstuk, van boven rond de hals van de erlenmeyer. We maken de plastic buis vast aan de glazen buis. We dompelen het andere uiteinde van de buis in de beker met water.



Experiment:

We verwarmen dan gedurende korte tijd de lucht in de erlenmeyer boven een lage vlam. We letten goed op het uiteinde van de plastic-buis in het water. Na een paar minuten (de erlenmeyer mag niet te heet worden!) halen we de brander weg en letten goed op het uiteinde van de buis.

Gedurende het verhittingsproces nemen we stijgende luchtballen waar. Als het geheel afkoelt wordt de lucht weer samengedrukt. Daardoor stroomt het water van de beker in de plastic-buis.

Conclusie:

Lucht zet veel sneller uit dan vloeistoffen of vaste stoffen. Het volume van de lucht neemt af zodra de lucht afkoelt.

1.7. DRUKVERANDERING VAN LUCHT BIJ CONSTANT VOLUME

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

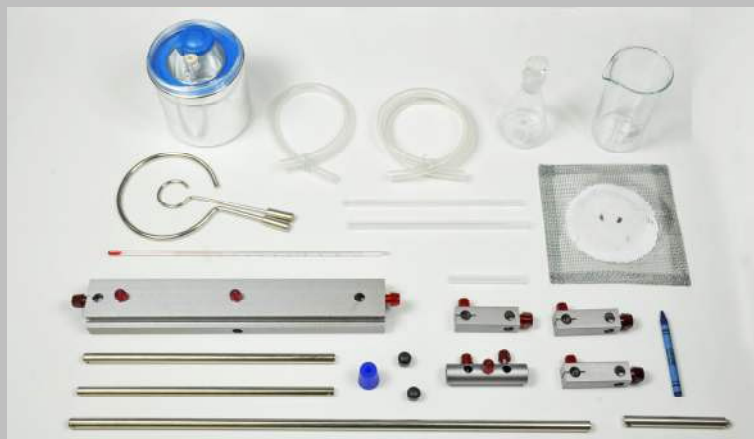


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling
- 1x Joulemeter, universeel
- 1x Kleurstof, rood
- 1x Waskrijt(stift)
- 1x Warmteverdeler 150 x 150mm
- 1x Stop, silicone 17/22/25 mm, 1 gat 7mm, SB19
- 1x Slang, plastic, 100 cm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 1x Kopstuk, rond
- 3x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang met schroef, L = 100 mm, D = 10 mm
- 2x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 2x Manometerbuis, acryl, D = 8 mm, L = 200 mm
- 1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog
- 1x Glazen buis, recht, D = 8/5mm, L = 80mm

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



We bepalen de toename van druk als we 1 graad Celsius verwarmen. Het volume moet constant gehouden worden.

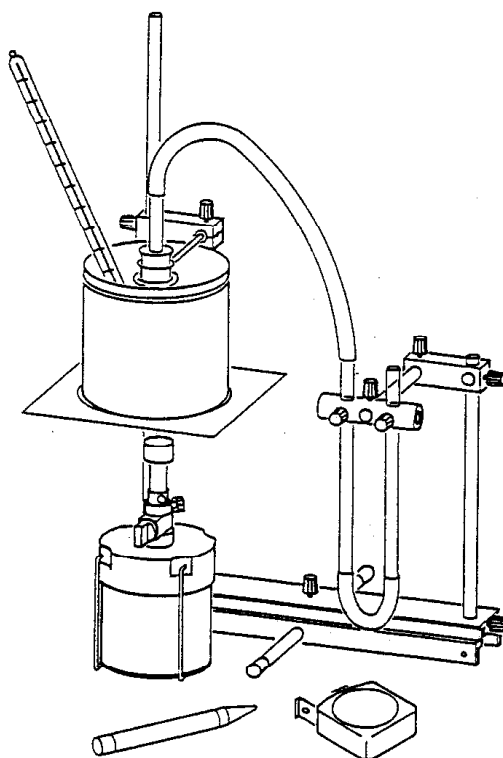
Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We bouwen een manometer door middel van de kortste van de 2 plastic buizen en de twee plastic pijpen. We zetten deze vast in het kopstuk op een passende hoogte. We vullen de container van de manometer met water waaraan de rode kleurstof is toegevoegd, tot juist onder de plaats waar hij is vastgezet. We gebruiken de calorimeter zonder de isolerende beker. We vullen hem met een zodanige hoeveelheid water dat de erlenmeyer er volledig in kan worden ondergedompeld. We doen de kleine statiefring om de hals van de fles om ervoor te zorgen dat hij niet omvalt.

We meten de watertemperatuur. $T_1 = \dots\dots\dots$ °C.

We stoppen de glazen buis in de siliconen stop. We sluiten de erlenmeyer stevig af met de siliconenstop met de glazen buis erin. Dan verbinden we de erlenmeyer met de manometer door middel van de langere plastic buis (van 45 cm lang). We markeren het waterpeil in de manometer met het waskrijt.



Experiment:

We verhitten de container van de calorimeter (zonder de isolerende beker) met de brander. De temperatuur stijgt met ongeveer 4 graden (we zetten de brander slechts één minuut aan!). Omdat de warmteoverdracht enige tijd nodig heeft stijgt de temperatuur nog nadat de brander is uitgezet.

We roeren het water en met de temperatuur opnieuw. $T_2 = \dots\dots\dots$ °C.

De manometer toont een toename van de luchtdruk. Hou de buis van de manometer open en til hem zover op dat het oorspronkelijke volume van het gas weer bereikt wordt (de vloeistof in de manometer bereikt opnieuw de gemarkeerde hoogte in de gesloten buis). Dit doen we om de meting met hetzelfde volume uit te kunnen voeren. We meten het hoogteverschil in beide waterkolommen (meet dit met behulp van het meetlint).

Het hoogteverschil is: $\dots\dots\dots$ cm

Dan delen we het hoogteverschil door de temperatuurstijging. De uitkomst is het verschil in hoogte per graad Celsius. Omdat 1 cm waterkolom gelijk is aan een druk van ongeveer 1 mbar, kan de drukstijging worden weergegeven in mbar.

Conclusie:

De stijging van de druk door verhitting is een aantal mbar.

Tip:

De drukstijging is ongeveer 4 mbar per °C. Als de in dit experiment gemeten hoeveelheid nogal afwijkt van de normale hoeveelheid, dan wordt dit o.a. veroorzaakt door het feit dat de lucht in de erlenmeyer fles de watertemperatuur niet snel genoeg overneemt.

1.8. WARMTETRANSPORT: GELEIDING

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Buis voor uitzetting bij temperatuurtoename, aluminium

1x Buis voor uitzetting bij temperatuurtoename, ijzer

1x Was strip

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

2x Kopstuk, universeel, NTL

2x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm

2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander

1x Lucifers

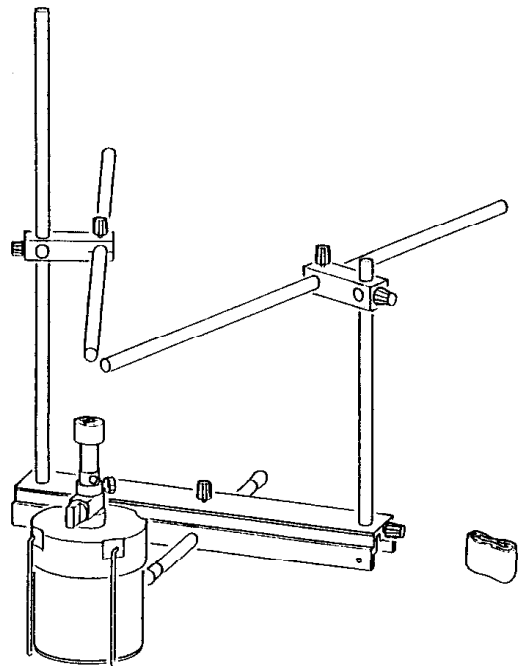


Verschillende materialen geleiden warmte op verschillende manieren (bijv. papier en metaal). Verschillende metalen tonen een verschil in thermische geleiding.

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We bevestigen de doppen voor de pennen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal in de statiefrail aan de ene kant. De tweede staaf, van 25 cm, klemmen we vast aan de andere kant.

We leggen een stuk papier op de tafel, om viezigheid te voorkomen. Dan rollen we zes kleine balletjes van de was (de was wordt als plastic door de temperatuur van onze handen). We klemmen drie balletjes was op de aluminium buis en de ijzeren buis. De eerste bal moet ongeveer op 5 cm van het eind komen en de onderlinge afstand van de andere balletjes moet ongeveer 3 cm zijn. We zetten de statiefstangen met de universele kopstukken zodanig vast in het statief dat hun uiteinden elkaar raken. We plaatsen de brander direct onder dit punt waar ze elkaar raken.

**Experiment:**

We verwarmen het raakpunt van de twee metalen buizen.

Het verloop van het vallen van de wassen balletjes (door het verhitten) houden we goed in de gaten en noteren we. Nadat het vierde balletje is gevallen moet de „thermische geleidingswedstrijd“ voltooid zijn.

De wassen balletjes van de aluminium buis vallen eerder omlaag.

Conclusie:

Aluminium is een betere geleider van warmte dan ijzer.

1.9. WARMTETRANSPORT: STROMING

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9902-4C Warmte 1

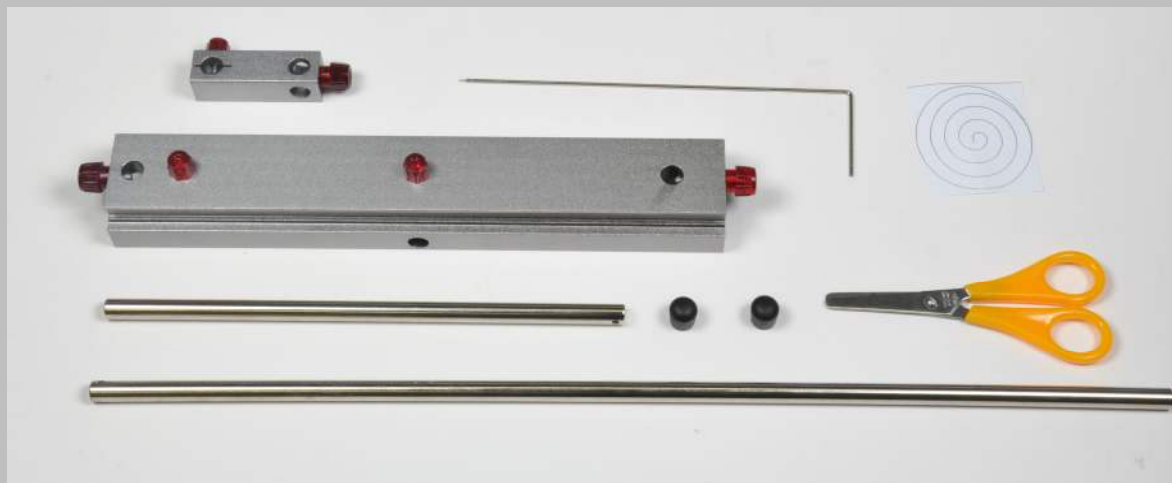


Materiaal:

- 1x Stalen naald, rechthoekig
- 1x Spiralen voor stralingswarmte, set van 5
- 1x Statiefstang, 300 mm, NTL
- 1x Kopstuk, universeel, NTL
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Schaar

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers



Een brander met ventilator verwarmt de lucht in een kamer snel, omdat de lucht stroomt en zo de warmte meeneemt. In welke richting stroomt verwarmde lucht?

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang

We schroeven het universele kopstuk met de gebogen naald op de verticale staaf vast op een hoogte van minstens 30 cm. We knippen de spiraal om het warmtetransport te meten eerst uit op de buitenste cirkel. Daarna volgen we de spiraalvormige lijn zodat we een papieren spiraal krijgen. We plaatsen de papieren spiraal bovenop de gebogen naald (de spiraal zal beter werken als hij eerst in het midden van een drukknopje wordt vastgezet).

Experiment:

We steken de brander aan en zetten hem boven op een lage vlamstand. We plaatsen hem onder de gebogen naald.

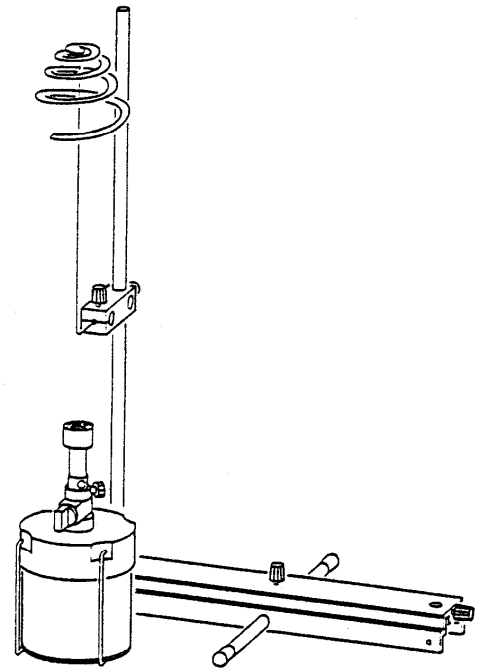
Attentie:

De afstand tussen de papieren spiraal en de vlam moet groot genoeg zijn om het papier niet te laten ontbranden!

De spiraal begint te draaien.

Conclusie:

De draaiing van de spiraal toont aan dat de door de warmtebron verwarmde lucht zich in opwaartse richting beweegt. Warme lucht stijgt op.



1.10. WARTMETRANSPORT: STRALING

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9902-4C Warmte 1

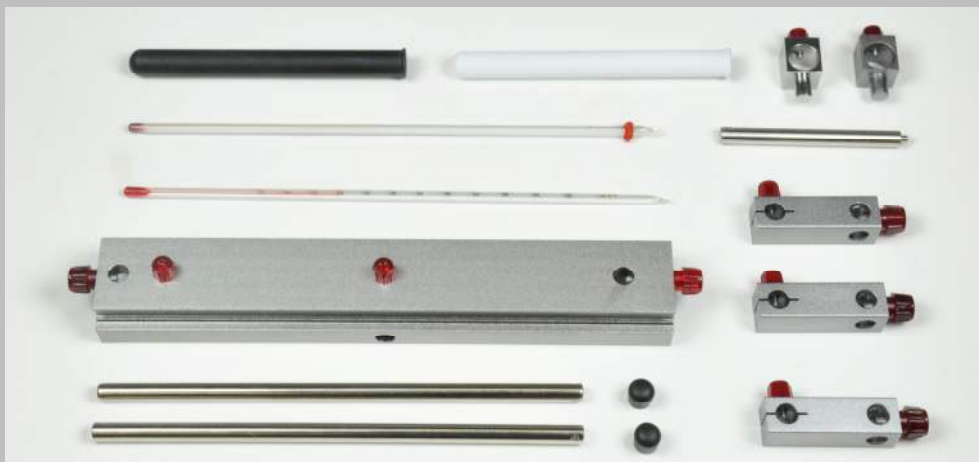


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer
-10...110°C, met schaalverdeling
- 1x Thermometer -10...110°C
zonder schaalverdeling
- 1x Objecten voor warmtestraling,
set van 2
- 1x Statiefstang, 300 mm □
- 3x Kopstuk, universeel □
- 2x Draagstang, rond, L = 250 mm,
D = 10 mm □
- 1x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm,
D = 10 mm

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander □
- 1x Lucifers □
- 1x Water

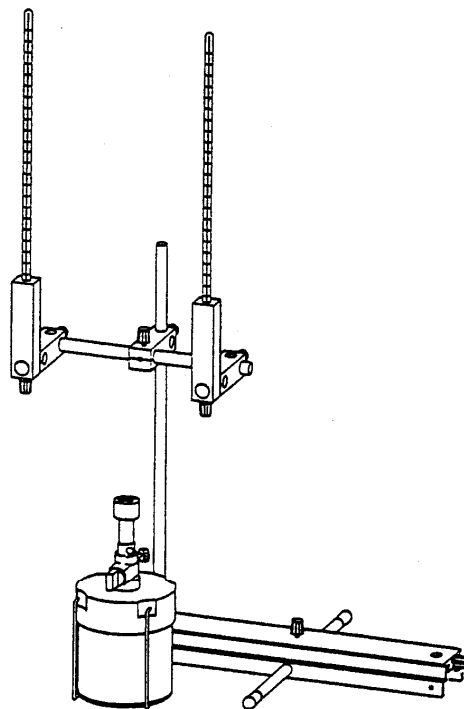


Als we zonnebaden ontvangen we de warmte-energie noch door warmtegeleiding, noch door warmtestroming. Er is nog een derde soort van warmtetransport.

Voorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de 25 cm lange staaf verticaal in de statiefrail. De staaf van 10 cm maken we met behulp van het universele kopstuk vast aan de staaf van 25 cm onder een hoek van minder dan 90° .

De twee objecten voor warmtestraling zijn uitgerust met boutjes die we gebruiken om de objecten in de universele kopstukken te plaatsen. We maken deze twee universele kopstukken zo dicht mogelijk tegen elkaar aan op de staaf van 10 cm vast. We doen enkele druppels water in de blokken (om de warmteoverdracht te verbeteren). We stoppen de thermometer met schaalverdeling in het ene blok voor warmtegeleiding en de thermometer zonder schaalverdeling in het andere. De ongeschaalde thermometer hadden we al gekalibreerd in experiment 1.2. We noteren de twee oorspronkelijke temperaturen.



Experiment:

We steken de brander aan. Na ongeveer twee minuten lezen we de temperatuur op beide thermometers af.

Temperatuur in $^\circ\text{C}$ na:	0 min	2 min	4 min	6 min
lichtere blok				
donkere blok				

De thermometer in het lichtere blok geeft een minder scherpe temperatuurstijging aan dan de thermometer in het donkere blok.

Conclusie:

Lichte, glimmende oppervlakken absorberen minder warmte dan donkere, matte oppervlakken.

1.11. ISOLATIE VAN WARMTE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9902-4C Warmte 1

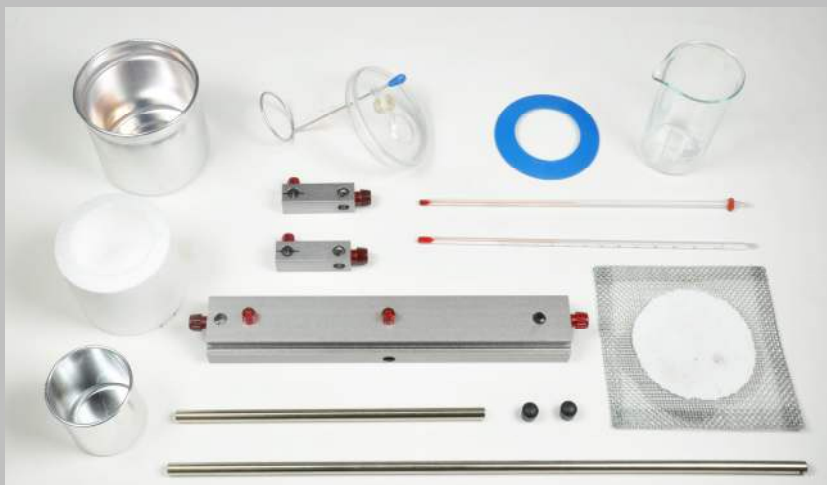


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer - 10...110°C, met schaalverdeling
- 1x Thermometer -10...110°C zonder schaalverdeling
- 1x Joulemeter, universeel □
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Statiefstang, 300 mm □
- 2x Kopstuk, universeel □
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm □
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm □
- 1x Statiefringen set van 3 □
- 1x Maatcilinder, plastic, 100 ml
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander □
- 1x Lucifers □
- 1x Water

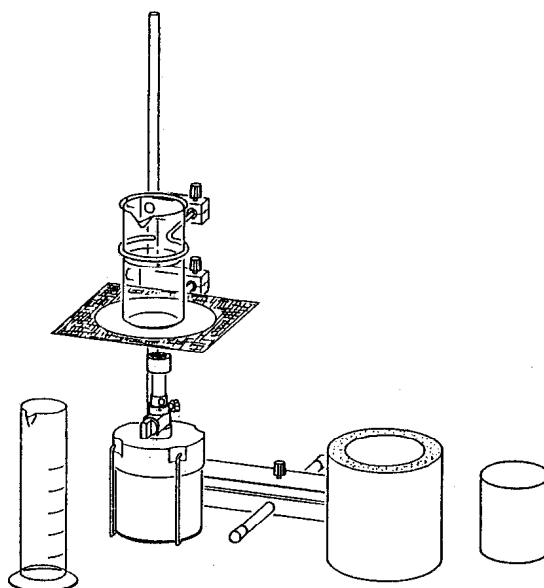


Energie besparen betekent ook het voorkomen dat warmte uit een kamer ontsnapt. In dit experiment zien we zowel een voorbeeld van een goede warmteisolatie als van een slechte.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We zetten de beker op de warmteverdeler en zetten hem vast met de middelste van de statiefringen. We gebruiken de joule-calorimeter zonder kap en nemen de aluminiumbeker eruit.



Experiment:

We verhitten 200 ml water tot ongeveer 80°C. Dan zetten we de brander uit. Met behulp van de statiefring halen we de beker van de warmteverdeler af. We vullen voorzichtig 100 ml water in het isolerende beker van de calorimeter en 100 ml in de aluminium beker. We stoppen de thermometer met schaalverdeling in het ene bakje en de thermometer zonder schaalverdeling in het andere bakje. We hadden de ongeschaalde thermometer in experiment 1.2 gekalibreerd. We noteren de starttemperaturen.

Dan vergelijken we de afkoeling van het water in de aluminium beker met die van de calorimeter. Om dit te doen meten we de temperatuur als we starten en om de 2 minuten. We noteren de gemeten waarden in de tabel.

Temperatuur in °C na:	0 min	2 min	4 min	6 min
Aluminium beker				
Calorimeter				

De aluminium beker is een voorbeeld van een slechte warmte-isolatie; de calorimeter is een voorbeeld van een goede warmte-isolatie.

Conclusie:

De warmte ontsnapt slechts langzaam als de warmte-isolatie goed is. Het materiaal van de isolerende beker (Styropor) is een materiaal dat geschikt is voor warmte-isolatie.

2. FASEVERANDERINGEN

2.1. MENGEN VAN VLOEISTOFFEN MET VERSCHILLENDE TEMPERATUUR

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer - 10...110°C, met schaalverdeling
- 1x Joulemeter, universeel
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 2x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Maatcilinder, plastic, 100 ml
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog
- 1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19

Aanvullende benodigdheden:

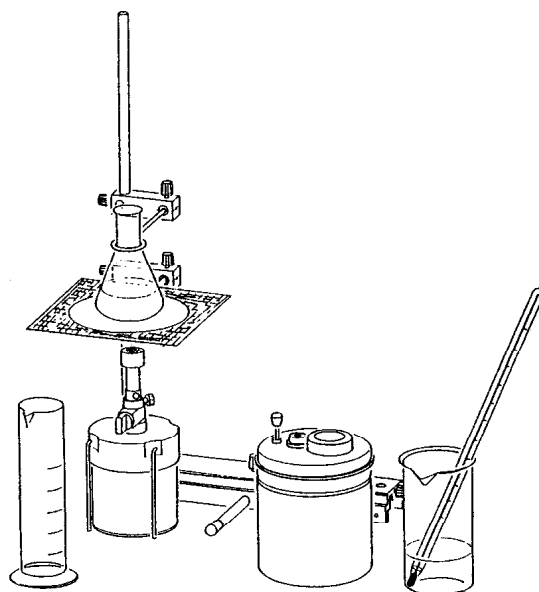
- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



Welke temperatuur aanvaardt een mengsel van warm en koud water? Eerst mengen we dezelfde hoeveelheden warm en koud water. In het tweede experiment mengen we warm water met twee keer zoveel koud water.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.



Experiment 1:

We meten 50 ml af met behulp van de maatglas en verwarmen dit in de erlenmeyer. Omvallen van dit glas voorkomen we met de kleine statiefring. Terwijl het water wordt verwarmd gieten we 50 ml koud water in de calorimeter met behulp van het maatglas. We sluiten de grote opening in het transparante deksel van de calorimeter af met een plastic dop. We meten de temperatuur van het water in de calorimeter.

Zodra het water in het erlenmeyer glas een temperatuur van ongeveer 70°C heeft bereikt, zetten we de brander uit. We meten de temperatuur. Dan gieten we 50 ml warm water in de calorimeter bij het koude water (houd het erlenmeyer glas met een doekje vast!). We sluiten de calorimeter met het transparante deksel, duwen de thermometer door de siliconen stop en mengen het water met de roerstaaf (in een op- en neergaande beweging!). Dan lezen we de temperatuur van het mengsel af.

	koud water	warm water	mengsel
	50 ml	50 ml	100 ml
Temperatuur (in °C)			

Experiment 2:

Dan verwarmen we 40 ml water (afgemeten met het maatglas) in het erlenmeyer glas tot ongeveer 70°C. Ondertussen gieten we 80 ml koud water (afgemeten met het maatglas!) in de calorimeter en meten de temperatuur van het water.

Zodra het water in het glas een temperatuur van 70°C heeft bereikt zetten we de brander uit en meten de temperatuur van het verwarmde water. Dan gieten we het warme water in de calorimeter bij het koude water. Na doorroeren meten we de temperatuur van het mengsel.

	koud water	warm water	mengsel
	80 ml	40 ml	120 ml
Temperatuur (in °C)			

Conclusie:

Als we warm en koud water mengen zal de gemiddelde waarde van de twee temperaturen alleen bereikt worden bij dezelfde hoeveelheden water.

Tip:

Het volgende geldt voor het mengsel van de twee hoeveelheden water met verschillende temperaturen:

$$m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2 = (m_1 + m_2) \cdot T$$

m_1, m_2 massa's van de twee hoeveelheden water

T_1, T_2 initiële temperaturen

T temperatuur van het mengsel

Het volgende geldt voor twee verschillende materialen met massa's m_1 en m_2 en de soortelijke warmtes c_1 en c_2

$$m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2 = (m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2) \cdot T$$

2.2. SOORTELIJKE WARMTE VAN WATER

Gebruikte kit:
P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

- 1 x Maatglas 10 ml
- 1 x Thermometer -10 110°C
- 1 x Joule-calorimeter (met verwarmingsspiraal)
- 2 x Meetapparaten
- 5 x snoertjes
- Spanningsbron

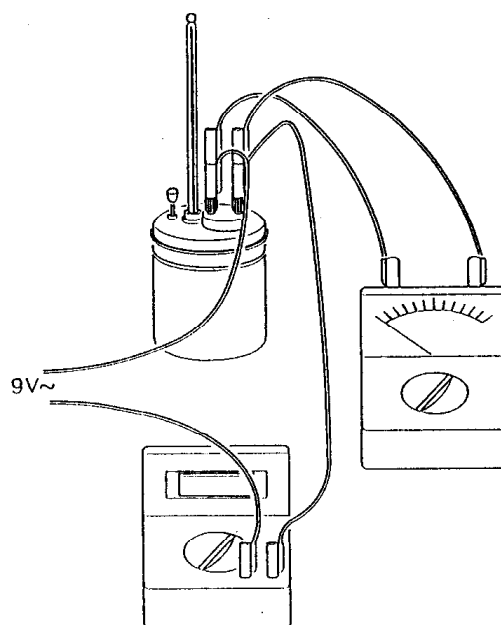
Aanbevolen optionele benodigdheden:

- 1 x Stopwatch
- 1 x Water

Als we de kosten van een verwarmde badkuip moeten uitrekenen, moeten we de hoeveelheid energie kennen die nodig is om 1 kg water met 1 graad Celsius te laten verwarmen.

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We vullen de calorimeter (met behulp van het maatglas!) met 100 ml water. We doen de verwarmingsspiraal in de calorimeter en passen een wisselspanning van 9 V toe. De elektrische voedingseenheid staat nu nog uit. We sluiten een ampèremeter (met meetbereik van 10 A) in serie aan met de verwarmingsspiraal om de elektrische stroom te kunnen meten. We meten de toegepaste spanning met een voltmeter bij de aansluitingen van de verwarmingsspiraal. We duwen de thermometer door de deksel van de calorimeter. We meten en noteren de watertemperatuur in de calorimeter.



Experiment:

We schakelen de elektrische voeding in en noteren de tijd (met de stopwatch of een horloge met secondenwijzer). We meten en noteren de waarden van de stroomsterkte en de spanning. Het verwarmen duurt precies 20 minuten. Dan schakelen we de elektrische stroom uit, mengen het water in de calorimeter (in op- en neergaande beweging met de roerstaaf) en lezen de watertemperatuur af.

Evaluatie:

Elektrische energie (Joule) = spanning (Volt) x stroomsterkte (Ampère) x tijd (seconden)

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

massa van water	$m = 0,100 \text{ kg}$
tijd	$t = 200 \text{ s}$
stroomsterkte	$I = \dots\dots\dots \text{ A}$
spanning	$U = \dots\dots\dots \text{ V}$
elektrische energie	$E = \dots\dots\dots \text{ J}$
initiële temperatuur	$T_1 = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$
eind temperatuur	$T_2 = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$

Temperatuurstijging:	$\dots\dots\dots ^\circ\text{C}$
Geleverde energie:	$\dots\dots\dots \text{ J}$

Nu kennen we de hoeveelheid energie benodigd voor een specifieke temperatuurstijging van 0,100 kg water. Hiermee kunnen we de hoeveelheid benodigde energie om de temperatuur van 0,100 kg water 1°C te laten stijgen eenvoudig berekenen:

Benodigde energie: $\dots\dots\dots \text{ J}$

Om 1 kg water 1°C te laten stijgen hebben we tien keer zoveel energie nodig; dus $\dots\dots\dots \text{ J}$.

De waarde voor de soortelijke warmte is $4186 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$.

In dit experiment kunnen vele fouten optreden. Overweeg welk type fouten dat kan zijn.

Conclusie:

De soortelijke warmte van water is de hoeveelheid warmte (hoeveelheid energie) die benodigd is om 1 kg water 1°C te verwarmen.

2.3. SOORTELIJKE WARMTE VAN VASTE STOFFEN

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Laboratoriumthermometer - 10...110°C,
met schaalverdeling

1x Joulemeter, universeel ☐

1x Vaste voeding, 12 V / 20 W AC

1x Maatcilinder, plastic, 100 ml ☐

1x Aluminium blok, 50 x 20 x 20 mm

1x IJzeren blok met haak, klein 20 x 20 x 20 mm ☐

1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht

1x Warmteverdeler 150 x 150 mm ☐

1x Statiefstang, 300 mm, NTL

2x Kopstuk, universeel, NTL

1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm □

2x Kunststof eindstuk voor statief

1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm □

1x Statiefringen set van 3

1x Maatcilinder, plastic, 100 ml

1x Bekerglas, 250 ml, hoog

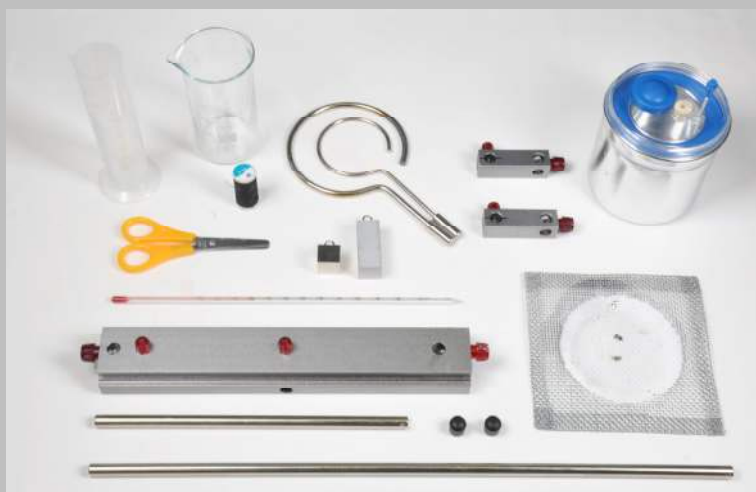
1x Schaar

Aanvullende benodigdheden:

1x Gasbrander☐

1x Luciferase ☐

1x Water

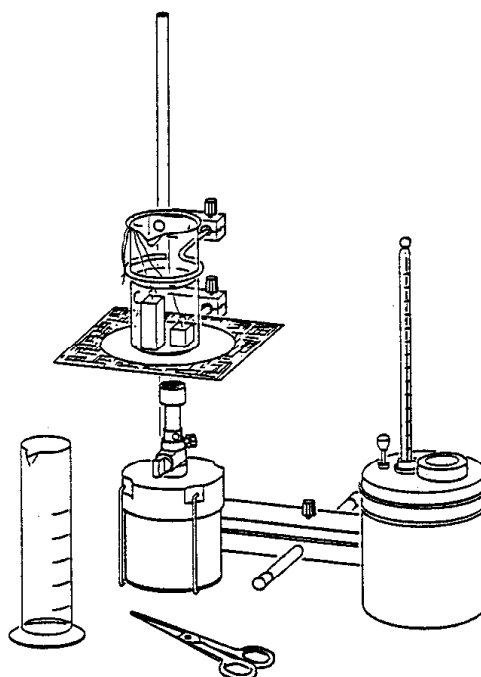


Geven voorwerpen van verschillende materialen met dezelfde massa's dezelfde hoeveelheid warmte af? We vergelijken de warmte-emissie van ijzer en aluminium.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

De twee blokken hebben dezelfde massa. We binden een stukje snaar met een lus aan de twee blokken vast (gemaakt van ijzer en/of aluminium). We dompelen de blokken in de beker totdat ze onder water staan. De eindjes van de lussen moeten niet over de rand van de beker hangen. Pas op! Zorg ervoor dat de uiteinden van de lussen niet te dicht in de buurt van de brander komen! We verwarmen het water tot ongeveer 80°C. Dan zetten we de brander uit. Met behulp van de thermometer roeren we het water waarna we de temperatuur meten.



We schenken 100 ml water in de calorimeter (gemeten met het maatglas) en meten vervolgens de temperatuur van het water.

Experiment:

We halen het blokje aluminium uit de beker en dompelen het onder in de calorimeter. Na 40 seconden halen we het blokje aluminium er weer uit. We roeren het water dan door middel van de roerstaaf (op- en neergaande beweging) en we meten de temperatuurstijging.

Dan dompelen we het blokje ijzer in het vat. Na 40 seconden wordt het ondergedompelde blokje weer verwijderd. We mengen het water en de temperatuurstijging als gevolg van het blokje wordt gemeten.

Resultaat:

temperatuur van het koude water:	 °C
temperatuurstijging veroorzaakt door het blokje aluminium:	 °C
temperatuurstijging veroorzaakt door het blokje ijzer:	 °C

De temperatuurstijging veroorzaakt door het aluminium blokje is ongeveer twee keer zo hoog. Het blokje aluminium heeft dus ongeveer twee maal zoveel warmte geabsorbeerd en het daarna weer uitgestraald. De hoeveelheid warmte die door een materiaal kan worden geabsorbeerd hangt af van de soortelijke warmte van dat materiaal.

Conclusie:

De soortelijke warmte van aluminium is twee keer zo hoog als die van ijzer.

2.3.1. BEREKENING VAN SOORTELIJKE WARMTE VAN VASTE STOFFEN

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal
P9902-4C Warmte 1

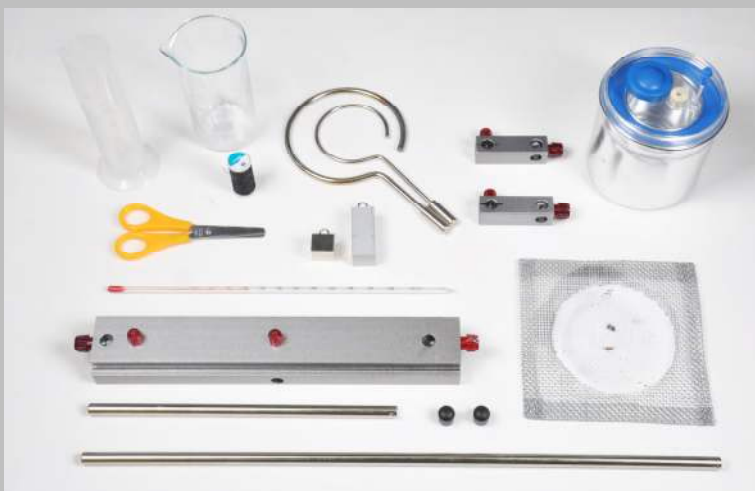


Materiaal:

- 1x Aluminiumblok, 50 x 20 x 20 mm
- 1x IJzeren blok met haak, klein 20 x 20 x 20 mm
- 1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling
- 1x Joulemeter, universeel
- 1x Koord, rol van 30 m, grote trekkracht
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 2x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Maatcilinder, plastic, 100 ml
- 1x Beker glas, 250 ml, hoog
- 1x Schaar

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



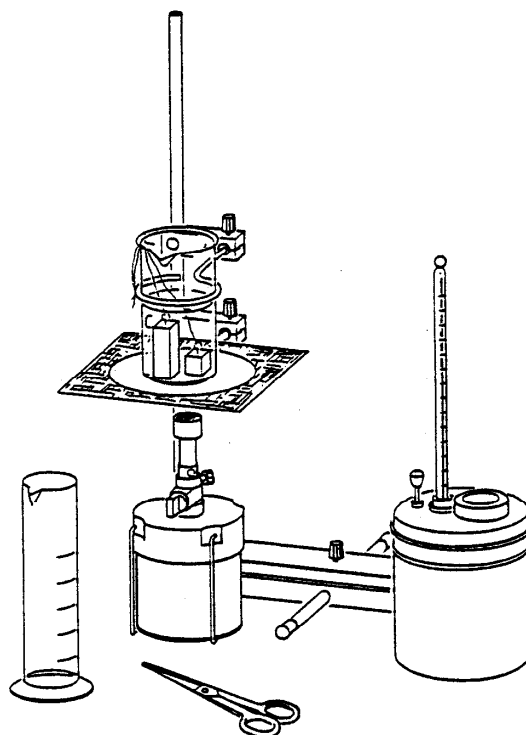
We gaan de soortelijke warmte van ijzer en aluminium berekenen.

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote maatstafiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de Warmteverdeler met keramische inleg.

De twee blokken hebben dezelfde massa. We binden een stukje snaar met een lus aan de twee blokken vast (gemaakt van ijzer en/of aluminium). We dompelen de blokken in de beker totdat ze onder water staan. De eindjes van de lussen moeten niet over de rand van de beker hangen. Pas op! Zorg ervoor dat de uiteinden van de lussen niet te dicht in de buurt van de brander komen! We verwarmen het water tot ongeveer 80°C. Dan zetten we de brander uit. Met behulp van de thermometer roeren we het water waarna we de temperatuur meten.

We schenken 100 ml water in de calorimeter (gemeten met het maatglas) en stellen vervolgens de temperatuur van het water vast.



Experiment:

We halen het blokje ijzer uit de beker en dompelen het onder in de calorimeter. Na 2 minuten halen we het blokje ijzer er weer uit. We roeren het water dan door middel van de roerstaaf (op- en neergaande beweging) en we meten de temperatuurstijging.

Resultaat:

temperatuur T_1 van het koude water: °C
massa van het koude water: 0,100 kg
temperatuur T_2 van het verwarmde blokje ijzer: °C
massa m van het verwarmde blok: kg
mengtemperatuur T : °C

De soortelijke warmte van ijzer t.o.v. water (soortelijke warmte 1) is af te leiden uit de vergelijking van de mengtemperatuur met de verschillende materialen en de verschillende soortelijke warmtes.

$$c = \frac{0,100 \cdot (T - T_1)}{m \cdot (T_2 - T)} = \dots\dots\dots$$

Soortelijke warmte van water: 4,186 kJ/kg °C
Soortelijke warmte van ijzer:

We herhalen het experiment met het aluminium blokje en stellen zo de soortelijke warmte van aluminium vast.

$$c = \frac{0,1 \cdot (T - T_1)}{m \cdot (T_2 - T)} = \dots\dots\dots$$

Soortelijke warmte van water: 4,186 kJ/kg °C
Soortelijke warmte van aluminium:

Conclusie:

De soortelijke warmte van ijzer is ongeveer een negende van de soortelijke warmte van water, de soortelijke warmte van aluminium is ongeveer twee keer zo hoog als die van ijzer.

2.4. SMELTPUNT

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

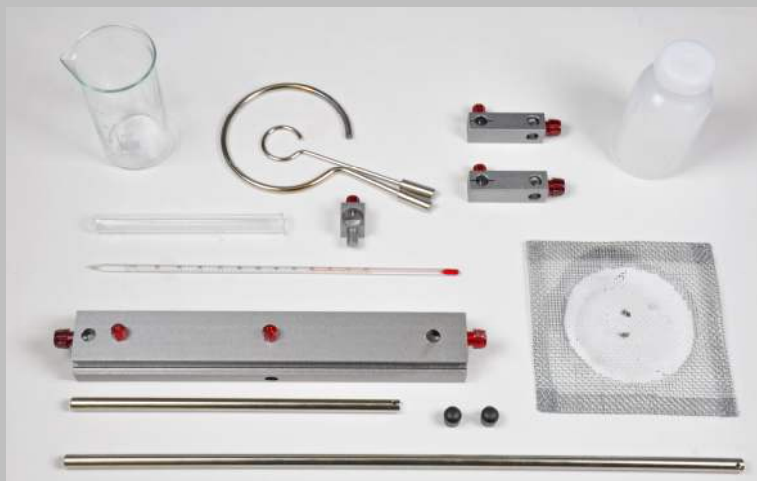


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer - 10...110°C, met schaalverdeling
- 1x Natriumthiosulfaat 200 g/kaarsvet
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Statiefstang, 300 mm, NTL
- 3x Kopstuk, universeel, NTL
- 1x Houder voor krachtmeters en reageerbuizen
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Reageerbuizen, glas, 16 x 160 mm
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water

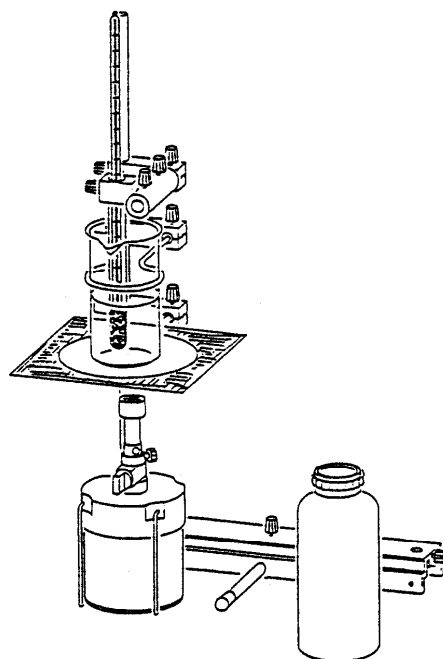


We gaan de smelttemperatuur van een vaste stof bepalen.

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We vullen de reageerbuis tot een derde met natriumthiosulfaat. De beker vullen we tot de helft met water en de reageerbuis, die vastgeklemd zit in de houder, dompelen we erin onder. De houder van de dynamometer wordt vastgehouden door het ronde kopstuk, dat dwars over de staaf van 50 cm is gelegd. We stoppen de thermometer in de reageerbuis. De beker wordt geplaatst op de warmteverdeler met de keramische inleg en vastgezet met de middelgrote statiefring. We zetten de brander onder de warmteverdeler.



Experiment:

We verhitten het water met de brander en houden de temperatuur in de reageerbuis in de gaten. Zodra de thermometer ongeveer 40 °C aangeeft, begint het natriumthiosulfaat vlakbij de rand van de reageerbuis te smelten, omdat de temperatuur bij de rand een beetje hoger is. De temperatuur stijgt niet verder dan tot 48 °C. Dat is het smeltpunt van natriumthiosulfaat. De hoeveelheid geleverde warmte wordt nu voor het smeltproces gebruikt.

Pas als het natriumthiosulfaat volledig vloeibaar is zal de temperatuur weer stijgen.

Conclusie:

Als het smeltpunt bereikt wordt, wordt een vaste stof vloeibaar. De verder nog toegevoegde warmte wordt gebruikt voor het vloeibaar maken, zodat de temperatuur constant blijft gedurende het smeltproces.

2.4.1. SMELTWARMTE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling

1x Joulemeter, universeel

1x Maatcilinder, plastic, 100 ml

1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

1x Water

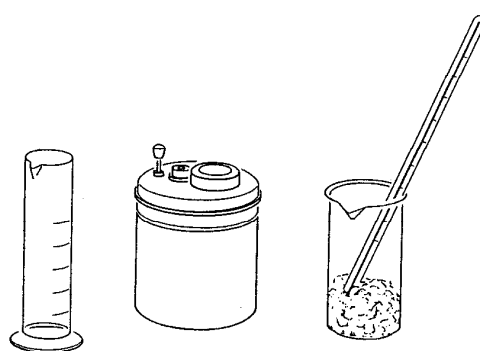


De overgang van een vaste naar een vloeibare fase vraagt om toevoer van energie. Dit is de energie die benodigd is om 1 kg ijs van 0 °C om te zetten in 1 kg water van 0 °C.

Vorbereiding:

We plaatsen de thermometer in het deksel van het calorimeter vat. We hebben een precisieweegschaal nodig. Eerst stellen we de massa van de calorimeter vast met behulp van de weegschaal. (inclusief deksel en thermometer). Dan vullen we de calorimeter met precies 100 ml water (gemeten met het maatglas). Dan sluiten we de calorimeter en meten de massa inclusief het water. We lezen de watertemperatuur af.

Er bevinden zich brokken smeltend ijs in de beker. De temperatuur is 0 °C.



Experiment:

We drogen de brokken ijs af met het stukje stof en stoppen een handjevol ijs (ongeveer 30 gram) in de calorimeter. Dan sluiten we de calorimeter weer.

Het ijs smelt door de warmte van het water. Het water koelt af. Gedurende het smeltproces stellen we de massa van de toegevoegde ijsblokjes vast.

Wacht totdat het ijs volledig gesmolten is (open af en toe het deksel van de calorimeter en controleer het ijs). Dan roeren we het water (op- en neergaande beweging van de roerstaaf) en meet de temperatuur. De resultaten van het experiment zetten we in de tabel.

Meet:	Gewicht van de calorimeter	 g
	Gewicht van de calorimeter met water..... g	
Bereken:	Gewicht van het opgeloste water	 g
Meet:	Temperatuur van het water in de calorimeter	 °C
	Gewicht van de calorimeter met ijs	 g
Bereken:	Gewicht van het ijs	 g
Meet:	Temperatuur van het water na het smeltproces	 °C

De hoeveelheid energie nodig om 1 kg ijs van 0 °C om te zetten in 1 kg water van 0 °C kunnen we berekenen aan de hand van de meetresultaten. Deze energie noemen we smeltwarmte.

$$m_1 \cdot T_1 \cdot c_W = (m_1 + m_2) \cdot T_2 \cdot c_W + m_2 \cdot q_S$$

$$q_S = \frac{c_W \cdot (m_1 \cdot T_1 - (m_1 + m_2) \cdot T_2)}{m_2}$$

m_1	massa van het water
m_2	massa van het ijzer
c_W	soortelijke warmte van het water (4,8 kJ/kg °C)
q_S	smeltwarmte van ijs
T_1	begintemperatuur van het water
T_2	eindtemperatuur van water, gemengd met smeltwater

De smeltwarmte van ijs is kJ/kg.

Binas vermeldt voor de smeltwarmte 335 kJ/kg.

Conclusie:

Er is 335 kJ energie nodig om 1 kg ijs te laten smelten.

2.5. STOLLEN VAN EEN MENGSEL

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

1x Laboratoriumthermometer - 10...+110°C, met schaalverdeling

1x Bekerglas, 250ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

Water ☐

Ijs

Zout

We laten zien waarom zout wordt gebruikt bij het dooien van ijs op straten.

Vorbereiding:

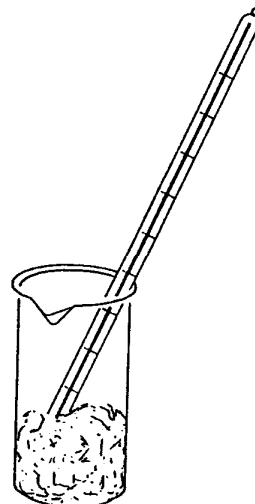
We vullen de beker tot een derde met verkruimelde ijsklontjes. We stoppen de thermometer op zo'n manier in de beker dat de vloeistofbal ervan volledig door ijs bedekt is. Hij geeft 0 °C aan. Dat is het smeltpunt van ijs.

Experiment:

We voegen wat zout toe aan het ijs en houden de aanwijzer van de thermometer goed in de gaten. De thermometer zakt tot onder de 0 °C. Het smeltpunt van de zoutoplossing ligt dus later. Dit komt omdat het zout is opgelost in het water. Het oplosproces gebruikt warmte, die wordt onttrokken aan het ijs.

Conclusie:

Het smeltpunt van een oplossing van ijs en zout ligt onder de 0 °C.



2.6. STOLLINGSWARMTE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

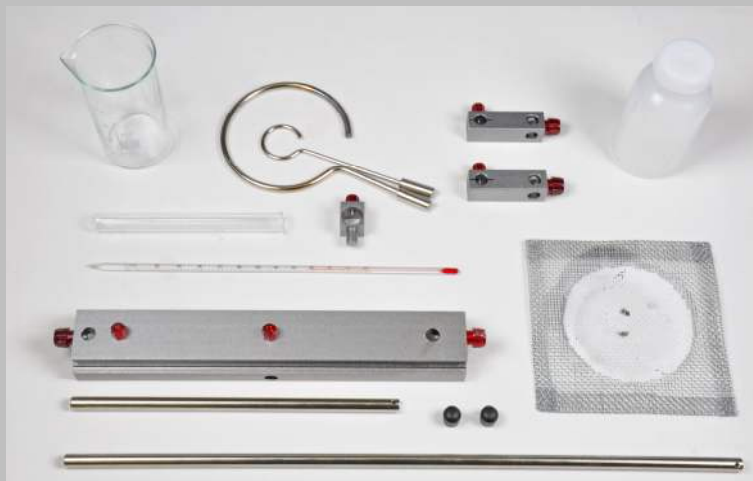


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer - 10...110°C, met schaalverdeling
- 1x Natriumthiosulfaat 200 g
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 3x Kopstuk, universeel
- 1x Houder voor krachtmeters en reageerbuizen
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Reageerbuis, glas, 16 x 160 mm
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



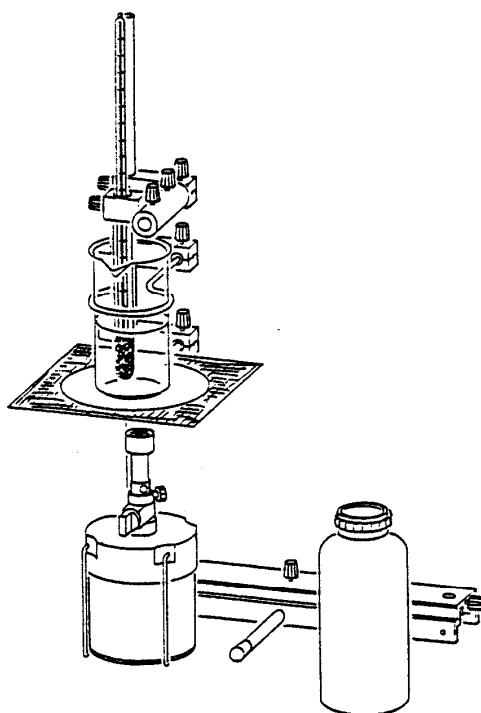
We volgen de stijgende warmte-emissie van een vloeistof terwijl het vast wordt. Dit is alleen mogelijk met een stollingsproces dat snel verloopt.

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

Allereerst moeten we het natriumthiosulfaat smelten en dan weer afkoelen.

We vullen de reageerbuis tot een derde met natriumthiosulfaat. De beker is voor de helft gevuld met water en we stoppen de reageerbuis, die vastgezet is in de houder voor de dynamometer, erin. De houder voor de dynamometer wordt vastgehouden met het ronde kopstuk, dat dwars over de staaf van 50 cm wordt gelegd. We stoppen de thermometer in de reageerbuis. De beker staat op de warmteverdeler en wordt vastgehouden door de middelgrote statiefring. We plaatsen de brander onder de warmteverdeler. We verwarmen het water net zolang tot het natriumthiosulfaat in de reageerbuis gesmolten is. Dan zetten we de brander weer uit. We halen dan de reageerbuis uit de beker met behulp van het kopstuk en halen de beker weg.



Experiment:

Het vloeibare natriumthiosulfaat moet afkoelen terwijl we de thermometer observeren. Zodra de temperatuur gedaald is tot 35 °C (de vloeistof is nog niet vast geworden, hoewel het stollingspunt van 48 °C al bereikt is) voegen we wat natriumthiosulfaatkristallen toe aan het smeltproces. Nu stolt de vloeistof snel. De toegevoegde kristallen dienen als kristallisatie-deeltjes. De temperatuur in de thermometer loopt op omdat warmte wordt gegenereerd door het stollen. De stollingswarmte is de vrijgekomen smeltwarmte. Als we de reageerbuis stevig vasthouden aan de onderkant kunnen we het opwarmen voelen.

Conclusie:

Er komt warmte vrij door stolling van een vloeistof. Dit is gelijk aan de hoeveelheid warmte die toegevoegd moet worden als we een vaste stof smelten.

2.7. KOOKPUNT

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

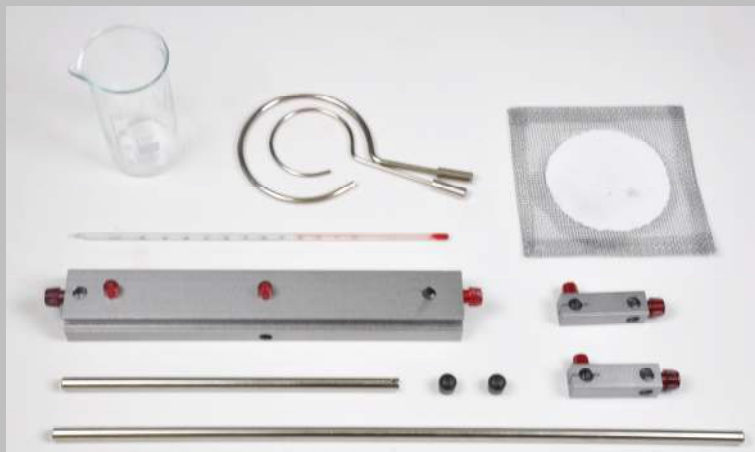


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer- 10...+110°C, met schaalverdeling
- 1x Warmteverdeler 150 x 150mm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 2x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water



We gaan het kookpunt van water vergelijken met het kookpunt van een zoutoplossing.

Voorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We vullen de beker met ongeveer 100 ml water en plaatsen hem op de grootste statiefring. De middelgrote statiefring doen we rond de beker. We steken de thermometer in de beker.

Experiment 1:

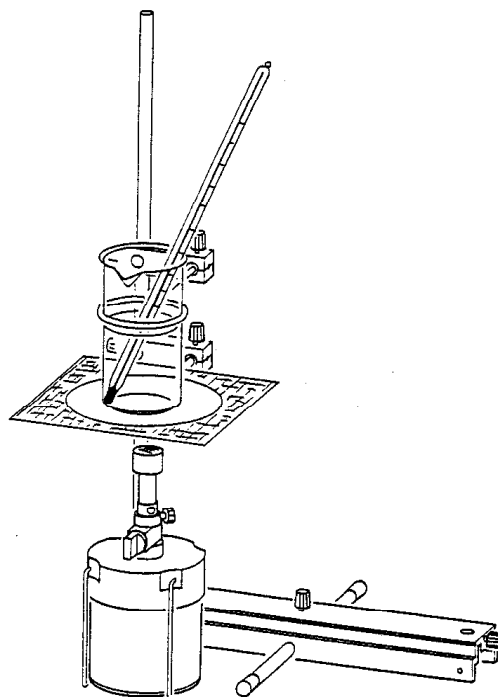
We verwarmen het water met behulp van de brander tot het kookt en letten op de temperatuur. Zodra het kookpunt van het water is bereikt stijgt de thermometer niet verder. De toegevoegde warmte wordt nu gebruikt voor de verdamping van het water (verdampingswarmte).

Experiment 2:

We voegen zout toe aan het kokende water en letten op de thermometer. Welke temperatuur meten we?

Conclusie:

Het kookpunt van water is 100 °C (bij normale druk). Het kookpunt van een zoutoplossing is hoger dan die van water.



2.7.1. VERDAMPINGSWARMTE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1

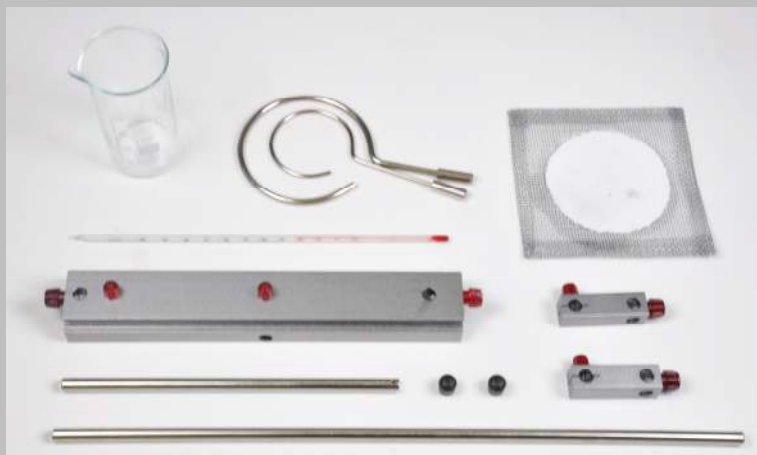


Materiaal:

- 1x Laboratoriumthermometer- 10...+110°C, met schaalverdeling
- 1x Warmteverdeler 150 x 150mm
- 1x Statiefstang, 300 mm, NTL
- 2x Kopstuk, universeel, NTL
- 1x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water

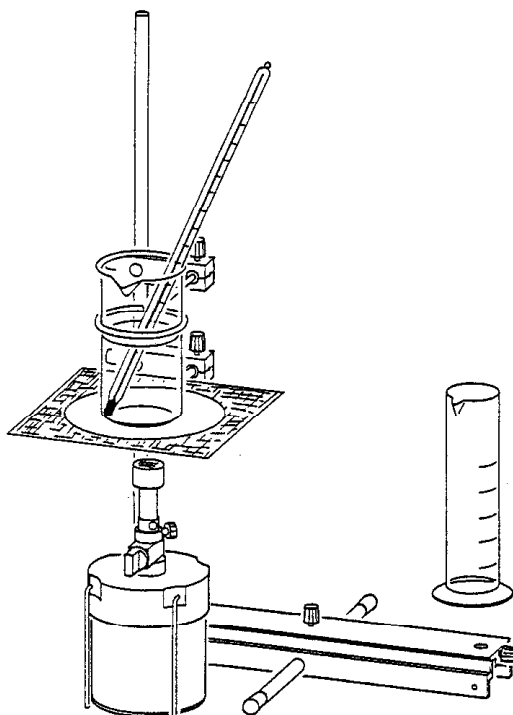


We willen de hoeveelheid energie vaststellen benodigd om 1 kg water te laten verdampen.

Vorbereitung:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote maat statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We wegen de lege beker en vullen hem daarna met ongeveer 100 ml water. Nu is massa van de beker met het water gemeten en daarmee ook de massa van het gevulde water. We plaatsen de beker op de warmteverdeler. We plaatsen de middelste maat statiefring rond de beker. We dompelen de thermometer in de beker en stellen de temperatuur van het water vast.



Experiment:

We steken de brander een en zetten de vlam laag. Tegelijkertijd zetten we de stopwatch in beweging. De hoogte van de vlam moet gelijk blijven zodat het verwarmen gelijkelijk plaatsvindt. Met de brander verhitten we het water totdat het kookt en onderwijl lezen we de temperatuur elke twee minuten af. Zodra het kookpunt is bereikt verwijderen we de thermometer en noteren we de verstreken tijd. Het water verdampt gedurende precies 4 minuten en dan zetten we de brander uit. Nadat het water enigszins is afgekoeld stellen we het resterende gewicht vast met behulp van de weegschaal.

De analyse van het experiment verdelen we in twee fasen.

1. Bepaling van de hoeveelheid warmte, die van de brander op het water wordt overgebracht: Het verwarmen van het water duurt in 4 minuten (240 s).

temperatuurstijging ΔT : $^{\circ}\text{C}$

Het volgende geldt voor het verwarmingsvermogen P van de brander:

$$P = \frac{m \cdot c_w \cdot \Delta T}{t} \quad \text{tijdsduur (240 s)}$$

c_w soortelijk warmte van water

2. Bepaling van de verdampingswarmte:

De totaal benodigde energie nodig voor het verdampingsproces is het product van de verdampingstijd (4 min = 240 s) en de verdampingsvermogen P van de brander:

$$E = P \cdot t$$

massa van het verdampte water: $m_w = \text{..... g}$

We kunnen de verdampingswarmte benodigd voor de verdamping van 1 g en/of 1 kg water q_v berekenen uitgaande van de massa van het verdampte water.

$$Q_w = \frac{E}{m_w} = \text{..... J/kg}$$

Resultaat:

De verdampingswarmte van water is MJ/kg.

De waarde van de verdampingswarmte in Binas is 2,26 MJ/kg.

Conclusie:

Er is 2,26 MJ energie benodigd om 1 kg water te verdampen.

2.8. DESTILLATIE

Gebruikte kit:

P9901-4A Statiefmateriaal

P9902-4C Warmte 1



Materiaal:

- 1x Kleurstof, rood
- 1x Warmteverdeler 150 x 150 mm
- 1x Stop, silicone 17/22/25 mm, 1 gat 7mm, SB19
- 1x Slang, plastic, 100 cm
- 1x Statiefstang, 300 mm
- 1x Kopstuk, rond
- 3x Kopstuk, universeel
- 1x Draagstang met schroef, L = 100 mm, D = 10 mm
- 2x Draagstang, rond, L = 250 mm, D = 10 mm
- 2x Kunststof eindstuk voor statief
- 1x Statiefstang, rond, L = 500 mm, D = 10 mm
- 1x Statiefringen set van 3
- 1x Manometerbuis, acryl, D = 8 mm, L = 200 mm
- 1x Maatcilinder, plastic, 100 ml
- 1x Reageerbuis, glas, 16 x 160 mm
- 1x Bekerglas, 250 ml, hoog
- 1x Erlenmeyer, glas, 100 ml, SB 19
- 1x Glazen buis, recht, D=8/5mm, L = 80mm

Aanvullende benodigdheden:

- 1x Gasbrander
- 1x Lucifers
- 1x Water

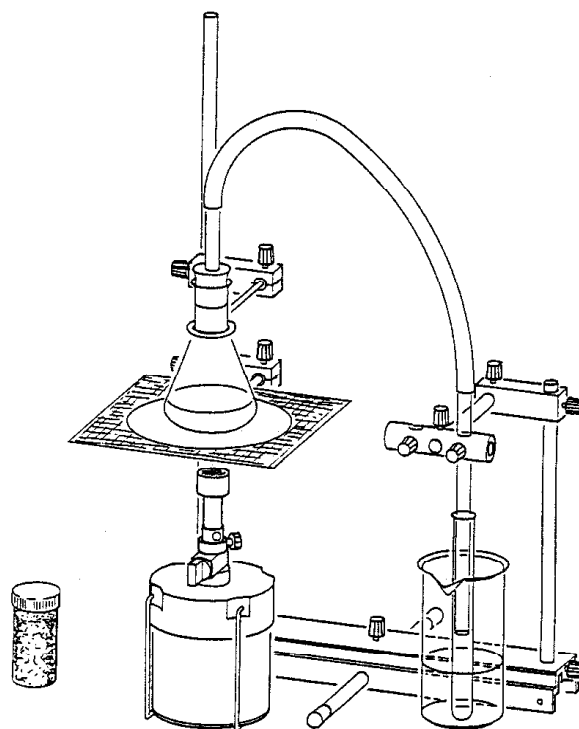


Kan gekleurd water weer ontkleurd worden?

Vorbereiding:

Stel de benodigdheden op zoals op de tekening. We drukken een 25 cm lange staaf door het kruisende gat van de statiefstang. We zetten de staaf vast door middel van de gekartelde schroef. We plaatsen de doppen aan beide uiteinden van de staaf. We klemmen de staaf van 50 cm verticaal vast aan de statiefstang. De grote statiefring zetten we vast aan de 50 cm staaf door middel van het universele kopstuk. Dit draagt de warmteverdeler met keramische inleg.

We gieten wat water, waaraan gekleurd poeder is toegevoegd, in het erlenmeyer glas (tot een hoogte van ongeveer 2 cm). De korte glazen buis stoppen we in het gat van de siliconen stop. We sluiten de erlenmeyer af met de siliconen stop en zetten he top de warmteverdeler. We doen de kleine statiefring om de hals van de erlenmeyer. We doen de plastic pijp in de glazen reageerbuis. We doen de reageerbuis in de beker die tot de helft met koud water is gevuld. De beker wordt vastgehouden met de middelgrote statiefring (deze ring is met het universele kopstuk aan het korte staafje vastgemaakt). De twee buisjes zijn nu aan elkaar gekoppeld met de plastic buis.



Experiment:

We steken de brander aan en verwarmen het gekleurde water in de erlenmeyer tot het kookt. We moeten nu opletten wat er gebeurt met de stoom.

De stoom wordt door de pijpen en de glazen buis geleid naar de reageerbuis. Omdat de reageerbuis in het koude water staat condenseert de stoom. Helder water verzamelt zich in de reageerbuis. De kleurstof bleef achter in de erlenmeyer na het verdampen van het water.

Conclusie:

Verdamping en het veroorzaken van condensatie vormen een scheidingsprocedure voor vloeistoffen die we destillatie noemen.

Tip:

Water waar zout aan is toegevoegd kun je in dit experiment ook gebruiken in plaats van gekleurd water. Met dit experiment kun je de mogelijkheid aantonen dat zeewater in drinkwater kan worden veranderd.



©Fruhman, GmbH
NTL Manufacturer & WholeSaler
Werner von Siemens Str. 1
A-7343 Neutal, Austria

www.ntl.at



CMA
A.J.Ernststraat 169
1083 GT Amsterdam

www.cma-science.nl