TER INZAGE

NIET MEENEMEN S.V.P.

AVOL

Aantekeningen voor de leraar en Apparatuurgids

IJs Water Stoom

Een lessenserie waarin leerlingen:

- fase-overgangen als smelten, stollen, verdampen en condenseren bekijken en de daarbij optredende temperatuurveranderingen registreren en weergeven in een diagram
- de waargenomen verschijnselen bij fase-overgangen in verband brengen met het molecuulmodel van de stof in de vaste, vloeibare en gasvormige fase
- een eigen onderzoek kiezen en uitvoeren, waarin het gebruik of vóórkomen van fase-overgangen in de techniek of de natuur centraal staat
- oefenen in het samen met anderen voorbereiden van een schriftelijke rapportage
- de schriftelijke rapportages beoordelen aan de hand van afgesproken criteria.

Experimentele uitgave voor de tweede klas mavo, havo en vwo. Samengesteld door de projectgroep PLON, met medewerking van projectleraren.

PLON

© 1983 Rijksuniversiteit Utrecht

Deze aanwijzingen voor de leraar maken deel uit van experimenteel lesmateriaal. Overname of referentie uitsluitend na toestemming van de medewerkers van het PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.

INHOUD

Voorwoord 3

Leerlingen over "IJs-Water-Stoom" 4

Didactische opzet 5
1. Algemeen 5
2. De oriëntatieperiode 5
3. De leerstofperiode 5
4. Het keuze-onderzoek 6
5. De afronding 6
6. De beoordeling 7
7. Het lessenplan 8

Het lessenplan 9

Verantwoording 13
1. Het thema "IJs-Water-Stoom" 13
2. De leerstof 13
3. De verslaggeving 14
4. Het keuze-onderzoek 15

Het lesmateriaal 16
1. De themaboeken 16
2. Apparatuur en werkmateriaal 16
3. Aanvullend lesmateriaal 17

Voorbereiding 18

De oriëntatieperiode 19
1. Het begin: de oriëntatie van de leerlingen 19
2. De onderzoeken 19
3. De verslaggeving (1) 24
4. De toets 29
5. De demonstratieproeven 29

De leerstofperiode 30
1. De leerstof 30
2. Het lessenplan 31
3. De toets 33

De keuze-onderzoeken 34
1. Wat valt er te kiezen? 34
2. Het kiezen 37
3. De verslaggeving (2) 42

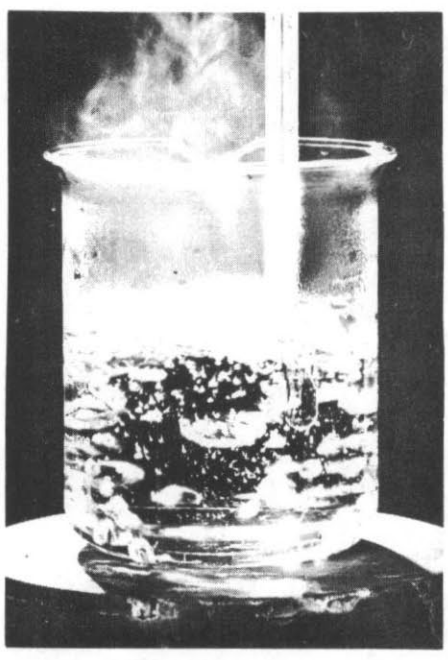
De afronding 45

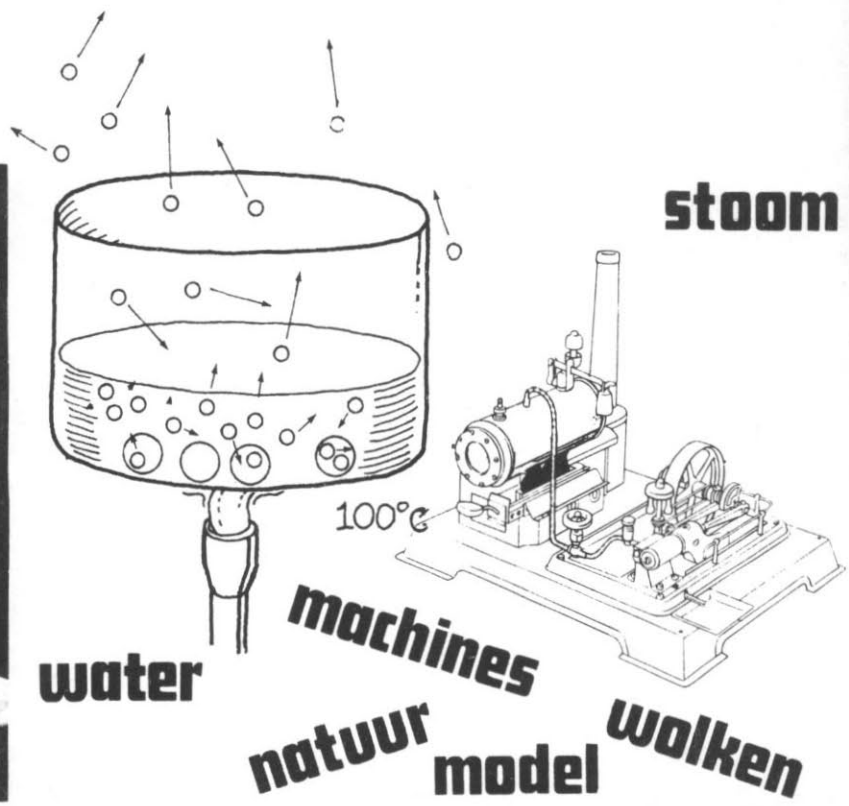
Doelen voor de leerlingen 46

Doelen voor de leraar 48

INHOUD

Boeken en Audio-visuele media		49
Lerarenvragenlijst		55
Bijlagen		61
D1	Rapporteren en demonstreren	61
D2	Toetsvragen "IJs-Water-Stoom-I"	64
D3	Hoe het leven van Aquamientje veranderingen onderging	67
D4	Buffers in de natuur	70
D5	Extra proef: de vochtigheidsmeter	71
D6	Merkwaardig gedrag van natriumthiosulfaat	72
D7	Feedback geven naar aanleiding van het keuzeproces	74
D8	Toetsvragen "IJs-Water-Stoom-II"	77
D9	Fotoserie "koken van water"	86
D10	Twee manieren om een verslag te schrijven	87
Apparatuurgids		89





VOORWOORD

U bent betrokken bij het PLON-experiment; fijn dat u meedoet!
We hopen dat u deze "Aantekeningen voor de Leraar" interessant zult vinden en dat zij u helpen bij het voorbereiden en geven van uw lessen "IJs-Water-Stoom".
Deze AVOL is zowel bestemd voor hen die dit thema voor de eerste keer geven, als voor hen die er al ervaring mee hebben.

De AVOL geeft informatie over de didactische opzet van het thema en bespreekt de verschillende fasen van het lessenplan. Hierbij worden "IJs-Water-Stoom I en II" als één geheel beschouwd.
In de bijlagen zijn voorbeelden van toetsen en dergelijke opgenomen en worden suggesties gedaan met betrekking tot achtergrondliteratuur, films, dia's enz., die mogelijk bruikbaar zijn in het kader van dit thema.

Het laatste deel van deze AVOL is een gids voor de apparatuur, die ook details over de proeven bevat.
Op blz. 55 is een vragenlijst opgenomen. U kunt uw enthousiasme en kritiek daarin kwijt.
We stellen het zeer op prijs als u die lijst wilt invullen en opsturen.

Het PLON-team
Lab. Vaste Stof
Rijksuniversiteit Utrecht
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

november 1982

Deze "Aantekeningen voor de Leraar" kan worden besteld bij:

BV Uitgeverij NIB
Postbus 144
3700 AC Zeist
Tel. 03404-21624.

De prijs is ƒ 10,--.

LEERLINGEN OVER "IJS-WATER-STOOM"

Ik heb in deze lessen geleerd dat:

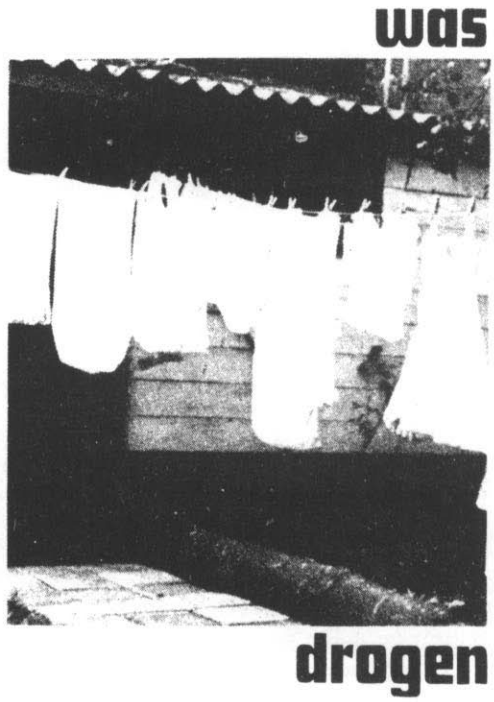
- water als het kookt 100°C is en blijft
- alle vaste stoffen, gassen en vloeibare stoffen kunnen veranderen door een temperatuursverhoging te ondergaan
- dat kristallen uit moleculen bestaan en kunnen groeien
- dat moleculen onwezenlijk kleine dingetjes zijn en zeer snel bewegen
- dat er veel soorten moleculen bestaan en dat deze ieder een enkele vorm hebben
- dat je zelf kristallen kunt maken
- dat dingen door moleculen bijeen gehouden worden
- dat moleculen bij warmte gaan bewegen
- dat de temperatuur van een stof de eigenschappen verandert
- dat je met een makkelijke proef toch wel wat kunt leren
- dat je ook veel over een onderwerp moet lezen
- dat natuurkunde belangrijk kan zijn voor beroepen die je zou kunnen gebruiken
- dat je eerst keuze moet maken en je moet lezen voor je er goed aan begint
- hoe je olievlekken kunt uitrekenen
- natuurkunde steeds moeilijker wordt, steeds meer proeven
- hoe je de was moet ophangen
- dat diamant kan smelten
- dat water uit verschillende toestanden bestaat
- dat je een heleboel zelf kunt oplossen
- dat met samenwerking veel meer mogelijk is.

Slecht aan het thema was:

- diagrammen maken
- olievlek maken; het ging steeds de mist in
- verklaringen voor proeven vaak moeilijk.

Goed aan het thema was:

- keuzemogelijkheden
- zelfstandig werken, eigen verantwoordelijkheid
- veel interessante dingen.



DIDACTISCHE OPZET

1. ALGEMEEN

"IJs-Water-Stoom" is gemaakt voor circa 20 lessen van 50 minuten. Het is het laatste thema in de tweede-klas-cursus van het PLON (zie het kadertje met het jaarprogramma aan het eind van dit hoofdstuk). Het is de bedoeling dat met dit thema in de maand maart begonnen wordt.

Er zijn vier perioden in het thema te onderscheiden: een oriëntatie-periode, een leerstofperiode, het keuze-onderzoek en de afronding. Het is aan de docent ter beoordeling voor welke periode(n) hij/zij de meeste tijd wil uittrekken.

2. DE ORIENTATIEPERIODE

De oriëntatieperiode bestaat uit een aantal practicumopdrachten voor de leerlingen. Daarin maken de leerlingen kennis met een aantal fase-overgangen en bekijken zij de verschijnselen die daarbij optreden.
Ze maken een schaalverdeling op een thermometer en oefenen in het aflezen daarvan. Ze meten daarna het temperatuurverloop bij het proces van smelten en koken (verdampen) en leren dit in een diagram weer te geven.
Tenslotte oefenen de leerlingen in het schiftelijk rapporteren van hun activiteiten en waarnemingen. Naar aanleiding van deze schriftelijke rapportages kan in een klassegesprek een lijst van criteria opgesteld worden, waaraan zo'n rapportage zou moeten voldoen.

3. DE LEERSTOFPERIODE

In de leerstofperiode worden de waargenomen verschijnselen bij fase-overgangen geplaatst in het kader van het molecuulmodel van de stof in de vaste, vloeibare en gasvormige fase. Het beeld van het molecuulmodel wordt opgebouwd tijdens een klassegesprek naar aanleiding van een aantal proefjes die de leerlingen in de vorm van een cirkelpracticum hebben gedaan (of die door de leraar gedemonstreerd worden).

DIDACTISCHE OPZET

Tijdens de opbouw van het beeld van het molecuulmodel komen achtereenvolgens de volgende elementen aan de orde: moleculen bewegen, moleculen trekken elkaar aan, de ordening van moleculen (en de afwezigheid van die ordening) en de relatie tussen temperatuurstijging en snelheidstoename van de moleculen.
Dit molecuulmodel wordt gebruikt om het optreden van fase-overgangen te "verklaren".

4. HET KEUZE-ONDERZOEK

In deze periode voeren de leerlingen een zelfgekozen onderzoek uit op het gebied van het gebruik van fase-overgangen in de techniek (stoommachines, koelkast, enz.) of het vóórkomen van fase-overgangen in de natuur (wolken, neerslag, kristalvorming, enz.). Daarnaast kunnen ze zich ook verder verdiepen in het molecuulmodel (hoe klein zijn moleculen?).
In deze periode besteden de leerlingen aandacht aan het kiezen op zich en aan de verschillende fasen van een onderzoekproject: probleemstelling, uitvoering en evaluatie. Tijdens het verloop van het onderzoek houden de leerlingen een journaal bij van hun activiteiten en waarnemingen. Tot slot verwerken ze deze aantekeningen tot een schriftelijk verslag, daarbij rekening houdend met de eerder in een klassegesprek opgestelde criteria, en beoordelen ze op grond van diezelfde criteria elkaars verslagen.

5. DE AFRONDING

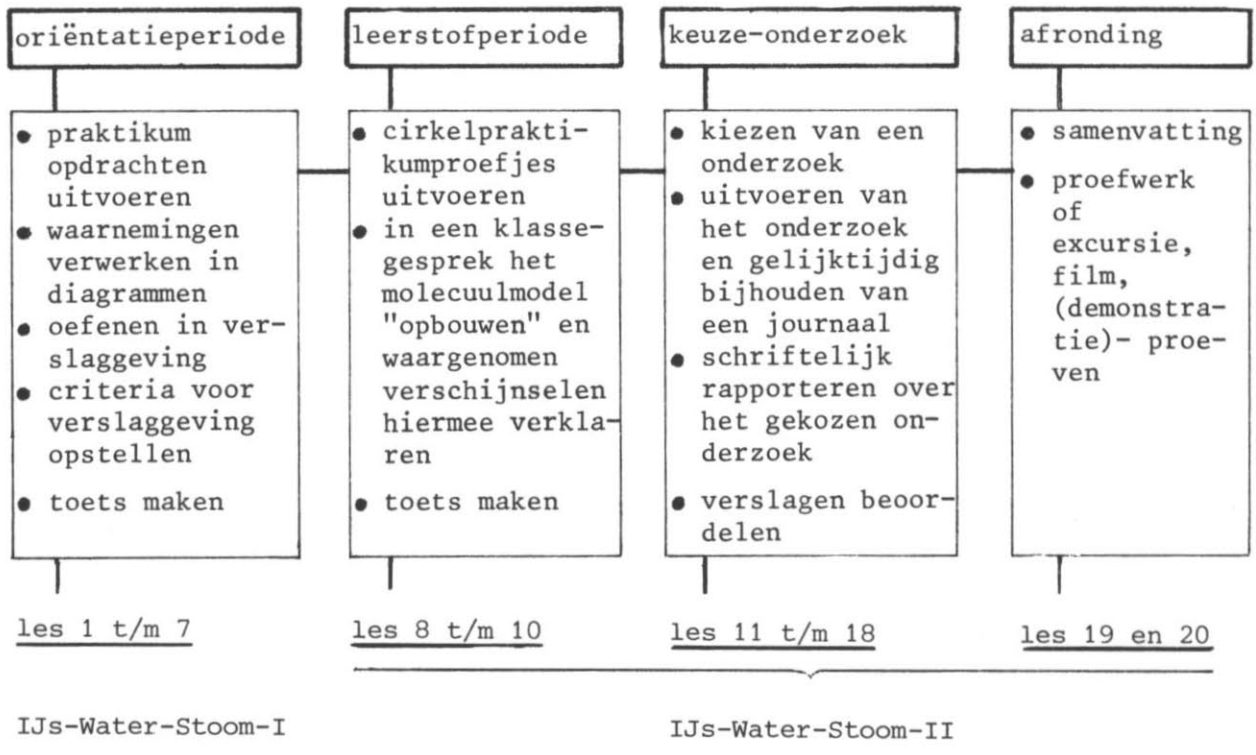
Het thema wordt afgesloten met een samenvatting van de belangrijkste leerstof, waarna een proefwerk kan volgen. Als een afsluiting in de vorm van een proefwerk in verband met de tijd in het schooljaar niet (meer) zo zinnig lijkt, zijn er andere mogelijkheden om het thema af te ronden: een excursie, film of bijvoorbeeld een aantal (demonstratie)-proeven die de kennis van de leerlingen over fasen en fase-overgangen verdiepen en/of verbreden.

6. DE BEOORDELING

Na de oriëntatieperiode en na de leerstofperiode kan een korte toets ingelast worden. Na afloop van de periode met keuze-onderzoek kunnen de gemaakte verslagen beoordeeld worden, desgewenst met inschakeling van de leerlingen zelf. Een afsluitend proefwerk kan de leerstof van het hele thema omvatten, dus ook de inhoud van de naar aanleiding van de keuze-onderzoeken gemaakte (en beoordeelde) verslagen.

7. HET LESSENPLAN

Het hierboven in grote lijnen beschreven lessenplan kan in schema als volgt worden weergegeven:



DIDACTISCHE OPZET

In het volgende hoofdstuk wordt dit lessenplan meer gedetailleerd beschreven. Bovendien worden daar een aantal mogelijke keuzes bij het vaststellen van uw eigen lessenplan aangegeven.

Het tweede-klas-programma van het PLON bestaat uit de volgende thema's:

Een eerste verkenning in de Natuurkunde
Mensen en Metalen
Werken met Water
Leven in Lucht
Terugblik Tweede Klas
IJs-Water-Stoom (I en II)

LESSENPLAN

In het vorige hoofdstuk is een suggestie gedaan voor een globaal lessenplan. In dit hoofdstuk wordt dat lessenplan nader uitgewerkt.
In het uitgewerkte lessenplan worden een aantal variaties aangegeven.
De eerste activiteit bij het maken van uw eigen lessenplan bestaat uit het vaststellen welke accenten u bij het met uw leerlingen werken aan dit thema, wilt leggen: vindt u een goede kennis van het molecuulmodel van de stof belangrijk of vindt u het herkennen van fase-overgangen in natuur en techniek belangrijker; legt u het accent op zelfstandig werken door de leerlingen, op het bewust kiezen van een eigen onderzoek door de leerlingen of op het aanleren van een vaardigheid als het schrijven van een verslag?

EEN LESSENPLAN

les 1	Inleiding in het thema "IJs-Water-Stoom"	• klassegeprek over ervaringen die leerlingen al hebben met IJs-Water-Stoom (of algemener: fasen en fase-overgangen). • De leraar vertelt iets over het thema (inhoud en opzet).
les 2-6	Oriëntatieperiode	• Uitvoeren van de basisonderzoeken 1 t/m 3 uit IJs-Water-Stoom I ("Maak je eigen thermometer", "aflezen van thermometers" en "de drie toestanden van water"). • Verslag(je) maken van één of meer proeven, waarin opgenomen het verwerken van meetresultaten in een diagram (de leerlingen kunnen hierbij de instructie "diagrammen maken" uit IJs-Water-Stoom I gebruiken). • De leraar vat de belangrijkste zaken nog eens samen en bespreekt de belangrijkste experimenten aan de hand van de gemaakte verslagen (met daarbij speciale aandacht voor de getekende diagrammen). • In een klassegesprek worden de criteria voor schriftelijke rapportage opgesteld.
les 7	Toets	• De leerlingen maken een toets naar aanleiding van de leerstof en de experimenten uit de oriëntatieperiode.

LESSENPLAN

VARIATIES

- U kunt er voor kiezen om bijvoorbeeld de instructie "diagrammen maken" als klassikale activiteit vóór het uitvoeren van de basisonderzoeken 1 t/m 3 te plaatsen. (Het voordeel daarvan is het voorkómen van "beginnersfouten" door leerlingen bij het verwerken van eigen meetresultaten in grafieken. Het nadeel is, dat u op dit moment nog weinig kunt aansluiten op door leerlingen zelf getekende diagrammen, met alle onvolkomenheden die daarin kunnen voorkomen).
- Als u schriftelijk rapporteren een (op dit moment nog) minder belangrijke vaardigheid vindt, kunt u de daarop betrekking hebbende activiteiten laten vervallen.
- Na de samenvatting kunt u de leerlingen de keuze-onderzoeken 4 t/m 6 uit "IJs-Water-Stoom-I" laten uitvoeren en erover laten rapporteren (in deze opdrachten ligt de nadruk op de warmte-uitwisseling bij fase-overgangen en het weergeven van metingen in de vorm van een diagram als verwerkingsoefening), maar de keuze-onderzoeken in "IJs-Water-Stoom-II" zijn leuker!
- U kunt de films "Koken en Waarnemen" en/of "Het dansende bekerglas" in uw lessenplan inpassen (zie het hoofdstuk "Het lesmateriaal" in deze AVOL).
- Na de samenvatting kunt u een aantal demonstratieproeven uitvoeren (koudmakend mengsel, kookpuntsverhoging, hoge-druk-pan, proef van Franklin, enz.), die aangeven dat er aan fase-overgangen méér vastzit dan de leerlingen tot op dat moment ontdekt hebben.

les 8-9	Leerstofperiode	• De leerlingen voeren in de vorm van een cirkelpracticum een aantal proefjes uit het basishoofdstuk "Moleculen" uit IJs-Water-Stoom-II uit. • In een klassegesprek worden deze proefjes aangegrepen om de leerlingen zelf het molecuulmodel van de stof in de drie fasen te laten opbouwen vanuit de veronderstelling dat elke stof opgebouwd is uit voor die stof kenmerkende bouwstenen die we moleculen noemen. Het klassegesprek wordt samengevat door het maken van een tabel met molecuuleigenschappen in de drie verschillende fasen. Daarna kan het opgebouwde model gebruikt worden om fase-overgangen te "voorspellen" (of "verklaren").
les 10	Toets	• De leerlingen maken een toets over de leerstof uit het basishoofdstuk "Moleculen" uit IJs-Water-Stoom-II.

VARIATIES

- U hoeft bij het cirkelpracticum niet alle leerlingen alle proeven te laten doen; elke leerling of groepje leerlingen kan enkele proeven uitvoeren en op het geschikte moment hierover tijdens het klassegesprek rapporteren.
- In plaats van leerlingproeven in de vorm van een cirkelpracticum, kunt u ook zelf een aantal proeven demonstreren en daaromheen het klassegesprek opbouwen.
- U kunt het molecuulmodel uitbreiden: afstoting van moleculen onderling op kleine afstand ("onsamendrukbaarheid" vaste stof en vloeistof), cohesie en adhesie, enz.
- U kunt een aantal proefjes uit de vervolgblokken uit "IJs-Water-Stoom-II" laten zien (als een eerste oriëntatie op het kiezen van een onderzoek door de leerlingen).

les 11	Keuze	• De leerlingen krijgen een overzicht van wat er allemaal te kiezen valt in deze periode. Daarbij kunnen ze gebruik maken van de bladzijden 15, 17, 27, 41, 57 en 71 uit IJs-Water-Stoom-II, die een samenvatting geven van de inhoud van de vervolgblokken. • Na afronding van het keuzeproces worden de criteria voor schriftelijke verslaggeving in de herinnering teruggeroepen.
les 12-15	Keuze-onderzoek	• De leerlingen werken aan hun gekozen onderzoek en houden hun journaal bij. Ze starten daarbij met het opschrijven van hun onderzoekvraag. Ze zoeken hun antwoorden door experimenten te doen, door teksten te bestuderen, door de leraar in te schakelen, enz. De gedane experimenten, belangrijke informatie, meetresultaten, enz. worden in hun journaal samengevat.
les 16-17	Verslaggeving	• De leerlingen maken een schriftelijk verslag van hun onderzoek. Eventueel kan een deel van het onderzoek nog eens nader bekeken worden, kan een experimentje worden overgedaan, enz. • De verslagen worden vermenigvuldigd en aan de medeleerlingen uitgedeeld.
les 18	Beoordeling	• De leerlingen beoordelen de rondgedeelde verslagen op basis van de afgesproken criteria en motiveren hun beoordeling.

LESSENPLAN

VARIATIES

- U kunt de schriftelijke verslaggeving laten vervallen, zodat leerlingen meer tijd hebben voor verdieping van hun onderzoek, of zodat zij de mogelijkheid hebben om op twee verschillende gebieden (bijvoorbeeld fase-overgangen in de natuur en in de techniek) een onderzoek(je) uit te voeren.
- Als u schriftelijk rapporteren in dit stadium een belangrijke vaardigheid vindt, maar u wilt meer tijd voor de keuze-onderzoeken, kunt u de verslagbeoordeling door de leerlingen laten vervallen.
- U kunt in een klassegesprek de beoordeling door de leerlingen en de daarbij gegeven motiveringen bespreken en nagaan of er naar aanleiding van de gemaakte verslagen redenen zijn om de lijst met criteria te wijzigen, in te korten of uit te breiden.

les 19-20 Afronding	• De leraar geeft een samenvatting van de uitgevoerde keuze-onderzoeken, waarbij hij de relatie legt tussen deze keuze-onderzoeken en de leerstof uit het basishoofdstuk "Moleculen" uit IJs-Water-Stoom-II en de leerstof uit IJs-Water-Stoom-I. • De leerlingen maken een proefwerk over het gehele thema IJs-Water-Stoom, inclusief de keuze-onderzoeken (waarbij vragen gesteld worden naar aanleiding van de rondgedeelde verslagen).

VARIATIES

- U kunt het proefwerk laten vervallen (u hebt misschien al twee toetsen gegeven en het verslag van de keuze-onderzoeken beoordeeld en mogelijk hebt u de (eind)rapportcijfers al vastgesteld en ingeleverd).
- U kunt als afsluiting een excursie maken (ijsfabriek, kunstijsbaan, destilleerderij?), een film draaien of de al eerder als keuze-mogelijkheid in de oriëntatieperiode aangegeven demonstratieproeven uitvoeren.

VERANTWOORDING

1. HET THEMA "IJS-WATER-STOOM"

In de PLON-leergang voor de tweede klas wordt een rondgang gemaakt langs stoffen om ons heen en hun gedrag. Na "Metalen" komt "Water" en daarna "Lucht".
In het laatste thema van de tweede klas, "IJs-Water-Stoom", komen de drie fasen waarin een stof kan bestaan wat nadrukkelijker aan de orde en wordt vooral ingegaan op de fase-overgangen.
"IJs-Water-Stoom" wordt over het algemeen door leerlingen gezien als een "moeilijk" thema, althans moeilijker dan de voorgaande thema's uit de tweede klas. De wat grotere nadruk op de natuurkunde-inhoud - het molecuulmodel van de stof in de drie fasen en het gebruik ervan bij het optreden van fase-overgangen - zal daaraan niet geheel vreemd zijn.
Door de meeste leerkrachten wordt "IJs-Water-Stoom" gezien als een goede schakel tussen de thema's van de tweede klas en de thema's voor de hogere leerjaren, zowel wat betreft de moeilijkheidsgraad, als wat betreft de structuur van het thema. Zo kent "IJs-Water-Stoom-II" een, voor alle leerlingen verplicht, basisdeel en een aantal vervolgblokken waaruit de leerlingen hun keuze kunnen maken.
Een dergelijke structuur komt in de derde- en vierde-klas-thema's vaker voor.

2. DE LEERSTOF

De eerste twee onderscheiden perioden in het lessenplan zijn vrij sterk gestructureerd vanuit van te voren bepaalde leerstof en minder vanuit vragen die bij de leerlingen zelf leven.
In de oriëntatieperiode maken de leerlingen kennis met de vloeistofthermometer als meetinstrument voor temperatuur. De thermometer wordt daarna gebruikt voor het vastleggen van het temperatuurverloop rond fase-overgangen. Het diagram is daarbij een hulpmiddel voor het overzichtelijk weergeven van meetresultaten. Het tekenen van diagrammen wordt hier meer systematisch aangepakt, na de incidentele ervaringen die de leerlingen in voorgaande thema's daarmee hebben opgedaan.
Na de oriëntatie op fase-overgangen in "IJs-Water-Stoom-I" start in "IJs-Water-Stoom-II" de opbouw van een, zeker niet volledig, molecuulmodel van de stof in de vaste, vloeibare en gasvormige fase.
In het leerlingenmateriaal gaat het hierbij om het basishoofdstuk "Moleculen". In dit basishoofdstuk maken de leerlingen kennis met moleculen, om ze daarmee te laten kijken naar vaste stoffen, vloeistoffen en gassen (in het bijzonder: ijs, water en waterdamp (stoom)).

VERANTWOORDING

Wij hopen dat leerlingen met de molecuulvoorstelling de warmte-effecten bij fase-overgangen goed zullen begrijpen: namelijk dat er warmte nodig is voor smelten/verdampen en ook dat er warmte vrijkomt bij stollen/condenseren.
Warmte-effecten en fase-overgangen spelen in de vervolgblokken 1 tot en met 4 van "IJs-Water-Stoom-II" een belangrijke rol. Wij denken dat zonder de molecuulvoorstelling warmte-effecten voor leerlingen niet te begrijpen zijn en slechts uit het hoofd geleerd kunnen worden. Nu zijn ze ook voorstelbaar.
In de vervolgblokken biedt "IJs-Water-Stoom-II" de mogelijkheid om aandacht te besteden aan de toepassingen van fase-overgangen in de techniek, aan het vóórkomen ervan in de natuur of aan een zekere mate van verdieping van het molecuulmodel (door de vraag op te werpen hoe klein moleculen zijn). Daarmee is een differentiatie naar interesse van de leerlingen mogelijk: techniek, natuur en "wetenschap".

3. DE VERSLAGGEVING

Dit thema kan gebruikt worden voor het aanleren van de vaardigheid van het schriftelijk informatie overdragen (verslag uitbrengen). In tegenstelling tot de mondelinge rapportages en demonstraties in de voorgaande thema's is het bij schriftelijke verslaggeving moeilijker om (aan lezers) bij eventuele onduidelijkheden in het verslag nog een toelichting te geven.
Het is de leerlingen niet zonder meer duidelijk waarom het maken van (schriftelijke) verslagen een vaardigheid is, die ze zouden moeten aanleren. Het lijkt nodig om, aan de hand van een aantal voorbeelden, vooraf te wijzen op het leven (hun leven) in een samenleving die van schriftelijke informatie en communicatie aan elkaar hangt en dat er (ergens in hun toekomst) van hen, behalve een receptief opnemen van schriftelijke informatie, ook wel eens een actieve deelname verwacht zal worden. Het oefenen in het schrijven van verslagen in dit thema is bedoeld om de leerlingen te laten ervaren tegen welke moeilijkheden en problemen je dan oploopt.
Er is nog een tweede, meer pragmatisch argument voor het inpassen van verslaggeving in dit thema. Het laatste deel van het schooljaar is in het algemeen nogal verbrokkeld (schoolonderzoeken, examens, veel korte vakanties en vrije dagen, enz.). Het bijhouden van een journaal als basis voor latere verslaggeving kan voor een zekere mate van continuïteit in deze periode zorgen.
De doelstellingen die met het oefenen in schriftelijke verslaggeving worden nagestreefd zijn dezelfde als voor de demonstraties en mondelinge rapportages: de vaardigheid van *overdracht* van informatie, van *samenwerking* (onder andere bij het schrijven van het verslag) en van *kritische instelling* (onder andere bij het beoordelen van verslagen) (zie AVOL "Werken met Water").

4. HET KEUZE-ONDERZOEK

De leerlingen krijgen door het keuze-proces de kans om ervaring op te doen op het gebied van sociale vaardigheden. Een proces als kiezen, wat te gaan doen, kan een groot aantal sociale leerervaringen geven door middel van activiteiten als luisteren naar elkaar, opkomen voor de eigen keuze, concessies doen, anderen ruimte geven of ontnemen, besluiten leren nemen. In hoeverre de leerlingen hierdoor ook sociaal vaardiger worden, hangt af van de hoeveelheid tijd die voor het keuze-proces wordt uitgetrokken en van de feedback die de leerlingen krijgen ten aanzien van hun functioneren in de groep.
Het kiezen door de leerlingen heeft ook een duidelijk leeraspect: ze krijgen in zo'n proces een overzicht van (in dit geval) het "functioneren" van de natuurkunde in de omgeving van de leerlingen.
In de periode waarin leerlingen met het kiezen bezig zijn, vindt de differentiatie naar leeractiviteiten (knutselen, experimenteren, teksten verwerken, enz.) en leerinhouden plaats.
Tijdens de uitvoering van het keuze-onderzoek staat, naast de experimenteervaardigheid, de samenwerkingsrelatie tussen de leerlingen in de groep centraal.

HET LESMATERIAAL

1. DE THEMABOEKEN

De themaboeken "IJs-Water-Stoom I en II" kunnen worden besteld bij:

BV Uitgeverij NIB
Postbus 144
3700 AC Zeist
Tel. 03404-21624.

De themaboeken zijn bestemd voor alle leerlingen.

2. APPARATUUR EN WERKMATERIAAL

Practicum- en werkmateriaal moet door de school zelf worden verzorgd. In de Apparatuurgids vindt u een overzicht van het practicummateriaal per thema. Voor een jaaroverzichtslijst kunt u zich richten tot het PLON.
Er wordt een onderscheid gemaakt tussen basis (B) materiaal (dat is datgene wat nodig is om minimum doelen te bereiken) en extra (E) materiaal (onder andere ten behoeve van keuze-opdrachten).
Een school die met PLON gaat werken, wordt aangeraden het eerste jaar alleen het basismateriaal aan te schaffen. Het extra-materiaal kan in de jaren daarna aangeschaft worden. De keuzemogelijkheden die in het eerste jaar beperkt zijn, kunnen zo in latere jaren uitgebreid worden. Het voordeel daarvan is ook dat de leraar dan meer ervaring heeft met de organisatie van het practicummateriaal in de klas.

Voor aanschaf van practicummateriaal kunt u zich richten tot diverse firma's. Met Breukhoven BV te Rotterdam heeft PLON een samenwerkingsovereenkomst, waarbij Breukhoven BV de levering van PLON-apparatuur op zich neemt.
Deze heeft apparatuur voor de tweede klas vanaf 1982 beschikbaar.
Voor de derde en vierde klas zo spoedig mogelijk daarna.
Voor inlichtingen daarover:

Breukhoven BV
Mathenesserlaan 400
Postbus 6044
3002 AA Rotterdam
Tel. 010-767688.

Voor overleg en advies (bijvoorbeeld gefaseerde aanschaf) kunt u op het PLON Wim Kamphuis of Ad van Gameren bellen (tel. 030-532718 en 532717).

3. AANVULLEND LESMATERIAAL

- De film "Koken en Waarnemen".
  Deze film richt de aandacht van de leerlingen op het waarnemen van verschijnselen bij fase-overgangen. Deze film kan gebruikt worden na onderzoek 2 uit "IJs-Water-Stoom-I".
- De film "Het dansende bekerglas".
  De film heeft betrekking op verdampen (koken) en condenseren. Hij heeft meer een *toetskarakter* en is door de wat wetenschappelijke probleemstelling niet geschikt voor 2-mavo, maar in bijvoorbeeld 2-vwo wel bruikbaar. De film kan (bijvoorbeeld als toets) ingelast worden na "IJs-Water-Stoom-I".

Beide films zijn te koop bij het NIAM op 16 mm, 8 mm of video. (Prijsindicatie: ƒ 200,-- voor beide films (of videobanden) samen). Inlichtingen hierover bij het PLON, waar eventueel ook uitleenexemplaren verkrijgbaar zijn (via Ad van Gameren, tel. 030-532718).

- De fotoserie "Koken van Water", bijvoorbeeld te gebruiken voor het maken van een toetsvraag of als verwerkingsopdracht bij de film "Koken en Waarnemen" (zie bijlage D9).
- Wandplaten van Kees Boeke: "Wij in het heelal, een heelal in ons". Te gebruiken bij "IJs-Water-Stoom-II; vervolgblok 5, onderzoek 4.

Bovengenoemde materialen zijn verkrijgbaar bij het PLON.

- Een dia-geluidserie over verdampen, te gebruiken bij "IJs-Water-Stoom-II", vervolgblok 2, onderzoek 1. Deze dia-geluidserie, inclusief begeleidende tekst, is verkrijgbaar bij het NIAM (kosten: ƒ 28,75).
- Overhead-transparanten bij onderzoek 2 uit "IJs-Water-Stoom-I" (het aflezen van thermometers). Deze transparanten zijn eveneens verkrijgbaar bij het NIAM (kosten van deze vier transparanten ƒ 50,--).

VOORBEREIDING

De volgende checklist kan u helpen bij de voorbereiding. Op elk punt wordt elders in deze AVOL ingegaan.
Bedenk dat een eerste keer voorbereiden veel meer tijd kost dan wanneer u een thema moet voorbereiden dat u al eerder heeft gegeven.

Beslis : welke accenten u in dit thema wilt leggen (zie de hoofdstukken "Het lessenplan" en "Verantwoording" in deze AVOL).

Beslis : welke leerstof u wilt behandelen, welke werkvorm u daarvoor wilt gebruiken en hoeveel tijd u voor de verschillende perioden in het thema wilt of kunt uittrekken (zie het hoofdstuk "Het lessenplan"); maak op basis van die beslissingen een globaal lessenplan.

Beslis : of u ten behoeve van uw uitleg, demonstraties en leerlingproeven materiaal gaat bijmaken.

Beslis : of u de bij het thema behorende films gaat gebruiken (en zorg voor een tijdige bestelling ervan).

Zorg : dat u het materiaal door en door kent; het is beslist nodig de proeven uit de werkboeken zelf een keer te doen.

Zorg : dat u greep krijgt op het "molecuulbeeld" dat leerlingen zich vormen.

Zorg : dat de noodzakelijke apparatuur, gereedschappen en weggooimaterialen er zijn en dat het zo toegankelijk is dat de leerlingen het kunnen vinden en kunnen opruimen (het mag u tijdens de lessen niet veel tijd meer kosten).

Zorg : dat aanvullende informatie, boeken, enz. op het goede moment op de goede plaats zijn.

DE ORIENTATIEPERIODE

1. HET BEGIN: DE ORIENTATIE VAN DE LEERLINGEN

Laat leerlingen in een klassegesprek vertellen over en reageren op de ervaringen die ze al hebben met IJs-Water-Stoom. Schakel na ongeveer een halve les over op de inhoud en opzet van het thema. Laat daarin de volgende elementen aan bod komen (pas dit aan uw eigen lessenplan aan!):

- de natuurkunde-inhoud:
  fasen, fase-overgangen, warmte en temperatuur bij fase-overgangen, het molecuulmodel voor het "begrijpen" van de waargenomen verschijnselen
- de structuur van het thema:
  "klassikale" proeven over het waarnemen van verschijnselen bij fase-overgangen, cirkelpracticumproeven en klassegesprek voor de "opbouw" van het molecuulmodel, keuze-onderzoeken (waarin het gebruik van fase-overgangen in de techniek, of het vóórkomen ervan in de natuur centraal staat) en de toetsen en/of het afsluitende proefwerk
- de verslaggeving:
  waarom is het oefenen in schriftelijk rapporteren belangrijk, het bijhouden van een journaal tijdens het onderzoek als basis voor de verslaggeving.

2. DE ONDERZOEKEN

De algemene bedoeling van de onderzoeken 1 tot en met 3 en de instructie "diagrammen maken" is, dat de leerlingen er een hoeveelheid elementaire kennis en vaardigheden uit opdoen, naast de verdere ontwikkeling van hun experimentele (hand)vaardigheid.

DOELSTELLINGEN

Deze staan ook voor leerlingen geformuleerd in de inleiding van het boekje:

> Bij de eerste drie onderzoeken uit dit boekje kun je de volgende dingen doen:
> — van een vloeistofthermometer precies nagaan hoe hij werkt
> — temperaturen zo nauwkeurig mogelijk leren aflezen
> — van water nagaan hoe het bevriest, smelt, verdampt en condenseert en wat er dan met de temperatuur gebeurt
> — een aantal metingen leren omzetten in een tabel en een diagram
> — bepalen met welke nauwkeurigheid je metingen kunt doen

DE ORIENTATIEPERIODE

Het gaat erom, dat ze in de eerste vier lessen vooral de basisstof en basisvaardigheden leren en die verwerken in het tweede viertal lessen.

Die *basisstof* is dus:

- werking en aflezen vloeistofthermometer
- ijs als vaste stof, groter volume dan water
- smeltproces, bevriezing
- verdampen en koken van water, waterdamp
- condensatie van waterdamp.

De *basisvaardigheden* zijn:

- thermometer aflezen
- nauwkeurigheid van meting aangeven
- metingen weergeven in tabel en diagram
- diagram interpreteren.

In de onderzoeken 4 tot en met 6 kunnen de leerlingen de basisstof verwerken en van de aangeleerde basisvaardigheden gebruik maken.

BIJZONDERHEDEN

Onderzoek 1: Maak je eigen thermometer.

- Wellicht moet nog even klassikaal aandacht besteed worden aan de "thermometer" uit de "Eerste Verkenning", die werkt op het principe van de uitzetting van *gassen* bij temperatuurstijging.
- De proef gaat natuurlijk niet zo erg nauwkeurig, maar een schaalverdeling in 10-tallen ^{o}C is toch wel te maken.
- Een klassikale bespreking van de schaalverdeling lijkt ons wel noodzakelijk (eventueel te combineren met een bespreking van onderzoek 2).

Onderzoek 2: Aflezen van thermometers.

- Hierbij is vooral van belang de klassikale nabespreking.
  Vastleggen van één van de uitslagen van het eerste gedeelte geeft over de hele klas precies de nauwkeurigheid van het afgelezen getal te zien. De ene leerling vindt bijvoorbeeld bij de eerste afleesopdracht 2,6, een ander 2,7, een derde 2,65, etc..
  Die beschouwing over afleesnauwkeurigheid moet natuurlijk vaker terugkomen gedurende de tweede en derde klas. Als voorbereiding daarop kan onderzoek 2 eventueel uitgebreid worden met behulp van de suggesties in het kader op de volgende bladzijde.
- Voor klassikale bespreking van onderzoek 2 zijn overheadtransparanten te gebruiken (zie het hoofdstuk "Lesmateriaal" in deze AVOL).

Onderzoek 3: Drie toestanden van water.

- De voornaamste bedoeling van deze opdracht is om de leerling middels een paar eenvoudige proefjes attent te laten worden op de eigenschappen van vast, vloeibaar en dampvormig water en op de manier van overgang ertussen. Benadruk die dus in de nabespreking.
- Een tweede doel van deze serie proefjes is het leren omgaan met diagrammen. Daarvoor kunnen ze naast deze opdracht de instructie "diagrammen maken" gebruiken.
- Proef 3.4. is een vereenvoudigde versie van onderzoek 5.
  Indien u dat als leraar wenst, is het mogelijk om binnen het kader van onderzoek 3 het aspect "waarnemen aan kookverschijnselen" erbij te halen. In dat geval kunt u de film "Koken en Waarnemen" (zie het hoofdstuk "Lesmateriaal" in deze AVOL) erbij gebruiken en bij het PLON eventueel de bijbehorende fotoserie (bedoeld voor toetsen) bestellen (zie bijlage D9). De film is een middel om de blik van leerlingen te richten; hij is niet bedoeld als surrogaat voor de eigen waarneming van leerlingen.

Meetonzekerheid

- Tijdmeting:
  Geef elke leerling een stopwatch, en laat ze de tijd meten tussen het tweemaal in je handen klappen (een keer met een lange en een keer met een korte tussenperiode). Inventariseer de aflezingen (teken desnoods een staafdiagram) en bespreek de "foutenbron" (reactiesnelheid).
- Lengtemeting:
  Laat elke leerling eenzelfde lengte twee keer meten (b.v. de lengte van het tafelblad met een geo-driehoek). Treden er verschillen op bij een leerling?
  Laat alle leerlingen de dikte van hun boek (b.v. IJ-W-S-II) opmeten. Zijn er verschillen? Oorzaak? (als de leerlingen dit zo niet accepteren -en terecht-, dan één boek doorgeven en een aantal leerlingen de dikte laten opmeten en opschrijven; daarna inventariseren).
- Temperatuurmeting:
  Afleesnauwkeurigheid kan geïntroduceerd worden aan de hand van de suggestie bij opdracht 2. Je kunt ook een thermometer in een bak water (kamertemperatuur!) voor de klas zetten en een aantal leerlingen laten aflezen. Het idee van afleesnauwkeurigheid kan verfijnd worden door in een bak water (kamertemperatuur) twee thermometers te zetten met *verschillende* meetbereiken (schaalwaarden) en de aflezingen van de thermometers te verwerken in staafdiagrammen (daaruit krijg je een idee van de grootte van de afleesonzekerheid).
  Tot slot kun je leerlingen confronteren met "systematische fouten", veroorzaakt door b.v. onjuiste meetinstrumenten. Zet twee identieke thermometers naast elkaar in een bak water (kamertemperatuur!) en laat leerlingen beide thermometers aflezen (je zoekt natuurlijk twee thermometers uit die dan verschillende aanwijzingen geven!).

Door dit soort proefjes krijgen leerlingen een idee van de "foutenbronnen":

- een "toevallige meetonzekerheid" als gevolg van een te trage of te snelle reactie, beperktheid van de schaalverdeling (aflees- én *instel*fout) enz. (Een mooi voorbeeld is ook de parallax-fout bij het aflezen van een wijzer op een schaalverdeling - mooi te demonstreren door een (aanwijs)stok voor een schaalverdeling op het bord).
- een "systematische meetonzekerheid" als gevolg van b.v. onjuist aanwijzende meetinstrumenten (op te sporen door vergelijking van meetinstrumenten met elkaar, maar welke wijst dan goed aan?).

Belangrijk is dat leerlingen met het idee blijven zitten dat elke meting *onvermijdelijk* een meetonzekerheid oplevert (en zich dat b.v. bij het tekenen van diagrammen realiseert!) en dat de grootte van die meetonzekerheid eigenlijk alleen maar uit de spreiding van een aantal meetresultaten (van dezelfde meting) bepaald kan worden (een statistische methode dus).
De meetonzekerheid kan overigens wel (op grond van eerdere ervaringen) redelijk geschat worden (afgezien van systematische fouten!).

DE ORIENTATIEPERIODE

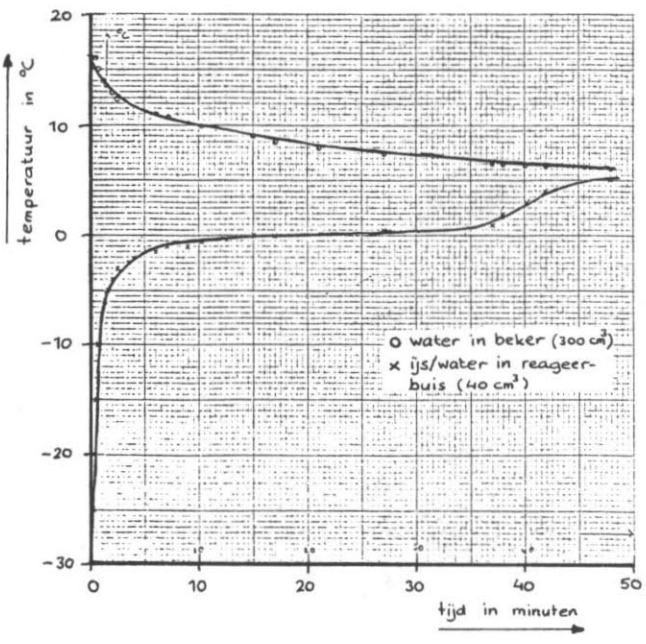
Instructie "diagrammen maken".

Deze instructie dient om leerlingen te helpen bij het oefenen in diagrammen maken. De instructie kan ook dienst doen als samenvatting van het onderdeel "metingen weergeven in een diagram".

De onderzoeken 4 tot en met 6 zijn keuze-opdrachten. In elk onderzoek moet minstens een behoorlijk diagram worden gemaakt (op mm-papier?). Er kunnen in elke opdracht conclusies getrokken worden ten aanzien van temperatuur, fasen en fase-overgangen, warmte-uitwisseling.

Onderzoek 4: IJs en water.

- Dit onderzoek kan alleen goed gedaan worden als er thermometers met lange instreek beschikbaar zijn (zogenaamde "destillatie-thermometers").
- Organiseer het zo, dat leerlingen echt een keer goed kunnen "droogzwemmen" met de hele opstelling en controleer of ze het begrepen hebben. Dan alleen gaat het goed en kunnen ze meten als je de gepreppareerde reageerbuis met ijs uit het vriesvak hebt gehaald.
- De proef is bedoeld om duidelijk te maken, dat er voor het smelten van ijs warmte nodig is en dat die warmte onttrokken wordt aan de omgeving van het ijs (in dit geval het water in de soepbeker) die een hogere temperatuur heeft. Het diagram kan er uitzien zoals hiernaast weergegeven.



Conclusies zijn verder:

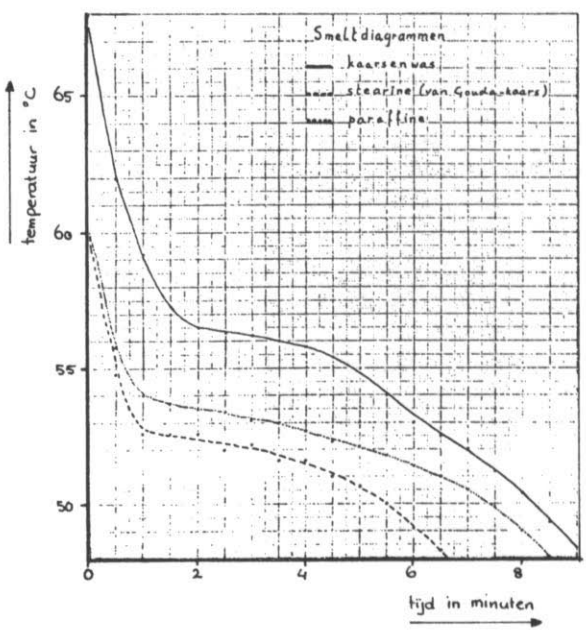
- IJs verbruikt veel warmte om te smelten, althans véél meer dan water om in temperatuur te stijgen.
- Ook als er nog ijs is, stijgt de temperatuur in het buisje al.

Onderzoek 5: Stoom wordt water.

- De rol van de waterzak (c) is veel leerlingen niet duidelijk en moet wellicht apart worden uitgelegd. Die rol is, dat te vroeg gecondenseerd water niet in het bekerglas terecht komt.
- Als de kraan P gesloten blijft en je haalt de brander weg (de tabel is dan klaar!), schiet het water uit het bekerglas terug in de waterzak. Dat komt doordat de dampspanning in het systeem snel afneemt (temperatuurdaling). Door de druk van de buitenlucht spuit het water uit het bekerglas dan de waterzak in. Dit is vergelijkbaar met de proef van Franklin.

Onderzoek 6: Smelt en stoldiagrammen.

- De smeltdiagrammen geven maar zelden een knik te zien bij het smeltpunt. Daarvoor stijgt de temperatuur te snel. Dat hoeft op zich niet erg te zijn. Vooral wanneer de leerlingen hun meetresultaten later vergelijken met het stoldiagram van dezelfde stof kan er een interessante discussie ontstaan over de vraag waarom de grafieken er niet hetzelfde uitzien.
- Van een paar stoldiagrammen hebben we hier voorbeelden gegeven die we zelf hebben gemeten. Daarmee kan vergeleken worden.



3. DE VERSLAGGEVING (1)

Na de introductie van de schriftelijke verslaggeving in de eerste les, kunt u de leerlingen één of twee proeven laten weergeven in de vorm van een verslag.
Stel aan dit eerste verslag niet meer dan een aantal *globale* eisen:

- omvang (bijvoorbeeld één bladzijde: daardoor moeten leerlingen gaan *selecteren* welke informatie ze wel en niet zullen opnemen: wat zijn de interessante ervaringen)
- duidelijkheid (wijst op een paar duidelijkheid-verhogende technieken als een tekening van de meetopstelling, het weergeven van resultaten in een diagram)
- het belang van de proef (wat heb je eraan, wat kun je ermee?)
- taalgebruik (gewoon nederlands).

Het lijkt beter om de leerlingen *niet* in het harnas van de "traditionele" verslagstructuur van "doel van de proef-meetopstelling-meetresultaten-conclusie" te dwingen. Geef ze de vrijheid om er een aardig, leesbaar verhaal van te maken. Laat de leerlingen ervaren dat ook medeleerlingen leerzame informatie kunnen verstrekken. Niet alleen het boek, maar ook de verslagen van leerlingen kunnen die functie hebben.
Een verslag (ook een "wetenschappelijk") moet vlot leesbaar zijn én relevante informatie overdragen én interesse opwekken. De traditionele structuur maakt van een verslag een betrekkelijk steriele zaak. In de kaders op de volgende bladzijden hebben we geprobeerd een paar "verslagen", zoals die in tijdschriften vóórkomen, als voorbeeld van hoe het ook kan bijeen te brengen. Bij de verslaggeving willen we toe naar vormen zoals die in het dagelijkse leven ook voorkomen: minder wetenschappelijk en meer communicatief.
In bijlage D10 vindt u een (enigszins caricaturaal) voorbeeld van een "wetenschappelijk" en een "journalistiek" verslag van de proef "Het smelten van butyl-alcohol" (een proef uit "IJs-Water-Stoom-II").

Beoordeel de verslagen niet met een cijfer, maar gebruik ze om met de klas de goede en de slechte (of beter: minder goede) voorbeelden te bespreken. Ook kunt u hier aandacht besteden aan de getekende diagrammen. Probeer uit die bespreking, samen met de leerlingen, een lijst van eisen waaraan een goed verslag zou moeten voldoen op te stellen. Daarbij kan aangesloten worden bij de eisen waaraan een goede demonstratie zou moeten voldoen (zie hiervoor de AVOL van "Werken met Water", en bijlage D1 in deze AVOL "Rapporteren en Demonstreren").
In het hoofdstuk "keuze-onderzoek" in deze AVOL is een suggestie opgenomen voor een lijst van criteria.

Zo komen leerlingen "verslagen" in kranten en tijdschriften tegen

Motregen en mist ook oorzaken 'Aquaplaning'

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (SWOV) heeft een beschouwing gewijd aan 'aquaplaning', één van de oorzaken dat het rijden op een nat wegdek twee tot drie maal zo gevaarlijk is als op een droog. In het tijdschrift *Natuur en Techniek* wijdde A. G. Welleman een uitvoerig artikel aan dit onderwerp, waaruit het volgende is overgenomen.

'Aquaplaning' is het glijden (van de banden) van een voertuig over een dun waterlaagje. Het treedt op als het water niet snel genoeg kan worden weggeperst. Aquaplaning is meestal het gevolg van regen. Men onderscheidt *visceuze* en *dynamische* aquaplaning.

Visceuze aquaplaning. Bij mist of motregen kan op een wegoppervlak een uiterst dunne vloeistoffilm (0,01-0,1 mm) ontstaan. Deze vloeistof bestaat uit een mengsel van stofdeeltjes en olieresten, aangelengd met water. Dit mengsel heeft een hoge viscositeit. Een zeer snelle verwijdering van zo'n stroperige vloeistoffilm tussen band en wegdek vereist grote krachten. Zijn deze krachten niet groot genoeg dan gaat het voertuig glijden en is er sprake van *visceuze* aquaplaning. Visceuze aquaplaning kan ook de oorzaak zijn van slipongevallen als het na een langdurige droge periode gaat regenen. Stofdeeltjes en olieresten, die zich gedurende een lange periode op het wegdek verzameld hebben vormen dan met het regenwater het reeds genoemde hoog visceuze mengsel. Regent het door, dan spoelen de verontreinigingen van het wegdek en wordt de kans op visceuze aquaplaning kleiner.

Dynamische aquaplaning. Tijdens hevige regenval kan plaatselijk een waterlaag op het wegdek voorkomen met een dikte van enkele millimeters. Dit is bij een ongelijk wegdek ook na regen het geval (plassen). Deze waterlaag moet verplaatst worden wil er weer contact zijn tussen band en wegoppervlak. Naarmate de snelheid van het voertuig groter is moet er per tijdseenheid een grotere hoeveelheid water verplaatst worden. Het drainagevermogen van het contactgebied wordt in grote mate bepaald door de vorm en diepte van het bandprofiel en de ruwheid van de het wegoppervlak. Ook de breedte van de band speelt een rol. Er kunnen zich omstandigheden voordoen waarbij het bandoppervlak het contact met het wegdek geheel verliest. Er is dan sprake van *dynamische* aquaplaning.

Beide vormen van aquaplaning zijn erg verraderlijk doordat ze het gevolg zijn van een combinatie van factoren. Het effect is vergelijkbaar met het effect dat optreedt bij *ijzel.* Het voertuig gaat spontaan een andere koers volgen en reageert niet meer op gasgeven, remmen of sturen.

(BZ/A. G. Welleman: Aquaplaning. In *Natuur en Techniek* 48 no. 2 (febr. 1980), pag. 98-117.)

uit: Zenit 7 (11)

Meer licht op tandcariës

uit: Aarde en Kosmos 7 (11)

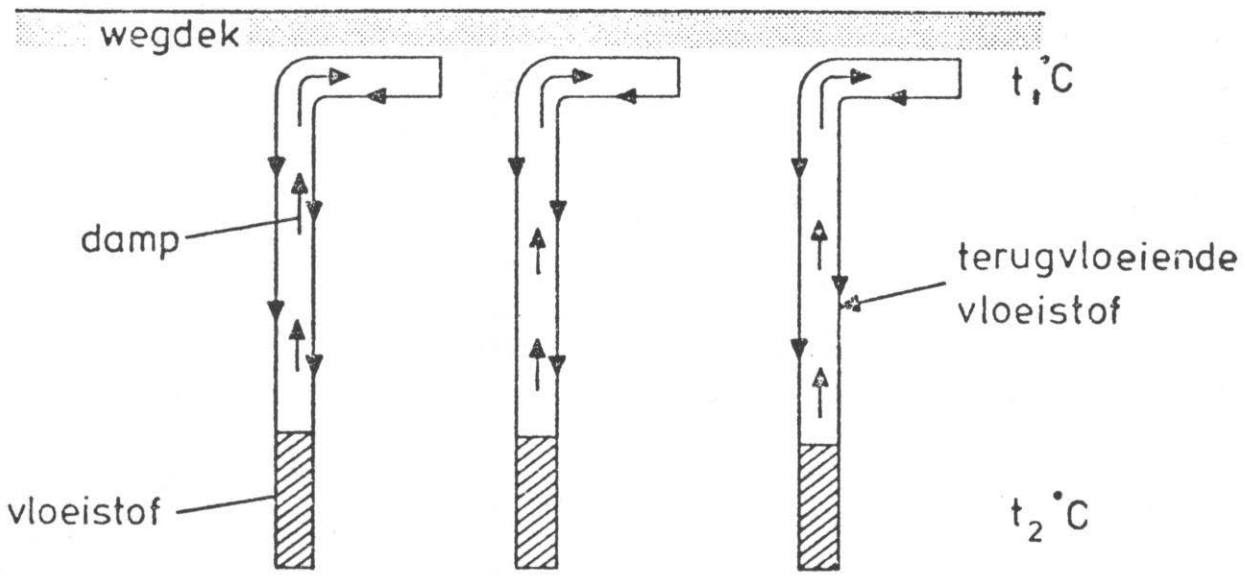
Tandbederf door cariës is een kwaal die bij veel mensen wel, maar bij tal van andere mensen evenzogoed niet voorkomt. Het is niet duidelijk hoe dat komt. Gregor Cevc, Pavle Cevc, Milan Schara en Uros Skaleric uit Ljubljana in Joegoslavië denken dat het te maken heeft met de opbouw van het tandglazuur. Heel speciaal gaat het volgens de Joegoslaven om de verbinding hydroxylapatiet, een fosforhoudend mineraal dat een bestanddeel van het tandglazuur is. Dat mineraal vormt mikrokristallen die al dan niet regelmatig geordend liggen. Het onderzoek heeft uitgewezen dat tanden waarin de kristallen goed loodrecht op de buitenkant van het tandoppervlak georiënteerd staan, betrekkelijk ongevoelig zijn voor cariës. Hoe meer een gelijkmatige oriëntatie van de kristallen ontbreekt, hoe meer kans de cariës krijgt. Ook melktanden, die maar kort hoeven te funktioneren, bezitten weinig goed georiënteerde mikrokristallen.

Waarom die verschillen in oriëntatie optreden, is niet bekend. De Joegoslaven veronderstellen dat mogelijk aanleg en voeding beide een rol spelen. Pas als daar meer duidelijkheid over is, kan het optreden van tandcariës effektief worden bestreden.

Nature, vol. 286, 24 juli 1980.

uit: Zenit 7 (11)

Aardwarmte voor bestrijding van ijzel



De circulatie van damp en vloeistof in de buizen onder het wegdek. De verzadigingsdampspanning in de buis wordt bepaald door de temperatuur van de vloeistof onderin (t_2). Maar doordat t_1 kleiner is dan t_2 kan er aan de top van de buis slechts een lagere dampspanning heersen. Het teveel aan damp zal daar condenseren, zodat er een damptransport van beneden naar boven plaats vindt. De condensatiewarmte verhoogt t_1.

De bescherming van wegdekken tegen gladheid is een probleem dat al vele jaren een aantal technici bezighoudt. Strooien van zout wordt veelal toegepast; dat is echter niet alleen kostbaar, maar heeft bovendien het bezwaar dat zowel het milieu als de levensduur van auto's (en fietsen!) er ernstig door wordt aangetast. Op bijzonder kwetsbare punten is men er al toe overgegaan het wegdek elektrisch te verwarmen. In het wegdek zijn dan draden aangebracht die door de daardoor heen geleide stroom worden verwarmd; een vrij duur systeem in aanleg en energiekosten en bovendien wegens de benodigde hoeveelheid elektrische stroom al evenmin milieuvriendelijk.

De duitse firma Daimler Benz richt zich nu op een bekend principe, dat echter voor dit doel nog geen toepassing kende. Men wil voor het ijsvrij houden van wegdekken gebruik gaan maken van *aardwarmte;* dit is door de zon afgegeven warmte die in de bovenste aardlagen is opgeslagen. Bekend is dat 's winters de diepere aardlagen warmer zijn dan die aan het aardoppervlak. De warmte die de zon aan het aardoppervlak toedeelt wordt met vertraging naar beneden doorgegeven. De over een jaar ongeveer sinusvormige temperatuurkromme aan het aardoppervlak raakt op grotere diepte steeds meer uit fase en is op een zekere diepte zelfs in fase omgekeerd. Men gaat nu loodrecht in de grond tien meter lange buizen aanbrengen die onder het wegdek haaks zijn omgebogen. Deze buizen zijn gevuld met een vloeistof. De vloeistof die in de volledig afgesloten buis zit zal aan de onderzijde door de warmte verdampen. De opstijgende damp zal bij condensatie aan de bovenkant warmte afgeven aan het wegdek.

De vloeistof loopt dan langs de wand naar beneden terug, wordt daar weer verwarmd en gaat vervolgens weer naar boven: een continu proces.

Tegenover de voordelen van beperking van het strooizoutgebruik, besparing van elektrische energie en het vrijwel ontbreken van kosten voor onderhoud en exploitatie, staan de relatief hoge investeringskosten. In een theoretisch en praktisch onderzoek over een lange periode wil men nu inzichten verkrijgen in de warmtehuishouding, warmteopbrengst en de totale warmtebalans. Voor een praktijktest heeft men een aantal weggedeelten al van buizen voorzien. De verkregen informatie zal dienen voor een verdere ontwikkeling van dit systeem.

Aardwarmte moet niet verward worden met geothermische energie. Bij het laatste maakt men gebruik van warmte in veel diepere lagen van de aardkorst (100 tot 200 m). Deze warmte houdt verband met de thermische gradiënt in de aardkorst.

(BZ/NRC-Handelsblad 9 juli 1980)

Stadseffect bij Mist

uit: Zenit 7 (11)

G. W. Th. M. de Bont (De Bilt) zond de redactie een waarneming over het oplossen van dichte mist in het centrum van een grote stad (Utrecht). Zijn verslag drukken we hierbij af:

Op zaterdagochtend 24 november 1979 fietste ik van De Bilt naar Utrecht. Met nauwelijks 100 m zicht bereikte ik druipnat de stad. Tot mijn verwondering nam toen het zicht daar sprongsgewijs toe. In het hartje van de stad omhoog kijkend zag ik zowaar enorme gaten in de donkere, wollige deken, die ca. 60 m hoog boven het centrum hing.

Het heldere blauw van de hemel beloofde een mooie dag, de zon scheen wazig door de snelbewegende wolkenmassa's heen, waarvan de beweging duidelijk een oostkomponent had terwijl de vlaggen op Hoog-Catharijne zich naar het noorden richtten. Daar en in het zuiden was het aardig helder, maar in het oosten stond de Domtoren er schimmig bij, terwijl hij vanaf de klok helemaal niet meer zichtbaar was. In het westen was het eveneens wazig.

Terugkerend naar De Bilt passeerde ik het Wilhelminapark. Tot daar was het zicht redelijk, maar buiten de stad zat alles potdicht zoals op de heenweg. Doordat mijn interesse door deze lokale verschillen gewekt was ging ik enkele uren later weer naar de stad. Tot op één kilometer van het centrum handhaafde de mist zich, maar midden in de stad scheen de zon triomfantelijk aan een blauwe lucht met enkele stapelwolken.

Voor de rest was alles nog hetzelfde, zij het, dat de Domtoren flauwtjes helemaal te zien was. Bij de terugweg rond het middaguur was de toestand gelijk aan die op de ochtend.

Tegen half 2 trok de mist als bij toverslag boven De Bilt weg en werd het zonnig weer.

Het zal bekend zijn dat een stad warmte produceert, vooral merkbaar in de winter. Die enkele graden verschil met de omgeving zorgen ervoor dat er een luchtstroom op gang komt, richting centrum, alwaar de lucht tot opstijgen gedwongen wordt. Voor 'n stad als Utrecht met afmetingen van 5 bij 8 km betekent dit dat de mist er onder bepaalde omstandigheden geheel kan oplossen.

De weerstoestand van 24 november 1979 laat zich als volgt beschrijven: 's Nachts was er een koufront gepasseerd, waarna een rug van hoge luchtdruk zich over ons land uitbreidde. Op 200-300 m hoogte lag een inversie van ongeveer 3° C. De relatieve vochtigheid bedroeg in het midden van het land 100%, maar aan de kust (waar 'n stevige bries stond bij flinke opklaringen) slechts 60%. Volgens de uurlijkse weerrapporten zaten om 9 uur de Veluwe en de provincies Utrecht en Noord-Brabant in de mist. Om 10 uur vielen er wat gaten in de mist; Noord- en Zuid-holland meldden toen 15-25 km zicht, maar in Noord-Brabant en Utrecht was het zicht slechts 100 m. Daar kwam om 12 uur wat verbetering in, maar om 13 uur viel het zicht in De Bilt opnieuw terug op 100 m. Om 14 uur knapte het weer pas echt op en liep de relatieve vochtigheid in De Bilt terug van 100% naar 62%.

Luchtdruk meten met een tuinslang

uit: Archimedes 16 (2)

°In de zestiende eeuw kwam de vraag op, waarom het niet mogelijk was om mc zuigpomp water tot meer dan zo'n 10 m hoogte op te pompen. Torricelli hield zic met dit probleem bezig. Hij experimenteerde met kwik in plaats van met water en zijn beroemde proef, waarbij hij vond dat het kwik in een buis tot ongeveer 76 cm h kon blijven staan.
Hij concludeerde daaruit dat zo'n kolom kennelijk in evenwicht is met de druk va buitenlucht en dat er boven het kwik een vacuümruimte is ontstaan.

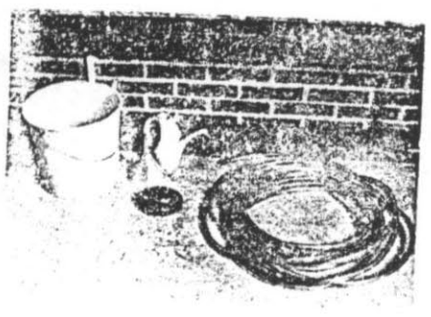


Fig. 1. Benodigdheden: tuinslag, meetlint, emmer, gieter, trechter en twee kurken.

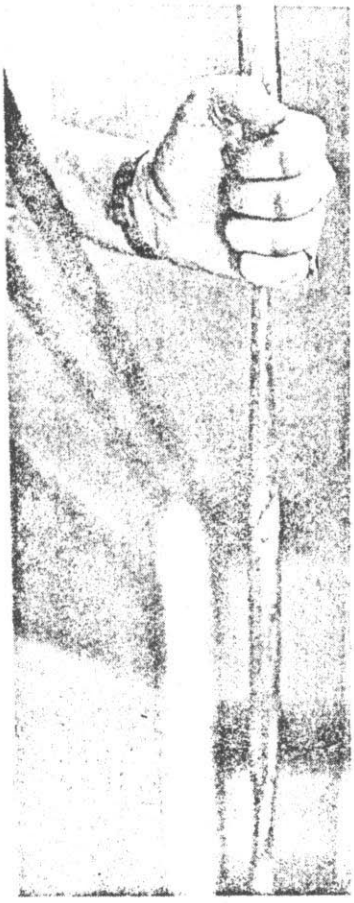
Dit was het eerste door mensenhand worpen vacuüm en nog wel zo mechanische pomp!
Later zag hij in dat het toestel gesc was om de luchtdruk te meten en het Boyle die in 1663 zo'n apparaat voor eerst de naam *barometer* gaf.
Op school voeren we de proef ook meestal met kwik uit. Berthilde van Hierden zit in de tweede klas van de 'milieuvriendelijke' Nassauscholengemeenschap in Breda en daar hebben ze het kwik uit de school gebannen! En als je dan de proef van Torricelli met water wilt doen, moet je wel een

buis van 10 m lengte hebben. Berthilde wist daar toch wel raad mee.
In fig. 1 staan de spullen die ze gebruikte. Zelf merkt ze op dat er eigenlijk ook nog een flat en een teil water bij horen. Hier is haar complete verhaal.

Het verslag

Op een doorzichtige tuinslag van 12 m lang, breng ik vanaf 10 m om de 10 cm merktekens aan met strookjes plakband, om straks de waterstand gemakkelijker te kunnen aflezen (fig. 2).
Vanaf de derde etage van onze flat (fig. 3), laat ik de slang, die ik van onderen met een kurk heb afgesloten, zakken. Dan begint het vullen. Dat blijkt een moeilijk karweitje.
De eerste keer dat ik het deed, schoot de kurk eruit toen de slang pas halfvol was en kon ik weer opnieuw beginnen. Toen kreeg ik het idee om de slang, aan beide kanten open, helemaal onder te dompelen in een teil water. Daarna deed ik aan het ene eind er weer een kurk op en vulde aan de andere kant het laatste stuk met water bij met behulp van een trechter en een plantengietertje.
Tijdens het vullen komen er luchtbellen omhoog.
Als de slang vol is, doe ik er boven ook een kurk op. Dan hang ik de onderkant van de slang in een emmer met water, die beneden al kaar staat.
Omdat ikzelf wilde zien hoe het boven zou aflopen, moest iemand anders beneden de kurk uit de slang trekken. Toen dat gebeurde zakte het water tot 10,15 m boven het waterniveau in de emmer. Daarbij werd het bovendeel van de slang samengedrukt, als gevolg van het drukverschil binnen en buiten (fig. 4).
Ook wilde ik wel eens zien wat er eigenlijk beneden gebeurde en daarom deden we de proef nog een keer, maar nu haalde ik zelf de kurk eruit. Toen zag ik hoe het water in de emmer steeg als gevolg van het zakken van het water in de slang.

Fig. 4. In het bovenëinde van de slang ontstaat een vernauwing door de onderdruk.



Rekenen

Nu moest er nog wat gerekend worden. Als op 1 cm^2 een waterkolom van 10,15 m staat, betekent dit een watervolume van 10.15 cm^3 en een watermassa van 1015 kg. Die kolom weegt dan 1,015 x 9,8 = 91,95 N. Nu is een druk van 0,01 N/cm^2 gelijk gesteld aan 1 mbar. In mijn geval heb ik dus een druk van 995 mbar gemeten. Deze uitkomst viel me tegen. Ik had verwacht boven 1000 mbar uit te zullen komen.

Verklaring

Het verschil kon ik niet verklaren en daarom vroeg ik het aan onze leraar. Hij vertelde dat het vacuüm boven in de slang niet zo perfect was als ik wel gedacht had. Dat komt door de verdamping van het water. En die waterdamp geeft ook een spanning.
Hij pakte een boekje en daarin stond een tabel, waaruit we konden aflezen dat bij 20 °C die waterdruk rond 25 mbar ligt. In mijn proef zou ik dus, om de werkelijke luchtdruk te weten, er nog 25 mbar bij moeten optellen.
De luchtdruk is dus 995 + 25 = 1020 mbar.

Ten slotte

En zo had Berthilde van Hierden het moeilijker dan Torricelli, want kwik heeft een aanzienlijk lagere dampspanning dan water. Verwaarlozing van die dampspanning, in het geval van water, geeft dan ongeveer een fout van 2,5%.

4. DE TOETS

Aan de hand van de behandelde leerstof en de practicumopdrachten stelt u op de bekende manier een toets samen. Enkele suggesties voor toetsvragen vindt u in bijlage D2.
Zo'n toets tussendoor is in dit geval zinnig omdat het thema als geheel vrij lang duurt, door de leerlingen als nogal moeilijk wordt ervaren en de leerstofperiode, die op de oriëntatieperiode volgt, voortbouwt op de verschijnselen die de leerlingen in deze oriëntatieperiode hebben waargenomen.

5. DE DEMONSTRATIEPROEVEN

De demonstratieproeven worden in het lessenplan aangegeven als een mogelijke afsluiting van de oriëntatieperiode (maar het is ook mogelijk om ze te gebruiken bij de afronding van het thema als geheel). De demonstratieproeven (smeltpuntverlaging, kookpuntverhoging, oververhitte stoom, enz.) relativeren de door de leerlingen waargenomen verschijnselen en vormen een soort rustpunt in het thema. Demonstreer wel zó, dat u terugkoppelt naar de basisstof en de -vaardigheden.
Een beschrijving van de demonstratieproeven is opgenomen in de Apparatuurgids.

DE LEERSTOFPERIODE

1. DE LEERSTOF

In het basishoofdstuk "Moleculen" is de tekst op blz. 9 tot en met 13 van "IJs-Water-Stoom-II" het belangrijkste. Het allerbelangrijkste (en een samenvatting voor de leerling) is de tekst bovenaan blz. 9 en de tekst op blz. 12 (warmte-effecten) (zie ook het onderdeel "de leerstof" in het hoofdstuk "Verantwoording" in deze AVOL).
In het basishoofdstuk "Moleculen" wordt begonnen met de opbouw van een, zeker niet volledig, molecuulmodel van de stof in de vaste, vloeibare en gasvormige fase. Het is niet noodzakelijk, dat de leerlingen alle proefjes doen die aanleiding geven tot het *veronderstellen* van bepaalde eigenschappen van moleculen. Tijdens het klassegesprek waarin door leraar en leerlingen *samen* het beeld van het molecuulmodel wordt opgebouwd, kunnen leerlingen kort rapporteren over het verloop en de resultaten van een proefje dat ze gedaan hebben *op een moment dat daar in het klassegesprek behoefte aan is.*
Omdat het molecuulmodel een abstracte zaak is, is het essentieel dat in het klassegesprek geprobeerd wordt de leerlingen "zelf het model te laten opbouwen", uitgaande van de *veronderstelling* dat elke stof uit kleine, niet zichtbare moleculen bestaat. Zo'n klassegesprek kost meer tijd dan een presentatie van de leerkracht in de trant van "het zit zo en zo in mekaar, dus...", maar het model gaat daardoor voor de leerlingen toch meer "leven" (en blijft langer "hangen").
Het molecuulmodel wordt gebruikt om verschijnselen als fase-overgangen beter te begrijpen. In dit stadium is het goed de leerlingen erop te wijzen dat een model erg nuttig kan zijn om verschijnselen te begrijpen (en zelfs te voorspellen), maar dat elk model ook zijn beperkingen heeft en dat er een heleboel vragen onbeantwoord blijven ("waarom trekken moleculen elkaar aan", "waarom gaan moleculen sneller bewegen als de temperatuur stijgt", enz.).
Bij het "opbouwen" van het molecuulmodel kunnen bij de leerlingen een paar onjuiste ideeën ontstaan. Eén van die ideeën is bijvoorbeeld "het molecuul als *uniform* elementair deeltje voor alle materie".
Zo'n idee wordt voor een deel veroorzaakt door de nadruk op de geringe afmetingen van moleculen en zinnen als "alle stoffen bestaan uit moleculen".
Het is van belang dat zulke ideeën tijdig in de klas gesignaleerd worden.

Wat voor iedere leerling verplicht is in dit thema:

- Het benoemen van de fase-overgangen (schema blz. 3, opdracht 4).
- Een korte samenvatting van hoe je je eigenschappen van moleculen kunt voorstellen in een vaste stof, een vloeistof en een gas (tekst op blz. 9 midden).
  Deze samenvatting is het resultaat van het invullen van de tabel bij opdracht 5 (blz. 9). Een voorbeeld van hoe die tabel er uit kan zien, is weergegeven in het kader op blz. 32 van deze AVOL als onderdeel van een hierna beschreven lessenplan.

- De toepassing van deze theorie bij de fase-overgangen ijs-water en water-waterdamp (stoom) (rest blz. 9 en blz. 10 en 11).
- Kennis van warmte-effecten bij fase-overgangen (blz. 12).

Iedere leraar zou er voor moeten zorgen dat elke leerling van het vorenstaande op de hoogte komt. Verder kunt u de nadrukken leggen op de manier zoals u dat zelf wilt, afhankelijk van het aantal beschikbare lessen en de belangstelling die er is.

2. HET LESSENPLAN

In dit lessenplan wordt uitgegaan van drie lesuren voor de behandeling van het basishoofdstuk "Moleculen". Naar eigen inzicht kunt u er meer of minder tijd voor uittrekken (met name in les 2 zit speelruimte!).

Les 1

- Inleiding:
  over eigenschappen van een stof in de verschillende fasen en de opbouw uit moleculen.
- Sublimeren:
  DEMO proef 1 (jodium verwarmen) of DEMO vervolgblok 3, onderzoek 2, proef 1 (rijp maken). (Als het laatste gekozen wordt: het kan een tijdje duren voordat de rijp goed zichtbaar wordt: u kunt dan beter doorgaan met de les en op de proef terugkomen als de rijp goed zichtbaar geworden is).
  Proef 2 gaat ook over sublimeren: deze kan als huiswerk.
  Afronden met opdracht 4.
- Moleculen bewegen:
  DEMO proef 5 (die had u van tevoren klaargezet).
  Bespreek wat er gebeurt: kom er een volgende les op terug.
  DEMO proef 6.
  DEMO proef 10.
  Afronden met opdracht 5, eerste regel: "moleculen bewegen".
- Moleculen trekken elkaar aan.
  KLASSEGESPREK naar aanleiding van proef 7.

DEMO = demonstratie door de leraar

Les 2

- Terugkomen op proef 5.
- Cirkelpracticum.
  Beslis hoeveel tijd u hieraan wilt besteden en dus: welke proeven u opstelt en hoeveel van die proeven per leerling of groepje leerlingen gedaan worden:
  - Moleculen trekken elkaar aan; ordening (vervolg):
    1 proef 8a
    2 proef 8b
    3 proef 9c
  - Door temperatuurstijging sneller bewegen:
    4 proef 11
    5 proef 12.
    U hebt nu vijf opstellingen. Hebt u meer opstellingen nodig, dan kunt u óf twee opstellingen per proef neerzetten óf een aantal andere proeven toevoegen:
  - Proef 3 (Brown-beweging).
    Dit is voor de leerlingen een moeilijke proef.
    In de tekst wordt met deze proef "aangetoond" dat moleculen bestaan.
    Voor leerlingen "bestaan" moleculen al.
    De proef zal hen niet extra overtuigen. Proef 4 is hierbij nodig.
    U kunt de proeven 3 en 4 ook als DEMO doen.

- Proef 8b uitbreiden met meer microscopen en meer verschillende kristallen.
- Proef 9a.
  Deze proef kan ook als huiswerk.
- Proef 9b.
- Proeven 1 tot en met 4 vervolgblok 4, onderzoek 2. (U hebt dan meer microscopen nodig).

Les 3

- Cirkelpracticum afronden in de vorm van een klassegesprek, gericht op het invullen van de tabel bij opdracht 5 (blz. **9**). Een samenvatting van opdracht 5 staat op blz. **9**

TABEL opdracht 5.

	vaste stof	vloeistof	gas
moleculen bewegen		ja, want bij de proef Brown beweging zag je de melkdeeltjes bewegen ja, want bij proef 5 zag je het blauw zich steeds verder uitbreiden.	ja, want bij proef 6 zag je dat de ammonia en het zoutzuur naar elkaar toe bewogen voor zo een chemische reaktie ondergingen.
moleculen trekken elkaar aan	ja, want probeer een ijzerdraad maar eens kapot te trekken, dat gaat heel moeilijk	ja, een beetje want dat verklaart waarom het onderste deel van een waterdruppel uit de kraan aan het bovenste deel blijft hangen.	nee , want een gas zie je zo uit elkaar
moleculen zijn geordend	ja, dat kun je mooi zien aan de regelmatige vormen van kristallen (b.v. proef 8b)	nee, ze bewegen kriskas door elkaar; dat kun je zien bij de Brown beweging (proef 3)	nee, ze bewegen zo maar door elkaar heen daardoor kunnen in proef 6 ammoniamoleculen en zoutzuur moleculen door de lucht bij elkaar komen
door temperatuurstijging gaan de moleculen sneller bewegen	ja, moleculen bewegen sneller rond de evenwichtsstand zodat b.v. ijzer uitzeg bij verwarmen (zie proef 10)	ja. de moleculen hebben meer ruimte nodig omdat ze sneller bewegen. Daardoor zet de vloeistof of het gas uit. (zie proef 11)	(zie proef 12)

- Fase-overgangen verklaren met behulp van het molecuulmodel en warmte-effecten die daarbij optreden behandelen.
  Mogelijke lesonderdelen:
  - Een verhaal (van de leraar) over hoe moleculen zich gedragen bij fase-overgangen. Koppel de theorie aan proeven uit IJs-Water-Stoom-I.
    U kunt ook bijlage D3 hierbij gebruiken.
  - Proef 14 (kan ook als huiswerk).
  - Proef 15.
  - Klassegesprek naar aanleiding van vervolgblok 2, onderzoek 2, opdracht 4 (blz. **30**) (waarom krijg je het zo koud als je uit het water komt, ook als het warm is?) of over "zweten".
  - Bespreking van de "buffers" in de natuur bij fase-overgangen (zie hiervoor bijlage D4).

3. DE TOETS

Voorbeelden van toetsvragen zijn opgenomen in bijlage D8, in combinatie met vragen over de leerstof in de vervolgblokken.

Zo maar wat leuke natuurkundeproefjes 1

J.C.J. Masschelein

Practikrant (Malmberg BV)

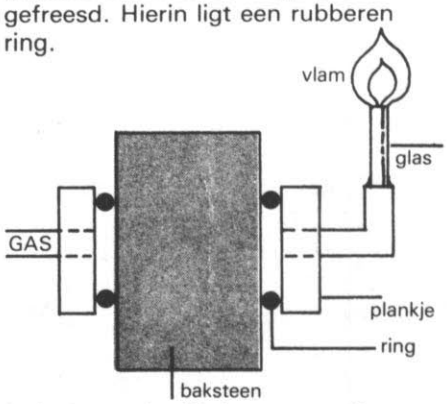
De grootte van gasmolekulen

In de tweede klas wordt vaak de molekulaire opbouw van stoffen behandeld. Uit macroscopische eigenschappen van stoffen probeert men dan vaak de microscopische eigenschappen van de molekulen af te leiden.
Met diffusieproeven wordt bijvoorbeeld aannemelijk gemaakt dat gassen opgebouwd zijn uit bewegende molekulen.
Met de 'olievlekmethode' kan men een schatting maken van de afmeting van een oliezuurmolekuul.

De hieronder beschreven proef laat leerlingen bijzonder goed aanvoelen 'hoe klein en hoe beweeglijk' aardgasmolekulen zijn.

Voor de proef is een baksteen nodig. De zijkanten van de baksteen moeten met een paar lagen blanke lak worden ingestreken.

Tegen de zijwanden worden twee cirkelvormige houten plankjes gedrukt (en met een klem op hun plaats gehouden).
Om een goede aansluiting op de baksteen te verzekeren is in beide planken een cirkelvormige groef gefreesd. Hierin ligt een rubberen ring.



In het ene plankje is een messing buisje aangebracht, voorzien van een rubberen slang voor aansluiting op de aardgasleiding. In het andere plankje is een messing buisje aangebracht, waarop een glazen buisje met spuitvernauwing is aangesloten.

Open de gaskraan, en... steek na enkele seconden het gas aan bij het glazen buisje. Het gas stroomt dwars door de poreuze baksteen!
Met deze proef wordt meteen duidelijk gemaakt waarom een ondergrondse lekkende aardgasleiding zo gevaarlijk is.

Materiaal
2 cirkelvormige houten plankjes
$\varnothing = 10$ cm
messing buis $\varnothing = 8$ mm

glazen buisje met vernauwing
2 rubberen O-ringen (te koop bij loodgieters e.d.)
baksteen.

DE KEUZE-ONDERZOEKEN

1. WAT VALT ER TE KIEZEN?

Er zijn in "IJs-Water-Stoom-II" een groot aantal keuze-mogelijkheden voor de leerlingen. U kunt besluiten om deze keuze-mogelijkheden enigszins te beperken. Bijvoorbeeld op grond van apparatuur-overwegingen of op grond van een voor de keuze-onderzoeken beperkte beschikbare tijd. Bij elk vervolgblok worden er hieronder enkele suggesties gedaan welke onderzoeken de essentie van het vervolgblok goed weergeven.

Basisblok-vervolgblok-relatie.

De fysische relatie tussen het basisblok en vervolgblok 1 tot en met 4 betreft "fase-overgangen", met name toepassingen daarvan (deze relatie wordt door leerlingen in het algemeen niet zonder meer ervaren).
Bij blok 2 komen daar de warmte-effecten van fase-overgangen (en toepassingen daarvan) bij. Blok 4 legt de nadruk op kristalgroei (dus op de vorm en op de molecuulordening). Blok 5 betreft een uitbreiding van de molecuulvoorstelling naar "hoe groot zijn moleculen".

Opdrachten voor leerlingen die vervolgblokken kiezen.

Elk vervolgblok begint met "voordat je begint". Hier staan alleen maar opdrachten wat betreft werkwijze en rapportage. Er staan géén inhoudelijke eisen in, omdat dat naar ons idee afhangt van wat iedere leraar wil. Iedere leraar moet daar dus zijn eigen eisen aan toevoegen.
Een voorbeeld hiervan bij vervolgblok 1: "geef in je verslag/rapportage aan hoe gebruik gemaakt wordt van fase-overgangen in de stoommachine".
Een voorbeeld hiervan bij vervolgblok 2: "geef in je verslag/rapportage aan hoe van warmte-effecten bij fase-overgangen stoom-water en water-stoom gebruik gemaakt wordt bij de diverse proefjes en leesteksten".
Ook algemene eisen kunnen gesteld worden, bijvoorbeeld: "verwerk in elk geval datgene uit de leesteksten dat bij de onderzoeken hoort".
Zie verder de verschillende blokken en het stuk "verslaggeving" verderop in dit hoofdstuk.
Aan het verloop van het keuze-proces bij de leerlingen wordt elders in dit hoofdstuk aandacht besteed.

Vervolgblok 1.

De essentie hiervan is "de functie die stoom heeft" als aandrijfkracht voor machines. Datgene dat dat het beste aantoont, is onderzoek 2, onderzoek 3 en leestekst 2. Dit onderzoek wordt veel gekozen.
Het betreft eigenlijk energietransformatie van bijvoorbeeld warmte-energie naar hoogte-energie, elektrische energie of kinetische energie. Leerlingen zullen dat nauwelijks beseffen.

Maar als leerlingen deze richting insturen, is dat prima. In latere thema's komen we hierop terug. Wilt u dit uit de onderzoekjes krijgen, vraag dan uw leerlingen of ze in hun rapportage willen vermelden waar de warmte-energie die aan het water is toegevoegd uiteindelijk is gebleven.
Onderzoek 1 vinden leerlingen in het algemeen niet zo geslaagd.

- Aan het eind van leestekst 2 wordt gepraat over energiebronnen. Misschien kunt u hier iets vertellen over het tekort aan energievoorraden en de "oplossing" van kernenergie. In het NAS-deelthema "Energie in de Toekomst" wordt hierop uitgebreid ingegaan.
- Ook kunt u onderzoek 2 en leestekst 2 verbinden: hoe wordt elektriciteit gemaakt?
- Ook kunnen leerlingen in het kader van dit vervolgblok een (literatuur)onderzoek uitvoeren rond de stoommachine en de Industriële Revolutie (welke effecten had dit op de samenleving?) en, aansluitend op de stoomturbine, rond het energetisch rendement van elektriciteitscentrales.

Vervolgblok 2.

Leerlingen beoordelen dit blok in het algemeen als minder geslaagd. Het belangrijkste uit dit blok is het fysische en veel toegepaste verschijnsel dat warmte nodig is voor verdampen. Het meest duidelijke onderzoek dat dat fysische principe aantoont, is onderzoek 2.
Onderzoek 4 is hier een vervolg op.
Onderzoek 3 en leestekst 1 leggen de toepassing van dit principe in de ijskast uit.
De andere onderzoekjes en leesteksten illustreren deze principes.

Vervolgblok 3.

Het belangrijkste uit dit blok is het besef dat er waterdamp in de lucht zit en dat dit water kan condenseren tot dauw (onderzoek 1), "bevriezen" tot rijp (ijs) (onderzoek 2), of in kleine druppels condenseren bij afkoeling tot wolken (onderzoek 3)
De leesteksten zetten deze natuurverschijnselen in een breed perspectief, omdat waterdamp in de lucht veel van die natuurverschijnselen verklaart. Er is niet één bepaalde proef of leestekst die dit speciaal aantoont. Een leuk onderzoek is onderzoek 2. De meest interessante leestekst is leestekst 2.
In bijlage D5 wordt de extra proef over de vochtigheidsmeter bij onderzoek 1 beschreven.

DE KEUZE-ONDERZOEKEN

Vervolgblok 4.

Het belangrijkste uit dit blok is het groeien of ontstaan van kristallen volgens bepaalde structuren en de verklaring hiervan met behulp van moleculen.
De proeven die zich het beste lenen voor het zien van kristalgroei en ontstaan van kristallen zijn de proeven 1 en 2 uit onderzoek 1 (die door leerlingen ook gewaardeerd worden) en proef 3 uit onderzoek 2 (zie voor proef 1 onderzoek 1 ook bijlage D6).
Onderzoek 3 lijkt ons minder geschikt om veel tijd aan te besteden. Wel is het goed papieren modellen en dergelijke in de kast te hebben, omdat het leerlingen wel vaak het een en ander over molecuulordening duidelijk maakt.

Vervolgblok 5.

Het belangrijkste uit dit blok is, dat leerlingen leren hoe groot moleculen ongeveer zijn. Niet direct belangrijk is, dat ze precies weten hoe groot ze zijn, maar vooral van belang is welke grootte-orde ze hebben. Het meest geschikt daarvoor zijn de onderzoeken 1 en 2 en leestekst 1.
Onderzoek 3 is moeilijk uit te voeren en lijkt eerder een experiment dat door de leraar voor de klas gedaan moet worden.

Tip: Hoe klein klein is, kunt u de leerlingen laten meemaken door één meter te nemen en leerlingen te vragen wat 1 meter lang is. Daarna iets van 10 m, 100 m, 1 km, 100 km, 1000 km. Van 1 meter tot 1000 kilometer is 7 x met 10 vermenigvuldigd. Van 1 meter 7 x door 10 delen geeft de grootte van een molecuul.
Onze ervaring is dat dit leerlingen aanspreekt: 10^{-7} zegt ze niets. De wandplaat van Kees Boeke (zie blz. 17 van deze AVOL) en de daarop gebaseerde film "Cosmic Zoom" (zie het hoofdstuk "Boeken en audio-visuele media" in deze AVOL) behandelen ditzelfde, alleen veel mooier.

---

2. HET KIEZEN

Onderstaande is gebaseerd op het rapport "Aspecten van kiezen". "Kiezen" is één van de vernieuwingskenmerken bij het PLON. In het rapport wordt verslag gedaan van een beperkt onderzoek naar aspecten van het zelfstandig kiezen van onderzoek(en) door leerlingen, toegespitst op één PLON-thema, namelijk "IJs-Water-Stoom-II". De doelstellingen van dit onderzoek waren:

- meer informatie verzamelen over keuze-processen
- komen tot suggesties voor leraren ten aanzien van het omgaan met het PLON-kenmerk "kiezen" (met name met betrekking tot het analyseren en waarderen van het keuze-proces).

Het rapport "aspecten van kiezen" (PLON OZ 80-1204) is verkrijgbaar bij het PLON.

In de bij het onderzoek betrokken klassen wordt "het kiezen" door de leerkrachten verschillend benaderd. In beide gevallen komen bij de instructie echter vooral twee aspecten naar voren:

- een organisatorisch aspect;
  dit zijn opmerkingen als bijvoorbeeld "in totaal zijn er vier lessen voor dit thema beschikbaar" en "jullie krijgen 20 minuten voor het kiezen"
- een inhoudelijk aspect;
  zoals opmerkingen over het kunnen kiezen van leesteksten en proeven en de punten die voor een rapportage belangrijk zijn.

Leerlinggedrag en argumentatie.

Na de instructie van de leerkracht over het kiezen, schuiven de leerlingen de tafels aanéén en gaan de vervolgblokken doorbladeren. Ze lijken daarbij nauwelijks gebruik te maken van de bladzijden die een korte omschrijving van de inhoud per vervolgblok geven, maar beginnen direct met het doorbladeren van de vervolgblokken en lijken sterk aangetrokken tot foto's en tekeningen van proefopstellingen.
Het zoekproces wordt begeleid door opmerkingen als: "leuk om te doen, gaaf, niks an", etc.. Vaak worden zo alle vervolgblokken doorgewerkt zonder dat er een echte keuze of prioriteit bepaald wordt. Er worden door de leden van een groepje verschillende "voorstellen" gedaan waarop op diverse manieren gereageerd wordt. Bijvoorbeeld instemmen, een tegenvoorstel doen, niet op het voorstel reageren komt afwisselend voor. De keuzes worden zo ingeperkt door de reacties van de groep.

DE KEUZE-ONDERZOEKEN

Prioriteiten bepalen blijkt een moeizame en spannende zaak, en zelfs bij het opschrijven op het bord van de gemaakte keuzes (ten behoeve van de beoordeling van de mogelijkheid tot realisering van de door alle groepjes gemaakte keuzes) verandert de rangorde van de keuzes nog.

In de leerlingenvragenlijst, afgenomen binnen het kader van de evaluatie van "IJs-Water-Stoom-II", werd de leerlingen gevraagd om op te schrijven waarom ze die onderzoekjes gekozen hadden die ze gedaan hadden.
De antwoorden op deze vraag zijn gecatalogiseerd weergegeven in de tabel.

		aantal	percentage
1.	geen antwoord	76	25
2.	omdat ze leuk lijken of aantrekkelijk zijn	80	26
3.	uit nieuwsgierigheid, interesse, willen weten	57	19
4.	leuk kan knutselen, doen/maken leuk lijkt	28	9
5.	omdat ze makkelijk lijken	14	5
6.	omdat ze leerzaam lijken	11	4
7.	omdat het moest, je mocht niet kiezen	11	4
8.	niks leuks bij, leukste al door anderen gekozen	10	3
9.	zomaar, daarom, geen duidelijke reden	10	3
10.	omdat het de kortste was	3	1
11.	overige uitspraken	6	2
	totaal	306	101

Het verloop van het keuze-proces.

Als we kijken naar het keuzeproces dan zouden we twee fasen in het proces kunnen onderscheiden die zich afwisselend voordoen.
Een eerste fase is het genereren van een verzameling van acceptabele (onderzoeks) alternatieven. Het genereren van een verzameling van acceptabele concrete onderzoeksvoorstellen geschiedt in bijna alle gevallen nadat eerst een uitspraak over een bepaald vervolgblok is gedaan en beperkt zich dan tot onderzoekjes uit dat betreffende vervolgblok.

Als het ware oriënteert de groep (niet alle individuen) zich eerst vluchtig over een vervolgblok alvorens ze daar wat specifieker naar gaat kijken.
Hoe komt het nu dat de leerlingen gaan besluiten om ertoe over te gaan nieuwe alternatieven te genereren of alternatieven te elimineren? Het geven van nieuwe alternatieven lijkt ons inziens een gevolg te zijn van verschillende factoren. Ten eerste ten aanzien van een emotionele spanning, die een gevolg is van een conflict tussen de leerlingen inzake de eerst gegenereerde (start) alternatieven. De ene leerling wil uit vervolgblok 1 niet onderzoek 1 maar wel onderzoek 2 of 3, de tweede geeft juist onderzoek 1 absolute prioriteit boven 2 of 3. Het compromis "alles uit vervolgblok 1" wordt door beiden niet geaccepteerd. Er ontstaat een emotioneel spanningsveld dat verminderd kan worden door het genereren van nieuwe alternatieven ten aanzien waarvan eventueel wel overeenstemming gevonden kan worden. Een psychisch bevredigende oplossing kan ontstaan als iedereen "heeft moeten inleveren" of als gekozen wordt uit een verzameling alternatieven die geen emotionele component bevatten; tot zolang gaat in principe dit genereren door.
Naast deze emotionele component speelt ook een argumentatie-aspect mee: als een startverzameling niet voldoet aan een aantal eisen (waar men het onderling wel over eens is, zoals "het moet geen leestekst zijn", "je moet wat te doen hebben" of "er moeten wat verschillende onderwerpen in zitten"), dan moet er doorgezocht worden.
Verder blijkt binnen de groep ook het aantal onderzoekjes dat je moet selecteren (de door de leerkracht ingestelde norm) een rol te spelen. Regelmatig vindt binnen de groep terugkoppeling plaats van het aantal reeds geselecteerde onderzoeken (en de diversiteit daarin) naar deze norm. Ook de tijd blijkt een belangrijke factor te zijn. Bij beide leerkrachten gold, dat op een bepaald moment klassikaal vastgesteld moest worden welke groep welk onderzoek ging doen: heeft een groepje op dat moment nog geen keuze gedaan, dan worden eerst de hoogste prioriteit-keuzes van de andere groepen gehonoreerd. Niet kiezen als groep betekent genoegen nemen met wat overblijft!

Aspecten van kiezen (bij "IJs-Water-Stoom-II").

Uit de leerlingenvragenlijst blijkt, dat de leerlingen in sterke mate het gevoel hebben dat ze bij het thema "IJs-Water-Stoom-II" zelf de vervolgdelen en daaruit ook de deelactiviteiten hebben kunnen kiezen. Dit wijst er op, dat organisatorische beperkingen (als beschikbare tijd, aantal te kiezen onderzoeken, eventuele variatie in te kiezen onderzoeken enz.), die de leraren aan de keuze opleggen, nauwelijks of niet door de leerlingen als vrijheid-ontnemend worden ervaren, maar als organisatorische vorm geaccepteerd worden. Belangrijk voor leerlingen lijkt te zijn, dat ze in ieder geval de ruimte krijgen om zelf een aantal inhoudelijke keuzen te maken.

Dat leerlingen daarbij een zekere sturing van de leraar (als inperking in keuze-mogelijkheid) niet alleen accepteren, maar ook lijken te wensen, is bij een aantal thema-evaluaties ("Mensen en Metalen", "Verwarmen en Isoleren" e.a.) al eerder gebleken (zo is een conclusie naar aanleiding van het thema "Verwarmen en Isoleren" dat te veel zelfstandigheidsmomenten door leerlingen niet als plezierig worden ervaren).
Overigens blijkt bijna 90% van de leerlingen achteraf tevreden met de keuzes die ze gedaan hebben.
Uit de vragenlijst blijken duidelijke verschillen tussen jongens en meisjes met betrekking tot de vervolgdelen en de deelactiviteiten die daaruit gekozen worden. Zo kiezen jongens relatief veel meer het vervolgdeel over stoommachines (technologie) en kiezen meisjes relatief meer het vervolgdeel over kristallen (natuur). Dit wijst er op, dat leerlingen bewust kiezen ten aanzien van de inhouden. Interessant is echter ook vervolgblok 3: hier blijken de meisjes relatief meer de onderzoekjes te kiezen, terwijl de jongens uit ditzelfde vervolgblok relatief meer leesteksten kiezen. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn voor de veronderstelling, dat ten aanzien van bepaalde kennisinhouden ook bewust gekozen wordt voor de vorm waarin de kennis wordt verkregen (d.w.z. een meer "passieve" wijze als lezen, versus een meer "actieve" wijze als onderzoek doen).
Bovenstaande pleit er in ieder geval voor om niet alleen te differentiëren naar *leerstofinhouden*, maar om per inhoud ook te differentiëren naar *leerlingactiviteiten*.

De waarde van kiezen voor de natuurkundekant van het leerproces.

De leerlingen kunnen hierbij de volgende ervaringen opdoen:

- het krijgen van een overzicht van de aangeboden stof
- lezen uit de stof.

Overigens vindt dit niet in de volgorde plaats, zoals hierboven is aangegeven. Al deze bezigheden lopen kris-kras door elkaar heen als de leerlingen met elkaar tot keuzes proberen te komen.
Bijvoorbeeld: het uiten van belangstelling voor een bepaalde proef kan leiden tot lezen er over in het vervolgdeel en later tot praten over dit voorstel. Door de verschillende voorstellen die worden gedaan over mogelijke groepskeuzes krijgen de leerlingen een beeld van de inhoud van de vervolgdelen.
De mate waarin dit gerealiseerd kan worden, lijkt sterk afhankelijk van twee factoren, namelijk:

- een interne groepsfactor;
  bijvoorbeeld de verschillende belangstellingen die in een groep leven en de wijze waarop met elkaars "argumenten" omgegaan wordt
- een externe factor;
  bijvoorbeeld aantal keuzes die gemaakt moeten worden met al of geen rangorde daarin zoals door de leerkracht kan worden opgelegd.

De waarde van het kiezen voor sociale vaardigheden.

De leerlingen krijgen door het keuzeproces de kans om ervaring op te doen op het gebied van sociale vaardigheden. Dit impliceert echter niet dat ze hierdoor noodzakelijkerwijs ook sociaal vaardiger worden. Er zou feedback naar de leerlingen toe moeten worden gegeven ten aanzien van hun functioneren in de groep. Een manier waarop die feedback gegeven zou kunnen worden, vindt u in bijlage D7.
Een proces als kiezen, wat te gaan doen, kan een groot aantal sociale leerervaringen geven door middel van activiteiten als luisteren naar elkaar, opkomen voor eigen keuze, concessies doen, anderen ruimte geven of ontnemen, besluiten leren nemen.

Suggesties voor de leerkrachten bij de keuzefase.

Hieronder volgen een aantal punten waarvan we het idee hebben dat ze belangrijk zijn om het keuzeproces zo goed mogelijk te laten verlopen:

1. Start het kiezen aan het begin van de les.
   Hierdoor krijgt de keuzefase meer reliëf en wordt het meer een wezenlijk onderdeel van het lessenplan. De leerlingen zien hun keuze-activiteit in deze les beloond worden, doordat ze er aan kunnen werken.

2. Duidelijk markeren van de keuzefase.
   Dit kan door de tijd (bijvoorbeeld 20 minuten) aan te geven die voor het kiezen beschikbaar is. Hierbij hoort ook een gezamenlijke afsluiting, bijvoorbeeld door toewijzing van de keuzes. Nuttig lijkt hierbij ook het door de leerlingen zelf op bord laten schrijven van hun keuze(s).

3. Formuleer de mogelijkheden ten aanzien van de keuzefase en formuleer de eisen, te stellen aan de afronding van de leerlingactiviteit.
   Hiermee bedoelen we het aangeven van het aantal te maken keuzes (liefst met een rangorde in verband met de "toewijzing" van de gemaakte keuzes). Verder het ook aangeven van eventuele beperkingen ten aanzien van de gemaakte keuzes (niet twee groepen hetzelfde proefje of maximaal twee groepen per vervolgblok). Daarnaast zijn, met betrekking tot het kiezen door de leerlingen, de eisen die de leerkracht stelt ten aanzien van de afronding van het onderzoek belangrijk. Bijvoorbeeld eisen gesteld aan een demonstratie of een schriftelijke rapportage.

4. Stimuleer leerlingen in de keuzefase.
   Dit kan bijvoorbeeld door langs de groepen te gaan en te vragen "hoever zijn jullie" of per groepje nog even de eisen toe te lichten of een blaadje aan te reiken waarop ze hun voorlopige keuzes kunnen schrijven.

5. Opstelling van de groep.
   Het beste lukt het om de leerlingen tegenover elkaar, in een drie- of vierhoek, te laten zitten. Op deze wijze kunnen ze elkaar allemaal zien en ligt het niet aan de opstelling, zoals het bijvoorbeeld in één rij gemakkelijk kan gebeuren, dat er slechts twee bezig zijn en anderen buiten spel staan.

6. Wijs de leerlingen op het belang van de bladzijden met inhoudsopgave van de vervolgblokken voor het verkrijgen van een globaal overzicht van de keuze-onderwerpen.

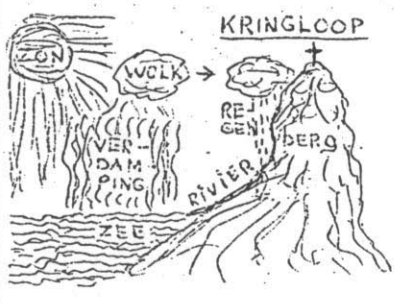
DE KEUZE-ONDERZOEKEN

3. DE VERSLAGGEVING (2)

Hieronder worden een aantal "eisen" weergegeven, waarop een schriftelijke rapportage als afsluiting van het keuze-onderzoek beoordeeld zou kunnen worden. U kunt uw eigen keuze maken uit deze criteria (of de leerlingen laten kiezen). Ook in de beoordeling van de gemaakte verslagen kunnen de leerlingen meedoen (laat de verslagen rouleren of copieer ze; dit laatste is wel een dure oplossing).
Bij een aantal van de hieronder genoemde criteria hebben we delen uit het "waterboek" (behorend bij het thema "Werken met Water") van Margit Deimel (tweede klas Grotius College, Heerlen) weergegeven, die bij het betreffende criterium aansluiten.

CRITERIUM

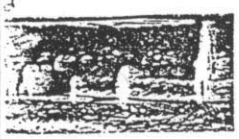
- Welk(e) onderzoek(en) heb je gekozen?
  Waarom heb je die gekozen?
  Was je het in de groep over de keuze eens?
  Hoe heb je de taken binnen de groep verdeeld?
- Vond je de proef-opdrachten duidelijk of ben je een andere kant op gegaan?



Het water stroomt via rivieren naar de zee en daar verdampt 't door de zonnestraler. Het water stijgt dus en vormt in de lucht wolken. De wolken drijven af en het gaat regenen. De kringloop begint dan opnieuw. De zon is dus een middel om water (3)

Van laag naar hoog:
Als je de titel leest, dan denk je: dat kan niet, water kan niet van laag naar hoog gaan.
Toch gebeurt het dagelijks, zonder dat we erbij stil staan. bv:
(2) de kringloop van water:

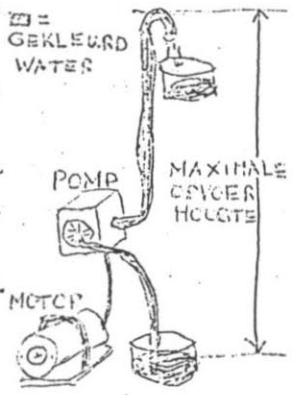
omhoog te krijgen.
Er is nog een tweede middel: druk
Als je onder water druk zet, dan gaat het water omhoog. bv: een



← fontijn.
Die druk kun je bv. met een pomp krijgen.'
Hier heb ik een proef mee gedaan:
Je sluit de pomp op een motor aan
De pomp pompt dan automatisch water uit een bakje door een plastice buis omhoog. Het hoogste punt dat het water met een pomp kan bereiken noemt men
(4) de „maximale opvoerhoogte"

- Heb je duidelijk/begrijpelijk beschreven wat er door de groep aan onderzoek gedaan is?

De maximale opvoerhoogte die ik gemeten had was 210 cm. Dit meet je met een lat die naast de buis staat.



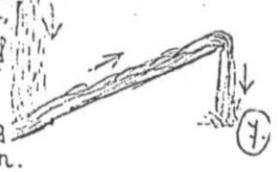
Als je een dikkere buis neemt, dan verwacht je misschien dat het water minder zal stijgen, omdat het dan in de breedte gaat zitten, maar dat is niet (5).

- Heb je je waarnemingen/metingen duidelijk/overzichtelijk opgeschreven?
- Heb je uit je waarnemingen/metingen een duidelijke conclusie getrokken?
- Heb je een verklaring voor die conclusie?
- Wat is voor jou het interessante aan het onderzoek dat je gedaan hebt?
- Heb je gewoon het onderzoek uit het boek uitgevoerd of heb je ook nieuwe onderzoekvragen opgeschreven?

zo, want met een dikkere buis stijgt het water ook tot 210 cm. De dikte van de buis maakt dus niks uit. Ik denk dat de maximale opvoerhoogte van een dikkere vloeistof lager zal zijn, want een dikkere vloeistof is ook zwaarder.

De conclusie van dit alles is dus dat je water omhoog kan krijgen door zonne energie (kringloop), door druk bv: pomp en door een harde val (waterval) Dit vond ik leuke proeven. Ik heb ze gedaan, omdat ik me niet goed kon voorstellen dat water van laag naar hoog kan gaan, maar nu geloof ik het, want ik heb het zelf gezien en gedaan.

Dit kan niet, want vanuit kan water niet omhoog stromen.



(7)

DE KEUZE-ONDERZOEKEN

- Heb je die onderzoekvragen zelf bedacht of heb je ze uit een ander boek gehaald (en heb je erbij geschreven uit welk boek dan?).

NOG EEN STUK UIT HET VERSLAG

Let op de (prima) conclusie.

Blijven drijven II:
Sommige voorwerpen (krant - boomstam - boot - kleren) blijven wel op het wateroppervlak drijven en sommige niet (steen - knikker - zand - hamer). Het ligt (25) aan het materiaal of een ding blijft drijven, ja of nee? ~~en~~ en het ligt niet aan de zwaarte, want een boomstam blijft drijven en een knikker niet.
Sommige schepen liggen diep in het water en sommige niet. Dit is ook erg gek. Het kan aan de zwaarte liggen, maar ook aan de vorm. Hier heb ik een proef mee gedaan, maar hij is niet gelukt.
De proef ging zo: Je vult 2 afloopblikken met water. De afloopblikken zet je alle- bei op een houts - (27)

blok. Onder de afloopbuis zet je een maatbeker, dan kan je aflezen hoeveel het schip zakt, want dat water loopt dan door de buis naar buiten. Als

je er waat zeepsop in doet dan loopt het makkelijker. Nu moet je alleen nog boten hebben. Hiervoor

gebruik je een plat schoteltje en een diep bekertje. Nu kun je beginnen: Je legt de boten in de afloopblikken, het water (28) mag net niet uit de buis lopen. Nu leg je steeds in iedere boot een knikker. Het platte schoteltje zinkt meer dan het bekertje, want het oppervlak is groter. Bij mij kiepte het platte schoteltje steeds om, omdat de knikkers naar één kant rolden. Toen hebben we met plasticine vakjes gemaakt

maar het hielp niet veel want de knikkers gingen toch nogal naar één kant. Deze proef is dus bij mij mislukt en ik vond hem ook niet zo leuk als de andere proeven. (29)

- Sluiten de afzonderlijke bijdragen van de groepsleden op elkaar aan of hangt het verslag als los zand aan elkaar?
- Ziet je verslag er goed verzorgd uit of is het een kliederboel?
- Is er veel werk gemaakt van het onderzoek en het verslag?

DE AFRONDING

Bij dit onderdeel van het lessenplan maken we alleen enkele opmerkingen over het eventueel te geven proefwerk.

HET PROEFWERK

In het afsluitende proefwerk kunnen de volgende soorten vragen voorkomen:

- vragen over "IJs-Water-Stoom-I" (zie bijlage D2)
- vragen over het basishoofdstuk "Moleculen" uit "IJs-Water-Stoom-II (zie bijlage D8)
- vragen over de door de leerlingen uitgevoerde keuze-onderzoeken (uit "IJs-Water-Stoom-II") (zie bijlage D8).
  Er zijn wat dit betreft een paar mogelijkheden:
  - keuze-vragen, die alleen beantwoord hoeven te worden door het groepje wat het keuze-onderzoek, waarop de vraag betrekking heeft, heeft uitgevoerd
  - vragen die ontleend zijn aan de door de leerlingen gemaakte verslagen (die alle leerlingen in copievorm bezitten en dus door alle leerlingen beantwoord zouden kunnen worden) of door de leerlingen gehouden rapportages.

  Bij beide mogelijkheden zou bijvoorbeeld ook geput kunnen worden uit door leerlingen, naar aanleiding van hun (verslag van hun) keuze-onderzoek, zelf gemaakte vragen (die opdracht moeten de leerlingen dan wel nadrukkelijk meegekregen hebben!)
- vragen over de schriftelijke vorm van rapporteren.
  Hierbij valt te denken aan vragen als:
  - noem drie (of meer of minder) eisen waaraan een goed verslag moet voldoen
  - noem uit je eigen verslag één (of meer) sterk(e) punt(en) (waarbij je goed aan een gestelde eis voldoet) en één (of meer) zwak(ke) punt(en) (waarbij je niet aan een gestelde eis voldoet).

DOELEN VOOR LEERLINGEN

Het is de bedoeling dat de leerlingen *tijdens* "IJs-Water-Stoom":

- met eenvoudige opstellingen proefjes doen om op de hoogte te komen van allerlei verschijnselen die optreden bij de overgangen tussen de drie fasen van een stof
- oefenen in het weergeven van hun meetresultaten in de vorm van tabellen en diagrammen
- ervaring opdoen met schriftelijke verslaggeving naar aanleiding van door hen uitgevoerde proefjes, evenals met het critisch beoordelen van die verslagen.

En verder:

- met plezier en met elkaar actief bezig zijn.

Het is de bedoeling dat de leerlingen *na* "IJs-Water-Stoom":

- zich een bepaald minimum aan leerstof en vaardigheden (zie verderop bij "leerstofdoelen" en "vaardigheden") hebben eigen gemaakt
- zich een idee hebben gevormd op welke manier van fase-overgangen in de techniek gebruik gemaakt wordt en hoe die fase-overgangen in de natuur herkenbaar zijn
- in staat zijn enkele factoren op te noemen die van belang zijn bij een schriftelijke verslaggeving en enige sterke/zwakke punten kunnen noemen van een eigen schriftelijke rapportage.

LEERSTOFDOELEN

- werking, ijking en aflezing van een vloeistofthermometer
- uitzetting van water bij bevriezen
- smelten en verdampen bij warmtetoevoer; stollen (bevriezen) en condenseren bij afkoeling
- temperatuurverloop tijdens smelten en verdampen: smelt- en kookpunt van stoffen (waaronder water) (smelt- en kookpuntverandering als de demonstratieproeven in het lessenplan zijn opgenomen)
- verandering van de eigenschappen van een stof bij (na) fase-overgang
- sublimeren en rijpen (S ↔ G)
- elke stof is opgebouwd uit moleculen; een proefje kunnen beschrijven waaruit dat "blijkt" (Brownbeweging bijvoorbeeld)
- eigenschappen van de moleculen in de drie fasen (wat betreft onderlinge aantrekkingskracht en beweging) kunnen beschrijven; proefjes kunnen beschrijven waaruit dat "blijkt"

- eigenschappen van de moleculen in de drie fasen gebruiken als verklaring voor het smelten en verdampen van een stof bij warmtetoevoer; verdamping bij elke temperatuur kleiner of gelijk aan het kookpunt
- smelten of verdampen: warmte nodig; bij stollen en condenseren komt warmte vrij.

VAARDIGHEDEN

- thermometer aflezen (schatten)
- (eventueel) de nauwkeurigheid van een meting aangeven
- metingen weergeven in tabel en diagram
- diagram interpreteren
- een redelijk verslag schrijven.

Verdere leerstofdoelen zijn afhankelijk van de door de leerlingen gekozen onderzoeken; die leerstofdoelen kunnen dus per leerling verschillen.

DOELEN VOOR DE LERAAR

Het is de bedoeling dat de leraar *tijdens* "IJs-Water-Stoom":

- op een afwisselende wijze de gekozen leerstof en practicum-opdrachten plant, bespreekt, behandelt en begeleidt
- de leerlingen begeleidt en stimuleert bij het kiezen, uitvoeren en verslag geven van het keuze-onderzoek
- samen met de leerlingen de verslagen critisch en vriendelijk beoordeelt op een aantal, ook voor de leerlingen duidelijke, beoordelingscriteria.

En verder:

- met plezier met de leerlingen werkt.

Het is de bedoeling dat de leraar *na* "IJs-Water-Stoom":

- zin heeft om met vakantie te gaan en zich daarna voor te bereiden op een volgend PLON-jaar
- van alle leerlingen een indruk heeft waar het de manier van werken, initiatief en gedrag in de groep betreft en deze indruk op een voor de school en de leerlingen bevredigende manier in een eind-"oordeel" kan uitdrukken
- een paar voorbeelden kan beschrijven van momenten/klassesituaties waarin hij naar eigen indruk goed functioneerde en van situaties waarin hij achteraf bezien anders had willen functioneren.

SAMENWERKING MET HET NBLC EN HET NIAM

In samenwerking met het PLON heeft het NBLC lijsten gemaakt met boeken, dia's, films, tijdschriften artikelen en dergelijke, die bruikbaar zijn als aanvulling op de thema's.
Inlichtingen bij:

Het Nederlands Bibliotheek- en Lectuurcentrum
t.a.v. M. Bartling
Taco Scheltemastraat 5
Postbus 93054
2509 AB Den Haag
Tel. 070-264351.

Verdere informatie en de adressen vindt u in de AVOL's bij de thema's "Een Eerste Verkenning" en "Bruggen".

In samenwerking met het NIAM heeft PLON-proefschoolleraar Theo Boks een aantal films uitgezocht bij verschillende thema's. Op de volgende bladzijden vindt u zijn lijst voor het thema "IJs-Water-Stoom", waarin hij korte omschrijvingen en gebruikssuggesties geeft van enkele toepasselijke films.

INLEIDING

Bij elk PLON-thema is een lijst gemaakt van mogelijk te gebruiken films en/of video-banden, die te verkrijgen zijn bij:

NIAM
Sweelinckplein 33
2502 JK Den Haag
Tel. 070-600924.

TFC
Arnhemsestraatweg 17
6881 NB Velp (Gld)
Tel. 085-629188.

De nummers *voor* de films/video-banden zijn die van het NIAM; staat er achter de titel de opmerking - video -, dan betekent dit dat de film ook op video beschikbaar is. De nummers van het TFC zijn *achter* de titels vermeld.
De volgorde waarin de films/video-banden staan vermeld, geven een voorkeur voor het gebruik aan: hierbij dient opgemerkt te worden dat de keuze, bij het nastreven van bepaalde doeleinden, niet automatisch op de eerste films/banden hoeft te vallen.

BOEKEN EN AUDIO-VISUELE MEDIA

VOOR DE 2e KLAS:

"IJS-WATER-STOOM-I+II"

VC 40703	Toestand en structuur	(alleen video)		
1563	James Watt			
20202	Destillatie	(video)	TFC	111112
VC 40201	Elementaire structuren I	(alleen video)		
1811	Cosmic Zoom	(video)		
1692	Ilulisat, Groenlandse ijsbergen	(video)		
1649	Atomen in kristallen	(video)	TFC	130724
1022	Het KNMI in de weer			
VC 40404	Wolken en weer	(alleen video)		
1878	Het hele verhaal over olie, II			

VC 40703 Toestand en structuur
video-kleur-geluid-30 min. - 1974.

Inhoud:
De stoffen in de natuur komen in de vaste, vloeibare of gasvormige toestand voor. Bovendien blijkt dat iedere stof vast, vloeibaar of gasvormig is en dus van de ene toestand in de andere kan overgaan. Zo kunnen we met een speciale machine lucht vloeibaar maken. Die vloeibare lucht is dan wel een vloeistof van circa 200 °C onder nul. Kwik dat bij kamertemperatuur vloeibaar is, kan met behulp van die vloeibare lucht zo worden afgekoeld dat het vast wordt. De eigenschappen van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen kunnen verklaard worden met behulp van een model. Bij dat model gaan we er van uit dat alle materie in de natuur is opgebouwd uit kleine deeltjes. Bij een vaste stof liggen deze deeltjes in een vast patroon. Dit verklaart ook waarom sommige vaste stoffen vaak een prachtige regelmatige vorm hebben (kristallen). Bij vloeistoffen bewegen de deeltjes wanordelijk. Bij gassen is er ook sprake van een wanordelijke beweging, maar in vergelijking met vloeistoffen en vaste stoffen is de afstand tussen de deeltjes (moleculen) enorm groot. Dit laatste wordt gedemonstreerd door een klein stukje kooldioxyde in vaste toestand in een ballon te stoppen. Na verdamping van de CO_2 is de ballon volledig opgeblazen.

Toepassing:
Deze band geeft een goed overzicht van de drie aggregatie-toestanden. Vooral het vloeibaar worden van lucht geeft een nieuwe kijk op deze overgangen. Het geheel sluit aan bij het basisdeel van IJs-Water-Stoom-II.

1563 James Watt
16 mm film-zw/w-geluid-12 min. - 1962.

Inhoud:
De film begint met een beeld te geven van het leven van deze Schotse uitvinder. Na uitvindingen op diverse gebieden gaat James Watt zich bezig houden met de "stoomkracht". De ontwikkeling van de stoommachine, met de rol hierin van Watt, wordt getoond. Bij deze ontwikkeling wordt aandacht gegeven aan de vele verbeteringen, zoals de toepassing van de condensor, de krukas en de centrifugaal-regulateur.
De toepassing van de stoommachine bij het aandrijven van pompen, molens, walswerktuigen, schepen en voertuigen wordt getoond. De stoommachine heeft de aanzet gegeven tot de industriële revolutie.

Toepassing:
De film is een goede inleiding op "IJs-Water-Stoom-II". De fase-overgang water ↔ stoom komt hier duidelijk tot zijn recht met de vele mogelijke toepassingen. Het vervolgblok "stoommachines" sluit hier goed op aan.

20202 Destillatie TFC 111112
16 mm film-kleur-geluid-15 min. - 1966.

Inhoud:
Het destillatieproces, zoals toegepast bij de raffinaderijen, wordt in beeld gebracht. De werking van de fractioneerkolom wordt met behulp van modellen verklaard. De film geeft extra aandacht aan het verschijnsel koken met het specifieke kookpunt van een stof. De toepassing hiervan is het uitsplitsen van een mengsel van vloeistoffen, de ruwe olie in dit geval, in de diverse fracties als benzine, kerosine en dergelijke. Hierna komen de begrippen verdampen, condenseren en kookpuntverlaging door drukverlaging aan de orde; dit met hun speciale toepassing in de destillatie-kolom.

Toepassing:
De film vraagt een extra inleiding om de leerlingen duidelijk te maken dat het proces, zoals dit verloopt bij ruwe olie, geldt voor elk mengsel van vloeistoffen. De film is een mooi practisch voorbeeld van het gebruik van fase-overgangen.

VC 40201 Elementaire structuren I
video-zw/w-stom-.. min. - 19..

Inhoud:
In de delen 1 + 2 worden in enkele minuten het principe van de "Brown-beweging" en de voorbeelden getoond.

Voor het principe gaat men uit van een vat met twee "pingpongballetjes" en een aantal even grote kleine kogeltjes.
De botsingen geven een schokkende beweging aan met de pingpongballetjes; de kogeltjes, die door een motor in beweging zijn gebracht, komen overeen met de beweging van de moleculen.
Verder zien we een aantal voorbeelden onder de microscoop. Deze voorbeelden worden getoond in deel 2.

Toepassing:
De band kan de Brown-beweging visueel maken, wat bij het ontbreken van mogelijkheden om de proef zelf in de klas te tonen, een goede oplossing kan zijn ("IJs-Water-Stoom-II", blz. 4).

1811 Cosmic Zoom
16 mm film-kleur-geluid-7 min. - 1968.

Inhoud:
Met behulp van animatietechniek wordt een reis gemaakt door de wereld: die van het macroscopisch grote en die van het microscopisch kleine. Uitgaande van het alledaagse wordt in een vloeiende beweging het blikveld van de camera zo verlegd, dat ons melkwegstelsel niet meer waarneembaar is. Daarna wordt de camera zo dicht op het voorwerp gebracht, dat de kern van het atoom het hele beeld vult.

Toepassing:
De film biedt goede mogelijkheden bij het vervolgblok "hoe klein" uit "IJs-Water-Stoom-II". De leerling moet vooraf weten wat de bedoeling is van deze film. Een andere mogelijkheid is de film eerst tonen, dan bespreken en daarna wéér draaien.

1692 Ilulisat, Groenlandse ijsbergen en gletsjers
16 mm film-kleur-geluid-19 min. - 1972.

Inhoud:
De film geeft een indruk van het ontstaan en de levensloop van de ijsbergen en gletsjers in het gebied rondom en op Groenland, dat zelf voor 80% met ijs bedekt is. De golfstromingen nemen deze ijsbergen mee naar de Atlantische Oceaan, waar ze vóór het smelten een gevaar vormen voor de scheepsvaart. Van de gletsjers laat men de enorme krachten zien die ze uitoefenen tijdens het verplaatsen. De grote hoeveelheden puin en rotsblokken zijn hiervan een duidelijk voorbeeld.

Toepassing:
Deze film is een goede mogelijkheid, samen met de sectie Aardrijkskunde, een indruk te geven van de onmetelijke watervlaktes op de aarde waarbij tevens een aanzet gegeven kan worden voor de "aggregatie-toestanden" waarin water kan overgaan.

1649 Atomen en kristallen TFC 130724
16 mm film-kleur-geluid-17 min. - 1970.

Inhoud:
Er wordt een beeld gegeven van de kristalstructuur met de bindingen die deze structuur mogelijk maken. De verklaring wordt gegeven van uit een scheikundige benadering.

Toepassing:
De film is te moeilijk voor de tweede klas mavo, de vele begrippen uit de scheikunde zijn onbekend.

1022 Het KNMI in de weer
16 mm film-kleur-geluid-22 min. - 1975.

Inhoud:
In deze film laat men zien welke waarnemingen er gedaan moeten worden, met de daarvoor noodzakelijke instrumenten, om een goede weersvoorspelling mogelijk te maken.
De gegevens worden verzameld in Nederland met de gebruikelijke, veelal automatische, weerstations. Verdere gegevens worden ingezameld via de weerballon, koopvaardijschepen, weerschepen, buitenlandse weerstations, satellieten en dergelijke. Het KNMI geeft informatie/advies over een mogelijke route die men wil volgen aan zowel de luchtvaart en de scheepsvaart. Voor de industrie is de weersvoorspelling van belang in verband met de "uitstoot" die een belasting is voor het milieu.
Het KNMI verzorgt ook ons dagelijkse weerbericht op radio en TV.

Toepassing:
De film kan als achtergrondinformatie dienen bij het vervolgblok "wolken en neerslag" uit "IJs-Water-Stoom-II".
De film is te vervangen door de videobanden:

VC 40401 - weerbericht in wording
VC 40402 - het weer gemeten.

VC 40404 Wolken en weer
video-kleur-geluid-30 min. - 1976.

Inhoud:
Deze band behandelt de vraag of wolken iets te vertellen hebben over het op handen zijnde weer. De wolken worden ingedeeld naar hun typische kenmerken en waar en wanneer ze voorkomen. Er worden conclusies getrokken met betrekking tot het te verwachten weer. Uitgelegd wordt hoe wolken gevormd worden en hoe de verschillende neerslagvormen ontstaan.

Toepassing:
De band sluit mooi aan op het onderwerp "wolken en neerslag" uit het vervolgblok 3 uit "IJs-Water-Stoom-II". Het is te gebruiken door díe leerlingen die dit onderwerp gekozen hebben en er daarna verslag over aan de klas willen uitbrengen.

1878 Het hele verhaal over olie - 2
16 mm film-kleur-geluid-21 min. - 1976.

Inhoud:
Deel 2 van "het hele verhaal over olie ..." laat achtereenvolgens zien hoe men de olie uit de put omhoog haalt, welke behandelingen de olie in eerste instantie moet ondergaan, hoe de olie naar de raffinaderij gebracht wordt, wat er zoal in de raffinaderij gebeurt en hoe de eindprodukten hun weg naar de consument vinden.

Toepassing:
De film bestaat uit drie delen. Alleen deel 2 "raffineren is verfijnen", komt in aanmerking.
De begrippen die hier aan de orde komen zijn: destillatie, kooktraject, condensatie en een aantal andere die niet voor ons van belang zijn in dit bestek. Deze begrippen komen in een erg hoog tempo aan de orde wat een bezwaar kan zijn. Beter lijkt het de film "destillatie" te gebruiken.

LERARENVRAGENLIJST

We zijn benieuwd naar uw ervaringen met het thema "IJs-Water-Stoom". Uw opmerkingen, commentaar en ervaringen kunnen wij mogelijk verwerken in de volgende versie van deze AVOL.
Wij zouden het daarom erg op prijs stellen als u onderstaande vragenlijst ingevuld zou willen toesturen naar het

PLON
Lab. Vaste Stof
t.a.v. Ton van der Valk
Postbus 80.008
3508 TA Utrecht

Leest u de vragenlijst eerst even in grote lijnen door, dan krijgt u een indruk hoe u de lijst "economisch" kunt invullen, terwijl u toch uw enthousiasme en uw kritiek kwijt kunt.

OVER DE LERAAR EN DE SCHOOL

Naam leraar . . . . . .

Naam school . . . . . Plaats . . . . . .

Leservaring natuurkunde: . . . jaar, waarvan . . . jaar met PLON

In welke klassen hebt u met het thema "IJs-Water-Stoom" les gegeven (leerjaar/schooltype) . . . . . .

Hoeveel leerlingen waren dit in totaal? . . . . . leerlingen

Hoeveel natuurkunde-uren hebt u per week per klas beschikbaar?

. . . . . .

ALGEMENE VRAGEN OVER HET ONDERWIJS

Hoe kwam u "IJs-Water-Stoom" op het spoor?
proefschool/volgschool/anders, nl. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

LERARENVRAGENLIJST

Kent u andere PLON-thema's? ja/nee

Opmerkingen hierover:
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

OVER "IJS-WATER-STOOM"

Had u een amanuensis om u te helpen? ja/nee

Hoeveel tijd heeft u zelf besteed aan de technische voorbereiding (de proeven) en dergelijke? . . . uur

Hoeveel tijd heeft u zelf besteed aan de inhoudelijke voorbereiding (lessenplan, proeven hierin, etc.)? . . . uur

Opmerkingen hierover:
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Welke leerstof heeft u gekozen (zie bijvoorbeeld de lijst met "doelen voor leerlingen" in de AVOL)?
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Heeft u toetsen/proefwerken gegeven? ja/nee

Wilt u daarvan copieën bijsluiten?

Heeft u materiaal bijgemaakt, in welke vorm dan ook? ja/nee

Wilt u daarvan copieën bijsluiten?
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Heeft u verslagen laten maken? ja/nee

Welke criteria heeft u bij de beoordeling daarvan gebruikt en hoe heeft u die (met de klas?) opgesteld?

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Wat waren uw ervaringen met deze verslaggeving?

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Wilt u (copieën van) enkele karakteristieke verslagen opsturen?

KRITIEK OP HET MATERIAAL

Wilt u steeds positieve en negatieve opmerkingen over de afzonderlijke delen van het materiaal (te lang, te kort, weglaten, inkorten, te moeilijk, voorstellen voor verbetering, etc.)

IJs-Water-Stoom-I:

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

IJs-Water-Stoom II, basishoofdstuk "Moleculen":

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

LERARENVRAGENLIJST

IJs-Water-Stoom II, vervolgblokken: . . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

De apparatuurgids: . . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

De AVOL: . . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

KRITIEK OP HET TOTAALCONCEPT

Welke leerstof was te moeilijk? . . . . . .

. . . . . .

Welke leerstof was te makkelijk? . . . . . .

. . . . . .

Welke leerstof moet vervallen? . . . . . .

. . . . . .

Waarom moet ze vervallen? . . . . . .

. . . . . .

Welke leerstof moet worden toegevoegd? . . . . . .

. . . . . .

Waarom?
. . . . . .

Welke onderdelen van het lessenplan uit de Avol (blz. 9 e.v.) zou u willen veranderen?
. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Noemt u a.u.b. drie bijzondere voordelen van "IJs-Water-Stoom"

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Noemt u a.u.b. drie bijzondere nadelen van "IJs-Water-Stoom"

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Gaat u "IJs-Water-Stoom" volgend jaar weer gebruiken? ja/nee

RAPPORTEREN EN DEMONSTREREN

Dit is een weergave van de inleiding en van een deel van het discussie-verloop op een van de vele themabijeenkomsten die plaats vonden op de "Woudschoten-conferentie", december 1980.

THEMAGROEP:

RAPPORTAGE EN DEMONSTRATIE

Koos Kortland (PLON)

1. Het PLON-TWEEDE-KLAS-PROGRAMMA

Het tweede-klas-programma bij PLON-onderwijs bestaat uit de thema's EEN EERSTE VERKENNING, MENSEN EN METALEN, WERKEN MET WATER, LEVEN EN LUCHT, TERUGBLIK en IJS-WATER-STOOM.
In de thema's zit een opbouw, zowel in de manier van bezig zijn met de natuurkunde als in de mate waarin natuurkunde-inhouden van belang zijn. In het laatste thema begint de natuurkunde-inhoud een meer centrale plaats in te nemen (het deeltjesmodel van de stof in de verschillende fasen, fase-overgangen, enz.)

We proberen de leerlingen nauw te betrekken bij het lesgebeuren.
Daarvoor zijn de volgende keuzes gemaakt:

- Het leren vindt regelmatig plaats in groepjes: ieder kan veel van de anderen leren, samenwerken stimuleert.
- Er is veel gelegenheid om eigen probleemstellingen of eigen onderzoekjes uit te werken of uit te proberen. We geloven dat, door zelf een probleemstelling te kiezen, de betrokkenheid van leerlingen groter wordt en daarmee de natuurkunde als betekenisvoller wordt ervaren. Bovendien krijgt de natuurkunde daardoor een gevarieerder "gezicht", dan wanneer slechts leerstof wordt behandeld die voor alle leerlingen gelijk is.
- De leerlingen rapporteren elkaar over hun zelf gekozen activiteiten. We geloven dat dit het verantwoordelijk bezig zijn bevordert, want de rest van de klas is van hun informatie afhankelijk. Bovendien krijgen ze informatie hoe een onderzoekje van een andere groep is verlopen. Ook geloven we dat natuurkunde-inhouden, op deze manier door de leerlingen aan elkaar gepresenteerd, de klas erg aanspreken. Tenslotte is het zelf moeten rapporteren een activiteit die bijdraagt tot de kennisverwerving van de leerling zelf.
- De onderwerpen zijn zoveel mogelijk zó gekozen, dat ze voor de leerlingen aansprekend zijn of dat worden, én dat ze zelfstandig onderzoek mogelijk maken (met apparatuur waarvan de werking goed te begrijpen is).

Deze keuzes worden in het tweede-klas-programma in leerlingenmateriaal en - activiteiten "vertaald". Vanaf het allereerste thema onderzoeken de leerlingen in groepjes zelf gekozen en/of zelf aangedragen onderwerpen. Ze leren in de verschillende thema's hoe ze kunnen rapporteren en wat voor eisen daaraan gesteld (kunnen) worden. In EEN EERSTE VERKENNING maken de leerlingen kennis met een mondelinge rapportage. De eisen hoeven hierbij nog niet zo scherp gesteld te worden; het gaat er meer om de leerlingen vertrouwd te maken met deze activiteit, om het "angstgevoel" van het "voor de klas staan" te overwinnen.
In het thema MENSEN EN METALEN oefenen de leerlingen in het maken van eigen onderzoekopzet. Ze rapporteren daarna in de vorm van een tentoonstelling. Daarbij kunnen ze zich dan volledig richten op de onderzoekservaringen die ze aan anderen willen overdragen: hoe maak je die ervaringen voor medeleerlingen duidelijk.
In WERKEN MET WATER leren de leerlingen zichzelf vragen te stellen, die ze zelf door middel van onderzoek kunnen beantwoorden (z.g. "werkvragen"). Daarnaast geven ze een demonstratie als vorm van mondelinge rapportage. In die rapportage wordt zowel de onderlinge samenwerking als het onderzoeksverloop, de presentatie én de inhoudelijke component beoordeeld, vaak met medewerking van de hele klas.
De werkvragen uit het thema WERKEN MET WATER komen in LEVEN IN LUCHT terug. Bovendien zijn er in dat thema mogelijkheden voor een meer projectmatige aanpak, waarbij de leerlingen zélf hun rapportagevorm kiezen.

In het laatste thema van de tweede klas, en verder alle andere thema's uit de derde en vierde klas wordt van deze aangeleerde vaardigheden gebruik gemaakt. Elk thema heeft een aantal keuzemogelijkheden, soms meer, soms minder, soms ongestructureerd, soms gestructureerd. Elk thema geeft ook de mogelijkheid voor onderlinge rapportages.

Het is ons in het eerste halfjaar van de tweede klas niet te doen om tot een wiskundige beschrijving van ontdekte relaties of tot scherpe definities van begrippen te komen. Het is ons er veel meer om te doen dat leerlingen zelfstandig relaties formuleren. Soms zijn die relaties kwalitatief (als ik dit omhoog breng gaat het water sneller stromen), soms "semi-kwantitatief" (lucht in een tweemaal zo klein volume persen, geeft een tweemaal zo hoge druk). De wiskundige formulering van de wetten behandelen we dus niet in de tweede klas. Onze ervaring is dat het benadrukken van deze vorm iets is waar de leerlingen op dat moment nog niet aan toe zijn. De meer wiskundig geformuleerde relaties worden daarom meer in de derde en nog meer in de vierde klas behandeld.
We hebben de overtuiging dat de formulering van kwalitatieve en kwantitatieve relaties de leerlingen een goede basis geeft voor het later meer wiskundig formuleren van relaties. We hebben ook de overtuiging dat deze benadering betere voorwaarden schept om de leerling zelfstandig te laten werken en zelfstandig te laten ontdekken, iets dat we in de tweede en hogere klassen hoog aanslaan.

De in eerste instantie niet-wiskundige aanpak, het aanleren van rapporteren, het aanleren van zelfstandig uitvoeren van onderzoekjes enz. heeft consequenties voor de natuurkunde-inhoud. Een aantal wetten die alle leerlingen gewoonlijk in de tweede klas leren, worden in het PLON-onderwijs niet meer verplicht behandeld, omdat daar naast het aanleren van genoemde vaardigheden geen tijd voor is. Ook later komen die wetten niet aan de orde, omdat we in de derde en vierde klas de nadruk leggen op technische en maatschappelijke natuurkunde.

Dit alles wil echter niet zeggen dat er geen natuurkunde-inhouden aan bod komen: wél dat deze inhouden per leerling sterk kunnen verschillen.
Er bestaat een keuze-probleem: leg je als leraar de nadruk op het aanleren van bepaalde vaardigheden (via bijpassende werkvormen), dan heeft dit gevolgen voor de gangbare natuurkunde-inhoud. Een tweede keuze ligt er op het vlak van de natuurkunde-inhoud zelf: leg je als leraar de nadruk op de formele natuurkunde, met zijn wiskundige beschrijvingen en scherpe definities van begrippen óf leg je de nadruk op een minder formele natuurkunde die terug te vinden is in de min of meer directe omgeving van de leerlingen.

2. DE DEMONSTRATIES IN HET THEMA "WERKEN MET WATER".

In het thema WERKEN MET WATER bestaat de mogelijkheid om, met behulp van speciale werkbladen, de vaardigheid van de leerlingen in het mondeling rapporteren te oefenen (en te beoordelen). Deze werkbladen worden "demonstratie-werkbladen" genoemd.
De concrete opdracht die een leerling krijgt is: "Bereid samen met anderen een proef voor en demonstreer deze aan de klas; je medeleerlingen zullen de demonstratie beoordelen".

DOELSTELLINGEN

Om welke doelstellingen gaat het bij de voorbereiding en de uitvoering van zo'n demonstratie? Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een drietal vaardigheden:

- Samen met anderen iets doen. Hij moet deelnemen aan de werkzaamheden en deze niet overlaten aan de anderen. De leerling moet dus in een groep kunnen functioneren. De betekenis voor de leerling is: hij moet op elk moment van de voorbereiding en de demonstratie kunnen vertellen hoe ver de groep is, wat de groep gedaan heeft enz. Deze vaardigheid noemen we samenwerking.
- Demonstreren: de groep moet aan anderen duidelijk kunnen maken wat ze hebben gedaan en gevonden, ze moeten leerresultaten kunnen overdragen. Deze vaardigheid noemen we overdracht.
- Beoordelen: de leerling moet aan de hand van een aantal criteria een demonstratie kunnen beoordelen en zijn beoordeling kunnen toelichten. Deze vaardigheid noemen we kritische instelling.

ORIENTATIE

Het zou onjuist zijn, deze vaardigheden van een leerling te eisen, zonder hem hierop duidelijk voor te bereiden. De oefening van deze vaardigheden bezit een lange- en een korte-termijn-planning.

- De LANGE-TERMIJN-VOORBEREIDING.
  In EEN EERSTE VERKENNING verzorgen de leerlingen een eerste demonstratie. Deze heeft als doel hem bekend te laten worden met de situatie van het voor de klas staan, een ervaren van de problemen die zich daarbij voordoen enz. De leerlingen vertellen kort wat ze gedaan hebben. De demonstraties worden in een klassegesprek geëvalueerd. Daarbij kan een eerste lijstje van eisen waaraan een demonstratie zou moeten voldoen door de leerlingen opgesteld worden (eventueel op "aangeven" van de leerkracht :"Is jullie in die demonstratie opgevallen dat..... ").
  In MENSEN EN METALEN organiseren de leerlingen een tentoonstelling. Bij de beoordeling van elkaars werk kijken ze naar de vormgeving en de duidelijkheid van de gepresenteerde (natuurkunde)inhoud. Hier wordt dus onder meer de overdracht-vaardigheid benadrukt.
  In beide genoemde thema's werken de leerlingen in groepjes waarbij de samenwerking benadrukt wordt.
- DE KORTE TERMIJN VOORBEREIDING.
  In WERKEN MET WATER wordt de leerlingen in een korte inleiding de opdracht uitgelegd ("Bereid samen met anderen een proef voor, en.....").
  De leerlingen gaan dan eerst in groepjes de volgende vraag beantwoorden: "welke dingen zijn bij een demonstratie belangrijk?" De antwoorden van de groepjes worden (op het bord) verzameld en eventueel van een "gewichtsfactor" voorzien.
  Hieronder volgt een lijstje van criteria voor demonstraties, zoals die in twee verschillende klassen door de leerlingen werd opgesteld. In het kader is de lijst weergegeven, zoals die door de deelnemers aan de themagroep op de conferentie werd opgesteld.

WAAROP BEOORDEEL IK EEN DEMONSTRATIE?

klas 2A
- Kan ik alles goed zien?
- Snap ik wat ze vertellen?
- Verstra ik wat ze zeggen?
- Doet elk lid van de groep iets?
- Begrijpen ze het zelf?
- Beantwoorden ze de gestelde vragen goed?
- Is het geheel goed verzorgd?
- Is er veel werk voor gedaan?

klas 2B
- Begrijp ik wat ze vertellen?
- Versta ik wat ze zeggen?
- Kan ik alles goed zien?
- Begrijpt de groep het zelf?
- Blijft het interessant?
- Doet iedereen iets?

BEOORDELINGSCRITERIA.

- Is er duidelijkheid wat betreft:
  - Indeling
  - Taalgebruik
  - Verstaanbaarheid
  - Uitvoering
  - Apparatuur
- Is de probleemstelling duidelijk?
- Wordt er een duidelijk antwoord op de onderzoekvraag gegeven?
- Worden de vragen uit de klas duidelijk beantwoord?
- Zit er een verrassingselement in de demonstratie (dus niet eerst vertellen wat er gaat gebeuren)?
- Duurt het niet te lang?
- Wordt duidelijk aangegeven wat de medeleerlingen na afloop moeten weten?

OPMERKINGEN.

- Een opvallend verschil tussen de criteria van de leerlingen en die van de deelnemers aan de themagroep is het bij de laatsten ontbreken van het criterium: "Doet elk lid van de groep iets?"

- Bij de deelnemers aan de themagroep rees op dit moment de vraag: "Moet je als leraar je eigen criteria voor het beoordelen van demonstraties in dit klassegesprek inbrengen?"(Het "antwoord" op deze vraag komt verderop aan de orde).

Met deze klasse-activiteit van het vaststellen van de beoordelingscriteria wordt de korte-termijnvoorbereiding op de te houden demonstraties afgesloten. Met de beoordelingscriteria in hun achterhoofd gaan de leerlingen zich voorbereiden op hun demonstratie.

EVALUATIE.

Na elke gehouden demonstratie beoordelen de leerlingen deze op grond van de door henzelf opgestelde criteria (en als de school over video-opname-apparatuur beschikt, zouden de leerlingen hun eigen demonstratie ook zelf kunnen beoordelen), en geven een motivering van hun beoordeling.
Na de demonstraties die door de deelnemers aan de themagroep werden gehouden (en na het bekijken van video-opnames van demonstraties door leerlingen in de klasse praktijk), kwamen nog een aantal andere beoordelingscriteria boven water drijven (zie kader).
Ditzelfde kan in de klas gebeuren. Bij een nabespreking kunt u de leerlingen vragen of ze, naar aanleiding van wat ze zelf gezien, gehoord of gedaan hebben, hun lijst met beoordelingscriteria kunnen aanvullen (desnoods licht u als leerkracht zelf een paar nieuwe elementen uit de gehouden demonstraties en stelt u de vraag of die in de lijst met beoordelingscriteria opgenomen zouden moeten worden).

Op deze manier groeit in de loop van de cursus de lijst met beoordelingscriteria op grond van de eigen ervaringen van de leerlingen tijdens het leerproces en is er geen (of minder) sprake van door de leerkracht "opgelegde" beoordelingscriteria. De criteria zijn afgeleid van de ontwikkeling die de leerlingen (als groep) in de loop van de cursus doormaken.

AANVULLING BEOORDELINGSCRITERIA.

- Worden er praktische toepassingen van het onderzochte verschijnsel genoemd/uitgelegd?
- Worden de medeleerlingen tijdens de demonstratie actief betrokken bij het gebeuren (vragen stellen aan de klas)?
- Wordt er aangegeven op welke punten er verder onderzoek mogelijk/nodig is?

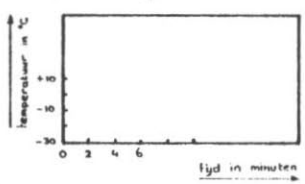
TOETSVRAGEN IJS-WATER-STOOM-I

De meeste toetsvragen die hieronder zijn weergegeven zijn niet meer dan ideeën, die voor gebruik nog verder uitgewerkt zullen moeten worden. Bovendien zullen niet alle vragen direct aansluiten op wat u en uw leerlingen in de lessen tot nu toe gedaan hebben.

1. Hoe noem je de overgang van vast naar vloeibaar?
2. Er zit bijna nooit water in een thermometer. Dat heeft een heel praktische reden.
   Welke reden is dat?
3. Waaraan kun je zien dat water kookt?(we hebben daar een hele discussie over gehad).
4. We hebben een proef gedaan met het smelten van ijs. We hebben telkens de temperatuur gemeten en daar een grafiek van gemaakt. Maar er ging iets mis. Bij veel groepen was de temperatuur al 3°C terwijl er toch nog ijs in het buisje zat.
   a. Waarom wordt er nu gezegd dat het mis ging? Wat ging er dan mis?
   b. Welke fout is er gemaakt bij het uitvoeren van de proef.
   c. Leg ook eens uit waarom het door die fout mis ging.
5. We hebben ook de theorie van het koken van een vloeistof bekeken en daarmee verklaard waarom water pas bij 100°C kookt.
   a. Leg eens uit hoe we dat verklaard hebben en gebruik daarbij de druk van de lucht, de druk van het water en de druk van de dampbel.
   b. Kun je dan ook uitleggen waarom water in het hooggebergte al bij 80°C kookt? (ook doen dan, alleen ja is niet voldoende!)
   c. Als een ruimtevaarder op de maan een glas water buiten zou zetten wat zou daar dan mee gebeuren. Uitleggen waarom je dat denkt.
6. Je doet een proef met ijs. Daarbij begin je met ijs van -30°C en dat ga je langzaam verwarmen. Je meet regelmatig de temperatuur en zo krijg je dan de volgende tabel.

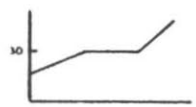
tijd waarop je meet	temperatuur die je dan meet
0 minuten	-30 °C
1	-10
2	0
4	0
6	0
8	10
10	30
12	50
14	70
16	90
18	100
20	100
22	100
24	100

   a. Maak van de tabel die hiernaast staat een grafiek. Gebruik daardoor het grafiekenpapier dat je gekregen hebt op de volgende manier

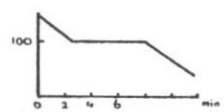


   b. Leg eens uit wat er bij deze proef gebeurd is en gebruik daarbij de woorden temperatuur en energie.

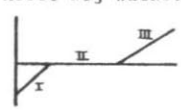
7. Er wordt uitgegaan van een (normale) dagelijkse situatie waarbij fase-overgangen "vanzelf" aan de orde komen: verhaal of echt: ijsblokjes uit de koelkast halen
   1. Waaraan merk je dat het ijs is?
   2. Waarom zeg je dat het ijs is?
   3. Is er na enige minuten wat gebeurd? wat?
   4. Heb je daar een "verklaring" voor?
   5. Hoe noem je die verandering van dat ijs?
   6. Zou je kans zien om ijs in de vriesruimte tóch te laten smelten (water te laten worden)?
   7. Kun je de woorden thermometer, temperatuur, energie en druk in enige zinnen gebruiken die als toelichting dienen bij de kringloop
      a. ijs ⟷ water?
      b. water ⟷ waterdamp?
8. Bakje met water in de ijskast. Water verdwijnt.
   1. Hoe komt dat?
   2. Kun je dat versnellen? hoe?
   3. Waar blijft het water?
   4. Hoe kun je het water weer terugkrijgen?
9. Restideeën:
   . Water laten druppelen op gloeiende kookplaat.
   . Condens op keuken- of badkamerraam.
10. Over diagrammen:
    1. Van een tabel een diagram kunnen maken.
    2. Piet heeft een stof gesmolten. Zie diagram. Wat is het smeltpunt van die stof?



    3. Jan heeft een proef met water gedaan. Zie diagram. Welke overgang is hier beschreven?
       a. water ⟶ stoom
       b. ijs ⟶ water
       c. stoom ⟶ water
       d. water ⟶ ijs



    4. Gegeven het volgende diagram. Hoort bij water. Wat gebeurt er in elk stuk?

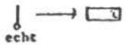


    5. Aan de hand van een "verhaal" een diagram maken. Verhaal in de trant van: ik ben met ijs van -10°C begonnen en heb dat verwarmd. Na 6 minuten begon er wat ijs te smelten. Het hele smelten duurde.....etc.

11. Over de thermometer:
We kunnen twee mogelijkheden onderscheiden. Beide beginnen met een reële thermometer in een bak water.
a. Wil je diagnostisch te werk gaan dan kun je "in stappen" laten aflezen. Eerst het beschouwen van de kwikdraad. Deze over laten tekenen op een "papieren" thermometer met dezelfde schaal als de echte thermometer. Hieruit valt te concluderen of de thermometer wel goed gehanteerd wordt. De tweede stap is het laten opschrijven van de aangegeven temperatuur. Met deze stap krijg je het nauwkeurig aflezen en schatten te pakken.
b. De selectieve methode is: direct het getal vragen

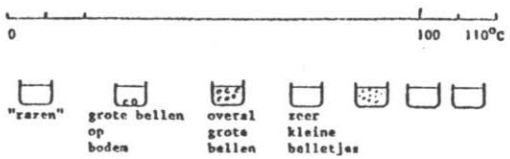
a.

b.



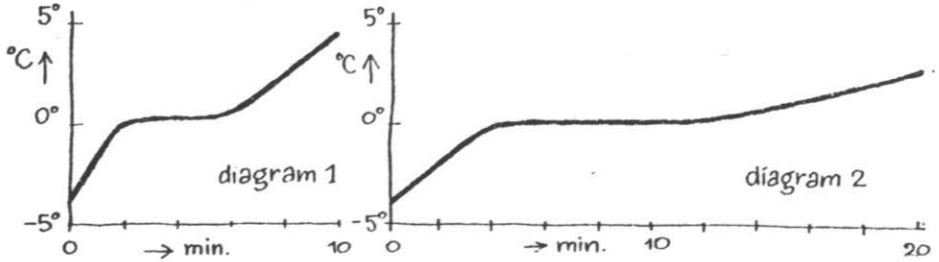
12. Over kookpuntsverandering (afhankelijk van behandeling in de klas). Evt. smeltpuntsverandering. Terugvragen in kwalitatieve zin: als de druk verandert, verandert het kookpunt enz.

13. Over kookverschijnselen. Gegeven: temperatuurschaal en tekeningen van bekerglazen in verschillende kookstadia.
Opdracht: bekerglazen uitknippen en op de juiste plaats op schaal plakken.



14. Beste jongens en meisjes,

Ik heb de proeven die jullie gedaan hebben over die thermometer en dat smelten en koken zelf ook gedaan. Ik weet niet of jullie alles al duidelijk is, mij in ieder geval niet.....
Kijk maar eens naar de volgende diagrammen.
Ik heb namelijk de proef van dat smelten twee keer gedaan. En twee keer heb ik een diagram gemaakt. Ik dacht dat die twee diagrammen er wel hetzelfde uit zouden zien, maar nee hoor!



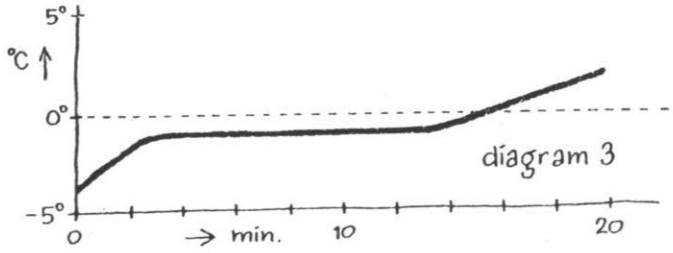
Ik wil jullie nu vragen mij te helpen bij het oplossen van mijn vragen.
Misschien kunnen jullie er in de klas aan werken.
En schrijf me dan alsjeblieft terug!
Hier zijn mijn vragen:
1. Hoe komt het dat de ene horizontale lijn langer is dan de andere?
2. Wat betekent het dat in hetzelfde diagram de schuine streep links schuiner loopt dan die aan de rechterkant van de horizontale lijn.
3. Hoe komt het dat de strepen in diagram 2 schuiner lopen dan in diagram 1?
4. Hoever kunnen de schuine strepen links van de horizontale lijnen doorlopen naar links?
Ik heb ook nog een vraag over de thermometer:
5. Kun je nu ook aangeven waarom Celcius destijds het smeltpunt van ijs en het kookpunt van water heeft gebruikt om temperatuurschaal te maken?

Ik wacht op jullie antwoord!

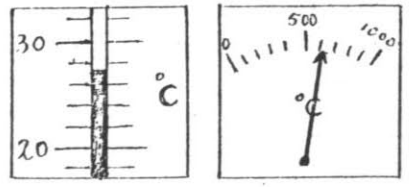
Alvast bedankt,

Petra

P.S. Ik kreeg van mijn leraar een diagram dat hij van het smelten van ijs had gemaakt.
En ik moet vertellen wat je uit dat diagram allemaal kunt lezen en wat er gebeurt is. (Ik lijk wel een detective). Nou, ik zou 't niet weten. Kun je me hierbij ook helpen?

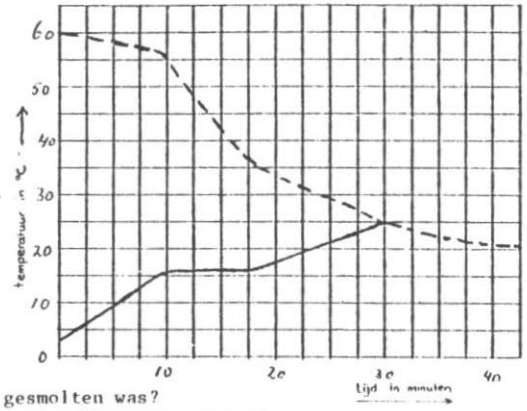


15. Schrijf de temperatuur op, die je op deze thermometers afleest.
Geef op een of andere manier aan hoe nauwkeurig je meting is.



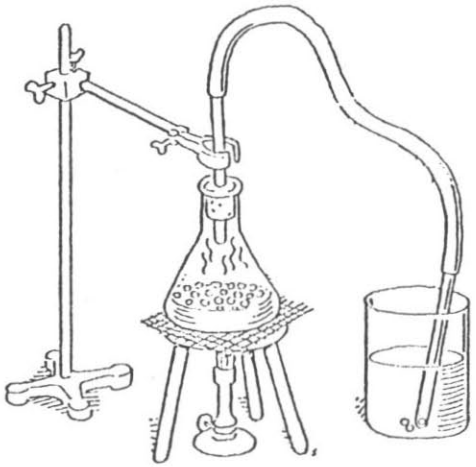
16. Om welke redenen koos Celcius voor het nulpunt van zijn temperatuurschaal de temperatuur van smeltend ijs?
Smelt ijs altijd bij 0°C? Zo ja, waarom Zo nee, in welk geval niet?

17. In een laboratoriumproef heb ik een reageerbuis met stof B (in het begin een vaste stof) gehouden in een bak met vloeistof A. In beide heb ik om de minuut de temperatuur gemeten. De metingen zijn in nevenstaand diagram weergegeven.
In de kamer was de temperatuur 20°C.
Beantwoord nu de volgende vragen:



a. Wat was de temperatuur van A en B aan het begin van de proef?
b. Hoe lang duurde het voordat B gesmolten was?
c. Na hoeveel minuten hadden A en B dezelfde temperatuur?
d. Hoe komt het volgens jou dat de temperatuur daarna nog daalde?
e. Wat kostte meer energie: de temperatuurstijging van de vaste B (van 0 tot 10 min.) of het smelten van B? Waaraan kun je in het diagram zien wat het goede antwoord is?

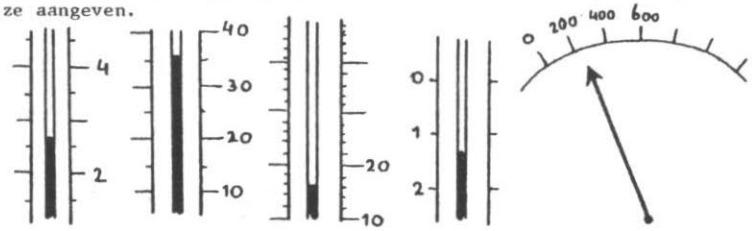
18. Met nevenstaande opstelling verwarm ik water in het bekerglas door er stoom door heen te sturen.
a. Waar in deze opstelling is de druk het hoogst?
b. Wat is de oorzaak dat het water in het bekerglas (B) zo snel in temperatuur stijgt?
c. Na de proef merk je dat het bekerglas (B) zwaarder is geworden. Waar komt dat door?



19. Kees wil een thermometer maken net zoals Celcius deed.
Hij neemt een dunne strook papier en plakt die naast een dunne buis met vloeistof. Hij heeft bij zijn experiment 3 streepjes op het papier gezet (zie in de tekening a, b en c). Het streepje b zette hij op de plaats

waar de thermometervloeistof aan het begin van de proef stond.
a. Wat heeft Kees gedaan om de thermometervloeistof in de standen a en c te krijgen? (Nauwkeurig opschrijven).
b. Maak een schaalverdeling op het papier zoals Celcius deed.
c. Wat was volgens jou de temperatuur aan het begin van de proef?

20. Lees de hieronder getekende thermometers af en schrijf erbij wat ze aangeven.



21. Op een willekeurige dag in het voorjaar wordt elk uur de buitentemperatuur gemeten.
De meetgegevens moeten verwerkt worden in een diagram.
De assen zijn hieronder getekend.
a. Zet de juiste namen bij de assen
b. Zet getallen bij de assen.

22. Op een gasstel worden aardappelen gekookt. Nog voordat de aardappelen koken tilt Els de deksel van de pan.
Els ziet stoom uit de pan komen. Er druipt water van het deksel af.
a. Wat is stoom?
b. Hoe kan Els zien dat de aardappelen nog niet koken?
c. Waardoor kan er water van het deksel afdruipen?
d. Hoe kan Els stoom zien, terwijl de aardappelen nog niet koken?

23. Wim en Hans hebben een reageerbuis gekregen met een witte vaste stof erin. Ze zetten de reageerbuis enkele minuten in een bekerglas met heet water. De witte stof smelt. Ze halen de reageerbuis uit het bekerglas en laten hem afkoelen. Elke ½ minuut meten zij de temperatuur.

tijd (min)	½	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½
temperatuur (°C)	98,2	94,6	90,7	86,9	83,4	82,6	82,5	82,3	82,2	82,1	82,6	82,3	83,0

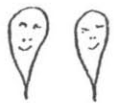
a. Maak van deze meetgegevens een diagram op milimeterpapier. Zet de tijd horizontaal.
b. Als het goed is kun je de grafiek in 3 stukken verdelen. Doe dat en schrijf bij elk stuk op wat er aan de stof in de reageerbuis te zien was.

HOE HET LEVEN VAN AQUAMIENTJE VERANDERINGEN ONDERGING

Er was eens een waterdeeltje, dat Aquamientje heette. Ze had heel veel broertjes en zusjes. Weet je wat het gekke was: de naam van elk broertje en zusje begon met Aqua.
Zo had je Aquajan, Aquatruus, Aquapeter, Aquadientje en ga zo maar door. Je hebt vast wel een vermoeden hoe dat zit met die naam 'Aqua'. Ja hoor, net zo als wij allemaal een familienaam hebben, die achter onze roepnaam staat, hebben zij ook een familienaam voor hun roepnaam. En dat is dan 'Aqua', de familie Aqua.
Weet je wat dat betekent? Juist!: water! Dus het was de familie 'water'.

Je kunt je voorstellen dat het in die familie een drukte van jewelste was. Met zoveel broertjes en zusjes spetterde, plonsde en goot het de hele dag door. Voortdurend waren ze in beweging: of ze geen rust kenden. Bovendien waren ze allemaal zo vlug als water.

Aquamientje noemde Aquadientje haar tweelingzusje. Niet dat zij als tweeling geboren waren. Want álle broertjes en zusjes waren tegelijk boven water gekomen en dus waren ze allemaal even oud. Niemand kon precies zeggen hoe oud. Want voorzover ze konden nagaan, leefden ze al sinds mensenheugenis. En het gekke was dat ze ook niet echt oud werden, zoals bij ons mensen. Je weet wel: veel eten, groter worden, rimpels krijgen enz.

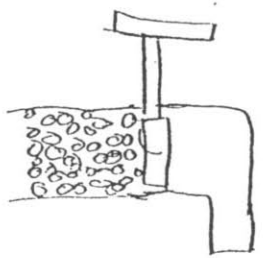


Ook was het niet zo, dat Aquadientje meer op Aquamientje leek dan op de anderen. Want alle broertjes en zusjes leken op elkaar zoals twee waterdeeltjes maar kunnen doen. Nee, dat ze Aquadientje haar tweeling zusje noemde, kwam meer doordat de namen zoveel op elkaar leken, en bovendien speelde Aquamientje het liefs met Aquadientje.
Aquamientje had al heel wat in haar leven meegemaakt. Ze zat nu in de waterleiding van een dorp ergens in Brabant. Bij toeval was ze daar in terecht gekomen toen ze op bezoek was bij de familie 'Aquaterra', ook wel de familie 'Grondwater' genoemd.
Op een dan waren ze op trektocht gegaan met een heleboel familieleden. Ze hadden besloten zich door de grote waterpompen in de Malpie vennen te laten opzuigen. Daarna hadden ze met z'n allen een hele tocht gemaakt door de waterleidingen van het Brabantse dorp.

noem een lokale waterkraan!

en hoewel ze het niet kon zien, want het was nogal donker, had Aquamientje het idee, dat ze nu ergens dichtbij een kraan zat in het lokaal van een grote school. Ze hoorde namelijk af en toe een enorm lawaai van kletsende en joelende leerlingen en iemand, die boven het tumult uit probeerde te komen. "Dat moest wel een leraar of lerares van die school zijn", dacht Aquamientje.

'Hei, zit niet zo te duwen!!' Oei, Aquamientje schrok ervan. Wát een enorme bulderstem. Die was zeker van de kraanklep. Ja, het was wel waar, Ze zaten met z'n allen flink tegen de klep aan te duwen. Maar ja, wat wil je met zo'n grote waterfamilie



Bovendien was het nu eenmaal een eigenschap van waterdeeltjes om overal tegen aan te duwen. Ze vonden dat gewoon leuk en daarom hielpen ze elkaar daar ook mee: de één duwde de ander in de rug enzovoort, enzovoort .....
Zodoende konden ze met z'n allen een behoorlijke waterdruk uitoefenen.
'Die klep moet maar tegen dat duwen kunnen', dacht Aquamientje, hoewel ze toch ook wel graag wilde dat die klep eens openging. Want als er zoveel waterlanders achter je rug staan te duwen, dan krijg je het zelf ook wel wat benauwd. Bovendien wilde ze ook wel eens die schoolklas zien, en die kwebbelende leerlingen. En ze was ook wel benieuwd hoe die leerkracht eruit zag.

Terwijl Aquamientje daar zat te wachten, kwamen er allerlei herinneringen in haar op. Het duidelijkste herinnerde ze zich de momenten waarop ze een echte verandering in haar leven meemaakte. Ze noemde dat dan een faseverandering. Zo herinnerde ze zich nog goed haar bezoek aan de familie Aqua-plens. Regenwater heette die familie ook wel in mensentaal. Je hebt die familie vast wel eens gezien. Héél hoog in de lucht. Een bui noem je dat dan. En als zo'n familie dan ook nog naar beneden komt, dan noem je dat een plens-bui!
Zo gebeurde het ook die middag dat Aquamientje op bezoek was. Samen met de hele Plens-familie was Aquamientje naar beneden gevallen en in een grote vijver terecht gekomen. Aquamientje herinnerde zich dat ze die middag heel leuk met haar plensneefjes en -nichtjes had gespeeld.

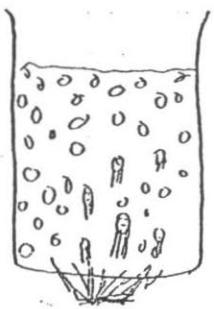
Ze hadden daar met z'n allen kleine kringetjes op het water gevormd en toen hadden ze kringspelen gedaan. Dat was erg fijn.
Maar 's nachts had ze nog iets fijners beleefd. Ze hadden toen met z'n allen weer zo'n fase overgang gemaakt. Het was namelijk ijskoud geworden boven de vijver. Volgens Aquajan schommelde de temperatuur zo om de nul graden celsius. Samen met haar neefjes en nichtjes was ze vlak aan de oppervlakte van de vijver geweest en ze hadden besloten om elkaar vast te gaan houden. Dat deden ze altijd als het zo koud werd. Dan gingen ze dichtbij elkaar en pakten elkaar stevig vast.

In die toestand stond je dan vastgeklemd tussen de anderen in, je kon geen enkele kant meer uit. Zo was je met z'n allen in een vaste toestand. En omdat het ijskoud

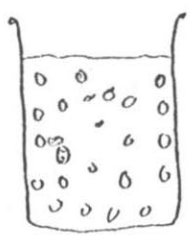
was, zeiden de waterlanders dan dat ze in ijs waren overgegaan. Het leek net of er een dak van ijs op de vijver lag.

Soms had je geluk en dan kwam er één van die mensen kinderen je weet wel: zo'n waaghals, en die probeerden dan op het ijs te gaan lopen. Weet je wat de waterlanders dan deden. Néé! Nou, als zo'n waaghals dan op de waterlanders stond, dan lieten de bovenste waterlanders elkaar stiekum los, en dan werd het spiegelglad onder de voeten van zo iemand. Soms had je geluk dan gleed de waaghals namelijk uit en kwam vervolgens met een flinke dreun op zijn achterwerk terecht. 'Krak, krak' juichten de waterlanders dan. En voor de waaghals het wist, kropen er een heleboel waterlanders tussen de vezels van de broek, zodat die lekker nat werd.
Het kwam ook nogal eens voor dat de waaghals zo zwaar was, dat ze hem echt niet meer konden houden. Je moest elkaar dan wel loslaten. Op zich was dat niet zo erg, want ook dat gaf altijd weer ontzettend veel plezier. Met z'n allen begonnen ze dan luid in het waterlands te juichen. In mensentaal klinkt dat gejuich dan als 'krak' en 'plons'.
Maar goed, als de temperatuur dan weer boven de nul graden celsius kwam en het dus niet meer ijskoud was, dan moesten ze elkaar allemaal weer loslaten. Dat was nu eenmaal wet in waterland en daar had je je dan maar aan te houden. Aquamientje vond dat niet erg, want er was altijd wel weer wat anders te beleven. Bovendien kon je je dan weer gemakkelijk verplaatsen. Je vloeide gewoon tussen de anderen dan. Vandaar dat de waterlanders die toestand ook wel de vloeibare toestand noemden. In zo'n vloeibare toestand bevonden Aquamientje en haar familieleden zich ook toen ze waren opgezogen door de waterpompen en waardoor ze nu in de waterleiding van een grote school waren terecht gekomen.
Al een hele tijd vloeiden ze nu maar wat doelloos door elkaar. Aquamientje had zojuist weer de schoolbel gehoord. Een heleboel scholieren waren naar binnenkomen stormen en het was, zoals vaker gebeurde, weer een enorm tumult in de klas.
Volgens Aquamientje moest het die leerkracht toch wel veel moeite kosten om zo'n horde in bedwang te houden.
'Klaar maken voor vertrek!' brulde plotseling de kraanklep. Een golf van opwinding ging er door de waterlanders. Wat stond hun nu te wachten? Ook Aquamientje voelde de opwinding.
Aah, de kraanklep opende zich al en daar gingen ze. Ze duwden elkaar zo hard mogelijk voort, want iedereen wilde er graag uit.
Aquamientje kwam met een plons terecht in een glazen beker.
'Tjonge, jonge, wat een mooi groot lokaal was dat!
Ze keek eens goed rond in de klas. Er waren een heleboel scholieren, die met elkaar zaten te praten. Sommigen waren aan het schrijven. Er waren ook scholieren, die als maar uit het raam zaten te kijken, net of ze niets beters te doen hadden.

De glazen beker werd door één van de leerlingen op een vuur gezet. Oei, wat zou hun nu te wachten staan. Aquamientje had dit nog nooit eerder meegemaakt. En wat deden die leerlingen toch gek. Ze zaten met hun grote ogen als maar naar de beker te kijken en met hun vingers te wijzen. Aquamientje werd er verlegen van. Daar moest wel iets heel bijzonders gaan gebeuren.
De vlam onder het bekerglas reutelde dat het een lieve lust was.
'Ik zal jullie eens lekker opwarmen' riep de vlam tegen de waterdeeltjes, 'dan kunnen jullie weer fijn gaan rennen'. 'Ja, dat was waar', dacht Aquamientje, het gaf altijd een hele opwinding in waterland als het warm werd, want hoe wermer het werd, hoe beweeglijker ook de waterdeeltjes werden.



'Aan de kant!, aan de kant!, wij hebben meer ruimte nodig' riepen enkele waterdeeltjes die al wat warmte van de vlam hadden gekregen. 'Ga maar naar boven, daar krijg je gemakkelijker de ruimte als hier' riep Aquajan terug. Ja, het wat hier halverwege de beker een heel geduw. En onderaan helemaal.
Aquamientje wilde ook best wel eens naar anderen in de beker om wat warmte te krijgen. Veel moeite hoefde ze er niet voor te doen, want omdat steeds meer waterdeeltjes omhoog wilden, werd ze vanzelf naar beneden geduwd.
'Mag ik ook wat warmte' vroeg Aquamientje aan de vlam toen ze beneden was gekomen. 'Dat is goed, hier heb je wat, alsjeblieft!' zei de vlam.
'Dank je wel!' riep Aquamientje. 'En nu! rennen!' reutelde de vlam haar nog achterna. Aquamientje voelde een hele opwinding door zich heen gaan. Ze zette haar borst wat uit en begon toen heel hard te rennen. Oei!, wat was dat fijn. 'Ga je mee naar boven, daar hebben we meer de ruimte' vroeg ze aan Aquadientje, die ook net een hoeveelheid warmte had gekregen.
'Au! riep een luchtdeeltje, 'kijk uit waar je vloeit'. Aquamientje was met een knal tegen het angstig kijkende luchtdeeltje gebotst. Het lucht deeltje was deze enorme drukte van de waterlanders niet gewend. Gewoonlijk bevonden de luchtdeeltje zich bijna ongemerkt tussen de waterdeeltjes. Maar nu ze deze opwinding meemaakten, zochten ze snel elkaar op en vormden kleine luchtbelletjes tussen de waterlanders.
'Ga toch wel', riepen de waterdeeltjes, terwijl ze de luchtbelletjes een duw omhoog gaven. Ook Aquamientje duwde met alle macht tegen een luchtbel aan.
Toen Aquamientje boven in de beker gekomen was, markte ze dat er een hele spanning heerste aan



de oppervlakte. Er waren namelijk enkele waterdeeltjes, die uit de beker probeerden te springen. Dat leek Aquamientje trouwens ook wel leuk. Maar er waren ook van die pestdeeltjes die dat steeds probeerden te voorkomen. Ze trokken dan hard aan de benen van de waterdeeltjes, die aan de oppervlakte waren, zodat die er niet uitkonden. Slechts een enkeling lukte het om uit de beker te springen. Op zich was dat wel een leuk spel. Maar niet iedereen vond dat leuk. Vandaar dat er toch wel wat spanning aan de oppervlakte heerste. Nee, Aquamientje zou maar niet proberen om door die oppervlaktespanning heen te breken.

Ze ging maar weer eens beneden kijken, misschien kon ze nog wat meer warmte krijgen van de vlam.
Terwijl ze weer naar beneden ging en ook min of meer geduwd werd, merkte Aquamientje dat er nauwelijks een luchtdeeltje meer te bekennen was. 'Wat een bangerikken!' dacht ze bij zichzelf. 'Trouwens, hoe warm zou het zijn? Veertig, vijftig graden celsius?' Zeker wist ze het niet, maar veel meer kon het toch ook niet zijn.
Toen Aquamientje beneden kwam, merkte ze dat het daar een drukte van jewelste was. Iedereen rende bijna zo hard als hij maar kon. Het was er ook behoorlijk warm. Volgens Aquamientje was het vlak bij de bodem van het bekerglas bijna honderd graden celsius.
'Willen jullie nog wat warmte?', riep de vlam. 'Ja,ja!', zongen een heleboel waterdeeltjes in koor.
'Vooruit dan! vangen!
De waterdeeltjes stoven uit elkaar van plezier. Aquamientje werd er duizelig van. Tjonge, jonge, wat had ze ineens een heleboel warmte gekregen. De vlam, die het schouwspel zag, lachte dat het een lieve lust was. Omdat de waterdeeltjes zo ineens uit elkaar waren gestoven was er een hele grote waterdampbel ontstaan onderin het bekerglas.
'Kom mee, dan gaan we naar boven!' riepen enkele waterdeeltjes, 'dan kunnen de anderen ook zo'n bel vormen! Aquadientje, die net van boven kwam, ontdekte Aquamientje in de dampbel. 'Mag ik wat warmte van jou?' vroeg ze aan Aquamientje. 'Ja, dat is goed', alsjeblieft. Ook de andere waterdeeltjes in de dampbel gaven wat van hun warmte weg aan hun vriendjes en vriendinnetjes. Weet je: 'Eerlijk samen alles delen', is een gulden regel in waterland.
Maar ja, met minder warmte, kun je ook minder hard rennen, vandaar dat de dampbel al snel kleiner werd. En in een mum van tijd zaten ze weer zo dicht op elkaar, dat er van de dampbel nagenoeg niets meer te zien was. 'Kom mee', riep Aquamientje tegen de anderen, dan gaan we nog een keer naar beneden om wat warmte te halen.
Aquajan kwam ook net aangerend. 'Hoe is het boven?' vroeg Aquamientje. 'Nou daar is het ook al bijna honderd graden celsius'. Tjonge, jonge, wat een drukte hè', zei Aquajan. 'Ja', zei Aquamientje 'zeg, kom mee naar beneden, dan kun je iets heel leuks beleven'.
En zo gezegd, zo gedaan. Zo vlug als hete waterdeeltjes maar kunnen zijn gingen ze naar beneden.
'Mogen we weer wat warmte?' zongen de waterdeeltjes in koor. 'Hier, vangen!' zei de vlam.
Aquamientje voelde weer dezlefde opwinding als daarstraks. Ze stoven weer uit elkaar, zodat er opnieuw een grote dampbel ontstond.
'Hei, ga eens omhoog jullie', riepen een heleboel andere waterdeeltjes, 'wij willen ook in damp overgaan'. 'Jongens als we nou een hele harde aanloop nemen', riep Aquapeter, 'dan lukt het ons misschien ook om door de oppervlaktespanning heen te breken.
Zo vlug als dampbellen maar kunnen zijn, schoten ze omhoog. En ja hoor, voor ze het wisten, waren ze door de oppervlakte heen geschoten.
'Tjonge, jonge, dat was wel even spannend hoor'.
Aquamientje hijgde ervan. Ze besefte dat er nu weer een hele andere wereld voor haar openlag, die ze kon gaan ontdekken, nu ze in de damptoestand was terecht gekomen.
Wat ze echter allemaal in de damptoestand beleefde, dat zullen we niet vertellen, want dat zou nog uren duren.
Wat Aquamientje echter niet wist, is dat de leraar van haar belevenissen in het bekerglas een mooie film had gemaakt, En die film gaan we nu zien.

BUFFERS IN DE NATUUR

gedeelte van een artikel door W. Lignac in Faraday, februari 1979

Denk eens aan het verschijnsel, dat de temperatuur stijgt als ergens warmte aan wordt toegevoerd. We staan 's winters op het ijs en de zon komt door. Het ijs wordt snel warmer, want het heeft per gram maar 2 joule nodig om een graad in temperatuur te stijgen. Bij nul graden ligt het smeltpunt. Daar gekomen zou er nog maar een fractie van een joule bij hoeven en we zouden in het water liggen. Zou er dan een wolkje voor de zon komen, dan zou de tijd om ons te redden ontbreken, omdat we op datzelfde ogenblik weer in een massieve ijsmassa zouden zijn ingevroren.

Op grond van de ontwikkelde gedachte kan men vermoeden, dat er bij de overgang van ijs naar water en omgekeerd een machtige rem moet liggen, die de snelheid van de gebeurtenis wat matigt. En inderdaad ligt hier een enorme barrière. Er is 335 joule nodig om van een gram ijs water te maken zonder dat de temperatuur verder stijgt. Dat constateren we ook aan een portie consumptieijs. Deze kunnen we rustig savoureren zonder dat de warmte uit de kamer ons dessert plotseling laat smelten.

Is ijs eenmaal gesmolten, dan kan men het water vrij goedkoop aan de kook brengen. Maar stel je voor, dat we één joule meer toevoeren en het water ineens in stoom veranderd is. Dat zou een geweldige explosie leveren. Maar, hoe groter de dreiging, des te groter de rem. Hier moet een barrière liggen, nog groter dan bij het smelten. Het kost dan ook 2260 joule om een gram water bij gelijkblijvende temperatuur in stoom te veranderen.

WOLKEN EN NEERSLAG
Onderzoek 4.1.

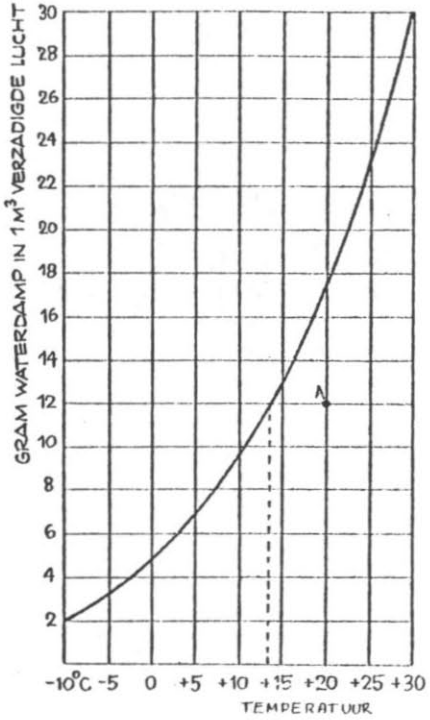
Extra proef: Een vochtigheidsmeter

Soms moet je precies weten hoe vochtig de lucht is of hoe droog. Je moet dan de *relatieve vochtigheid* van de lucht meten.

1. Lees eerst dit:

In lucht van een bepaalde temperatuur kan maximaal slechts een bepaalde hoeveelheid water zitten. Bij hogere temperaturen is die hoeveelheid meer. Bij lagere minder. (Zie nevenstaand diagram). Meestal zit in de lucht niet die maximale hoeveelheid water, maar slechts een gedeelte (*percentage*) ervan. Dat percentage noemt men de
RELATIEVE VOCHTIGHEID

Voorbeeld
Bij 20°C kan 1 m³ lucht 18 g. water bevatten. Hij bevat maar 12 g. water. Dat is dus 67% van wat er eigenlijk in kan. Dan is de
RELATIEVE VOCHTIGHEID: 67%
De lucht bevat dus maar 12 gram water. Dat is evenveel als in die lucht maximaal bij 13 °C kan zitten. Bij een temperatuur van 13 °C krijgen we dauw-vorming (of condens-vorming) als we die lucht verder afkoelen. Daarom noemen we 13 °C het "dauwpunt".



2. Voer proef 2 nogmaals uit.

3. Noteer de twee afgelezen temperaturen in de tabel. Zoek nu in het diagram de bijbehorende hoeveelheden water op.

Je weet:

$$\textit{Relatieve vochtigheid} = \frac{\text{werkelijke hoeveelheid water in de lucht}}{\text{maximaal mogelijke hoeveelheid water in de lucht}}$$

Bepaal daarmee de relatieve vochtigheid op het moment dat je je proef deed.

TEMPERATUUR VAN DE LUCHT	MAXIMALE HOEVEELHEID WATER
CONDENSATIE TEMPERATUUR	WERKELIJKE HOEVEELHEID WATER

MERKWAARDIG GEDRAG VAN NATRIUMTHIOSULFAAT

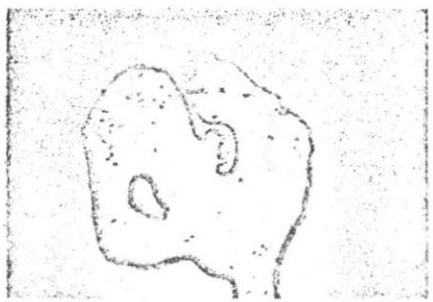
uit: Archimedes
17 (2)

Het zal jullie bekend zijn dat de meeste vaste stoffen bij voldoende warmtetoevoer gaan smelten. Laat je de gesmolten stof afkoelen, dan wordt het geheel weer vast. Met natriumthiosulfaat kan er wat anders gebeuren. Dit gaan we nader bekijken.
Breng in een reageerbuis, liefst een *hittebestendige*, 2 à 3 druppels water en voeg er vervolgens 2 à 3 cm^3 fijngemaakt natriumthiosulfaat ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) aan toe. Ga voorzichtig verwarmen. Je moet ervoor zorgen dat dit overal gelijkmatig gebeurt. Als alles vloeibaar geworden is moet je de buis voorzichtig wegzetten, nadat je met een propje watten de opening hebt afgesloten. Er mag beslist geen stof in de buis vallen. Laat het buisje rustig staan tot het helemaal is afgekoeld. Je zult zien dat de inhoud vloeibaar is gebleven. Haal vervolgens het propje watten weg en laat een klein kristalletje natriumthiosulfaat in de buis vallen. Even zachtjes schudden en alles wordt ineens vast. Het buisje wordt ook een beetje warm.

In plaats van het vast worden in de reageerbuis plaats te laten vinden, kun je de afgekoelde vloeibare thio ook op een goed schoongemaakte spiegel of glasplaat uitschenken. Op diverse plaatsen zie je nu kristallen ontstaan en kun je ook duidelijk de vorm van de kristallen waarnemen. Kijk eens goed naar fig. 1 tot en met 4. Bij het maken van deze foto's is een glasplaat gelegd op een overhead-projector. In fig. 1 zijn enkele kleine kristallen ontstaan. Als je vervolgens naar de figuren 2, 3 en 4 kijkt, zie je dat de kristallen langzaam groeien. De foto op het omslag van dit nummer laat zien hoe het uiterlijk is wanneer alles vast geworden is.

Een soortgelijke proef kun je ook uitvoeren met natriumsulfaat. De werkwijze gaat dan zo: Doe in een reageerbuis 2 à 3 cm^3 natriumsulfaat en voeg zoveel water toe totdat de kristallen $\frac{1}{2}$ cm onderstaan. Zet het buisje in een pannetje water en verwarm dit tot het water begint te koken. Schud van tijd tot tijd. Blijf zachtjes verwarmen terwijl het geheel vloeibaar wordt. Is dit na 3 à 4 minuten nog niet het geval, voeg dan nog een beetje water toe. Pas op dat te koud water de reageerbuis niet laat springen. Zet het buisje weg totdat het afgekoeld is. Laat een kristalletje in de vloeistof vallen of giet het mengsel uit op een glazen plaat. Er ontstaan nu naaldvormige kristallen (zie fig. 5).

Figuur 1 tot en met 4: Thiosulfaat uitgegoten op een glazen plaat. Op diverse plaatsen begint de stof te kristalliseren. De kristallen groeien langzaam aan. Als je dezelfde plaats bekijkt in fig. 1 tot en met 4 kun je dat duidelijk zien.

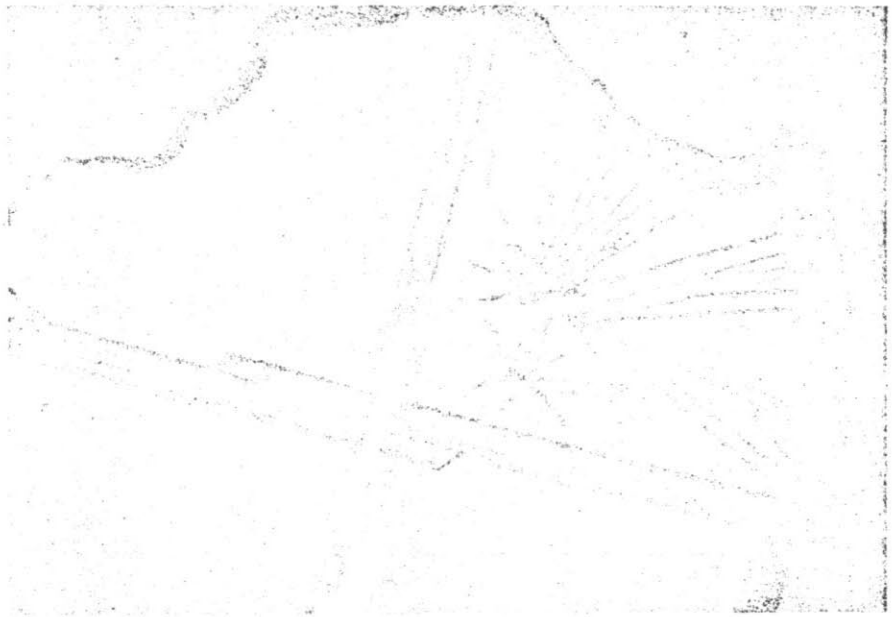


Figuur 1

Figuur 2

Figuur 3

Figuur 4



Figuur 5
Naaldvormige kristallen van natriumsulfaat.

Verklaring van de waargenomen verschijnselen

Het eerste dat we gezien hebben is het vloeibaar worden van het natriumthiosulfaat. Je bent geneigd dit smelten te noemen, maar dat is niet helemaal waar. Thio lost als het ware op in vrijkomend kristalwater. Omdat dit bij een bepaalde temperatuur begint, praten we toch over een smeltpunt of smelttraject. Dit traject loopt bij thio van 40 °C tot 45 °C. Aangezien thio bij 48 °C begint te ontleden, is het oplossen in kristalwater hier niet verder te onderzoeken. Voer je dit experiment uit met bijvoorbeeld kristalsoda (natriumcarbonaat), dan is dat wel te doen. Je zult waarnemen dat bij het verwarmen van soda het geheel eerst vloeibaar wordt. Ga je door met warmte toevoeren, dan ontwijkt er waterdamp en het geheel wordt weer vast. Het smelttraject van kristalsoda (32,5–34,5 °C) en het smeltpunt van watervrij natriumcarbonaat (851 °C) versterken de verklaring dat de stof bij lage temperatuur oplost in vrijkomend kristalwater.

Nu het volgende verschijnsel. Als je de vloeibare thio af laat koelen, dan wordt het geheel niet vast. Hoe komt dat nu?

Je hebt waarschijnlijk wel eens van het begrip *onderkoeling* gehoord. Dit houdt in dat een stof vloeibaar blijft tot ver beneden zijn smeltpunt. Om dit te kunnen verklaren, moeten we eerst het verschil in structuur tussen een vloeistof en een vaste stof nader bekijken.

In een vloeistof bewegen de deeltjes vrij door elkaar, in een vaste stof trillen ze daarentegen rondom een evenwichtstoestand. Een vloeistof heeft geen ordening van deeltjes, een kristallijne vaste stof heeft een regelmatige structuur.

Als een stof van de vloeibare naar de vaste fase gaat, moet een ongeordend geheel dus overgaan in een geordende structuur. De dichtheid neemt dan toe. In een vloeistof hoeft op microscopische schaal de dichtheid niet op iedere plaats hetzelfde te zijn, omdat de onderlinge positie van de deeltjes voortdurend verandert.

Bij het smeltpunt kan soms in een zo groot gebied de dichtheid van de vaste fase benaderd worden dat de deeltjes die er deel van uitmaken spontaan de bij de vaste toestand behorende configuratie aannemen en daarin blijven. Op deze wijze wordt een minuscuul stukje kristal gevormd, een zogenaamde kristalkiem. Dit is de eerste stap in het stollingsproces. De kans dat zo'n dichtheidsfluctuatie bij het smeltpunt zonder meer kiemvorming veroorzaakt is overigens tamelijk klein. Daarom kan men de vloeistof tot vrij ver onder het smeltpunt afkoelen voor de stolling begint. Het verschijnsel bij thio en natriumsulfaat is analoog aan het bovenstaande verhaal. Ionen en water moeten samen een kristal vormen en deze deeltjes moeten daartoe in een gunstige positie ten opzichte van elkaar komen. Eerst bij een veel lagere temperatuur dan het smeltpunt is de kans daarop groot genoeg.

Als een kiem gevormd is gaat deze aangroeien, aangezien de kans dat trillende deeltjes een bestaand kristalfragment vergroten groter is dan die van nieuwe kiemvorming. De deeltjes kunnen aan een kiem uiteindelijk één voor één ingebouwd worden zodra de trillingstoestand daarvoor gunstig is.

Breng je zelf een klein kristalletje in de onderkoelde vloeistof, dan fungeert dat als kiem waarop onmiddellijk andere deeltjes zich afzetten. Na toevoegen van een korreltje thio werd immers de inhoud van het buisje snel vast. Op een glazen plaat kun je duidelijk vanuit zo'n kiem het kristal zien groeien.

Ook vreemde stoffen kunnen ervoor zorgen dat daarop snel kiemen ontstaan, die dan weer verder uit kunnen groeien.

Het zal je nu duidelijk zijn waarom er geen stof in het buisje mocht komen. Bij de ene stof kun je onderkoeling beter laten zien dan bij de andere. Als je thio of natriumsulfaat gebruikt zul je merken dat deze stoffen er zeer geschikt voor zijn.

FEEDBACK GEVEN NAAR AANLEIDING VAN HET KEUZE-PROCES

Wat voor leerlingen erg moeilijk is in het kader van het werken in groepen is het rationeel beargumenteren en ondersteunen van eigen inbreng (b.v. een bepaald onderzoekvoorstel) en het ter discussie stellen van eventuele rationele argumenten die andere groepsleden aanvoeren. Om leerlingen zich van hun functioneren in de groep bewust te laten worden, zou er feedback naar de leerlingen toe moeten worden gegeven ten aanzien van dat functioneren.
Het is uiteraard onmogelijk om dit tegelijkertijd voor alle leerlingen in alle groepen te doen. U kunt als leraar bijvoorbeeld kiezen voor het observeren van het keuze-proces binnen één groep. Dit heeft als nadeel dat de andere groepen die in de klas bezig zijn, aan hun lot worden overgelaten (zie "suggesties voor de leerkrachten bij de keuze-fase").
Een andere mogelijkheid is het verloop van het keuzeproces binnen een groep op de (cassette/video(?)) band vast te leggen. U kunt dan op een later tijdstip zo'n gesprek analyseren op het functioneren van de verschillende groepsleden tijdens het keuze-proces. Daarna kunt u uw analyse gebruiken als aanleiding tot een gesprek met de betreffende groep. Het valt niet te ontkennen dat dit een vrij tijdrovende zaak is, die zich voor het grootste deel buiten het normale lesgebeuren afspeelt. Bovendien lijkt het nauwelijks mogelijk om méér dan één groepje op een dergelijke manier te begeleiden, zodat deze activiteit ook gedurende andere tweede- en derdeklas-thema's moet plaatsvinden om alle (?) leerlingen (waarvoor dat nodig is?) een zekere mate van feedback te geven op hun functioneren in een groep.

ANALYSE-INSTRUMENT.

Met behulp van de band-opname van het keuzeproces zou u kunnen nagaan met welke voorstellen door wie in de groep ingebracht worden en hoe daar door de andere groepsleden op gereageerd wordt (in de vorm van rationele of irrationele argumenten, in de vorm van al dan niet beargumenteerde tegenvoorstellen enz.) Uit de analyse van zo'n gesprek kan blijken dat een bepaalde leerling met veel voorstellen komt die niet beargumenteerd worden, of waarvan hij de argumentatie niet ter discussie wil stellen. Het kan ook blijken dat een leerling zelf weinig keuzes aandraagt, maar wel probeert om te kiezen uit de door anderen gedane voorstellen door b.v. het afwegen van verschillende argumenten.
U kunt het gesprek in tabelvorm "in kaart brengen". Hieronder volgen een paar fragmenten van een gesprek in een groepje van drie leerlingen, met ernaast een voorbeeld van een mogelijkheid tot in kaart brengen van de inbreng van die leerlingen.

11	gesprek(fragment)	leerling 1	leerling 2	leerling 3
1	die vervolgblokken 2 zie ik allemaal niet erg zitten, geloof ik, dat is alleen maar leestekst	voorstel, argument		
2	laten we het op stoom houden, joh		aansluitend voorstel, geen argument	
1	ja, die 2 (vervolgblok 1), denk ik, die 2 of 3	aansluitend voorstel, geen argument		
2	o, deze heb ik gezien		—	
3	nou, doe dan 2 maar			aansluitend voorstel, geen argument
1	ja, en als 2 niet kan, zullen we 3 maar nemen	aansluitend voorstel, geen argument		
2	hé, 1, da's een stoomboot		niet aansluitend voorstel, geen argument	
1	nee, 1 zie ik niet zitten	afwyzende reactie, geen argument		
2	toch leuk		afwuzende reactie, argument (?)	
1	veel te simpel	rationeel argument		
3	2 of 3			brengt discussie terug naar het oorspronkelyke voorstel

2	hé, deze vind ik leuk, trillingen in het water ov		voorstel, argument (?)	
3	die kristallen onder de microscoop, dat vind ik ook wel leuk			voorstel, argument (?)
1	ja, dat lijkt me ook	instemming		
2	waar ligt dat?		informatieve vraag	
3	blz. 61, dat blok, dat we net hadden			informatie
2	dat moeten we na gaan kijken, moeten we .... ov		——	
1	ik vind die leestekst leuk, maar daar kun je niks aan doen	?, rationeel argument		
2	nee, laten we dan ook kristallen (4) nemen		instemming, voorstel, geen argument	
1	of water in de lucht op blz. 49 (3, leestekst 1)	tegenvoorstel, geen argument		
2	mooie auto, dat is een saab op 49		?	
HvH (leerkr.)	komen jullie er al een beetje uit Ruud?			
1	ja, dat wel	——		
2	we hebben er al 4, maar we keilen er wel wat uit maar mijn mening is dat 3 ..ov.. stoom eh		voorstel, geen orgument	
1	nee joh, volgens mij is dat veel te eentonig ben je mal ...	reactie, rationeel argument		
3	als je alleen maar 1 stoom neemt, werkt, staat te rommelen met stoom			?
1	dat wordt veel te saai	herhaling		
1	dan nemen we ook ijs, het tegenovergestelde ervan	voorstel, rationeel (?) argument		
1	ijs maken of zo, ... weet ik het			
3	dat is blok?			informatieve vraag
1	blok 3.2.	Informatie		
1	want als we alleen met stoom werken, dan ga je ervan balen, dat weet ik zeker, dat is veel te eentonig, dat is niet leuk ... je moet een beetje	herhaling		
3	je krijgt toch altijd ongeveer dezelfde proefjes			ondersteunend rationeel argument
1	en dan met die toets, je krijgt van alles wat	aanvullend rationeel argument		

Aangrijpingspunten voor een gesprek met dit groepje leerlingen op basis van deze gespreksfragmenten kunnen bijvoorbeeld zijn:

- De geringe inbreng van leerling 3.
  Waardoor wordt dit veroorzaakt?
  Heeft dat misschien iets te maken met bijvoorbeeld de nogal overheersende rollen van leerling 1 en 2? Hebben deze een taak in het betrekken van leerling 3 in het keuze-proces (naar zijn mening vragen bijvoorbeeld)?
- De positieve functie van leerling 3 in het eerste gespreksfragment: het terugbrengen van de discussie naar het oorspronkelijke voorstel.
- De snelle opeenvolging van alternatieve voorstellen, zonder dat die beargumenteerd worden en zonder dat er op elkaars voorstellen wordt ingegaan (vooral in de eerste twee gespreksfragmenten). Leren naar het "waarom" van een voorstel te vragen?
- Het verschil tussen de eerste twee en het laatste gespreksfragment, waarin meer argumenten gehanteerd worden, echter vrijwel alleen door leerling 1.
  In hoeverre overheerst hij de beide anderen, en hoe ervaren zij dat?

TOETSVRAGEN IJS-WATER-STOOM-II

A. Een voorbeeld van toetsopbouw
B. Meerkeuzevragen
C. Open vragen
D. Een "gas-test"

A. EEN VOORBEELD VAN TOETSOPBOUW

1. Stoffen kunnen voorkomen in verschillende agregatietoestanden.
   Welke agregatietoestanden zijn er ?
2. Jood is bij kamertemperatuur een vaste stof. Het is mogelijk om gasvormig jood direkt over te laten gaan in joodkristallen (vaste stof).
   Hoe noemt men deze faseovergang ?
3. Soldeer is een mengsel van metalen (= een legering). Het smelt bij een temperatuur van ± 500 °C. Bij afkoeling wordt het weer een vaste stof.
   Hoe noemt men deze faseovergang ?
4.

	smeltpunt	kookpunt		smeltpunt	kookpunt
aluminium	659°C	2467°C	ether	– 116°C	35°C
chroom	1857°C	2671°C	melk	– 0,5°C	100°C
goud	1063°C	2897°C	alkohol	– 114°C	78°C
koper	1083°C	2567°C	water	0°C	100°C
kwik	– 39°C	357°C	zeewater	– 2°C	100°C
lood	328°C	1740°C	terpentijn	– 10°C	180°C
nikkel	1455°C	2732°C	chloorgas	– 101°C	– 34°C
ijzer	1539°C	2753°C	ozon	– 192°C	– 111°C
zilver	961°C	2212°C	propaan	– 188°C	– 42°C
diamant	3627°C	4827°C	stikstof	– 210°C	– 196°C
parafine	52°C	300°C	zuurstof	– 219°C	– 183°C

Neem deze tabel over en vul de open plaatsen in.

stofnaam	temperatuur	fase
aluminium	20° C	vast
aluminium	...	vloeistof
zuurstof	0° C	...
alkohol	-100° C	...
alkohol	...	gas
...	100° C	vast
...	-200° C	vloeistof
goud	1000° C	...
terpentijn	...	vloeistof
...	2000° C	vloeistof

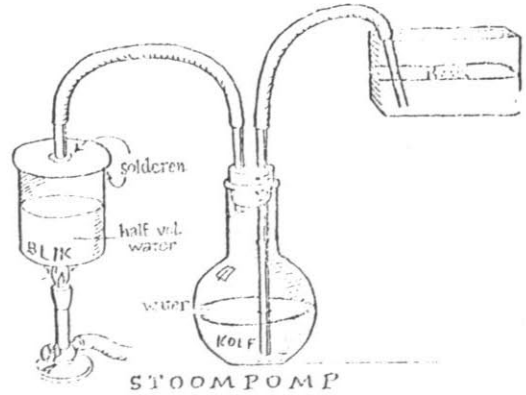
5. a. Bij welke temperatuur smelt ijzer ?
   b. Bij welke temperatuur kookt zuurstof ?
   c. Bij welke temperatuur stolt kwik ?
   d. Bij welke temperatuur wordt stikstof vloeibaar ?
   e. Bij welke temperatuur wordt ether een vaste stof ?
6. Geef een voorbeeld waarbij waterdamp sublimeert.
7. Als je ether (een vloeistof) op je hand doet,verdampt het erg snel. Ook voelt die plaats dan koud aan. Leg uit hoe dat komt.

De volgende vragen hebben betrekking op de onderzoeken.
Kies 5 vragen uit en beantwoord die

1.1 "Een stoomboot"
Noem drie waarnemingen bij dit experiment.

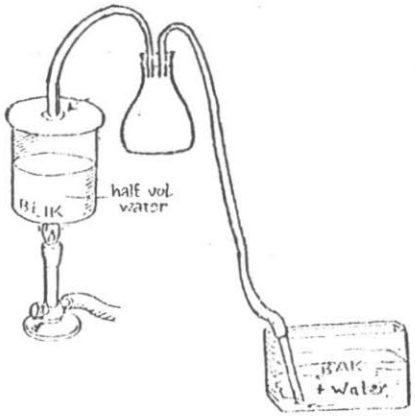
1.2 "Met de stoommachine elektriciteit maken"
Op een stoommachine kun je een dynamo aansluiten,die ervoor zorgt dat een lampje brandt. Zo kun je zien dat je de ene energievorm in de andere kunt omzetten.
Je hebt hierbij dus te maken met verschillende energievormen:
1.bewegingsenergie 2. lichtenergie 3.warmte-energie 4.elektrische energie
Zet deze energievormen in de juiste volgorde zoals ze bij dit experiment voorkomen.

1.3 "Een stoompomp"
Hiernaast zie je een stoompomp afgebeeld.
De hoogte van de bak is maximaal 1 meter.
Waarom mag dat bijvoorbeeld geen 10 meter zijn?



STOOMPOMP

1.4 "Een stoompomp met atmosferische druk"



Met deze pomp kunnen we
water uit de bak naar boven
pompen.
Beschrijf in het kort de
werking van deze pomp.

2.1 "Het drogen van de was"

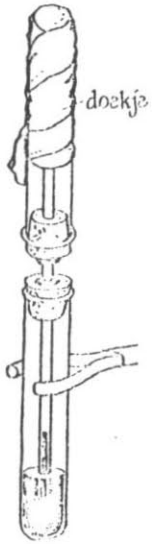
Leg uit waarom de was sneller droogt als deze wijd wordt uitgehangen.

2.2 "De thermometer die afkoelt"

Een thermometer wordt
omwonden met een doekje.
Dit doekje wordt nat gemaakt met alcohol.
Daarna wordt de thermometer snel heen en weer bewogen.
Wat gebeurt er met de aanwijzing van de thermometer? Hoe komt dat?

2.3 "Koelen door verdampen"

Leg uit hoe een koelkast werkt.



2.4 "Het raadsel van het stijgende water"

Voor deze proef waren nodig:
één buisje , twee rubber stoppen
twee reageerbuizen , een beetje water
een doekje , een beetje alcohol
Het doekje werd nat gemaakt met alcohol.
Wat gebeurt er? Hoe komt dat?

3.1 "Dauw maken"

Vertel waarvoor een hygrometer wordt gebruikt.

3.2 "Wolken maken"

Leg uit wat wolken zijn. Leg uit hoe wolken ontstaat.

3.3 "Wolken maken"

Hoe kun je het ontstaan van een wolk nabootsen?
Vertel hoe je dit kunt doen en welke spullen je ervoor nodig hebt.

4.1 "Kristallen laten groeien"

Het is mogelijk om van kluin bijzonder grote kristallen te maken.
Vertel hoe je dat doet.

4.2 "Kristallen onder de microscoop"

Onder een microscoop kun je het ontstaan van kristallen van een
stof beter bekijken. Dit kan bijvoorbeeld door een stof te laten
smelten en dan weer te laten stollen.
Beschrijf hoe je dat moet aanpakken.

4.3 "Kristalmodellen"

Neem een twee modellen (vormen) van een kristalstructuur.

5.1 "Suikerwater verdunnen"

Je lost een suikerklontje op in 100 ml water.

Van deze oplossing neem je 10 ml en je vult dit nou tot 100ml met water.

Ook hiervan neem je 10 ml en je vult dit met water weer aan tot 100 ml.

Deze laatste oplossing smaakt nog zoet.

Hoeveel van het suikerklontje zit nog in deze oplossing?

5.2 "Kleurstof verdunnen"

1 gram kaliumpermanganaat wordt opgelost in 100 ml water.

Dit water kleurt paars. 10 ml van deze paarse oplossing wordt in een bekerglaasje gedaan en er wordt water aan toegevoegd tot er weer 100 ml in. Dit wordt nog 4 maal herhaald.

De laatste oplossing is nog steeds (licht)paars gekleurd.

Hoeveel gram kaliumpermanganaat zit in deze laatste oplossing?

5.3 "Een olievlek maken"

Een oliedruppel, inhoud 0,2 mm^2 wordt in een schaaltje op het wateroppervlak gelegd. Wat gebeurt er?

5.4 "Vergroten en verkleinen"

Hoewel het technisch (nog) niet mogelijk is, zou je je kunnen voorstellen dat door vergroting met een super-microscoop een watermolekuul zichtbaar wordt.

Hoeveel keer zou zo'n microscoop moeten kunnen vergroten?

De volgende verzameling meerkeuzevragen en open vragen is ontleend aan een evaluatie-instrumentarium van PLON-CITO voor IJs-Water-Stoom II.

B. MEERKEUZEVRAGEN

1. Er staat een pannetje water te koken op het gasfornuis. Als je nu extra warmte toevoert door het gas hoger te draaien waarvoor wordt die extra warmte dan hoofdzakelijk gebruikt?

A Om het water nog wat heter te maken.

B Om de stoom nog wat heter te maken.

C Om zowel de stoom als het water nog wat heter te maken.

D Om méér stoom van het water te maken.

2. Je hebt een kopje water waarin je door goed roeren een tabletje zoetstof hebt opgelost. Als je nu dit kopje water uitgiet in het pierebad van een zwembad, daar goed in roert en vervolgens een kopje water er uit schept en dat proeft, blijk je de zoetstof not te kunnen proeven!!

Hoe verklaar je dit?

A Het tabletje bestaat uit zo onnoemelijk veel deeltjes dat er ook na sterke verdunning nog voldoende over zijn in het kopje wat je eruit schept.

B De zoetstofdeeltjes vermenigvuldigen zich bij het verdunnen.

C De zoetstofdeeltjes delen zich bij het verdunnen.

D De zoetstof lost zo ongelooflijk goed op dat de stof alles doortrekt.

3. In het vriesvak zet zich op de wanden in de loop van een paar weken een laagje ijs af.

Waar komt dat ijs vandaan?

A Lucht verandert gedeeltelijk in ijs bij lage temperaturen.

B In lucht zit altijd wat waterdamp dat in ijs verandert bij lage temperaturen.

C Soms zitten er kleine waterdruppeltjes in de lucht die bevriezen als ze tegen het koelelement komen.

D Uit de produkten die in het vriesvak liggen trekt het water langzaam uit en bevriest op de zijkanten, in een leeg vriesvak vindt geen ijsafzetting plaats.

4. In een luchtdicht afgesloten fles zit vochtige lucht, waarin dus waterdamp zit.

Hoe kun je zorgen dat de lucht in de fles zo weinig mogelijk waterdamp bevat?

A Door de fles af te koelen (in het vriesvak te zetten).
B Door de fles te verwarmen (in de oven te zetten).
C Koelen en verwarmen hebben geen invloed op de hoeveelheid waterdamp in de lucht.
D Koelen en verwarmen verlagen allebei de hoeveelheid waterdamp in de lucht.

5. Er wordt aangeraden om geen kwik op scholen te gebruiken.

   De reden daarvoor is dat:

   A Bij morsen iemand kwikdruppeltjes binnen kan krijgen.

   B Er kwikdamp kan ontstaan zowel als er kwik op de vloer gemorst is als bij verwarming van het kwik.

   C Er kwikdamp kan ontstaan, uitsluitend bij verwarming van het kwik.

6. Water zet uit wanneer het bevriest.

   Dit komt doordat:

   A De waterdeeltjes zelf en de afstanden tussen de waterdeeltjes groter worden.

   B Alleen de afstanden tussen de waterdeeltjes groter worden.

   C Alleen de waterdeeltjes groter worden.

7. Een leerling beweert dat lucht en aardgas zowel vloeibaar als vast kunnen worden.

   A Dat is niet waar, lucht en aardgas kunnen alleen als gas voorkomen.

   B Dat is niet waar, lucht en aardgas kunnen wel vloeibaar gemaakt worden maar niet vast.

   C Dat is niet waar, aardgas kan wel vloeibaar gemaakt worden, lucht niet.

   D Dat is juist, beide gassen kunnen vloeibaar én vast worden.

8. In een sauna is de luchttemperatuur soms 90°C terwijl je er dan toch 3 minuten in kunt blijven.
   Als je stoom van 100°C tegen je hand krijgt is de huid binnen 2 seconden verbrand.

   De oorzaak daarvoor is:

   A Temperaturen boven de 100°C zijn pas echt gevaarlijk.

   B De lucht in de sauna beweegt nauwelijks, terwijl de stoom langs je hand strijkt.

   C Dat stoom op je hand condenseert en daarbij veel warmte afgeeft.

   D Lucht is veel lichter dan stoom, dus kan minder warmte afgeven.

9. Onder welke omstandigheden ontstaat dauw het best?

   A Als de lucht vochtig is (veel waterdamp bevat) en de grond kouder is dan de lucht erboven.

   B Als de lucht vochtig is (veel waterdamp bevat) en de grond warmer is dan de lucht erboven.

   C Als de lucht droog is (weinig waterdamp bevat) en de grond kouder is dan de lucht erboven.

   D Als de lucht droog is (weinig waterdamp bevat) en de grond warmer is dan de lucht erboven.

10. Een meisje heeft wat restjes kaarsvet gesmolten, en dit gesmolten kaarsvet in een glas gegoten.
    Als zij dit kaarsvet langzaam laat stollen blijkt het kaarsvet minder ruimte in te nemen dan toen het vloeibaar was, zodat er in het midden een kuil ontstaat.

    Als zij nu het gestolde kaarsvet opnieuw vloeibaar gaat maken door het in warm water te zetten zal ze dan evenveel of minder kaarsvet krijgen dan in het begin?

    A Minder, want bij het stollen is er wat verdwenen.

    B Minder, want het kaarsvet is bij het stollen ingekrompen.

    C Evenveel, want het kaarsvet dat bij het stollen verdwijnt, wordt weer gevormd tijdens het smelten.

    D Evenveel, want het kaarsvet dat bij het stollen krimpt, zet bij het smelten weer uit.

11. Als je een blikje met ijsblokjes van 0°C een minuut met een gasbrander verwarmt en daarna even roert wordt de temperatuur weer 0°C.

    Wat is de oorzaak hiervoor?

    A Bij het roeren wordt de warmte weer afgegeven aan de omringende lucht.

    B IJs heeft altijd een temperatuur van 0°C.

    C Er gaat net zoveel warmte in het ijs zitten totdat de temperatuur weer 0°C is.

    D De warmte wordt gebruikt om een gedeelte van het ijs in water om te zetten.

12. "s Winters als het vriest zijn de takken van de bomen soms wit van de rijp.

    Wat is rijp?

    A Waterdamp uit de lucht, dat direct in ijs is overgegaan.

    B Regendruppeltjes uit de lucht, die in ijs zijn overgegaan.

    C Bevroren dauw.

    D IJskristalletjes uit de lucht, die zich aan de takken hebben vastgehecht.

13. Overdag liggen bij een temperatuur iets boven het vriespunt een natte en droge doek buiten.
    Als het 's nachts gaat vriezen welke doek daalt dan het snelst in temperatuur?

    A De natte want het water in deze doek bevriest en maakt de doek extra koud.

    B De droge want door het bevriezen van de natte daalt deze langzamer in temperatuur.

    C Beide even snel, dat hangt uitsluitend af van het aantal graden dat het 's nachts vriest.

14. Een leerling beweert dat ijzer en koper bij verhitting in dampvorm overgaan, net zoals ijs via water in waterdamp kan overgaan.

A Dat is juist, als je deze stoffen maar hoog genoeg verhit, gaan ze wel over in de dampvorm.

B Dat is onjuist, deze stoffen zijn wel vloeibaar te maken, maar kunnen niet verdampen.

C Dat is onjuist, deze stoffen zijn zelfs niet vloeibaar te krijgen.

15. Bij het verdampen van water worden de watermoleculen lichter

A Lijkt mij juist

B Lijkt mij onjuist

16. Bij het verdampen van water veranderen de afstanden tussen de watermoleculen

A Lijkt mij juist

B Lijkt mij onjuist

17. Als waterdamp tegen een ruit condenseert (de ruit beslaat) komt warmte vrij

A Lijkt mij juist

B Lijkt mij onjuist.

18. Kristallen van een bepaalde stof (b.v. suiker) kunnen verschillende vormen hebben, b.v. rechte hoeken of schuine hoeken.

A Lijkt mij juist.
B Lijkt mij onjuist.

19. Bij het ontstaan of "groeien" van een kristal ligt zijn uiteindelijke grootte van het begin af aan al vast.

A Lijkt mij juist

B Lijkt mij onjuist.

20. Bij het ontstaan of "groeien" van een kristal ligt zijn uiteindelijke vorm (b.v. rechte hoeken of scheve hoeken) van het begin af aan al vast.

A Lijkt mij juist

B Lijkt mij onjuist.

21. De moleculen waaruit een zuiver kristal van een bepaalde stof is opgebouwd, zijn alle precies eender.

A Lijkt mij juist.

B. Lijkt mij onjuist.

C. OPEN VRAGEN

Beantwoord deze op de stippellijnen.

1. Als je een emmer met water van $0^{o}C$, dat voor de helft bevroren is, bij de verwarming zet, wordt deze de eerste paar uur niet warmer; een emmer met ijskoud ($0^{o}C$) water zonder ijs wordt in dezelfde tijd wel warm.

Verklaring: _____

_____

_____

2. Als je een druppel spiritus op je hand laat vallen wordt je hand op die plek koud, vooral als je er overheen blaast.

Verklaring: _____

_____

_____

3. In sommige restaurants maken ze hete chocomel door even stoom van $100^{o}C$ door een glas koude chocomel te blazen. Als ze in plaats van stoom lucht van $100^{o}C$ door het glas chocomel blazen duurt het véél langer voordat de chocomel heet is.

Verklaring: _____

_____

_____

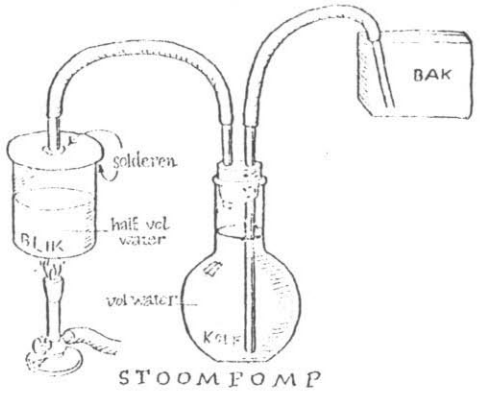
4. Als je een heet bad neemt beslaan de muren van de badkamer wel, als je een lauw bad neemt niet.

Geef hiervoor een verklaring: _____

_____

_____

5. Als de brander onder het blikje in de tekening hiernaast even gebrand heeft is de bak half vol water en de kolf half leeg.
Je haalt dan de gasvlam weg en overgiet het blik met koud water, zodat daarin de stoom condenseert en een lage druk ontstaat.



STOOMPOMP

Wat gaat er gebeuren?

- Met het water in de bak

_____

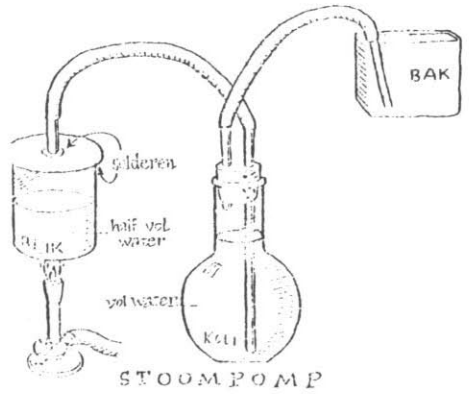
_____

- Met het water in het blik

_____

_____

6. Een nieuwsgierige leerling zet de brander aan, nadat hij de slangen in andere volgorde op de buisjes van de kolf heeft aangesloten.



STOOMPOMP

Wat zal hij zien gebeuren?

_____

_____

_____

_____

_____

- Kan het experiment gevaar opleveren (ontploffing of iets dergelijks?)

Ja/nee, want: _____

_____

_____

_____

7. De nieuwsgierige leerling overgiet het blik met koud water nadat de brander even gebrand heeft, terwijl hij de slangen nog heeft aangesloten zoals in het experiment van vraag 6 is aangegeven.

Wat zal hij zien gebeuren?

- Met het water in de bak _____

_____

_____

- Met het water in het blik _____

_____

_____

8. Als een keteltje water op het gas staat te koken dan verwarmt de gasvlam het water terwijl de temperatuur steeds $100^{o}C$ blijft.

Wat gebeurt er met de warmte die de gasvlam afgeeft?

_____

_____

9. In het vriesvak van een koelkast groeit in de loop van de tijd een laagje ijs op het koelelement.

Waar komt dat ijs vandaan?

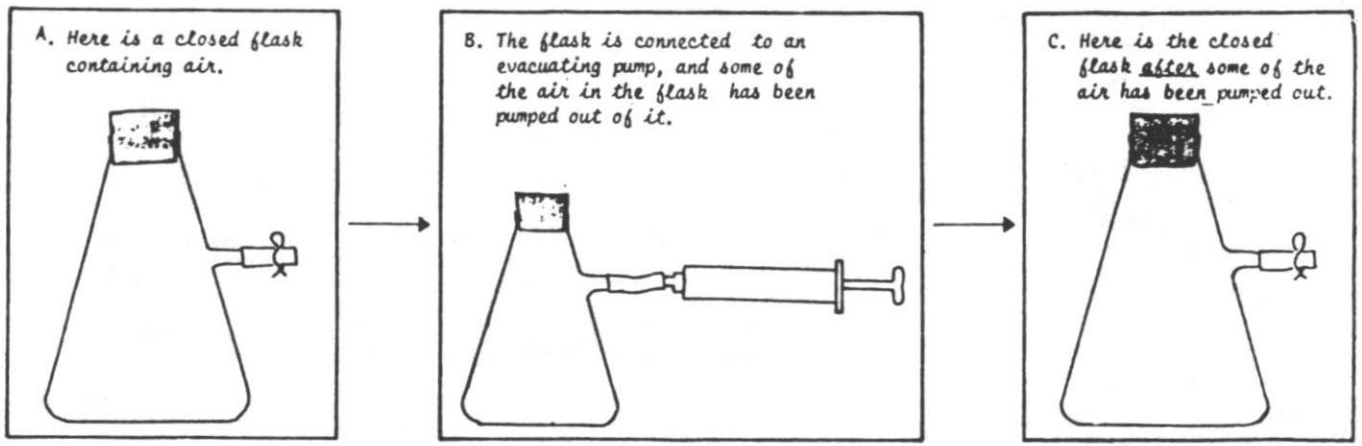
_____

_____

D. EEN "GAS-TEST"

A TEST ABOUT PARTICLES IN A GAS

by J. Nussbaum and S. Novick
Hebrew University, Jerusalem



Read the story in drawings A, B and C above.
As you may know, a gas is often pictured as composed of particles.
In drawings, particles are usually pictured as tiny dots.

TASK NO. 1

Using dots, make a picture of the air in the flask in drawing A (above left), as it was before the pump was connected and used.

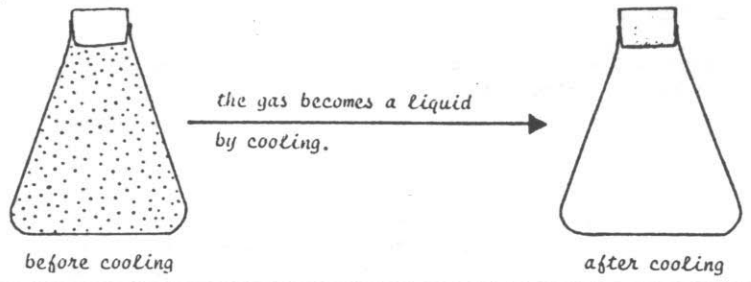
TASK NO. 2

Using dots, make a picture of the air remaining in the flask in drawing C (above right), as it is after some air was removed by using the pump.

after finishing your drawing, TURN to page 5

De test is bedoeld om te meten of leerlingen inzicht hebben in het "gedrag" van de moleculen in een gas onder verschillende omstandigheden.
Enkele vragen uit de test leggen een koppeling met de leerstof uit het thema "Leven in Lucht" (druk van een gas).

H.



A flask containing a gas was cooled until the gas became a liquid.

TASK No. 4

Using dots, make a picture of the liquid formed by cooling, in the right hand flask in drawing H (above).

TASK NO. 5

Explain briefly how the cooling affected the **gas** particles in the flask.

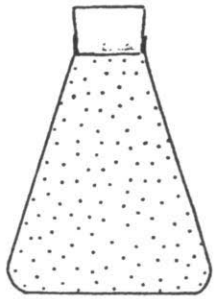
TASK No. 6

Circle the letter for the correct completion of the following sentence:

If we could see the particles of air, as described in drawing I (right), we would find that in the spaces between the air particles there is . . .

a. . . . air
b. . . . pollutant
c. . . . oxygen
d. . . . no material at all
e. . . . vapor

I. *A flask containing air.*



TURN to page 3

. *The air particles in the flask drown in the middle of this page are pictured as dots. The air particles are spread out uniformly in the flask.*

The following questions were asked in a science class:

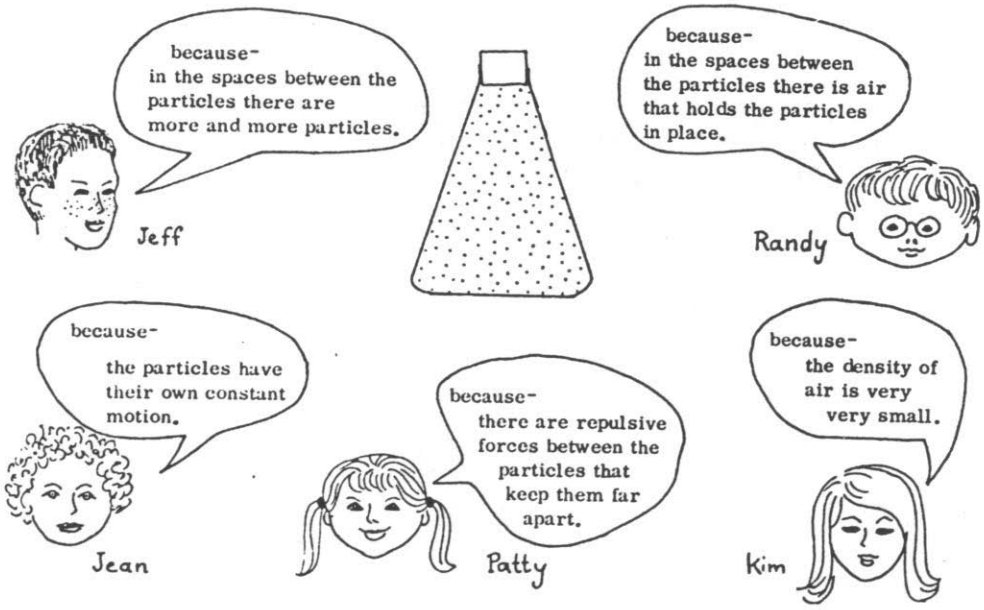
... *why don't all the air particles in the flask fall down on each other and stay at the bottom of the flask ?*

... *why do the particles remain spread out even though there is space between them and they don't have anything to rest on ?*

5 pupils suggested different answers to these questions--

TASK NO. 7

Circle the name of the pupil whose answer you think is best. If you have another better answer, don't circle any names and write your explanation at the bottom of this page.



My own explanation:

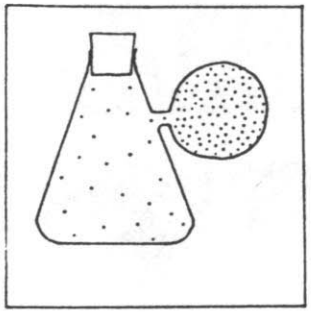
TURN to page 4

A flask containing air was connected to a rubber balloon. Then the air in the flask was heated with a flame and the balloon inflated.

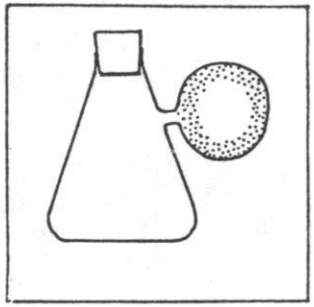
TASK NO. 8

Place an × in the square next to the drawing which you think is the best description of the air after the balloon becomes inflated.

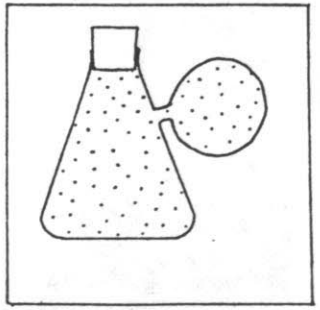
A



B



C



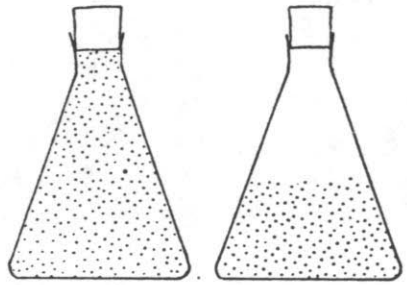
D

TASK NO. 9

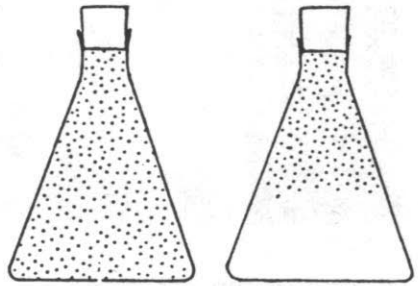
Explain briefly how the heat of the flame affected the air particles in the flask.

Pupils in other schools used dots to drow the air in the flask before and after some of the air was pumped out of it. Drowings D, E, F and G are examples of some of their drowings.

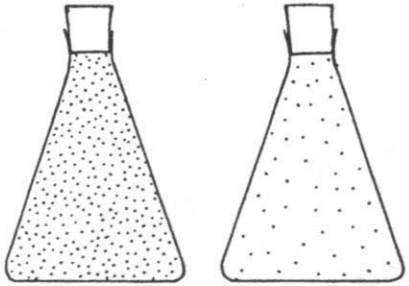
D.



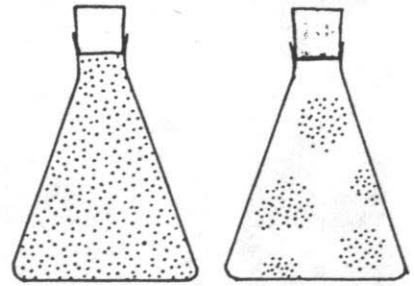
E.



F.



G.

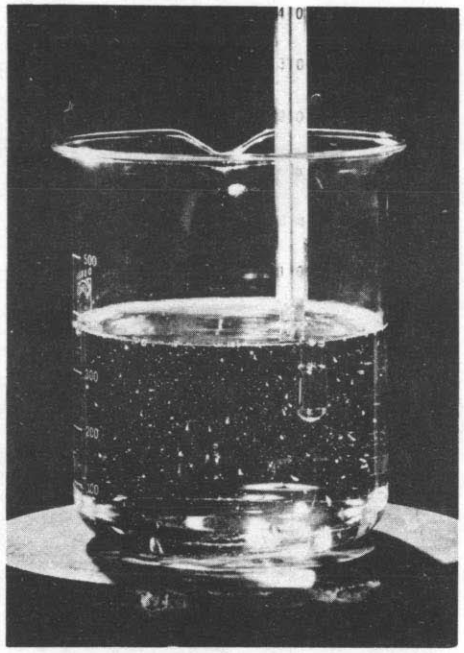
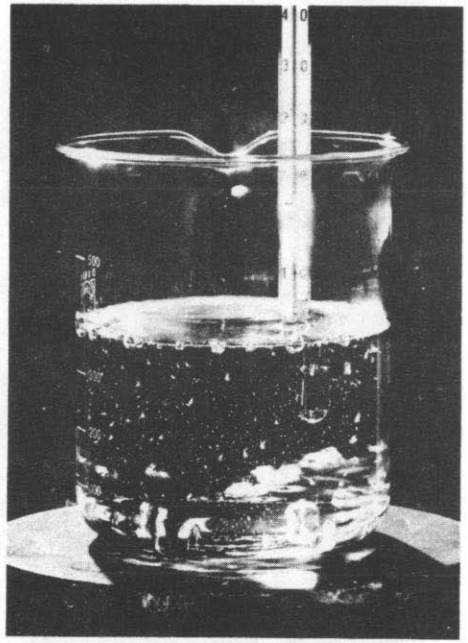
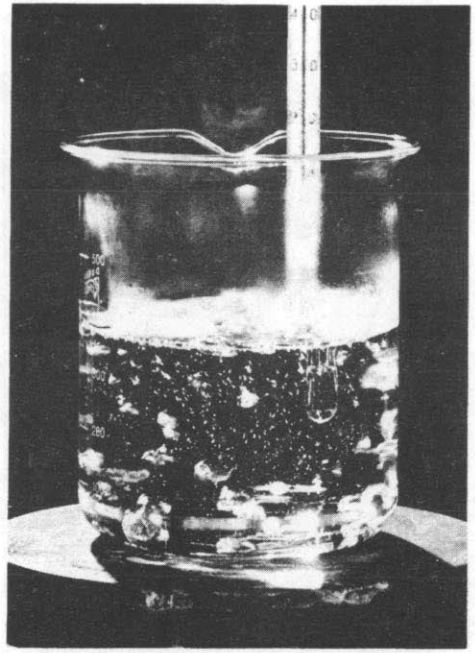
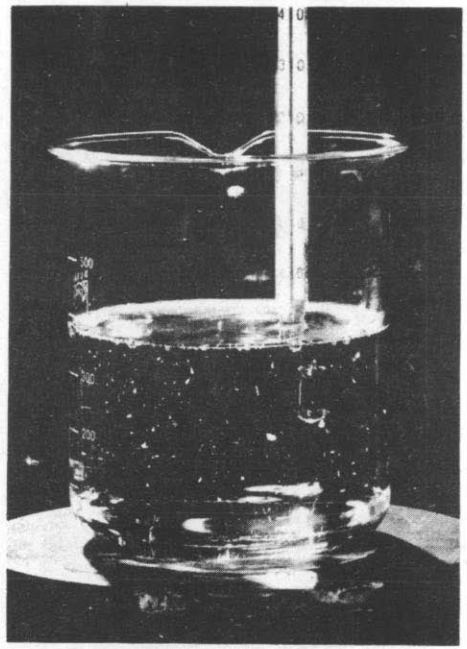
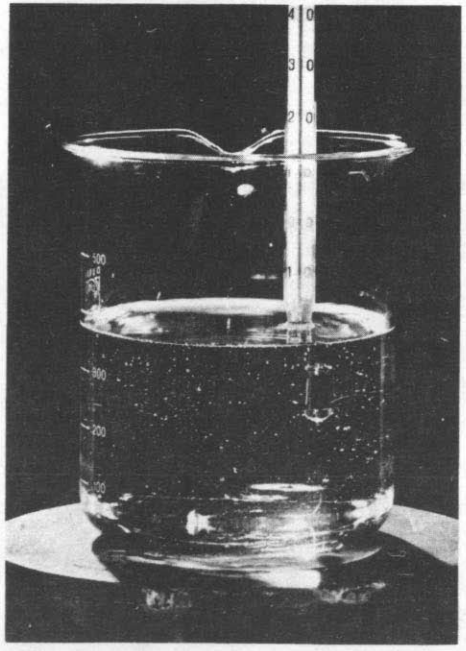
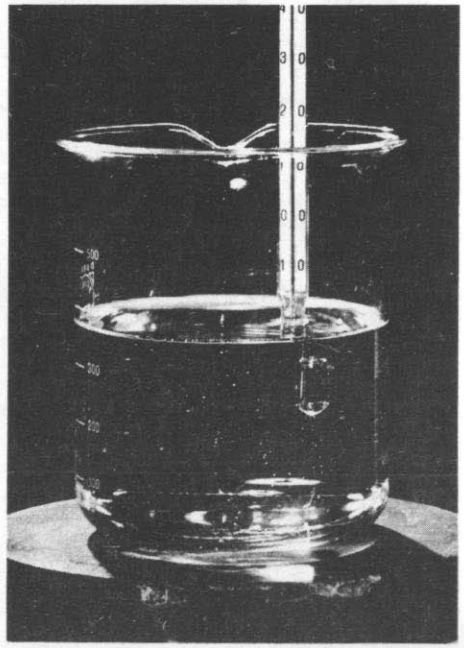
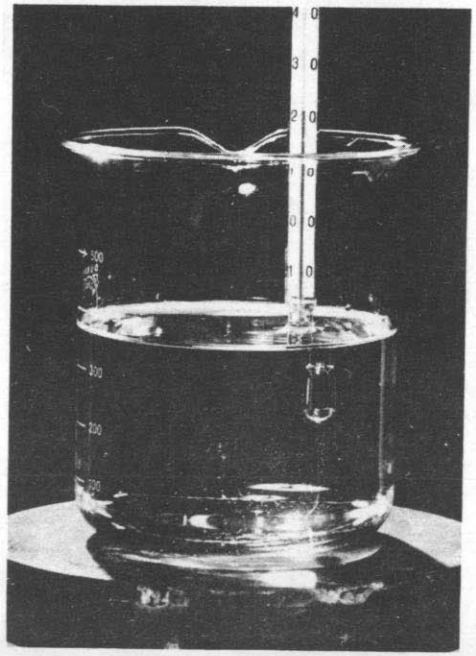
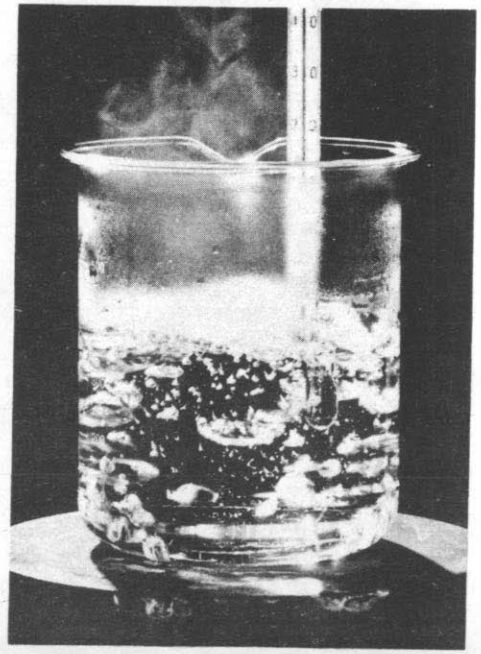


TASK NO. 3

Place an × in the square next to the drawing which you think is the best description of the air in the flask before and after some of the air was removed from the flask.

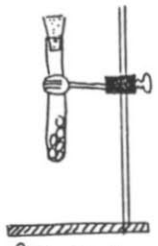
TURN to page 2

FOTOSERIE: "KOKEN VAN WATER"

EXPERIMENT 8

Het Smelten van Butyl-alcohol



figuur 1.

1. Opstelling

(zie figuur 1)

1.1. statief
1.2. reageerbuis
1.3. kurk
1.4. butyl-alcohol - kristallen
1.5. een warmtebron (of je hand)

2. Doel van het experiment

Smelten van butylalcohol.

3 Achtergrondtheorie

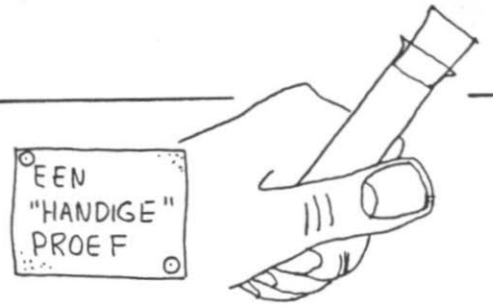
Butylalcohol smelt bij 25°C

4 Waarneming

De stof butylalcohol smelt

5 Conclusie

De stof butylalcohol is gesmolten.



We kregen gisteren een reageerbuisje in de handen gestopt. letterlijk dus! In het buisje zat een heel bijzondere stof, zei meneer. Het hoeien letters schreef hij BUTYLALCOHOL op het bord.

We moesten het buisje stevig in de hand houden en kijken wat er gebeurt. Niet alleen kijken. Je kon ook wat horen. Het was een soort krahen. Ook kon je wat voelen Het voelde koud aan. Toen gebeurde er een hele tijd niks en dat was saai. Maar toen ik stiekem keek, leek het of de butylalcohol nat was geworden Natuurlijk niet echt want er was geen water bij gekomen. Door de warmte van de hand ging de stof dus smelten Is het dan zo'n bijzondere stof? Veel stoffen kunnen smelten. Maar wat er zo bijzonder aan is, is dat de stof smelt bij een temperatuur tussen de 20 en 37 °C!!

Als het buisje weer wordt weggezet groeien de kristalletjes vanzelf weer op en is de proef weer klaar voor de volgende klas. Dat is ook bijzonder.....

TwBr 03-03-82

TWEE MANIEREN OM EEN VERSLAG TE SCHRIJVEN

INHOUD IJS-WATER-STOOM

1. Inleiding 90
2. Voorbereiding 93
3. Benodigdheden per proef en onderzoek 94
4. Materiaal overzicht 118
5. Bijzonderheden 125
6. Waar verkrijgbaar 126

INLEIDING

1. ALGEMEEN

Deze apparatuurgids bevat informatie over de praktikum-materialen die bij het PLON-thema "IJs - Water - Stoom I en II" behoren.

Omdat een school, die voor het "eerst" met IJs, Water, Stoom 1 en 2 aan de gang gaat, nogal wat kosten en moeite in het verzamelen van de benodigde materialen moet steken, zeker als het een MAVO zonder technische assistentie betreft, hebben wij in deze apparatuurgids zogenaamde "basisproeven" aangegeven.
Dat is gebeurd met een "B" in de kantlijn. De basisproeven zijn zo uitgekozen dat deze overeenstemmen met het lessenplan in de AVOL. Daardoor is het mogelijk "IJs-Water-Stoom" met de klas te doen met behoud van de meest essentiele kenmerken, ook al beperkt u zich daarbij tot de basisproeven. Natuurlijk mist u ook veel en is het raadzaam, als u voor alleen de basisproeven kiest, er alvast rekening mee te houden dat u het volgende jaar enkele niet-basisproeven kunt meenemen.

U kunt meer materiaal nodig blijken te hebben dan in deze apparatuurgids staat aangegeven. Want uw leerlingen kunnen werkvragen of opdrachten willen uitzoeken waarvoor andere materialen nodig zijn. Geef zo mogelijk inzicht in de eventuele materialen die de leerlingen ook nog mogen gebruiken. Dat zal het stellen van "goed uitvoerbare" werkvragen bij de opdrachten stimuleren.
Basisproeven staan alleen als zodanig aangegeven. De leraar is natuurlijk vrij om naar eigen inzicht hierin veranderingen aan te geven.
Beslis welke proeven die in de gids staan aangegeven u wilt doen en wilt laten uitvoeren en welke werkvorm u hiervoor kiest.
Bekijk of u hiervoor benodigde apparatuur in huis hebt. Denk ook aan het eventueel in fasen aanschaffen van het nog ontbrekende benodigde apparatuur.

2. VOORBEREIDINGEN

In het hoofdstuk "voorbereiding" staan de onderzoeken die extra aandacht vragen.

3. BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Dit overzicht bestaat uit twee kolommen. De linker kolom bevat aanwijzingen voor de proeven. In de rechter kolom staan de benodigde materialen en apparatuur.
Iedere proef wordt apart weergegeven. Voor de proef staat een verwijsnummer (...).
Het verwijsnummer is van belang voor de overzichtslijsten. Daarmee wordt het materiaal teruggekoppeld naar de proeven, zodat onmiddelijk vastgesteld kan worden hoe vaak en waar het materiaal in de diverse proeven gebruikt wordt.

In de linker kolom wordt tevens aangegeven:
- de plaats van de proef in het themaboek, bladzijde- of proefnummer.
- korte samenvatting van leerdoelen en leerlingaktiviteiten in relatie met de aard van de benodigdheden die in de rechter kolom staan.
- foto's en/of tekeningen indien deze ter verduidelijking nodig zijn.

In de rechter kolom staan per proef de benodigdheden.
Indien nodig wordt door het !-teken de leraar opmerkzaam gemaakt voor proefjes die extra aandacht en voorbereiding vragen.
Aanwijzingen die van speciaal belang zijn worden in de betreffende kolommen omkaderd: in de linker kolom in het belang van de les; in de rechter kolom met de betrekking tot de proef.
Tussen de regels staan vaak kleine tips en alternatieven vermeld.
Bouwtekeningen en foto's waarin staat hoe men zelf diverse apparaten kan bouwen en samenstellen staan tussen de teksten in.

4. MATERIAAL-OVERZICHT TEN BEHOEVE VAN AANSCHAF, ORGANISATIE EN BERGING

Deze lijst is onderverdeeld in 7 rubrieken:
- specifieke apparatuur
- meten en wegen
- audiovisuele media
- algemene hulpmiddelen (zoals statiefmateriaal e.d.)
- gereedschappen e.d.
- chemicaliën e.d.
- verbruiksmateriaal, zoals papier e.d., lijm, potjes, blikken, waarmee leerlingen zelf apparaten kunnen maken.

De aantallen die in het materiaaloverzicht vermeld staan zijn gebaseerd op het materiaal dat nodig is voor de lessenserie van één klas.
Verondersteld is daarbij dat:
- In de orientatieperiode een aantal (B)asispraktikum opdrachten door alle leerlingen worden gedaan in de vorm van bijvoorbeeld een wat meer klassikaal praktikum met meerdere proefopstellingen indien er genoeg apparatuur aanwezig is.
  Leerlingen maken een schaalverdeling van een thermometer en oefenen in het aflezen daarvan. Ze maken kennis met een aantal faseovergangen en bekijken de verschijnselen die daarbij optreden e.d.
- In de leerstofperiode een aantal cirkelpraktikumproefjes waarbij niet alle leerlingen alle proeven doen.
  De leraar kan natuurlijk ter afwisseling de leerstof klassikaal uitleggen en hierbij demonstreren.
- Bij het keuzeonderzoeksblok voeren leerlingen zelf gekozen onderzoekjes uit voortbouwend op ervaringen met werk en onderzoeksvragen stellen uit vorige thema's.

De kolom basis geeft de absolute minimum aantallen van de basisproeven voor een redelijk gevulde klas (± 20 leerlingen). In de kolom extra vindt u mogelijke uitbreidingen zowel met betrekking tot de niet-basis-proeven als tot het aantal opgestelde basisproeven.
Er is ook een kolom voor geschatte kostprijzen voor eventuele begrotingen en een kolom diversen of alternatieven met ruimte voor aantekeningen voor bijvoorbeeld adressen, eigen alternatieven e.d.
Deze lijst kan tevens dienen voor gefaseerde aanschaf en voor het opbergen.

5. BIJZONDERHEDENLIJST

Hierin staan extra opmerkingen, zoals verwijzingen naar adressen, codenummers van artikelen van instrumentenfirma's e.d. en aanschaf.

VOORBEREIDINGEN

Onderzoeken die extra voorbereidingen kunnen vragen bij basisonderzoek 1 blz. 9 t/m 12.
Proef 1.1
Proef 1.2. De oplossing van Celsius

Capillaire buis met bolletje vullen met een vloeistof, bijv. xyleen door methyloranje gekleurd of die door onderwijsfirma's wordt geleverd.

- Capillaire buis (b.v. Breukhoven 27960)
- Thermometervloeistof.
- Injectiespuit.
- Capillaire buis, zeer dun, is zelf te maken, uit een gloeiend glasbuisje te trekken.

Snelle methode echter moeilijk.
Zoek een lange dunne holle naald of capillaire buis, die tot in het bolletje reikt en spuit dan de thermometer langzaam vol met vloeistof.

De langzame methode
Indien niet over een lange uiterst dunne capillair beschikt kan worden maar wel een injectiespuit met lange dunne naald beschikbaar is.

- Bekerglas, ca 1 liter met kokend water.
- Bekerglas, ca 1 liter met ijs gekoeld water.
- Injectiespuit.
- Thermometer vloeistof b.v. xyleen door methyl oranje gekleurd.

- veel ijs in voorraad.

+ Zet de thermometer of meerdere meters -men kan meerdere tegelijk doen- in een groot met kokend water gevuld bekerglas.
+ Vul met de volle injectiespuit het bovenste bolletje, ga zover mogelijk in het smalle gedeelte (capillair).
+ Haal de thermometer uit het kokende water en koel deze af in stromend water en zet hem in het bekerglas, gevuld met ijswater. De vloeistof stroomt vanuit het bovenste in het onderste bolletje, waardoor deze voor het grootste gedeelte gevuld is.
+ Zet de thermometer weer in het kokende water, waardoor de nog aanwezige lucht uitzet en via het bovenste bolletje verdwijnt.
+ Houdt de thermometer wel rechtop.
+ Koel deze weer af en zet hem in het ijswater. Wanneer de onderste bol gevuld is en de vloeistof enkele centimeters boven de bol staat, is deze geschikt voor de experimenten.

Goed alternatief is een gesloten thermometer met beschrijfbaar kunststof plaatje zonder schaalverdeling bijv. Breukhoven 27962.

(X) - Voor onderzoek 3 blz. 19 t/m 32 uit Deel I

Zorg dat er ijsblokjes in voorraad zijn.

(X) - Voor onderzoek 4 blz. 23 t/m 25 uit deel I

Reageerbuisje met een beetje water (ca 2 cm^3) en een thermometer invriezen (één per groep).

Bovenaan de thermometer een doorboorde stop (kurk) of wat plasticine.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer | beschijving | benodigdheden

Orientatieperiode — als klasseaktiviteit kunt u hier kiezen voor de instruktie diagrammen maken indien u dit hier al nodig vindt. Diagram maken is pas bij basisonderzoek 3 nodig.

Basisonderzoek 1 blz. 9 t/m 12

Opdracht 1.1

De werking beschrijven

- gaat over de eigen gemaakte thermometer uit het onderzoek "warm en koud" uit "Een eerste verkenning in de natuurkunde".

B(1) Proef* 1.1, blz. 9

De thermometer onder water houden. Middelste rubberen ringetje plaatsen bij de nu verkregen stand.

! - thermometer zonder schaalverdeling
- drie rubberen ringetjes of merkstift

Opdracht 1.2, blz. 9

Schaalverdeling maken.

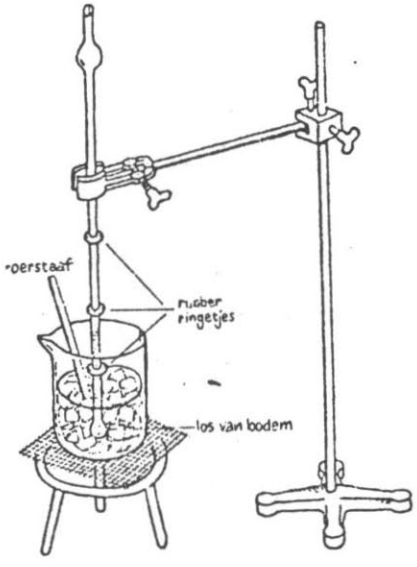
- strook papier waarop een verdeling gemaakt is
- evt. merkstift (waterbestendig)

B(2) Proef* 1.2, blz. 11

De oplossing van Celcius

Maak je eigen thermometer en calibreer hem.

Van de vloeistofthermometer nagaan hoe hij werkt.



- Niet druk maken om de nauwkeurigheid. Laat daarom een schaalverdeling met stukken van 10°C maken.

! • Thermometer zonder schaalverdeling bijv.

- Capillaire buis met bolletje en daarin een gekleurde vloeistof.
- Statiefmateriaal
- Bekerglas 250 cm^3
- Bunsenbrander met driepoot en gaasje.
- IJsblokjes of stukjes.
- Roerstaafje.
- Drie rubberen ringetjes die om de thermometer passen.

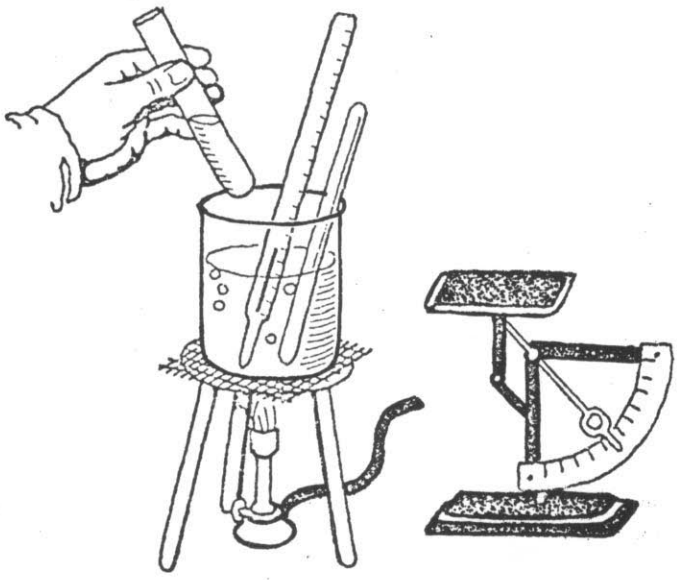
- Gebruik kleine stukjes ijs door met een hamer het ijs dat in een doek is gewikkeld stuk te slaan.
- Zorg dat de rubberringetjes net onder het vloeistofniveau zitten.

  Bij het begin van de proef het middelste ringetje het eerst gebruiken.
- Roer tijdens het smelten van het ijs het mengsel en zorg er voor dat het ijs goed om de thermometer verdeeld is.
- Een stuk papier op de thermometer vastgezet en daarop de schaalverdeling ingetekend kan later in het verslag geplakt worden.

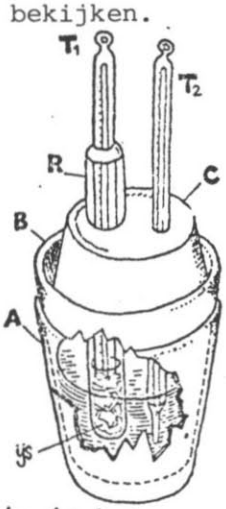
BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	Opdracht 1.3, blz. 12 Kijken naar de verschillen en overeenkomsten.	* alle thermometers uit de klas verzamelen en in een bak water zetten. - bak
	Basisonderzoek 2, blz. 13 t/m 17 aflezen van thermometers.	
	Opdracht 2.1, blz. 14 Het leren aflezen van een thermometer.	• getekende schalen uit het boek • aangeven en opschrijven de stand van iedere thermometer.
	Opdracht 2.2, blz. 15 Invuloefening * Deel hiervoor liever losse vellen (Kopieën) uit. Hiermee wordt beschadiging van het boek voorkomen. * Handig is het ook om de leerlingen op transparent papier te laten schrijven.	• getekende schalen uit het boek. • met potlood invullen de standen die opgegeven zijn.
B(3)	Proef 2.1, blz. 17 Iets over de nauwkeurigheid en onnauwkeurigheid van de thermometers laten ervaren.	- drie of meer thermometers - bekerglas met warm water
	Basisonderzoek 3, blz. 19 t/m 22 Drie toestanden van water.	
B(4)	Proef 3.1, blz. 19 Eigenschappen van ijs. Eigenschappen van ijs bekijken eventueel. Uitzetting bij bevriezen aantonen.	!- ijsblokjes - bekerglas 250 cm^3 - vloeipapier - jampotje met draaideksel - hamer - doek
	Opdracht 3.1, blz. 19	* kort verslag van proef 3.1

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

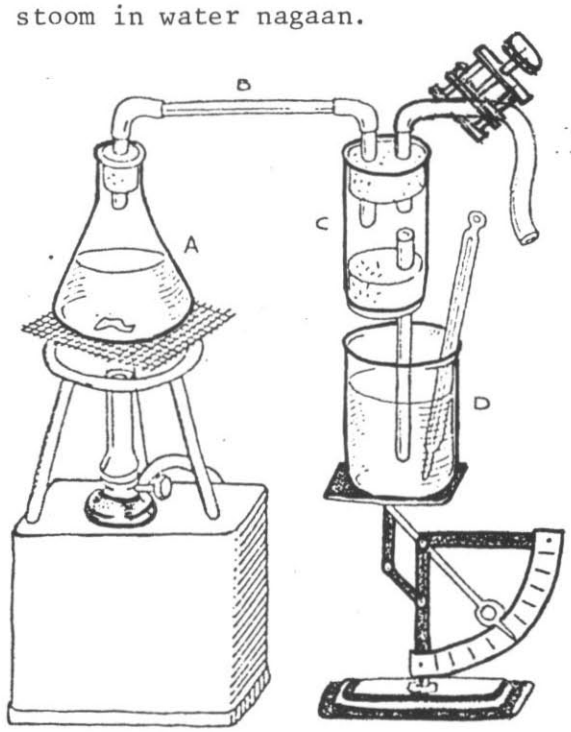
verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
B(5)	Proef 3.2, blz. 19 Smelten van ijs. Smelten van ijs gedetailleerder bekijken. Het water moet tussen de 35° en 40 °C zijn. Zorg dat de leerling deze proef goed voorbereid begint en dat een goede taakverdeling in de leerlingengroep gemaakt is. Als het ijs nog niet helemaal gesmolten is, stijgt toch de temperatuur. Stem je verwachtingen dus niet te hoog.	! - ijsblokjes - bekerglas 250 cm^3 - thermometer met lange insteek - roerstaafje - stopwatch of horloge met sekondewijzer - bekerglas 500 cm^3 - hamer - doek - warm water - gasbrander - driepoot - gaasje
	Opdracht 3.2, blz. 20	* Kort verslag van proef 3.2. * Diagram van de temperatuur tegen de tijd, zie instruktie diagrammen maken.
B(6)	Proef 3.3, blz. 20 Verdampen van water. Verdamping van water nader bekijken 	- bekerglas 250 cm^3 - brievenweger of balans 0-1 kg. - bunsenbrander met driepoot en gaasje - thermometer met lange insteek - roerstaafje - stopwatch of horloge met secondewijzer - reageerbuisje Het reageerbuisje met koud water is alleen om te laten zien hoe waterdamp condenseert op een koud plekje. Het wegen kan op verschillende manieren gebeuren. . Voorkom dat de thermometer op de bodem van het bekerglas slaat.
	Opdracht 3.3, blz. 21	* Kort verslag van proef 3.3 waarin alle vragen zijn beantwoord.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
B(7)	Proef 3.4, blz. 21 Kondensatie van waterdamp. Het verschijnsel kondensatie nader bekijken met behulp van stoom.	- erlenmeijer - slang van ± 50 cm met aan het eind een glazen buisje - bekerglas 250 cm^3 - bunsenbrander met driepoot en gaasje - statiefmateriaal - thermometer - brievenweger of balans 0-1 kg - horloge of stopwatch - roerstaafje
		Haal onmiddelijk nadat je de vlam van de brander uitdoet de slang met het pijpje uit het gaasje, dit voorkomt het terugstromen van het water naar de erlenmeijer.
	Laat de leerlingen vooral letten op de belletjes die uit de slang komen, want dat zien zij meestal niet.	Pas op met oververhitte stoom en zet de erlenmeijer goed vast. Er kondenseert natuurlijk water in de slang, maar daar hoef je hier geen aandacht aan te besteden.
	Opdracht 3.4, blz. 22	* Kort verslag van proef 3.4.
	Keuzeonderzoek 4, blz. 23 t/m 25 IJs en water.	
B(8)	Proef 4.1, blz. 23 Smelten van ijs nader bekijken. Uitvoering 1 • Deze proef gaat het beste met thermometers met lange insteek (destillatie). • Organiseer het zo dat de leerlingen eerst goed kunnen droog zwemmen.	! - ijsblokjes - reageerbuisje (R) - polysterene soepbekers (A), (B) en (C) halve - twee thermometers met lange insteek (T1) en (T2) - stopwatch of horloge met sekondewijzer * In de reageerbuis ca. 3 cm hoge ijsschilvers, ca. 2 cm^3 water*. In de dubbele soepbekers ca. 50 cm^3 water. * Handig is het om een rekje met reageerbuisjes met de ijsstukjes (kruim) ca. 2,5 cm hoog waarin de thermometer is geplaatst in het vriesvak van een koelkast te zetten. * Verpak het rekje in een lap of krant en bewaar het zo tot het ogenblik van de proef.
		
	Het opwarmen van het ijs in het reageerbuisje gaat erg snel; zorg dus dat het water dat je gebruikt gekoeld is.	

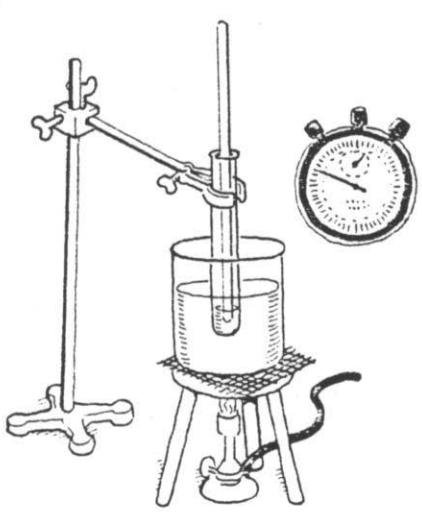
BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
	Uit ervaring blijkt dat temperaturen onder 0 bijna niet gemeten worden. Het aflezen van de thermometer in het reageerbuisje kan moeilijk zijn, doordat aan de binnenkant condensvorming optreedt, hier is weinig aan te doen. Zorg ook hier binnen de 11'n-groep voor een goede taakverdeling.	
	Uitvoering 2. zie AVOL blz.	- grote kultuurbuis (biologie) of dikke grote reageerbuis met 40 cm^3 ijs - bekerglas (isoleren) met 300 cm^3 water rest zie boven
	Opdracht 4.1, blz. 25 Diagrammen van t1 en t2 maken.	- millimeterpapier
	Keuzeonderzoek 5, blz. 27 t/m 29 Stoom wordt water.	
B(9)	Proef 5.1, blz. 27 Het effect van condenseren van stoom in water nagaan.	- brievenweger of balans - erlenmeijer 250 cm^3 - bunsenbrander met driepoot en gaasje - statiefmateriaal - thermometer ! - cylinder met twee kurken met drie glazen buisjes erin (waterzak, zie tek.) - slangklem - rubberslang - bekerglas 250 cm^3 - stopwatch of horloge met secondewijzer

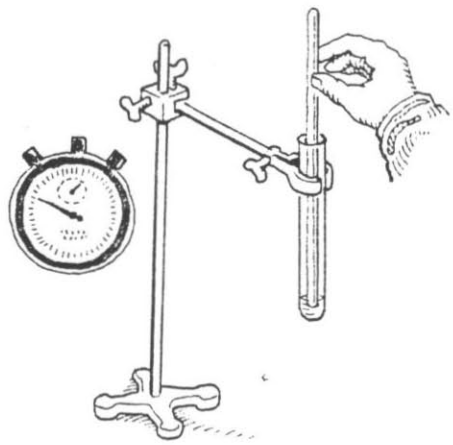


Zorg dat de gecondenseerde stoom in de waterzak blijft door het afvoerbuisje voldoende hoog te maken.
Wanneer je geen brievenweger hebt, kun je ook om de 5 °C kraan E opendraaien en de beker op een balans wegen; dan daalt de temperatuur natuurlijk wel intussen.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	Het tempo van de temperatuur-stijging ligt erg hoog; gebruik dus een flink bekerglas, maar houdt daarbij wel rekening met het bereik van je brieven-weger.	
	Opdracht 5.1, blz. 29 Diagrammen maken	- millimeterpapier
	Keuzeonderzoek 6, blz. 31 en 32 Smelt en stoldiagrammen.	
B(10)	Proef 6.1, blz. 31 Smelten. Het smeltproces van verschillende wassoorten nader bekijken. Als het smelten langzaam gebeurt is de kans op een mooie grafiek groter. 	- vaste paraffine (eerst snipperen!) - een stearinekaars (wit) - kaarsenwas in poedervorm - reageerbuisjes - roerstaafje - bunsenbrander met driepoot en gaasje - stopwatch of horloge met sekondewijzer - statiefmateriaal - staaf met voet - dubbelklem - reageerbuisklem of houder - bekerglas 250 cm^3 - thermometers, 3 stuks Het aflezen van de thermometer kan gehinderd worden door de plaats van de statiefklem; zorg er daarom voor dat van 50° naar 70 °C goed afleesbaar is.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	Opdracht 6.1, blz. 32 In een diagram uitzetten van de temperatuur van de gesmolten stoffen tegen de tijd.	- millimeter papier (evt.)
B(11)	Proef 6.2, blz. 32 Stollen Reageerbuizen met de stoffen in een pan met heet water. Dit is veiliger en voorkomt verontreiniging van de stoffen door oververhitting.	materiaal gelijk aan hierboven (proef 6.1) - pan met heet water Bewaar het reageerbuisje met de gestolde was en doe er een briefje bij waarop staat welk soort het is.
		
	Opdracht 6.2, blz. 32 In een diagram uitzetten de temperatuurverloop tegen de tijd. Resultaten vergelijken met 6.1. Verslag. Instruktie diagram maken, blz. 32 t/m 36.	- kleurpotloden (gebruik verschillende kleuren) - millimeterpapier
	Na de basisopdrachten, rapportage en samenvatting kunt u eventueel een keuze maken uit: * keuzeonderzoeken in IJs, Water, Stoom II * films * demonstratieproeven	* koken en waarnemen * het dansende bekerglas

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden

EXTRA DEMONSTRATIEPROEVEN (eventueel)

1 Koudmakend mengsel.

(12) Zout in ijs

Met stukgeslagen ijs en toevoegen van zout is (theoretisch) een temperatuur te bereiken van $-21^{o}C$. Er zitten twee aspecten aan:

1. water blijft blijkbaar vloeibaar beneden de $0^{o}C$ als er zout in zit. Relatie met strooien 's winters !
2. ijs/water koelt af als er zout in gedaan wordt. De oplossing van zout in de ijsmassa is blijkbaar "endotherm" Niet proberen te verklaren (voorlopig). Achtergrondinformatie hierbij staat aan het slot van deze bijlage.

benodigdheden:
- ijsblokjes
- zout

2 Kookpuntverhogend.

(13) Zout in kokend water

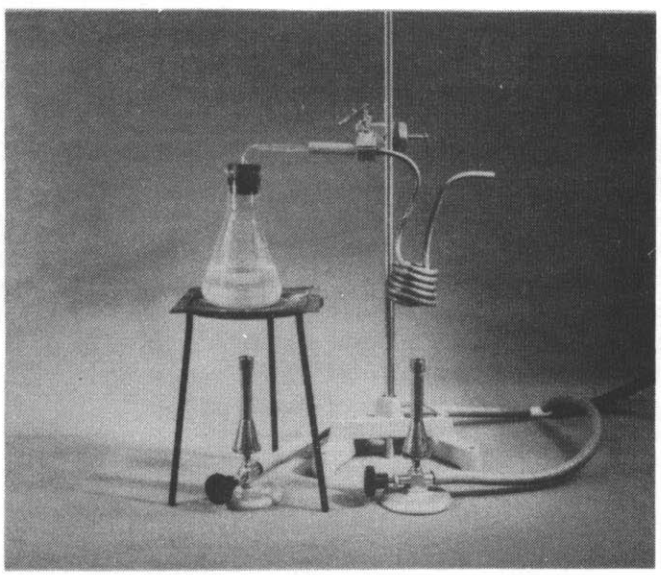
Temperatuur van water stijgt boven $100^{o}C$ als er zout in zit opgelost.Hierbij is het nuttig nogeens de vraag "wat is koken eigenlijk?" in de klas te gooien.

benodigdheden:
- zout

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
	3 Hogedrukpan.	
	Papiniaanse pot	
14	Temperatuur boven 100°C én hoge druk in afgesloten ruimte. Toepassing snelkookpan.	- Papiniaanse pot of hogedrukpan - met manometer
	4 Proef van Franklin.	
15	Neem een rondbodemkolf en vul die voor 1/3 met water. Breng het water aan de kook. Sluit dan de kolf af met een rubberstop. Draai de kolf om en bevestig hem aan een statief. Zet het geheel in een lekbak. Begiet dan de kolf met koud water. Dan gaat het water ook koken bij lagere temperatuur. Verklaring m.b.v. dampspanningstabel van water.	- rondbodemkolf ca 1 liter met lange hals - statiefmateriaal - gasbrander - driepoot - gaasje - bak (plastic opvangbak)
	NB VEILIGHEID!! . Neem in ieder geval een kolf met echt ronde bodem. Anders is de kans op een implosie van de kolf te groot. . Gebruik de proef alleen als demonstratieproef en voer hem uit achter gaas of perspexplaat.	
	5 Water bevriezen door het te koken	
16	Plaats een horlogeglas met water onder de vacuümklok. Zet er bij een goede droogmaker (silicagel of een bakje met zeer geconcentreerd zwavelzuur NB VEILIGHEID!) Nog beter is een droogtoren te gebruiken, door deze tussen de tafel en de pomp te plaatsen. Sluit dan de vacuümpomp aan en zie wat er gebeurt: het water gaat koken bij kamertemperatuur. Als je lang genoeg doorpompt blijkt het plotseling (met de bellen er nog in!) te bevriezen.	- vacuümapparaat - vacuümklok - horlogeglas - droogtoren of gaswasfles (bol)

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
	Verklaring m.b.v. dampspannings-tabel van water. Opmerking. Dit gaat alleen goed met een echt goede vacuümpomp (een waterstraalpomp is totaal onvoldoende). De droogmaker is écht nodig anders komt de water-damp in de vacuümpomp (roest!).	
	6 Oververhitte stoom	
(17)	Maak nevenstaande opstelling (de spiraal is een koperen pijp).	- erlenmeijer 250 cm^3 - 2 branders - driepoot - gaasje - statief dubbelklem - universeelklem Δ- koperen spiraal dompelaar - glasplaat



Neem een erlenmeijer voor 1/3 gevuld met water en breng het water aan de kook. Houd een lucifer in de stoomstraal die uit de spiraal komt. Steek nu de twee branders (onder de spiraal)aan. Gebruik een hete vlam. De stoomstraal verdwijnt dan. Hou nu opnieuw een lucifer voor de opening van de spiraal. Nu zal de lucifer wel ontbranden door de ontzettend hete waterdamp.

Hou een koude glasplaat op 10 cm. afstand van de uitstroom-opening. Dan zie je toch weer condens! De waterdamp was dus toch nog echt aanwezig!

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden

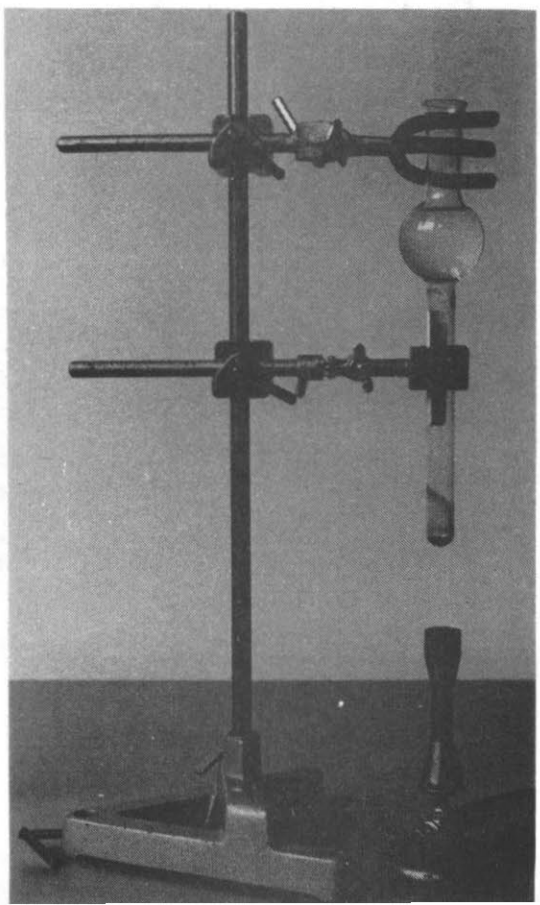
Achtergrond-informatie.

Koudmakend mengsel

Zuiver water en zuiver ijs zijn in evenwicht bij een temperatuur van 0°C. Als je zuiver water gooit in een bakje met ijs dan koelt het water af tot het vriespunt. De warmte die aan het water wordt onttrokken doet een gedeelte van het ijs smelten.
Zout water en zuiver ijs zijn in evenwicht bij een temperatuur beneden 0°C (zout ijs komt niet voor bij temperaturen boven -21°C), zout werkt vriespuntverlagend. Hoe meer zout, des te lager het vriespunt totdat bij een zoutgehalte van 22% of meer het vriespunt op -21°C is gekomen. Je kunt nu hetzelfde verhaal houden als bij zuiver water en zuiver ijs. Dus: als je zout water gooit in een bakje met blokjes ijs, dan koelt het geheel af tot de temperatuur waarbij evenwicht heerst, d.w.z. tot het (verlaagde) vriespunt. De warmte die aan het geheel wordt onttrokken doet een gedeelte van het ijs smelten.
Omdat ijs in een klaslokaal altijd vochtig is, is het bijschenken van water niet nodig. Veel water (ook smeltwater) maakt de concentratie lager en dus de vriespuntsverlaging kleiner en het mengsel minder effectief. Het officiële recept voor het koudmakend mengsel is: 33 delen keukenzout op 100 delen ijs waarbij de temperatuur minimaal -21°C wordt. Minder preciese recepten (gewoon wat ijs en flink wat keukenzout) werken echter ook prima.

BENODIGHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

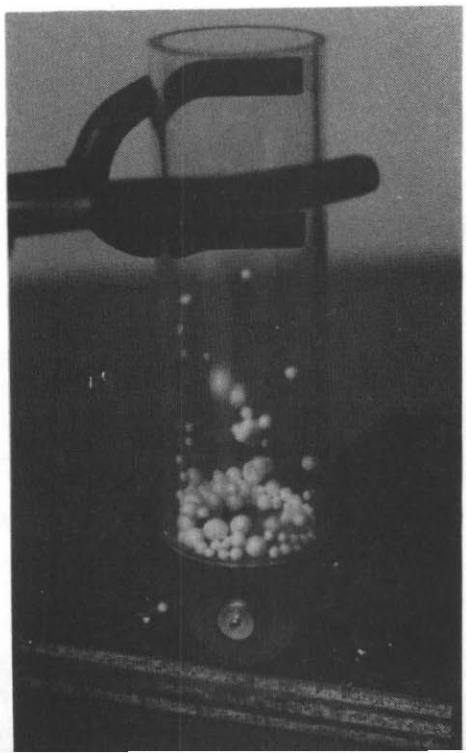
verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	Basishoofdstuk Moleculen	
	1. Vast, vloeibaar, gas	
	Opdracht 1, blz. 1 Eigenschappen van vaste stoffen, vloeistoffen en fassen bedenken	
	Opdracht 2, blz. 2 Nagaan waar de smelt- en kookpunten van vaste, vloeibare en gasvormige stoffen liggen	
	Opdracht 3, blz. 2 Bedenken hoe het komt dat we van dezelfde stoffen verschillende eigenschappen kennen	
(18)	Proef 1, blz. 2 Verhitten van jodiumkristallen Vermverandering	- jodiumkristallen in reageerbuisje - rondbodemkolf met water - statiefmateriaal - bunsenbrander

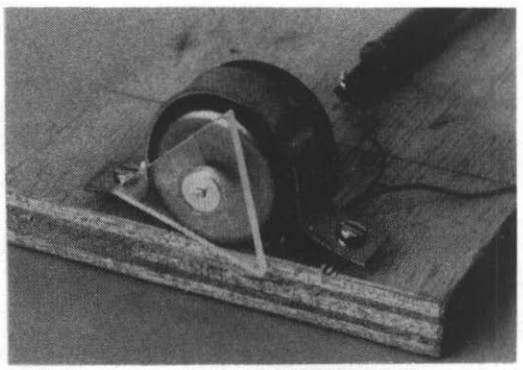


i.v.m. eventueel vrijkomen van schadelijke damp dient de proef in de zuurkast te worden uitgevoerd.

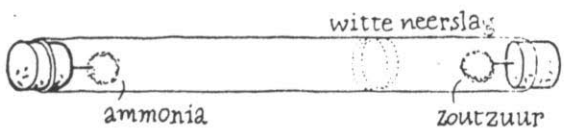
BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
	Proef 2, blz. 3 kan evt. als huiswerkproef Zien hoe gas (waterdamp) is overgegaan in een vaste stof (rijp in het vriesvak van de koelkast).	- koelkast, vriesvak
	Opdracht 4, blz. 3 Schematische voorstelling der fase-overgangen bekijken en overnemen	
	2. Moleculen	
(20)	Proef 3, blz. 4 Brown beweging Het bekijken van de Brownse beweging bij moleculen. Voor 11. een moeilijke proef.	- microscoop - object-en dekglaasje - kleine hoeveelheid sterk verdunde melk-oplossing
(21)	Proef 4, blz. 4 De Brownse beweging van moleculen bekijken met behulp van een model	- een groot aantal kleine kraaltjes en enkele grote kraaltjes of plastic bolletjes - perspex buis 40 mm Ø en ± 150 mm lang afgedekt aan één kant met - dun messing bladfolie of iets dergelijks ! - motortje met pulley met daarop vast-geplakt - een gelijkzijdige driehoek van perspex 40 x 40 x 40 mm - statiefmateriaal





BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
22 b	Proef 5, blz. 5 Deze proef duurt ca. 2 dagen. Kijken hoe diffusie in vloeistoffen tot stand komt	- kopersulfaat kristallen - bekerglas 250 cm^3 Voorkeur gaat uit naar een geconcentreerde kopersulfaat-oplossing waarop voorzichtig met behulp van een spuitfles een waterlaag wordt aangebracht
23 b	Proef 6, blz. 5 demonstratiefproef Het bekijken van diffusie van ammonia- en zoutzuurdamp moleculen  	- zoutzuur (kleine hoeveelheid) - ammonia (kleine hoeveelheid) - lang dun glazen buisje (b.v. 18 Ø 300 mm lang) met daarop - twee passende kurken doorboord met ieder een speld of stukje ijzerdraad - watten - statiefmateriaal
24 b	Proef 7, blz. 5 Voelen hoe goed moleculen elkaar kunnen aantrekken	- stuk ijzerdraad
25 b	Proef 8a, blz. 6 Zien hoe een stof vloeibaar wordt en weer vast Butyl-alcohol is giftig, zeer brandbaar en explosief! De kurk op het reageerbuisje laten. Kleine hoeveelheden gebruiken.	! - reageerbuisje (kleine hoeveelheid) met - butyl-alcohol $(CH_3)_3COH$ - kurk voor op reageerbuis Na afloop van de proef het buisje met butyl-alkohol in een donkere en koele ruimte bewaren (koelkast). Alternatief voor het giftige butyl-alcohol is anisol (voornamelijk bestanddeel: anijsolie) bruikbaar (smeltpunt 18 °C)
26 b	Proef 8b, blz. 6 Kijken naar de structuur (kristal) van vaste stoffen. Bij uitbreiding evt. meerdere microscopen en soorten kristallen	- suikerkorrels - zoutkorrels - loupe (vergroting 10x) - microscoop (vergroting 50x of meer) - kandijsuikerkorrels - kopersulfaatkorrels en andere kristallen

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
27	Proef 9a, blz. 6 evt. als huiswerk Kijken naar de vorm van een waterdruppel aan de kraan.	
28	Proef 9b, blz. 6 Kijken naar de vorm die een waterdruppel aanneemt.	- kleine ballon - waterdruppel op vet papier
29	Proef 9c, blz. 6 Kijken naar een vlies van zeepwater.	- frame van metaaldraad - katoenen draadje zeepoplossing
30	Proef 10, blz. 7 Uitzetten van staaf bekijken.	- metalen staaf (bijv. statiefstaaf) - statiefmateriaal - bunsenbrander met driepoot - blokje ijzer of hout - speld (etalage) - rietje
31	Proef 11, blz. 8 Uitzetten van water bekijken.	- erlenmeijer 250 cm^3 waarop een - kurk, met daardoor - een rietje
32	Proef 12, blz. 8 Inkrimpen en uitzetten van lucht waarnemen.	- rondbodemkolf waarop - een kurk met daardoor - een rietje
	Opdracht 5, blz. 9 Eigenschappen van moleculen van verschillende stoffen in een schema uitwerken.	

3. MOLECULEN HELPEN BIJ DE VERKLARING VAN FASE-OVERGANGEN

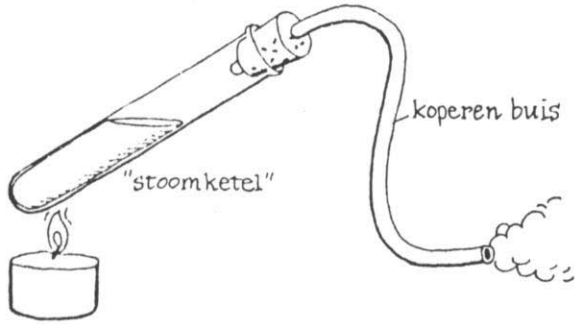
	Opdracht 6, blz. 12 Aangeven waarom je warm eten beter ruikt dan koud eten.	

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
33	Proef 13, blz. 12 Aantrekking tussen watermoleculen bestuderen.	- vettig papier - druppels water

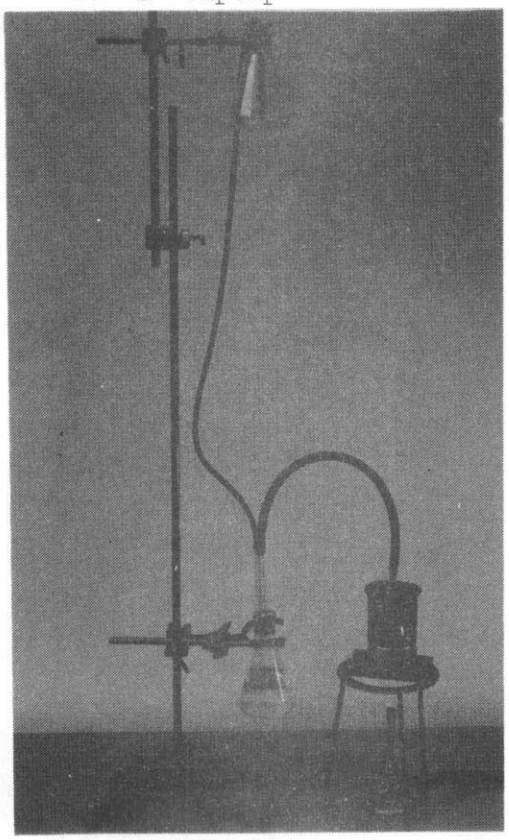
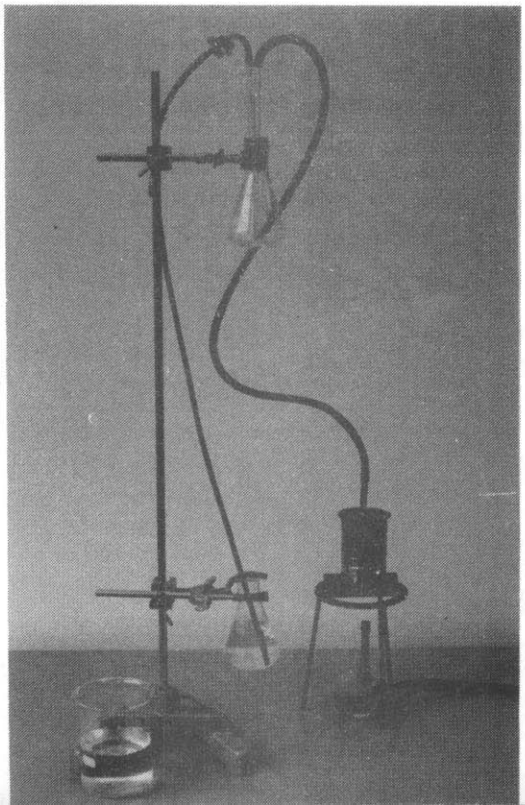
4. WARMTETOEVOER, WARMTE DIE VRIJ KOMT

34	Proef 14, blz. 12 evt. als huiswerkproef Voelen wat er gebeurt bij verdampen van ether of alcohol	- ether - alkohol of eau de cologne
35	Proef 15, blz. 12 Voelen en kijken wat er gebeurt bij het smelten en kristalliseren van hypo. 	- hypo (natrium thiosulfaat) - reageerbuis - brander - pincet - reageerbuishouder Pas op. • reageerbuis met hypo met kleine vlam verwarmen • stop daarmee zodra de hypo gesmolten is • reageerbuis in standaard plaatsen en laten afkoelen • extra hypo kristalletje laten vallen

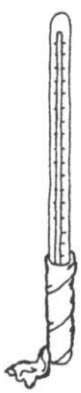
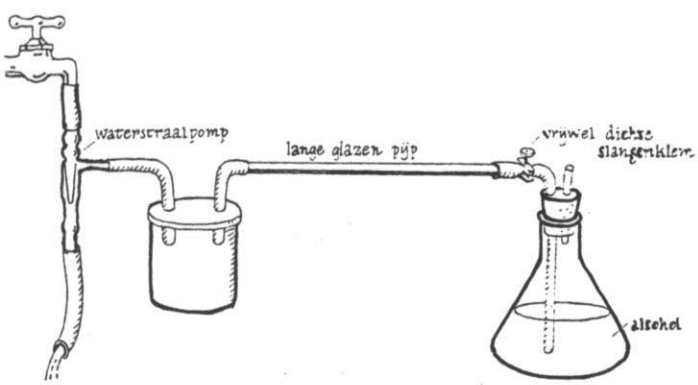
Vervolgblok 1 STOOMMACHINES

36	Onderzoek 1, blz. 19 Een stoomboot zelf bouwen Het zelf bouwen van een stoomboot  	- stuk polystereen - blokjes hout - reageerbuisje (pyrex) - kurk met er doorheen een dun buisje van koper of evt. glas - plakband - gereedschap (zaag) - waxine lichtje met aluminium bakje
37	Onderzoek 2, blz. 20 Met een stoommachine elektriciteit maken	- stoommachine - motortje met pulley - lampje van 2,5 V 0,2 A lamp in fitting - elastiek als drijfriempje

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

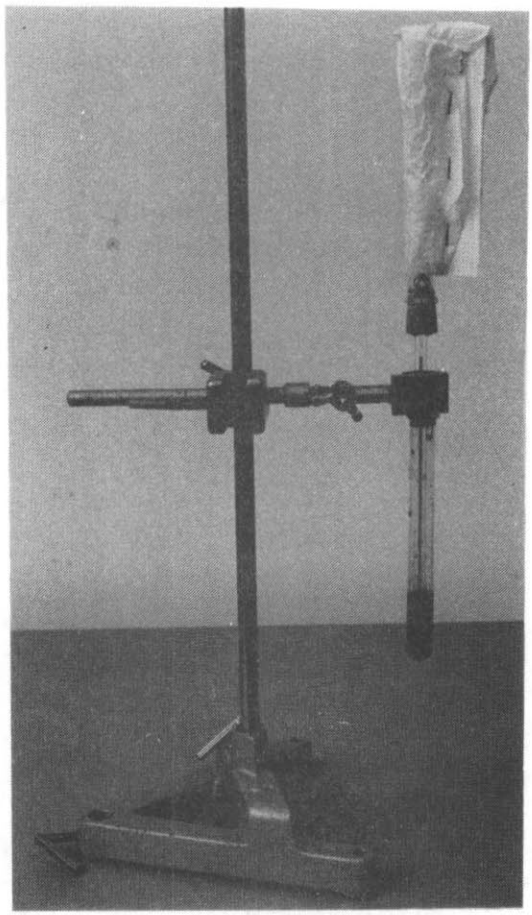
Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
	Onderzoek 3, blz. 21 Een Stoompomp 	- dichtgesoldeerd conservenblik met - een koperen pijpje erdoor - rubberslang - 2 erlenmeijers - een kurk met twee gaten - twee glazen buisjes (één lang, één kort) (zie foto) - bunsenbrander, driepoot en gaasje - statiefmateriaal Maak en verklaar de werking van een stoompomp
	Onderzoek 4, blz. 22 Een stoompomp met atmosferische druk. 	- dichtgesoldeerd conservenblik met - een koperen pijpje erdoor - rubberslang - 2 erlenmeijers - een kurk met twee gaten - twee glazen buisjes - bunsenbrander, driepoot en gaasje - statiefmateriaal - groot bekerglas waar erlenmeijer in past Maak en verklaar de werking van een stoompomp die werkt met de atmosferische druk NB: de slangenklem in de gefotografeerde opstelling vervalt.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	vervolgblok 2 Koelen door verdampen.	
40	Onderzoek 1, blz. 29 Het drogen van de was. Tekst over drogen van was bij dia serie maken.	- dia serie, 16 dia's drogen van was - casette of bandje - tape of cassette recorder
41	Onderzoek 2, blz. 30 De thermometer die afkoelt. Nagaan wat het effekt van verdamping is op temperatuur. 	- thermometer - lapje of doek om om de thermometer te wikkelen
42	Onderzoek 3, blz. 31 Koelen door verdampen. Kijken hoe van verdamping van vloeistof in de praktijk gebruik gemaakt wordt (koelkast).  	- waterstraal luchtpomp ! - jampotje of i.d. met schroefdeksel waarin twee koperen pijpjes zijn vastgesoldeerd - slangenklem - doorzichtige plastic slang - glazen buisjes - erlenmeijer met - kurk met twee glazen pijpjes er door (zie tekening) - statiefmateriaal - alkohol of ether alternatief voor vrijwel dichte slangenklem een sproeier gemaakt van een capillair getrokken glasbuis.

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
43	Onderzoek 4, blz. 32 Het raadsel van het stijgende water. Kijken en nagaan wat de gevolgen van verdampen zijn.	- twee reageerbuisjes met passende - kurken, waarin past - glazen haarvat buisje of rietje - zwart gemaakt water - kleenex tissue of katoenen lapje - alkohol



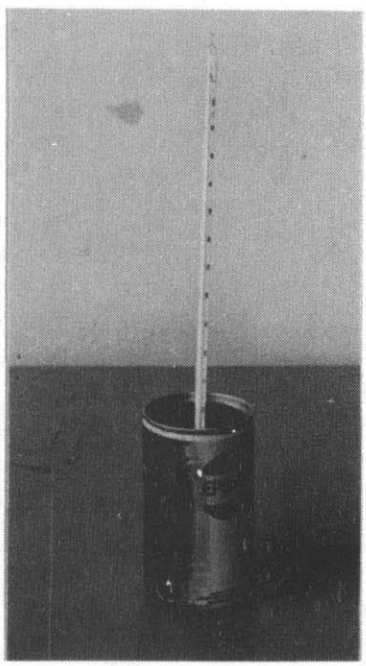
Vervolgblok 3, Wolken en Neerslag

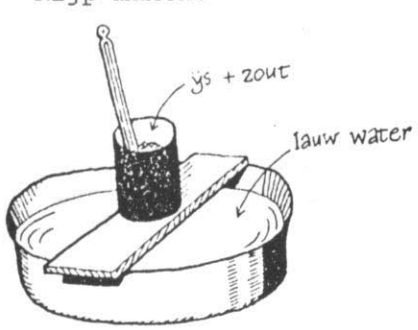
Dauw maken

44	Onderzoek 1, blz. 43 Proef 1, blz. 43	!- blikje goed blank en glimmend gemaakt bijv. cola of 7-up blikje - ijsblokjes - roerstaafje

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
45	Proef 2, blz. 44 Is de lucht vochtig of droog? Dauwpunt bepalen in het lokaal of elders.	!- blikje goed blank en glimmend gemaakt bijv. cola of 7-up blikje - ijsblokjes - 2 thermometers (-10 °C tot 50 °C)
46	Extra proef, blz. 44 Een vochtigheidsmeter.	- bijv. psychrometer - hygrometer van Daniël
	Eventueel haarhygrometer laten maken.	- ammoniawater-oplossing - triplex plankje - plakband - punaises - lange haar, paardehaar is het meest geschikt hiervoor
	Onderzoek 2, IJs maken.	
47	Proef 1, blz. 46 Rijp maken.	!- zwart gemaakt blikje - ijs en - keukenzout voor koudmakend mengsel (zie tekening) - waterbak - thermometer

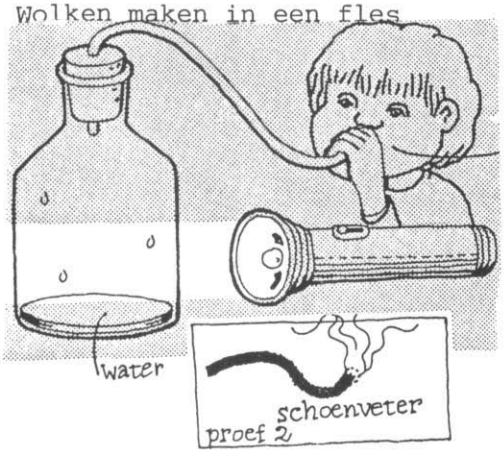




BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

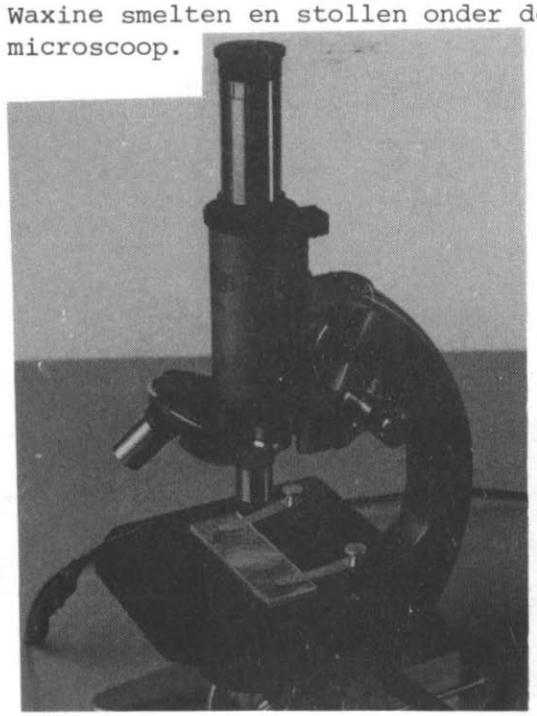
Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
48	Proef 2, blz. 46 Waterdruppels van (verschillende grootte) laten bevriezen	- plat blikje - ijs en - keukenzout voor koudmakend mengsel - kleine platte dop die in het platte blikje past - saté-stokje of i.d.
49	Onderzoek 3 Wolken maken Proef 1, blz. 47 Een wolk maken (schone lucht)	- fles met draaidop met in de draaidop een koperen pijpje gesoldeerd - rubberen slangetje - lichtbron (b.v. zaklamp of lichtbakje)
50	Proef 2, blz. 48 Een wolk maken (vuile lucht) Als Proef 1, maar nu met vuile lucht.	- als proef 1 - veter of katoenen koordje om rook te maken
	Vervolgblok 4, Kristallen Onderzoek 1, Kristallen laten groeien	
51	Proef 1, blz. 59 hypo laten kristalliseren	- reageerbuisje met kristallen van - natrium-thiosulfaat $Na_2 S_2 O_3 5H_2O$ (Hypo) - bunsenbrander - statiefmateriaal of standaard voor reageerbuisje

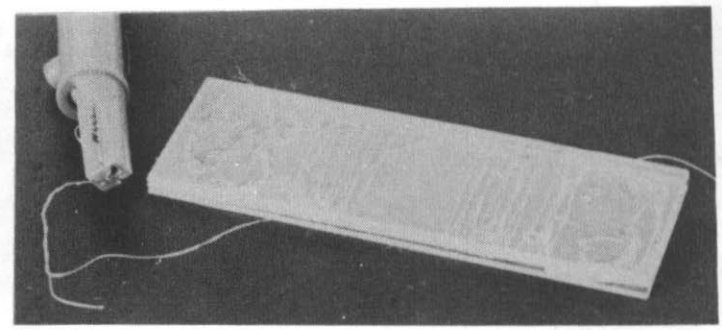
Wolken maken in een fles



Deze proef kan het beste in een wat verduisterde ruimte worden gedaan. Eventueel een grote van binnen zwart gemaakte kartonnen doos is hiervoor geschikt.

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
52	Proef 2, blz. 59 Butylalkohol laten kristalliseren. Zelfde proef als proef 8a basisblok. Butyl-alkohol is giftig, zeer brandbaar en explosief: Dus, de kurk op het reageerbuisje laten en kleine hoeveelheden gebruiken.	- reageerbuisje met kleine hoeveelheid - butylalkohol $(CH)_3$ COH - kurk voor op deze reageerbuis o Na afloop van de proef het buisje met butyl-alkohol koel en donker wegzetten (koelkast)
53	Proef 3, blz. 60 Aluin laten kristalliseren.	- 2 bekerglazen 150 cm^3 - kaliumaluin, chroomaluin of ammonium-aluin - filterpapier - bunsenbrander met driepoot en gaasje - horlogeglas of ondiep glazen bakje - thermometer - garen, beter is het om een haar te nemen
54	Extra: Proef 4, blz. 61 Kopersulfaat laten groeien.	- kopersulfaat kristallen De verhouding is 50 gram kopersulfaat op 100 ml gedestilleerd water van 60 °C.
	Onderzoek 2. Kristallen onder de microscoop.	
55	Proef 1, blz. 61 Waxine (kaarsvet). Waxine smelten en stollen onder de microscoop.	!- glasblaatjesverwarming gemaakt van 3 object-glaasjes of diaglaasjes (zie foto) - weerstandsdraad (Nichroom 0,2mm) ± 30 cm lang - weerstandsdraad gewikkeld om de middelste objectglaasjes - voedingsapparaat - waxinelichtje - microscoop (50 of 100 x) evt. stereomicroscoop spanning op verwarmingsplaatje max.10V - evt. loep (10x 5x)





BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

Verwijs-nummer	beschrijving	benodigdheden
56	Proef 2, blz. 62 Soldeertin Soldeertin laten stollen onder de microscoop stel de microscoop in voordat je het koperen plaatje verhit	- soldeertin - koperen plaatje - triplex plaatje - microscoop evt. stereomicroscoop - bunsenbrander met driepoot en gaasje - soldeervloeistof b.v. S39 - tang
57	Proef 3, blz. 62 IJs (rijp) Zien onder de microscoop hoe waterdamp overgaat in rijp	- het blikje met zwartgemaakt deksel van proef 1, onderzoek 2 van "Wolken en Neerslag" - ijs en - keukenzout (koudmakend mengsel) - microscoop - waterbak met lauw water
58	Proef 4, blz. 63 Zout Zoutkristallen laten ontstaan	- glasplaatjesverwarming van proef 1, blz.6 - bekerglas 150 ml. - zoutoplossing (verzadigde oplossing) - vloeibare zeep (druppel nodig) - microscoop
	Onderzoek 3, blz. 63 Kristalmodellen	
59	Proef 1, blz. 63 Kristalmodel maken met knikkers	- klei - knikkers - bisonkit evt. om permanente modellen te maken
60	Proef 2, blz. 64 Kristalmodellen maken met stokjes en bolletjes	- satéstokjes, cocktailprikkers of lucifers - watten, klei of polystereen bolletjes

BENODIGDHEDEN PER PROEF EN ONDERZOEK

verwijs nummer	beschrijving	benodigdheden
	Vervolgblok 5 Hoe klein?	
61	Onderzoek 1, blz. 73 Suikerwater verdunnen.	- 3 bekerglazen 100 of 150 cm^3 - maatglas 10 of 25 cm^3 - klontje suiker - maatglas 100 cm^3 - brander, driepoot, gaasje
62	Onderzoek 2, blz. 74 Kleurstof verdunnen.	- 3 bekerglazen 100 of 150 cm^3 - korrel kaliumpermangnaat $KMnO_4$ - maatglas 10 of 25 cm^3 - bekerglas 1000 cm^3 - maatglas 100 cm^3
63	Onderzoek 3, blz. 76 Een olievlek maken. o eerst grootte van een olijfolie-druppen bepalen o dikte van de olielaag bepalen o aannemen dat de dikte van de laag 1 molecuul dik is. Denk ook aan bergje knikkers die tot 1 laag verspreid	- stokje met een heel dun koperen draadje eraan - olijfolie - loupe - lineaal - brede glazen kom (schaal) - stof van schoolbordkrijt of talkpoeder
64	Onderzoek 4, blz. 79 Vergroten en verkleinen Nagaan uit één van de vorige proeven hoeveel moleculen in een suiker-klontje, kaliumpermangnaatkorrel of olijfoliedruppel zitten.	- zie voorafgaande proeven - wandplaat
65	Extra film. Vergroten en verkleinen.	!- film Cosmic zoom - projector - scherm

Tip: • Hoe klein klein is kunt u de leerlingen laten meemaken door één meter te nemen en leerlingen te vragen wat 1 meter lang is. Daarna iets van 10 m, 100 m, 1 km, 100 km, 1000 km. Van 1 meter tot 1000 km is 7 x met 10 vermenigvuldigd. Van 1 meter 7 x door 10 delen geeft de grootte van een molecuul. Onze ervaring is dat dit leerlingen aanspreekt: 10^{-7} zegt ze niets. De wandplaat van Kees Boeke en de film (cosmic zoom) behandelen ditzelfde alleen veel mooier.
De film "cosmic zoom" is te verkrijgen bij de Canadese Ambassade (gratis). Tel. 070 - 614111. De film duurt ca. 20 minuten. Onder de titel "macrokosmos/microkosmos" is deze film ook verkrijgbaar bij het Technisch Film Centrum.

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST VOOR SPECIFIEKE APPARATUUR	Aantal basis	extra	Verwijs-nummer	Kosten * basis	extra	Aantekeningen diversen alternatieven
Capillaire buis met bolletje met daarin gekleurde vloeistof (thermometermodel)	6	6	1,2	42,-	42,-	Breukhoven 27960 alternatief is gesloten thermometer, beschrijfbaar, Breukhoven 27962 of Malmb. 11.1610
Papiniaanse pot met manometer	1		14	110,-		evt.hogedrukpan b.v. Malmb.11.1560
rondbodemkolf met lange hals ca 1 l.	1		15	10,-		voor de proef van Franklin
vacuumapparaat + toebeh.	1		16	600,-		ook als compressor
vacuumklok	1		16	80,-		
vacuumtafel	1		16	110,-		
vacuumslang	1		16	10,-		
vacuum tussenstuk	1		16	-	-	
droogtoren of gaswasfles	1		16	45,-		liefst bol i.v.m. druk
koperen spiraal dompelaar	1		17	-	-	zm zacht koper
microscopen	1	3	20,26,55, 56,57,58	1400,-		evt. stereomicroscopen b.v. Malmb.11.30.80
model Brownse beweging	1	1	21	6,-		zm
glazen buis met twee kurken met haakjes (ijzer) en watten	1		23	10,-		zm voor diffusie van ammonia + zoutzuurdamp
loupe	1	1	26,62	15,-		
stoommachine D8	1		37	±150,-		Wilesco
dichtgesoldeerde conservenblik met koperen pijpje	2		38,39	-	-	zm
waterstraal luchtpomp	1		42	45,-	-	
glasplaatjesverwarming	2	1	55,58	-	-	zm
voedingsapparaat	2	1	55	±800,-	400,-	
evt. Psychrometer of de hygrometer van Daniël		1	46 evt.			

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST AUDIOVISUELE MEDIA	Aantal basis	Aantal extra	Verwijs-nummer	Kosten* basis	Kosten* extra	aantekeningen diversen alternatieven
OH sheets 4 x set	1		-			Niam ev.zie opdracht 2.2 blz. 15 II
dia-serie v.16 dia's over drogen van was	1		40			
Cassette of bandje tekst drogen van was						
film Cosmic zoom ev			65			Canadese ambassade
filmprojector	1		65			
projectiescherm	1		65			
film macrokosmos / microkosmos	x		65			Technisch film Centrum
film koken en waarnemen	x					
film Het dansende bekerglas	x					
METEN EN WEGEN						
stopwatch	2		5,6,9	145,-		of horloge of LCD *f* 30,- Termeulen, Rotterdam
brievenweger	2		6,7,8,9	45,-		
balans evt.			6,7,8,9	175,-		of bovenweger ± *f* 350,- (goed)
gewichtendoos evt.	-		6,7,8,9	63,-		
maatglas 10 of 25 cm^3	2		61,62	10,-		
lineaal	2		63	4,60		
thermometers -10 °C tot 50 °C	2		45	14		
maatglas 100 cm^3	1		62			

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST VOOR ALGEMENE HULPMIDDELEN	Aantal basis	Aantal extra	Verwijsnummer	Kosten* basis	Kosten* extra	aantekeningen diversen alternatieven
statiefmateriaal o.a.	12	12	2,7,9,10,11 15,17,18,23 21,38,39,42 51			
voet met stang	12	12	1,7 enz.	240,-	240,-	
dubbelklem	12	12	1,7 enz.	120,-	120,-	
universeelklem	12	12	1,7,2	131,-	131,-	
bekerglas 250 cm^3	12		1,2,4,6,9, 10,22	30,-	-	
bekerglas 1000 cm^3	3	3	1,62	48,-	48,-	
bunzen of teclubranders	12		1,5,6,9,10 15,17,18, 35,38,39, 51,53,56	204,-	-	
driepoot	12		1,5,6,9,10 15,17,38,39 53,56	60,-	-	
gaasje	12		1,5,6,9,10 15,17,38, 39,53,56	72,-	-	
roerstaafje(glas)	6	6	1,5,6,7,10	6,-	6,-	zm
injectiespuit	1	1	1	-	-	verzamelen
bekerglas 100 of 150 cm^3	6	6	58,61,62	15,-	15,-	
thermometer met lange insteek -10 - 110°C	6	6	1,2,5,8	60,-	60,-	destillatie thermometers
bekerglas 500 cm^3	4	2	5,8,39	12,-	6,-	
reageerbuisje doos 10 st.	12		6,8,10,18, 25,36,43, 35,51	12,-	-	
erlenmeijer 250 cm^3	12		7,9,17,31 37,38,42,39	36,-	-	
thermometer -10 - 110°C	6	6	3,7,9,10,41 45,47,53	36,-		
grote dikke reageerbuis z.g. cultuurbuis		1	8	10,-	3,-	biologie
pincet	2		35	6,-		
reageerbuishouder	2		35	4,-		

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST ALGEMENE HULPMIDDELEN (vervolg)	Aantal basis	Aantal extra	Verwijsnummer	Kosten * basis	Kosten * extra	aantekeningen diversen alternatieven
waterzak, glazen buis met twee kurken en glasbuisjes	2		9	10,-	-	M.11.1662 zm
slangklemmen	3		9, 39,42	8,-	-	evt. kraantje
bak (plastic opvangbak)	2		15,47,57	30,-	-	afwasbak
horlogeglas	2		16,53	5,-	-	of glazen schotel
rondbodemkolfje 250cm^3	2		18,32	6,-	-	
motortje met poelie	2		21,37	9,-	-	
fittingen E10	2		37	1,-		
zaklantaarn	1		49,50	3,50		
kom of schaal (breed)	1		63	6,-	-	
GEREEDSCHAP						
kniptangetje	1		29,55	10,-	-	
zaag	1		36,37,56	8,-	-	
hamer	1		1,4,5	11,-	-	
schaar	3		7,9,17,29, 38,39,42,49	48,-		
mes	1		10,42	3,-	-	
tang	1		17,56	10,-	-	
ijzerzaagje	1		21,36,56	2,50	-	
kurkboren	1		8,9,17,23, 31,32,36,39 38,49	40,-	-	
soldeer	x		38,39,42,56	20,-	-	
schuurpapier			44	2,50	-	
soldeervloeistof S39	1		56	3,-	-	busje

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST VERBRUIKSMATERIAAL	Aantal basis	Aantal extra	Verwijs-nummer	Kosten* basis	Kosten* extra	aantekeningen diversen alternatieven
vloeipapier	1		4	-		vel
jampotje met draai-deksel	2		4,42	-		verzamelen
slang (rubber)	1		7,38,39,49	30,-		
glasbuis sortering	1		7,38,39,42	30,-		wat, niet veel
millimeterpapier	x		7	-		enkele vellen 1.1.
polysterene soepbekers	x		8	-		
glasplaatje	x		17	-		
objectglaasjes	1		20,55,58	3,65		doosje, evt. diaglaasjes
dekglaasjes	1		20	1,50		doosje
kraaltjes kleine en wat grotere						bolletjes
perspex buis 40mm^{2}Ø	1		21	-		± 150 mm. lang
messing bladfolie	x		21	-		of iets dergelijks b.v. dun blik
motorje (recorder)	1		21	4,50		
perspex plaat en 3 mm. dik	1		21	-		gezaagd
glasbuis 18 mm.Ø,300 mm. lang	1		23	5,-		
kurken sortering	1		9,23,31,32 35,38,39, 42,43			
watten	1		23,60	5,-		doos
spelden (grote etalage)	1		23,30	4,-		doosje of ijzerdraad
ijzerdraad	x		24	-		
ballon (rubber)	1		28	2,50		zakje speelgoed ballons
koperdraad	x		29	-		
katoenen draadje garen	1		29,53	1,50		klosje garen
rietjes, doos	1		30,31,32,43	2,50		
plastic bekertje	x		35	-		koffiebekertje
schuimplastic plaat	x		36	-		polystereen plaat (verpakkingen)
houtblokjes	x		36	-		
koperen buis	x		17,36	10,-		

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST VERBRUIKSMATERIAAL (vervolg)	Aantal basis	extra	Verwijs-nummer	Kosten * basis	extra	aantekeningen diversen alternatieven
plakband, rol	1		36,46	1,-		
lampje 2,5V-0,2A	2		37	2,-		
elastiekjes, doosje	1		37	2,-		
doek of lapje	x		41,43	-		
conservenblikken e.a.	x		38,39,47, 48,57			b.v. ook tabaksblikken
koperen pijp b.v.12mm.Ø	x		38,39	5,-		
koperen pijp 6 of 8mm.Ø	x		42	5,-		
plastic slang(sortering)	1		42	25,-		
glazen capillairen buis	1		43	5,-		wat
blikje b.v. cola	x		44,45	-		
triplex plankje	x		46	-		
punaises, doosje	1		46	1,-		
stokjes (saté) pakje	1		48,60,63, 64	2,50		of cocktailprikkers
fles met draaidop waarin een koperen buisje			49,50	-		evt. doorboorde rubberen stop met buis
veter of rookkaarsje	x		50	-		
filterpapier	x		53	-		
weerstandsdraad, klosje	1		55	4,50		Nichroom 0,2 mm.
koperen plaatje	x		56	4,-		
triplex plaatje	x		56	-		
klei	x		59,60	-		handenarbeid
knikkers (glas)	x		59	1,-		
bisonkit tube	1		59	1,50		
koperdraadje (dun)			63,64	-		
paardehaar evt.	x		46			

*richtprijzen

MATERIAALOVERZICHT

MATERIAALLIJST CHEMICALIEN E.D.	Aantal basis	extra	Verwijs-nummer	Kosten * basis	extra	aantekeningen diversen alternatieven
ijsblokjes	x		1,2,4,8,12, 44,45,19,30 48,57			uit vriesvak (koelkast)
paraffine (vast)	500g.		10 , 11			
kaarsenwas (poeder-vorm)	500g.		10 , 11			zm of handenarbeid
stearine	500g.		10,11,26,47			of witte kaars
zout	1000g.		48,57			
jodium (kristallen)	50g.		18			
melk (verdund)	x		20			11. zelf
kopersulfaat (kristallen)	100g.		22,26,54			en gec. oplossing
zoutzuur (gec.)	150ml.		23			
ammonia (gec.)	150ml.		23,46			
butylalcohol	15ml.		25,52			$(CH_3)_3$ COH altern. anisol
suiker (kristallen)	1000g.		26,61,64			ook klontjes
kandysuiker (brokjes)	100g.		26			korrels
zeep (oplossing)fles	1		29,58			
ether e.v.	x		34,42			
alcohol	100ml.		34,42,43			
gipspoeder	250g.		35			drogist, vergwarenw.
natriumthiosulfaat	250g.		35,51			$Na_2 S_2 O_2 5 H_2O$ (Hypo)
kaliumaluin of chroon	250g.		53			of ammoniumaluin
waxinekaars	1		36,55	2,50		
kaliumpermanganaat	50g.		62,64			$KMnO_4$
olijfolie	500ml.		63,64	1,50		
talkpoeder of busje	1		63			schoolbordenkrijt
vacuumvet doosje	1		16	20,-		

*richtprijzen

BIJZONDERHEDEN

Verwijs-nummer	artikel	specificatie of nummer	firma en evt. opm.
deel 1.			
1,2	capillaire buis met bolletje als thermometer	27960	Breukhoven
	of		
1,2 evt.	gesloten thermometer met beschrijfbaar kunststof plaatje zonder schaalverdeling	27962	Breukhoven
Opdracht 2	OH sheets (4x)		Niam
8	thermometers met lange insteek (chemische)	12530	Breukhoven
17	koperen spiraal van uitgegloeid zacht koperen buis (6 mm.Ø) gemaakt		zm firma's onderdelen in C.V.techniek
10,11	vaste paraffine		Dorigst of apotheek
10,11	kaarsenwas in poedervorm		bij handenarbeidwinkels
deel 2.			
21	motortje (recorder) met perspex driehoek zm		Radio Twente
22	Kopersulfaat geconcentreerde oplossing		
25	Butyl-alcohol $(CH_3)_3$ COH		scheikunde alt. anisol (van bestanddeel anijsolie)
36	stoombootje		zm
37	stoommachine	Wilesco D8	Sweering B.V.
38,39	dichtgesoldeerd conservenblik met een koperen pijpje er door		zm
42	jampotje met schroefdeksel met daar door heen twee koperen pijpjes		zm
44,45	blank glimmend gemaakt blikje (dun b.v. cola blikje)		zm
55,58	glasplaatverwarming gemaakt van 3 object-glaasjes of dia-glaasjes		zm
65	film Cosmic Zoom macrokosmos/ microkosmos		Canadese Ambassade Technisch film centrum
40	diaserie "drogen van de was"		Niam
40	kassette of bandje met tekst		
evt.	film "koken en waarnemen"		
evt.	film "het dansende bekerglas"		

ADRESSEN

Met de firma Breukhoven is een samenwerkingsovereenkomst betreffende een compleet leveringspakket van PLON-materiaal.
Informatie hierover bij:

Breukhoven BV
Mathenesserlaan 400
3023 HD Rotterdam
Postbus 6044
3002 AA Rotterdam
tel. 010-767688

Depex B.V.
(nat. instr. Phywe)
Dorpsstraat 85
3732 HH De Bilt
Postbus 27
3730 AA De Bilt
tel. 030-763111

Emaf B.V.
(gasmeters, gerevideerd)
Nijverheidsstr. 3a-b
3071 GA Rotterdam
tel. 010-855266

Griffin Europa B.V.
(nat. instr.)
Rudonk 18
4824 AJ Breda
Postbus 1121
4801 BC Breda
tel. 076-412080

Harris
(nat. instr.)
(zie Breukhoven)

I.P.C.
(kwh-meter, gerevideerd)
De Grootkade 2
1052 LP Amsterdam
tel. 020-842325

Leybold-Nederland
(nat. en scheik. instr.)
Ohmweg 12
3442 AA Woerden
Postbus 90
3440 AB Woerden
tel. 03480-14145

Malmberg
(nat. instr. + Banativ)
Leeghwaterlaan 16
5223 BA Den Bosch
Postbus 233
5201 AE Den Bosch
tel. 073-215565

Econosto
Admiraliteitskade 75
Postbus 4060
3006 AB Rotterdam
tel. 010-141500

Meterfabriek Dordrecht
(gasmeters, nieuw)
Lijnbaan 12
3311 RL Dordrecht
tel. 078-186066

Merkelbach Fysica B.V.
(nat. instr. + Krôncke)
Gildeweg 18
3771 NB Barneveld
tel. 03420-16406

Model Engeneering B.V.
(waterpompjes PSN)
Bangert 23
1689 CJ Zwaag (N.H.)
tel. 02292-1577

Nooitgedagt en Zn. B.V.
(gereedschappen)
Eegracht 12
8651 EG IJlst
Postbus 1
8650 AA IJlst
tel. 05155-1441

Phywe (zie Depex)

Snikkers Handel MIJ. B.V.
Hfd. Kantoor:
Industriestraat 2
Postbus 5750
3290 AB Strijen
tel. 01854-2400
Voor depots:
zie RIB boek

Radio Twente
(recordermotortjes)
Stille Veerkade 11-13
2512 BE Den Haag
tel. 070-469200

Technowa B.V.
(nat. instr. unilab. e.d.)
Industrieweg 35
1512 NE Wormerveer
tel. 075-285767

Technische Unie
(metalen, draad e.d.
in iedere grote stad