DIE VERBAND TUSSEN VISUALISERING IN CHEMIE EN BEGRIPSVORMING

Rosina Kemp
B.Sc. Honns., H.O.D.

Verhandeling voorgelê vir die graad Magister Scientiae in Natuurwetenskaponderwys
in die Fakulteit Natuurwetenskappe aan die
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.

Studieleier: Dr. C.J. du Toit
Hulpstudieleier: Prof. S.J. Nel

Potchefstroom
Januarie 2000

Geldelike bystand van die
NRF (National Research Foundation)
sowel as die Sentrale Navorsingskomitee van die
Vaaldriehoekse Technikon vir hierdie navorsing
word erken.

Menings in hierdie verhandeling, of
gevolgtrekkings waartoe geraak is,
is dié van die outeur alleenlik.

Dankbetuiging

Aan God alleen kom toe al die dank, lof en eer.

Hiermee wil ek my opregte dank betuig teenoor die volgende persone:

- **Dr. C.J.du Toit vir sy bekwame leiding as studieleier en persoonlike belangstelling in hierdie navorsing.**
- **Prof. S.J. Nel vir sy hulp as hulpstudieleier en belangstelling.**
- **My departementshoof, mnr. F.P. du Plessis, vir sy hulp en ondersteuning.**
- **My familie, kollegas en vriende vir hul belangstelling en aanmoediging.**
- **My ouers, vir hulle liefde, ondersteuning en belangstelling.**
- **Frik, my eggenoot en my kinders, Roné en Fritz, vir hulle aanmoediging, ondersteuning en geduld.**

Inhoudsopgawe

Lys van bylaes v

Opsomming vi

Summary vii

HOOFSTUK 1: Oriëntering **1**

1.1 Inleiding **1**

1.2 Probleemstelling **1**

1.3 Navorsingshipotese **4**

1.4 Doel met die navorsing **4**

1.5 Navorsingsontwerp **4**

1.5.1 Literatuurstudie 5

1.5.2 Empiriese ondersoek 5

(1) Vraelys 5

(2) Populasie 5

(3) Analise van resultate 5

(4) Ontwikkeling van onderrigstrategie 5

1.6 Hoofstukindeling **6**

1.7 Samevatting van hoofstuk 1 en vooruitskouing vir hoofstuk 2 ..... **6**

HOOFSTUK 2: Hoe vind die leer van chemie plaas, met spesifieke verwysing na die rol van visualisering **7**

2.1 Inleiding **7**

2.2 Wat is leer? **7**

2.3 Begripsvorming (verstaan) **8**

2.4 Visualisering **10**

2.4.1 Wat is visualisering of gedagtebeelde? 10

2.4.2 Eienskappe van gedagtebeelde 11

2.4.3 Verstaan bevorder die skep van gedagtebeelde 11

2.4.4 Verband tussen verstaan van chemie en visualisering 12

2.5 Leermodelle **14**

2.5.1 Invoer van nuwe idees op die gebied van leermodelle 15

2.5.2 Die nuwe epistemologie 16

2.5.3 Die nuwe leerpsigologie 16

2.5.4 Die inligtingverwerkingsmodel 22

2.6 Leertegnieke wat betekenisvolle leer kan bevorder **29**

2.6.1 Begripskaarte as leertegniek 29

2.6.2 Koöperatiewe leer as leertegniek 30

2.7 Eksterne faktore wat leer beïnvloed **31**

2.7.1 Voorkennis van die leerder 31

2.7.2 Kognitiewe intreevlak van die leerder 31

2.7.3 Houding van die leerder 31

2.8 Evaluering van betekenisvolle leer in chemie **33**

2.9 Samevatting van hoofstuk 2 en vooruitskouing vir hoofstuk 3 ..... **34**

HOOFSTUK 3: Onderrigstrategieë in chemie wat betekenisvolle leer tot gevolg het **35**

3.1 Inleiding **35**

3.2 Betekenisvolle leer en effektiewe onderrigstrategieë **37**

3.3 Die onderriggewer se taak **39**

3.4 Onderrigstrategieë **40**

3.4.1 Die tradisionele lesing as onderrigstrategie 41

(1) Voorstelle vir effektiewe lesings 42

(2) Voordele van die tradisionele lesing as onderrigstrategie 42

(3) Nadele van die tradisionele lesing as onderrigstrategie 43

3.4.2 Die gebruik van demonstrasies in die onderrig van chemie 44

3.5 Die gebruik van onderwystegnologie in die onderrig-leersituasie **46**

3.5.1 Die gebruik van televisie as onderwystegnologie 47

3.5.2 Die gebruik van video as onderwystegnologie 49

3.5.3 Die gebruik van die rekenaar as onderwystegnologie 50

3.5.4 Die gebruik van rekenaarsimulasies as onderwystegnologie 53

3.5.5 Die gebruik van multimedia as onderwystegnologie 53

3.5.6 Die gebruik van die internet as onderwystegnologie 54

3.6 Kombinasie van onderrigstrategieë **55**

3.7 Samevatting van hoofstuk 3 en vooruitskouing vir hoofstuk 4 ..... **56**

HOOFSTUK 4: Analise van die leerinhoude met betrekking tot chemiese binding soos aangebied op skool en technikon eerstevlak 57

4.1 Inleiding 57

4.2 Chemie in die primêre skoolfase 58

4.2.1 Ontwikkelingsfase van leerders in die primêre skool 58

4.2.2 Leerinhoud van graad 4 58

4.2.3 Leerinhoud van graad 5 59

4.2.4 Leerinhoud van graad 6 60

4.2.5 Leerinhoud van graad 7 61

4.3 Chemie in die sekondêre skoolfase 62

4.3.1 Ontwikkelingsfase van leerders in die sekondêre skool 62

4.3.2 Leerinhoud van graad 8 62

4.3.3 Leerinhoud van graad 9 67

4.3.4 Leerinhoud van graad 10 66

4.3.5 Leerinhoud van graad 11 77

4.3.6 Leerinhoud van graad 12 97

4.4 Chemie op technikon eerstevlak 98

4.5 Samevatting van hoofstuk 4 en vooruitskouing vir hoofstuk 5 101

HOOFSTUK 5: Empiriese ondersoek 103

5.1 Inleiding 103

5.2 Eksperimentele opset 103

Aksie 1: Vraelys 104

Aksie 2: Populasie 105

Aksie 3: Aanbieding van tradisionele les 106

Aksie 4: Aanbieding van videoles 106

Aksie 5: Analise van resultate 106

5.2.1 Bespreking van die rekenaarsimulasieprogram 107

5.2.2 Aanbieding van die les sonder video 110

5.2.3 Inleidingsmoment 111

5.2.4 Onderrigleermoment 113

5.3 Samevatting van hoofstuk 5 en vooruitskouing vir hoofstuk 6 114

HOOFSTUK 6: Bespreking van resultate 115

6.1 Inleiding 115

6.2 Kwantitatiewe analise 113

6.3 Kwalitatiewe besreking van response 117

Vraag 1 117

Vraag 2 122

Vraag 3 124

Vraag 4 125

Vraag 5 129

Vraag 6 (a) 130

Vraag 6 (b) 134

Vraag 7 135

Vraag 8 140

Vraag 9.1 143

Vraag 9.2 145

Vraag 10.1 148

Vraag 10.2 151

Vraag 11.1 155

Vraag 11.2 157

Vraag 12 159

Vraag 13 161

Vraag 14 163

Vraag 15 164

Vraag 16 166

Vraag 17 168

Vraag 18 173

Vraag 19 175

6.3 Samevatting van hoofstuk 6 en vooruitskouing vir hoofstuk 7 182

HOOFSTUK 7: Samevatting, gevolgtrekkings en aanbevelings 183

7.1 Inleiding 183

7.2 Samevatting 183

7.3 Gevolgtrekkings 185

7.3.1 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 1 185

7.3.2 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 2 187

7.3.3 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 3 189

7.3.4 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 4 191

7.4 Aanbevelings 192

7.5 Slot 194

Bibliografie 195

LYS VAN BYLAES

A Vraelys

B Norme vir vrae in vraelys soos gestel deur chemici

C Toets van voorkennis

D Response van respondente

E Response van Sediba onderwysers

F Sinopsis van video

Opsomming

DIE VERBAND TUSSEN VISUALISERING IN CHEMIE EN BEGRIPSVORMING

Visuele materiaal as ondersteuning in die onderrig van chemie kan 'n baie waardevolle bydrae maak tot visualisering in chemie en begripsvorming. Die doel met hierdie navorsing is om spesifiek die visualisering wat visuele materiaal oor chemiebegrippe by leerders kan bewerkstellig, te evalueer en vas te stel in watter mate dit bydra tot beter begripsvorming in chemie. Daar is eerstens, na aanleiding van 'n literatuurstudie, bepaal of daar 'n verband bestaan tussen visualisering en begripsvorming in chemie, hoedanig tradisionele tegnieke van onderrig 'n bydrae lewer tot visualisering en begripsvorming in chemie, en of onderrig met gebruikmaking van visuele materiaal 'n beter bydrae lewer tot visualisering en begripsvorming as tradisionele tegnieke van onderrig. Tweedens word deur middel van 'n empiriese studie bepaal watter bydrae 'n visueel-gesteunde onderrigstrategie kan lewer tot beter visualisering en begripsvorming en derdens word aanbevelings gemaak aan onderriggewers in chemie sodat optimale begripsvorming verseker kan word.

Die literatuurstudie is onderneem uit primêre en sekondêre bronne. 'n DIALOG-rekenaarsoektog is onderneem op ERIC. Nadat visualisering en begripsvorming, sowel as die belangrikste onderrigstrategieë in chemie bespreek is, is 'n geskikte visueel gesteunde onderrigstrategie geïdentifiseer in die vorm van 'n rekenaarsimulasie oor die watermolekuul en die faseveranderinge wat dit kan ondergaan. Die rekenaarsagteware is ontwikkel deur die Universiteit van Wes-Sydney, Nepean in Australië en is deur middel van 'n video in die empiriese ondersoek getoets.

Die visualisering en begripsvorming wat met behulp van die video verkry is, is met 38 technikonstudente op die eerste vlak geëvalueer. Die leerinhoud is aanvanklik deur middel van die tradisionele lesingmetode oorgedra, waarna die VisChem-projek se werkkaart voltooi is. 'n Maand later is die lesing herhaal, maar hierdie keer is die video ingesluit by die lesing. Dieselfde werkkaart is weer voltooi sonder enige bespreking van die vorige werkkaart. Daar is uiters positiewe resultate met hierdie ondersoek gekry, maar ook negatiewe resultate wat belangrike riglyne kan aandui vir die toekomstige strukturering en implementering van visuele materiaal in chemie.

Die noue samehang tussen die werklikheid en die semantiese interpretasie asook die visuele voorstelling daarvan, is van kritiese belang vir die suksesvolle gebruik van visuele materiaal in chemie. 'n Noukeurige balans moet gehandhaaf word tussen waarneming van die werklike verskynsel op makroskopiese vlak en die terme (woorde) wat die besondere verskynsel beskryf.

Summary

THE RELATIONSHIP BETWEEN VISUALIZATION IN CHEMISTRY AND CONCEPT FORMATION

Visual material as supporting aid in the teaching of chemistry can make a valuable contribution to visualization in chemistry education. This research specifically aims at evaluating the visualization that could be caused by visual material on chemistry concepts and to investigate the contribution it can make to improve concept formation in chemistry. Firstly, based on a study of the relevant literature, there is determined whether a relationship exists between visualization and concept formation in chemistry, in what sense traditional instructional techniques contribute to visualization and concept formation in chemistry, and whether using visual material would contribute to better visualization and concept formation. Secondly, by means of an empirical study, there is determined what contribution can be made by a visually supported teaching strategy result in better visualization and concept formation in chemistry and thirdly recommendations are made to chemistry instructors as to how optimal concept formation can be ensured.

The literature study was based on primary and secondary sources. A DIALOG computer search was undertaken on ERIC. After a discussion of visualization and concept formation, as well as the most important instructional strategies in chemistry, a suitable visually based instructional strategy was identified in the form of a video lesson on the water molecule and its changes of phase. The computer software for the computer simmulation was developed by the University of West Sydney, Nepean in Australia and tested by video in the empirical study.

The visualization and concept formation resulting from the video, were evaluated with a group of 38 technikon students of the first level. The information was first dealt with by means of the traditional lecture method, after which the VisChem worksheet was completed. One month later the lesson was repeated, but now the video was also incorporated. The same worksheet was done, without discussing the previous answers. Very positive results were obtained during the exercise but also negative outcomes appeared which suggested guidelines for and an improved future design and implementation of visual material in chemistry.

The close relationship between natural phenomena and their semantic interpretation as well as their representational images are of critical importance for the design of successful visual material in chemistry. A very fine balance must be maintained between the observation of natural phenomena on macroscopic level and terms (words) which give meaning to them.

1 Oriëntering

1.1 Inleiding

In hierdie hoofstuk word die aktualiteit van die navorsing gestel. Uit die bespreking volg vier moontlike vrae. Hierna word die doel met die navorsing, wat die probleemvrae sal probeer beantwoord, geformuleer. Die navorsingsontwerp word verduidelik. Dit sal bestaan uit 'n literatuurstudie en 'n empiriese ondersoek. Laastens word die hoofstukindeling gegee, asook 'n samevatting en vooruitskouing.

1.2 Probleemstelling

Begripsvorming speel 'n beslissende rol in onderrig, want kennis kan moeilik aktief gebruik word sonder dat dit werklik begryp word. In hierdie navorsing is veral aandag gegee aan die gebruik van visuele materiaal om visualisering uit te bou en te verbeter.

Uit eie ervaring weet die navorser dat leerders in chemie oor die algemeen probleme ervaar met die verstaan en begryp van die teoretiese leerinhoude van die vak. Daar word verskeie redes aangevoer: chemie handel oor abstrakte begrippe, stoïgiometriese berekeninge is moeilik en baie veranderlikes is betrokke by die oplos van probleme in chemie. Chemie handel in wese oor chemiese reaksies wat op die submikroskopiese vlak plaasvind en dus denke van 'n hoër orde vereis. Chemiese reaksies moet eerstens deur die leerder in die laboratorium waargeneem word, daarna moet die leerder subatomiese deeltjies (atome, ione en molekule) betrokke in die reaksie visueel voorstel wat vir die korrekte begripsvorming en vir toekomstige visualisering nodig is. Die primêre hulpmiddels wat gebruik word om

leerders te help om chemiese reaksies te visualiseer, is verduidelikings, sketse op die skryfbord demonstrasies en modelle. Die leerders moet die chemiese reaksie kan waarneem alvorens hulle dit kan visualiseer in die toekoms. Demonstrasies is besonder nuttig om 'n mate van visualisering by leerders te bewerkstellig. Tyd, kostes en veiligheid plaas egter 'n beperking op die aantal en soort demonstrasies wat uitgevoer kan word. Daar is ook altyd die moontlikheid dat iets "verkeerd kan gaan" en as dit nie korrek hanteer word deur die onderriggewer nie, kan die leerders tot 'n totaal verkeerde gevolgtrekking kom (Ogborn *et al.*, 1996: 15).

Die gebruik van rekenaarsimulasies om begrip te verbeter, is nie nuut nie. Sedert vroeg in die sewentigerjare was daar 'n behoefte dat die rekenaar 'n toenemende rol moet begin speel in die onderrig van studente (Waddick, 1994: 98). Heelwat navorsing is al gedoen oor die gebruik van die rekenaar as onderrigmedium. Aanvanklik is rekenaarondersteunde onderrig voorgestel as leerders wat "vasgeplak" aan rekenaarskerms sit - in stilte, alleen - besig om soos sponse meer en meer inligting te absorbeer (Shaw & Webb, 1988: 209). Deesdae word die mening egter gehuldig dat sosiale interaksie aktief aangemoedig moet word en dat koöperatiewe leer beklemtoon moet word (Ryba & Anderson, 1990). Rekenaarsimulasies wat met behulp van videomateriaal aan die leerders vertoon word, kan baie goed aan hierdie doel beantwoord.

In die chemie I-kursus aan die Vaaldriehoekse Technikon is deur ervaring gevind dat leerders beslis 'n probleem het betreffende chemiese binding in die watermolekuul, omdat hulle nie die makroskopiese en die mikroskopiese denkvlakke met mekaar kan versoen nie. Die technikonstudente het 'n probleem daarmee om die watermolekuul te visualiseer. Uit die literatuur is gevind dat ander navorsers soortgelyke probleme ondervind het (Osborne & Cosgrove, 1983: 825)

Die visuele beelde wat ingesluit is in die rekenaarsimulasie wat vir hierdie navorsing gebruik is, is deel van die CD-rom wat reeds vir die afgelope vier jaar saam met die handboek van Kotz en Treichel (1999: 589 en 593) gebruik is in die chemie I-kursus van die Universiteit van Potchefstroom. Die ervaring in die kursus was dat leerders nie in staat is om op beide die makroskopiese en mikroskopiese denkvlakke te opereer in terme van die voorstelling van molekule nie. Die invoering van die rekenaarsimulasies het 'n groot verbetering in die visualiseringsvermoë van die leerders teweeggebring, maar dit is nie empiries ondersoek nie.

Die watermolekuul, sy struktuur en gedrag word onder andere as deel van die CD-rom aangebied. Soos in hoofstuk 4 aangetoon sal word, was die watermolekuul ook 'n deurlopende tema in die sekondêre skoolhandboeke wat in die ou onderwysbestel gebruik was. Studente op eerstevlak by die technikon behoort dus 'n goeie teoretiese agtergrond van die watermolekuul te hê en daarom is die tema as navorsingsveld in die empiriese ondersoek gebruik.

Hopper (1988: 161) stel dat, om suksesvolle gebruik van 'n onderwysmedium moontlik te maak, daar werklik voordele moet bestaan in die gebruik van die medium bo ander metodes.

Beskikbare visuele materiaal sluit hoofsaaklik rekenaarsimulasies en demonstrasies in, wat 'n groot voordeel bied bo ander onderrigmedia. Veral in chemie is dit 'n groot voordeel vanweë die groter mate van veiligheid, spoed, gerief en reproduseerbaarheid van resultate. Rekenaarsimulasies bring ook nie 'n groot finansiële las, wat dikwels die geval is met ander onderrigmedia, mee nie en dit het 'n aansienlike vermindering in tyd, afgestaan vir verduideliking, tot gevolg. Sodoende is meer tyd beskikbaar vir selfwerksaamheid in die laboratorium.

Die gebruik van rekenaarsimulasies in die onderrigsituasie is egter nie iets wat beproef behoort te word sonder deeglike besinning, beplanning en intensiewe literatuurstudie vooraf nie. Daar moet bo alle twyfel vasgestel word dat daar nie moontlike feite verlore gaan tydens die lesaanbieding nie en dat dit 'n merkbare verbetering teweegbring in die begripsvorming.

Uit die voorafgaande blyk die probleem, wat deur navorsing aangespreek behoort te word, te wentel rondom die volgende vier vrae:

(1) Bestaan daar 'n verband tussen visualisering en begripsvorming in chemie?

(2) Hoedanig lewer tradisionele onderrigstrategieë (onderwyser-skryfbord-truprojektor, demonstrasies, self-eksperimentering) 'n bydrae tot visualisering en begripsvorming in chemie en hoe vergelyk dit met die bydrae wat gelewer word deur moderne tegnieke van onderrig, soos byvoorbeeld rekenaarsimulasies?

(3) Hoe moet die onderwerp chemiese binding aangebied word aan technikonstudente op eerstevlak om die korrekte begripsvorming moontlik te maak sodat die watermolekuul en sy gedrag verstaan sal word?

(4) Kan die gebruik van geskikte visuele materiaal 'n positiewe bydrae tot visualisering en begripsvorming lewer oor chemiese binding en spesifiek die gedrag van die watermolekuul by technikonstudente op die eerstevlak?

1.3 Navorsingshipotese

Deur gebruikmaking van 'n geskikte visueel-gesteunde onderrigstrategie kan begripsvorming ten opsigte van molekule en chemiese binding, soos gevind in water, verbeter word.

1.4 Doel met die navorsing

Die doel met die navorsing is om 'n effektiewe en doeltreffende onderrigstrategie daar te stel, gebaseer op deeglike navorsing, wat begripsvorming in chemie sal ondersteun. In hierdie navorsing is die gebruik van rekenaarsimulasies, as 'n moontlike alternatief, ondersoek.

Doelwit 1: Om uit die literatuur te bepaal hoe die leer van chemie plaasvind en of daar 'n verband bestaan tussen visualisering en begripsvorming in chemie.

Doelwit 2: Om uit die literatuur te bepaal hoe suksesvol tradisionele onderrigstrategieë in die bydrae tot visualisering en begripsvorming in chemie is.

Doelwit 3: Om deur die bestudering van voorgeskrewe handboeke en empiriese ondersoeke vas te stel oor watter begrippe technikonstudente op die eerstevlak behoort te beskik in verband met chemiese binding om die gedrag van die watermolekuul te verstaan.

Doelwit 4: Om deur navorsing vas te stel of geskikte visuele materiaal 'n positiewe bydrae lewer tot visualisering en begripsvorming van chemiese binding by technikonstudente op die eerstevlak ten einde die gedrag van die watermolekuul te verstaan.

1.5 Navorsingsontwerp

Die navorsing is uitgevoer onder die ou onderwysbestel, gevolglik is ou sillabusse en skoolhandboeke in die ondersoek ontleed.

1.5.1 Literatuurstudie

Primêre en sekondêre bronne is gebruik. 'n DIALOG-soektog is onderneem met behulp van die volgende trefwoorde:

Afrikaans: Rekenaargesteunde onderrig, rekenaarondersteunde onderrig, multimedia onderrig, chemiese binding, watermolekuul, interaktiewe video.

Engels: Computer-based education, chemistry, physics, multimedia instruction, interactive video, computers in education, interactive computer simulation, computer-assisted instruction, computer-assisted learning, computer-based training, interactive videodisc lessons, chemical bonding, water molecule, visualisation of a chemical reaction.

Inligting wat uit die literatuurstudie verkry is, is onder meer gebruik om te besluit watter vraelys geskik sal wees met die oog op die empiriese ondersoek.

1.5.2 Empiriese ondersoek

'n Gevalstudie is as navorsingsmetode gebruik.

(1) Vraelys

Die empiriese ondersoek sluit vraelyste in om vas te stel oor watter begrippe technikonstudente op die eerste vlak beskik oor chemiese binding soos dit voorkom in water en sy omgewing. Daarna volg die versameling van geskikte visuele materiaal wat in die onderrig gebruik is.

(2) Populasie

Die ondersoekpopulasie is bepaal.

(3) Analise van resultate

Kwantitatiewe analise van die respondente se response is gedoen.

Kwalitatiewe ontleding van individuele respondente se visuele voorstellings van begrippe is gedoen.

(4) Ontwikkeling van onderrigstrategie

Laastens is 'n onderrigstrategie ontwikkel wat as aanbeveling dien om die begrip chemiese binding, die molekulêre struktuur van water en die gedrag van die watermolekuul effektief te onderrig.

1.6 Hoofstukindeling

1. Oriëntering
2. Hoe vind die leer van chemie plaas met spesifieke verwysing na die rol van visualisering
3. Onderrigstrategieë in chemie wat betekenisvolle leer tot gevolg het
4. Analise van die leerinhoude met betrekking tot chemiese binding soos aangebied op skool en technikon eerstevlak
5. Empiriese ondersoek
6. Die resultate van die ondersoek
7. Samevatting, gevolgtrekking en aanbevelings

1.7 Samevatting van hoofstuk 1 en vooruitskouing vir hoofstuk 2

Om begripsvorming in chemie te verbeter, is dit nodig dat studente in staat sal wees om begrippe te visualiseer. Die meerderheid rekenaarprogramme wat ontwerp is vir die klaskamer het ten doel die bemeestering van leerinhoud deur middel van inoefening en dril. Hierdie programme bevorder egter nie die ontwikkeling van hoër-vlak kognitiewe vaardighede nie.

In hierdie navorsing is daar eerstens deur middel van 'n literatuurstudie vasgestel wat die invloed van visualisering tot begripsvorming in chemie is. Verder is die bydrae van tradisionele onderrigstrategieë tot visualisering en begripsvorming in chemie nagegaan. Deur middel van 'n literatuur- en empiriese studie is vasgestel of visuele materiaal 'n beter bydrae tot visualisering en begripsvorming in chemie lewer. Uit resultate uit bogenoemde ondersoek verkry, is voorwaardes daargestel vir die aanwending van rekenaargesimuleerde visuele materiaal in die onderrig van chemie. Inligting is gepubliseer en tot beskikking gestel van persone wat gemoeid is met onderrig in chemie. Hierdeur kan beter visualisering in chemie bewerkstellig word, wat sal lei tot beter begripsvorming en prestasie in chemie.

2 Hoe vind die leer van chemie plaas, met spesifieke verwysing na die rol van visualisering

2.1 Inleiding

Baie leerders ondervind probleme met die leer van begrippe in chemie omdat - soos ondervinding en navorsing alreeds aangetoon het - die begrippe meestal slegs gememoriseer word, sonder dat enige van die begrippe werklik verstaan word. As gevolg hiervan is dit baie moeilik vir leerders om verwantskappe tussen verskillende begrippe raak te sien en ontbreek dit hulle dus aan die nodige insig in die vak (Basson, 1994: 46). In hierdie hoofstuk sal gepoog word om uit die literatuur vas te stel hoe leer in die algemeen en spesifiek in chemie plaasvind en watter rol visualisering in dié verband speel. Die moderne leerteorieë en epistemologie word ook kortliks ondersoek.

2.2 Wat is leer?

Leer by die mens is só ingewikkeld dat dit nie met behulp van 'n eenvoudige meganisme verduidelik kan word nie (De Wet *et al.*, 1979: 77). Om 'n begrip te kan vorm, moet leer eers plaasvind (De Wet *et al.*, 1981: 27). Leer op sigself is 'n veelkantige verskynsel wat in verskillende vorme in die opvoeding voorkom en daarsonder is opvoeding nie moontlik nie (De Wet *et al.*,1979: 101).

Wanneer daar na ontwikkelings op die gebied van tegnologie gekyk word, is dit verstommend om te sien hoe vinnig kennis verouderd raak. Dit lei daartoe dat die wêreld waarin die gemiddelde persoon doodgaan, hemelsbreed verskil van die wêreld waarin hy

gebore is. As gevolg van die tempo waarteen kennis verouderd raak, is dit dus vir die mens belangriker om bedrewe te wees in **die wyse waarop kennis verkry word** as die kennis as sulks. In die lig hiervan is daar 'n dringende behoefte in die onderwys om te weet wat die aard van chemie is en veral hoe daar volgens die eie aard van die vak onderrig moet word, sodat 'n leerder sinvol betekenis kan gee aan die inhoud van die vak, ten einde te dien as motivering vir die leerder om die vak te leer (Geer, 1993: 1).

2.3 Begripsvorming (verstaan)

Onderriggewers in chemie stel baie feite aan leerders bekend, maar die groot vraag wat hulle hulself altyd afvra is: Hoeveel van die leerinhoud word werklik deur die leerders **verstaan?** Begripsvorming of verstaan is die uiteindelike doelstelling van die onderriggewer, maar om hierdie begripsvorming te definieer is baie moeilik (White, 1988: 49). Novak (1988: 82) definieer 'n begrip as 'n waargenome reëlmatigheid in gebeure of voorwerpe wat deur die individu met behulp van 'n spesifieke term aangedui word. Dit is dus vir die onderriggewer belangrik om seker te maak dat die leerder in staat sal wees om die begrip te kan vorm deur veralgemening van besondere gebeurtenisse wat betrekking het op die idee of ervaring.

Begripsvorming vind by elke persoon op unieke wyse plaas volgens sy vermoë, ervaring en moontlikhede (Basson, 1987: 285). Dit is haas onmoontlik om 'n afgebakende definisie te gee aan so 'n omvattende begrip soos verstaan. De Wet *et al.*(1981: 97) verduidelik begripsvorming, of die verkryging van insig, as die innerlike oriëntering ten opsigte van 'n nuwe opgawe met behulp van bestaande verstandelike handelinge. Verstaan word verder gedefinieer as 'n aktiewe denkhandeling van die leerder: die leerder moet aandag gee, reeds geleerde gegewens uit sy langtermyngeheue oproep, denkbeslissings neem, gegewens analiseer en weer saamvat. Dit is die sien van verbande of betrekkinge tussen gegewens in 'n probleemsituasie (De Wet *et al.*, 1981: 294).

Dit is vanselfsprekend dat so 'n abstrakte handeling soos begripsvorming baie moeilik getoets of gemeet kan word. Dit kan nie gemeet word met byvoorbeeld 'n termometer, of deur 'n multikeuse toets nie. Begripsvorming (verstaan) verskil ook van een leerinhoud tot 'n ander (White, 1988: 49). 'n Vergelyking tussen **ken** en **verstaan** onderstreep die

misterieuse karakter van verstaan. As die onderriggewer dit byvoorbeeld ten doel het dat die leerders Le Chatelier se beginsel moet **ken**, kan dit getoets word deur die leerders te versoek om dit op te sê of selfs om die beginsel neer te skryf. As dit egter die onderriggewer se doel is dat die leerders Le Chatelier se beginsel moet **verstaan**, sal die genoemde metodes van toetsing nie meer voldoende wees nie. In die geval van **verstaan**, moet die leerders weet wat die beginsel impliseer en hulle moet dit aan die hand van chemiese vergelykings kan verduidelik. **Ken** is 'n toestand van besit. Daar kan maklik getoets word of leerders die kennis besit. **Verstaan** of begripsvorming is iets meer as net besit. Leerinhoude wat verstaan word en begrip van die nodige beginsels lei tot meer oordrag as wanneer die leerstof nie verstaan word nie. Dit is dus beter om met die onderrig van die leerinhoud meer klem te lê op die verstaan van die basiese beginsels as op die memorisering van feite (De Wet *et al.*, 1981: 330). Leerders wat verstaan kyk verder as net die gegewe inligting. Verstaan kan gesien word as 'n toestand van bevoegdheid. As die leerinhoud verstaan word, kan daar iets mee gedoen word.

Om leerinhoude te verstaan beteken dat die leerder in staat moet wees om die volgende take te kan uitvoer:

- Verduideliking
- Toeligting
- Toepassing
- Regverdiging
- Vergelyking en kontras
- Verbandvorming
- Veralgemening

Sommige van bogenoemde take is nie so ingewikkeld nie, terwyl ander 'n groot uitdaging inhou vir die leerder. Verstaan word geïdentifiseer deur middel van die take van verstaan. Verskillende take vereis verskillende denkprosesse. Daar is ook grade van verstaan: die leerder kan min verstaan of die leerder kan baie verstaan. Dit is egter nooit moontlik om alles te verstaan nie, want daar sal altyd ekstrapolasies gemaak kan word.

Die opvoedkundige sy van die leerproses handel oor onderrig wat sodanig geskied dat dit die leerder in staat stel om die leerinhoud te verstaan. Dit is 'n saak van metode. Dieselfde

leerinhoude moet op nuwe, beter wyses onderrig word sodat dit verstaan kan word deur die leerders. Dit is ook die onderrig van nuwe leerinhoude. Die pedagogiek van verstaan behels dus die uitbreiding van die kurrikulum en beter onderrigmetodes (Perkins, 1994: 66-69). Dit is die verantwoordelikheid van die onderriggewers om toe te sien dat die leerders die nodige vaardighede ontwikkel om leerinhoude te kan verstaan (Wellington, 1989: 5). Die verskillende onderrigstrategieë wat in die onderrig-leer situasie gebruik kan word, geniet meer aandag in hoofstuk 3.

2.4 Visualisering

2.4.1 Wat is visualisering of gedagtebeelde?

Gedagtebeelde (visuele voorstellings in 'n leerder se gedagtes) is enige samevattende brugvormende voorstelling wat die denke omtrent die onderwerp of vak bemiddel. Dit vorm die kennisraamwerk vir al die take wat kenmerkend is van die verstaanproses (Gagné & White, 1978: 193).

Notas, tekeninge en diagramme is voorbeelde van visuele voorstellings wat gebruik word om leerders te help om skemas te ontwikkel wat hulle kan gebruik om byvoorbeeld chemie te leer. Die wyse waarop notas saamgestel word, kan 'n belangrike invloed hê op hoe effektief die inligting deur die leerders onthou word. Notas kan sodanig opgestel word dat dit sleutelinligting uitlig; onderlinge verwantskappe tussen leerinhoude kan met behulp van goeie organisasie aangetoon word en noodsaaklike inligting wat ontbreek kan geïdentifiseer word.

Die mees algemene vorm van visuele voorstelling van leerstof is om die hoofpunte van die leerinhoud kortliks uit te stippel. Dit word egter nie beskou as die beste metode van visualisering van leerinhoud nie. Hiërargieë, reekse en tabelle blyk baie meer effektiewe strategieë van visualisering te wees waarvolgens leerders die leerinhoud vir hulself kan uiteensit sodat dit meer sinvol geleer kan word (Saunders *et al.*,1995: 42). Gedagtebeelde kan ook vir abstrakte leerinhoude bestaan, byvoorbeeld die organisasie van elemente in die periodieke tabel. Die tabel self is 'n duidelike, konkrete voorstelling en as dit gememoriseer word, word dit ook 'n gedagtebeeld.

Gedagtebeelde het 'n sterk visuele karakter, wat nie noodwendig so konkreet hoef te wees nie. Dit word algemeen aanvaar dat gedagtebeelde met 'n meer visuele karakter 'n groter deurdringingsvermoë het (Gagné & White, 1978: 193). Dit kan egter enige van die sensoriese en simboliese sisteme van menslike kognisie insluit, byvoorbeeld taal, musiek, teken, gebare, metafoor, analogie, ensovoorts. Gedagtebeelde maak verstaan moontlik (Saunders *et al.*, 1995: 42-45).

2.4.2 Eienskappe van gedagtebeelde

Daar bestaan verskillende voorbeelde van gedagtebeelde wat in die onderrigleersituasie gebruik word. Gedagtebeelde wat effektiewe leer bevorder, beskik gewoonlik oor die volgende belangrike eienskappe:

- **Breedte:** Gedagtebeelde omvat nie slegs enkele geïsoleerde punte nie. Dit dek 'n wye gebied - 'n hele onderwerp.
- **Koherensie:** 'n Gedagtebeeld is meer as net 'n hoop inligting. Die inligting hou verband met mekaar.
- **Vrugbaarheid:** Dit laat ekstrapolasies toe. Beantwoording van vrae en handelinge gaan verder as net dit wat geleer moet word.
- **Toeganklikheid:** Gedagtebeelde moet maklik gelees kan word.

Swak gedagtebeelde voldoen nie aan al die kriteria nie, terwyl sterk gedagtebeelde wel daaraan voldoen (Perkins, 1994: 70-74).

2.4.3 Verstaan bevorder die skep van gedagtebeelde

Die verband tussen verstaan en gedagtebeelde werk nie net in een rigting nie. Gedagtebeelde maak verstaan moontlik, maar die uitvoer van verstaantake help ook in die skepping van gedagtebeelde. Daar bestaan 'n resiproke verhouding tussen verstaan en gedagtebeelde. Deur leerders te help om gedagtebeelde te vorm, ongeag op watter wyse, word bronne vir die verstaantake verskaf. Die omgekeerde is ook waar. As leerders geleer word om te voorspel, te verklaar, op te los, te veralgemeen, ensovoorts, word hulle ook gehelp om gedagtebeelde te vorm. Dit help hulle om swak beelde te omskep in sterk beelde (Perkins, 1994: 75-76).

2.4.4 Verband tussen die verstaan van chemie en visualisering

Die probleem met die onderrig van fundamentele begrippe in chemie sentreer rondom die verstaan van begrippe van chemiese prosesse wat op mikroskopiese vlak plaasvind. As 'n chemiese reaksie op makroskopiese vlak in die laboratorium plaasvind, kan die leerders die reaksie waarneem en die aard van die reaksie kan gewoonlik verduidelik word. Die meerderheid leerders in chemieklasse is egter nie in staat om te verduidelik wat op submikroskopiese vlak aan die gang is in die reaksie nie, dit wil sê hulle kan nie verduidelik wat gebeur in terme van die atome en die molekule nie (Andersson, 1990:69). Hulle is nie in staat om die reaksie vir hulself te visualiseer nie. Omdat hulle nie die reaksie kan visualiseer nie, kan hulle nie hul eie beeld vorm van die interaksies van atoombinding in 'n gegewe chemiese proses nie.

Leerders kan ook nie onderskei tussen die mikroskopiese en makroskopiese terme soos wat dit in chemie gebruik word nie. Die terme wat gebruik word sluit byvoorbeeld atome, molekule, deeltjies, stof, mol, verbinding, binding, ens. in. Al hierdie terme is fundamenteel in 'n algemene chemiekursus. Leerders gee self moontlike redes vir die probleme wat hulle hiermee het. Die redes wat hulle gee, toon 'n hele aantal wanopvattinge.

Dit sluit in:

- Chemiese terme word swak verstaan.
- Die makroskopiese en mikroskopiese beskrywings is verwarrend, byvoorbeeld: Molekule is makroskopies en atome is mikroskopies!
- Gasdeeltjies is onsigbaar en soliede deeltjies is sigbaar, wat veronderstel dat die deeltjies wat dieselfde stof uitmaak, verskillend van mekaar kan wees, afhangende van die fase!
- Leerders beskik nie oor die vermoë om te visualiseer in terme van 'n groot aantal deeltjies of molekule nie.

Hierdie is beslis bydraende faktore tot die oorsprong van verkeerde idees in chemie.

Chemiese vergelykings word reeds baie vroeg aan die leerders gegee as 'n "kort" beskrywing van 'n chemiese reaksie. Om 'n chemiese vergelyking korrek te verstaan, behels die bemeestering van 'n groot aantal aspekte (Ben-Zvi *et al.*, 1987: 117). Die volgende take moet eers bemeester word:

1. Die strukturele aspekte van chemiese reaksies
   - die struktuur van molekule en elemente
   - die struktuur van verbindings
   - die aard van die gastoestand
2. Die interaktiewe aspek van 'n chemiese reaksie
3. Die dinamiese aspek van 'n chemiese reaksie
4. Die kwantitatiewe aspekte van 'n chemiese reaksie

Die aspekte is nog nie almal bekend aan die leerder wanneer chemiese vergelykings aan hulle bekend gestel word nie, en dit bring mee dat die chemiese vergelykings nie deur die leerders verstaan word nie. Die leerders probeer dus al die moontlike chemiese vergelykings memoriseer en dit bring mee dat die leerders 'n negatiewe houding teenoor chemie ontwikkel. Deur gebruik te maak van modelle, kan leerders beter insig verkry in die aspekte struktuur en proses in chemie. Die soort modelle wat in Natuur- en Skeikunde voorkom, is visueel van aard (Smit, 1996:ongepubliseer).

'n Volledige beskrywing van 'n chemiese reaksie is omslagtig en outeurs van handboeke beskryf dus net 'n gedeelte van die chemiese reaksie wat hulle voel relevant is vir die idee wat by die leerders tuisgebring moet word. Om leerders te help om leerprobleme te oorbrug, moet modelle meer ekstensief gebruik word en beide die struktuur en reaksies moet voorgestel word op 'n wyse wat ooreenstem met Pauling se voorstelling (Ben-Zvi *et al.*, 1987: 119). Dit is inherent moeilik om die dinamiese aard van 'n chemiese reaksie in handboeke voor te stel en dit is dus die taak van die onderriggewer om dié aspek by die leerders tuis te bring. Leerders moet dus in staat wees om in hul gedagtes die volledige chemiese reaksie met al sy fasette te visualiseer alvorens dit verstaan kan word.

Die primêre hulpmiddels wat gebruik word om leerders te help om chemikalieë en chemiese reaksies te visualiseer, is verduidelikings deur middel van spraak,

sketse op die skryfbord en demonstrasies van chemiese reaksies. Verduidelikings aan die hand van die skryfbord is beperk tot handgeskrewe teks en lyndiagramme, en dit is dus moeilik om komplekse chemiese prosesse op die skryfbord te verduidelik. Demonstrasies van eksperimente, demonstrasies met behulp van videokassette en uitvoering van eksperimente is besonder nuttig om 'n mate van visualisering by leerders te veroorsaak, al is die leerlinge slegs toeskouers. Tyd, kostes en veiligheid plaas 'n beperking op die aantal en soort demonstrasies wat uitgevoer kan word (Smith & Jones, 1992: 41).

Handboeke beperk beskrywings tot die gebruik van woorde, sketse en stilfoto's om chemiese reaksies voor te stel. Omdat die dikte van die handboek afhang van die aantal diagramme en prentjies en die koste afhang van die aantal kleurfoto's, moet die meeste chemie beskryf word deur woorde. Die beskrywing en reaksievergelykings van die reaksie van broom met alkalimetale in 'n handboek is nie voldoende om 'n onthoubare beeld van die dramatiese reaksies te skep nie. Leerders moet die reaksies kan waarneem alvorens dit kan gebeur. 'n Moontlike oplossing is die voorstelling van die chemiese reaksies op rekenaar deur middel van bewegende kleurbeelde wat die reaksie so werklik as moontlik uitbeeld. Hierna word verwys as rekenaarondersteunde onderrig. Dit is moontlik om eenvoudige lynsketse te vervang met digitale beelde van regte chemikalieë en apparate (Smith *et al.*, 1986: 117-120).

2.5 Leermodelle

Dit is belangrik om vas te stel op watter wyse die mens inligting inneem, dit in sy verstand voorstel, dit bewaar en dit dan weer in verband bring met ander, nuwe inligting (De Wet *et al.*, 1981: 27). Die leerhandeling is baie kompleks. Hierdie kompleksiteit van die onderrig-leerverloop het die effek dat enige leermodel nie in 'n absolute sin geïnterpreteer moet word nie. Om die invloed van rekenaarsimulasies op begripsvorming sinvol en in perspektief te kan interpreteer, is dit egter nodig dat 'n vasgestelde leermodel daargestel word. Die doel van die leermodel is meer om dit as makrostruktuur te gebruik in terme waarvan navorsingsresultate oor die effek van visuele materiaal op begripsvorming geïnterpreteer kan word (Basson, 1987: 285).

2.5.1 Invoer van nuwe idees op die gebied van leermodelle

Wye belangstelling heers die afgelope dekade in die ontwikkeling van verskeie leerteorieë met betrekking tot die wyse waarop leerders chemie leer (Geer, 1993: 2). Leerteorieë is lank oorheers deur die behavioristiese beskouing van leer wat die mens as ongedeelde psigofisiese eenheid beskou en alle gekompliseerde gedrag herlei tot eenvoudige gedragselemente, naamlik reflekse. Volgens hierdie leerteorie reageer die mens deur onbewuste response op bepaalde stimuli. Alle gedrag by die mens word volgens die stimulus en respons (S-R-teorie) verklaar (De Wet *et al.*, 1979: 7) Hierdie beskouing van leer verklaar egter slegs sekere soorte leer.

Sedert die sewentigerjare het daar betekenisvolle vooruitgang plaasgevind op die gebied van leerteorieë, sowel as die epistemologie. Leerpsigologie het grotendeels wegbeweeg van die behaviorisme en daar is 'n sterk wending in die rigting van 'n kognitiewe benadering tot leer. Volgens die nuwe benadering gaan dit om begripsvorming, dit wil sê, die mens se manier van betekenis gee aan dit wat hy beleef. Verskeie wetenskaplikes beklemtoon die waarde van 'n konstruktivistiese leerbenadering in natuurwetenskaponderwys. Volgens hierdie benadering moet die leertaak van so 'n aard wees dat die leerders uitgedaag word om aktief te ondersoek en te ontdek om sodoende hul aandag op nuwe leerstof te fokus (Novak, 1988: 77).

Die teoretiese basis vir konstruktivistiese navorsing kom van verskeie bronne, insluitende David Ausubel (1968: 24): - "'n leerder se voorkennis is 'n belangrike faktor in die bepaling van wat geleer word in 'n gegewe situasie." Chemie word dus geleer deur die nuwe kennis met vorige kennis onderling in verband te bring - die sogenaamde opbouende manier van leer. Konstruktivistiese navorsing is gefokus op die identifikasie van leerders se opvattinge aangaande wetenskaplike verskynsels en hoe hul idees verskil van werklike wetenskaplik korrekte opvattings. Daar kan na hierdie opvattinge van leerders verwys word as wanopvattinge, alternatiewe idees, naïewe teorieë of alternatiewe raamwerk-strukture.

2.5.2 Die nuwe epistemologie

Die filosofie van kennis en kennisproduksie het vroeër gekonsentreer op die empirisistiese en positivistiese uitgangspunte wat veral gebaseer was op eksperimentele werk wat ontwerp was om hipoteses te bewys of selfs eksperimentele werk te vervals om sekere "waarhede" te vestig by die leerders. Volgens die nuwe kognitiewe benadering word chemie geleer deur van modelle of denkskemas gebruik te maak. Soos wat meer inligting bekend word, word die model deurlopend aangepas om steeds die waarnemings wat gemaak word, te kan verklaar. In hierdie verband stel Kuhn, soos verwys na deur Novak (1988: 78), dat wetenskaplikes paradigmas skep wat bepaal op watter wyse hulle hul ondersoek begryp en watter interpretasies hulle maak uit dit wat hulle waarneem. Daar word ook verwys na evolusionêre wetenskap waar ouer idees of modelle geleidelik aangepas word by nuwe ontwikkeling en sodoende nuwe modelle geskep word. Navorsing het getoon dat baie studente (en selfs lektore!) tot 'n groot mate nog vashou aan die positivistiese uitgangspunt waarvolgens slegs gegewens wat met die sintuie verkry kan word as waar en geldig aanvaar word. Hierdie benadering belemmer tot 'n groot mate die leer van chemie en lei verder ook tot die ontstaan van menige wanopvatting aangaande leerinhoude in chemie (Novak, 1988: 78).

2.5.3 Die nuwe leerpsigologie

Vroeër is meer aandag gegee aan die gedrag van die mens as die wyse waarop hy dinge begryp en betekenis daaraan gee. David Ausubel was die eerste navorser wat 'n poging aangewend het om die aard en die rol van begrip volledig uit te spel. Hy het ook duidelik onderskeid getref tussen sogenaamde papegaaiwerk ("rote learning") en leer met begrip. Ausubel het die belangrikheid van voorkennis by leerders benadruk en hy het veral klem daarop gelê dat dit noodsaaklik is om te begin by dit wat reeds aan die leerder bekend is en dan daarop voort te bou (Novak, 1988: 81).

Die kognitiewe benadering tot leer benadruk die aktiewe rol wat die leerder speel in die leerproses (Du Toit & Lachmann, 1997: 41). By die daarstelling van die kognitiewe leermodel vir die leer van chemie is die vooronderstelling gehandhaaf dat begripsvorming in die geval van elke individu op 'n unieke wyse plaasvind, afhangend van die besondere individu se eienskappe. Verder moet in gedagte gehou word dat die persoon wat leer, steeds as een geheel optree, alhoewel hy oor baie verskillende fasette beskik (Basson, 1987: 285).

Alhoewel verskillende navorsers oor sekere aspekte van die nuwe kognitiewe leermodel van mekaar verskil, is daar tog tot 'n groot mate konsensus dat relatief geldige en stabiele beginsels van leer, wat belangrike betekenis het vir die leer van chemie, wel bestaan, Dié leerbeginsels word kortliks vanuit die literatuur beskryf:

(a) Begrippe word vroeg reeds gevorm.

In 'n konstruktivistiese manier van leer konstrueer die leerders hul kennis deur nuwe ervarings of idees te interpreteer in die konteks van hul voorkennis, hul ondervindinge, gedagtebeelde of leerepisodes wat alreeds bestaan. Leerders se opbou van kennis begin reeds op 'n vroeë stadium sodat, teen die tyd dat hulle met die formele studie van chemie gekonfronteer word, hulle reeds stewige, stabiele persoonlike opvattinge vasgelê het aangaande die natuurverskynsels wat hulle alreeds beleef het. Dit is dus belangrik om in gedagte te hou dat die begripvorming van 'n leerder gebaseer is op die individu se aanvanklike ervaring van die betekenis van die woord of term (Basson, 1994: 46). Gegewe hierdie beskouing, moet een van die belangrikste doelwitte van die onderriggewer se benadering wees om die begripsverandering van nuwe verskynsels so maklik as moontlik te probeer maak vir die leerder. Die meeste navorsers in die onderrig van chemie en die opvoedkundige psigologie het hierdie benadering aanbeveel vir die proses waardeur wetenskaplike teorieë verandering ondergaan en waardeur herstrukturering, rekonstruksie en transformasie van wetenskaplike opvattinge kan plaasvind.

(b) Wanopvattinge word vroeg reeds vasgelê en dit is baie moeilik om hierdie wanopvattinge reg te stel of te verander.

In 'n hipotetiese sin mag dit blyk dat dit sinvol is om leerders se huidige bestaande opvattinge of begrippe van sekere verskynsels eenvoudig te identifiseer en te herken en dan die onderriggewer se rol in die verandering van hierdie begrippe te beklemtoon, sodat die leerders se begrippe van wetenskaplike verskynsels meer ooreenkom met dit wat as wetenskaplik korrek beskou word. Navorsing het egter getoon dat dit naïef is om te dink dat, sodra onderriggewers bewus is van watter wanopvattings daar by leerders voorkom, die begrippe maklik reggestel kan word (Matthews, 1997:115). Leerders bied sterk weerstand teen enige poging wat aangewend word om hul aanvanklike begrip te verander, selfs al word die foute van hul begrip aan hulle getoon (Novak, 1988: 83).

Posner G.J. *et al.* (1982: 211-227) het vier operasionele toestande gepostuleer om begripsverandering by leerders teweeg te kan bring. Dit kan herken word aan die formulering van hul opvoedingsteorie:

- Vir leerders om hul opvattinge omtrent 'n gegewe verskynsel te verander, moet hulle eers ontevrede wees met hul huidige opvatting omtrent die verskynsel. Hierdie ontevredenheid vloei voort uit herhaalde blootstelling aan sekere alledaagse ervarings wat net eenvoudig nie verduidelik kan word deur gebruik te maak van die leerders se huidige begrippe nie.
- Tweedens moet die nuwe begrip meer intellektueel van aard wees as die vorige ondervindings en die voorkennis, sodat daar 'n samehang tussen die nuwe verskynsels en die nuwe begrip bestaan.
- Derdens moet die nuwe begrip aanneemlik genoeg en buigbaar genoeg wees, sodat dit verduidelik en verbind kan word met die vorige ervarings en waarnemings.

- Laastens moet die nuwe begrippe vrugbaar en insiggewend wees, sodat nuwe gebiede van navraag oopgestel kan word en sodat voorspellings gemaak kan word oor toekomstige gebeure en ervarings.

Selfs al word hierdie opvatting van wetenskaplike begripsverandering by leerders aanvaar as metode van onderrig, is dit egter belangrik om in gedagte te hou dat die leerders se aanvanklike opvattinge dikwels nie gedifferensieer en geïntegreer is nie. Die meeste van die leerders het genoeg tyd nodig om hul eie idees en opvattinge meer eksplisiet te maak en hulle moet voldoende geleentheid kry om hul opvattinge toe te pas op die wêreld waarin hulle elke dag leef en ook in verskillende kontekste. Navorsing op die kognitiewe wetenskappe en konstruktivisme het getoon dat wanneer daar besin word oor 'n benadering vir die onderwys, 'n mens moet besef en raaksien dat leerders hul eie verduidelikings of opvattinge het vir verskillende verskynsels. Dus, leerders is nie leë houers waarin daar eenvoudig wetenskaplike feite, inligting en begrippe gegiet kan word nie (Stuart & Taylor, 1992:126). Daar moet altyd rekening gehou word met die leerders se bestaande opvattinge, aangesien dit daartoe kan lei dat nuwe leerinhoude totaal verkeerd verstaan word (Robinson, 1998:1074).

'n Konstruktivistiese uitdaging vir 'n onderriggewer is om die onbevoegdheid en onvermoë van die leerder se vorige opvattinge aan die lig te bring en die tyd en geleentheid vir hom daar te stel om meer wetenskaplik akkurate begrippe te konstrueer.

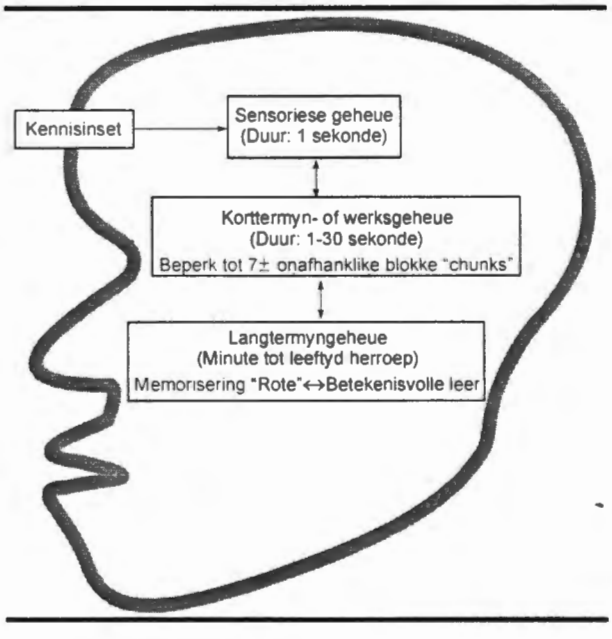
(c) Voorkennis beïnvloed die leer van nuwe begrippe.

Dit wat reeds aan die leerder bekend is, gaan beslis bepaal wat deur die betrokke individu geselekteer word. Die omgekeerde is natuurlik ook waar, naamlik dat die inhoud wat uit die nuwe stimuli geselekteer word, ook 'n besliste invloed sal hê op die kennis wat lankal reeds gestoor is. 'n Komplekse verwerking hiervan moet plaasvind.

Ausubel, soos aangehaal deur Basson (1994: 46), het gestel dat indien hy alle leerteorieë moes reduseer tot slegs een enkele beginsel, hy die volgende sou sê: "The most important single factor that influences learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly." Onlangse navorsing deur verskeie navorsers op die gebied van die opvoedkunde het keer op keer die geldigheid van hierdie stelling van Ausubel bewys, alhoewel die meeste van die navorsing nie daarop gebaseer was nie. Voorkennis is deels verantwoordelik vir baie van die frustrasies wat veroorsaak word deur wanopvattinge by leerders. Die wanopvattinge maak dikwels juis deel uit van die leerders se voorkennis en leerders is geneig om daaraan vas te klou as 'n soort "anker" waarop hulle hul nuwe begrippe bou. In die proses kan die wanopvatting moontlik aangepas word, maar nooit heeltemal geëlimineer word nie (Novak, 1988: 85).

(d) Die kapasiteit van inligtingverwerking is beperk.

Die menslike brein stoor en verwerk inligting in drie verskillende sisteme. Figuur 2.1 is 'n voorstelling van die drie sisteme soos dit deur Novak (1988:86) voorgestel word.



Figuur 2.1: Drie vorme van geheue.

- Sensoriese geheue ± 1 sekonde
- Korttermyngeheue of werksgeheue ± 30 sekondes, met 'n beperkte aantal inligtingsblokke ("chunks"). Dit is belangrik dat daar nie van leerders verwag moet word om meer as sewe blokke inligting vir 'n spesifieke idee of segment te verwerk nie.
- Langtermyngeheue wat minute kan duur en lewenslank herroep kan word

Figuur 2.1 stel egter nie die kompleksiteit van leer voor nie. Leer vind eerder interaktief plaas as wat dit in 'n reeks presies opeenvolgende stappe plaasvind (Novak, 1988: 86).

Daar is een gemeenskaplike faktor wat aangetref word in alle areas van natuurwetenskap wat deur leerders as moeilik beskou word, naamlik die **oorbelading** van die vermoë van die werksgeheue. Die presiese werking van die werksgeheue is nog nie ontrafel nie, maar navorsers is dit eens dat die kapasiteit van hierdie geheue beperk is (Johnstone & El-Banna, 1986: 80).

(e) Die meeste kennis of inligting word hiërargies of geordend gestoor.

Dit wil voorkom asof die menslike brein funksioneer op so 'n wyse dat die meeste nuwe begrippe ingesluit word onder die betekenis van begrippe wat reeds vooraf bestaan het (Novak, 1988: 88). Begripskaarte is besonder waardevol in hierdie verband en dit kan gebruik word om leerders te lei om hul werk sistematies en geordend vir hulself uiteen te sit (Basson, 1994: 46).

(f) Leerders is selde bewus van hul eie kognitiewe prosesse.

Leerders is gewoonlik totaal onbewus van die feit dat, wanneer hulle besig is om te leer, die inligting deur middel van drie verskillende sisteme verwerk word en dat daar voortdurende interaksie tussen die drie sisteme onderling plaasvind. Leerders is gewoonlik nie in staat om basiese prosesse soos affektiewe en kognitiewe inligtingverwerking en stoor van inligting te herken nie. Dit is die onderriggewers se plig om die leerders

bewus te maak van die basiese beginsels van leer sodat effektiewe leer kan plaasvind.

(g) Die leer van studente word beïnvloed deur die epistemologiese beskouing waartoe hulle hulself verbind het.

Leerders benader hul studie op verskillende wyses, afhangend van wat hul ingesteldheid ten opsigte van hul studie is. 'n Leerder wat 'n konstruktivistiese leerfilosofie aanhang, sal sy werk met meer diepte benader en sal uiteindelik ook in staat wees om abstrakte probleme te kan oplos. Sulke leerders toon ook 'n groter mate van selfbeheersing en selfdissipline ten opsigte van hul studie (Basson, 1994: 47).

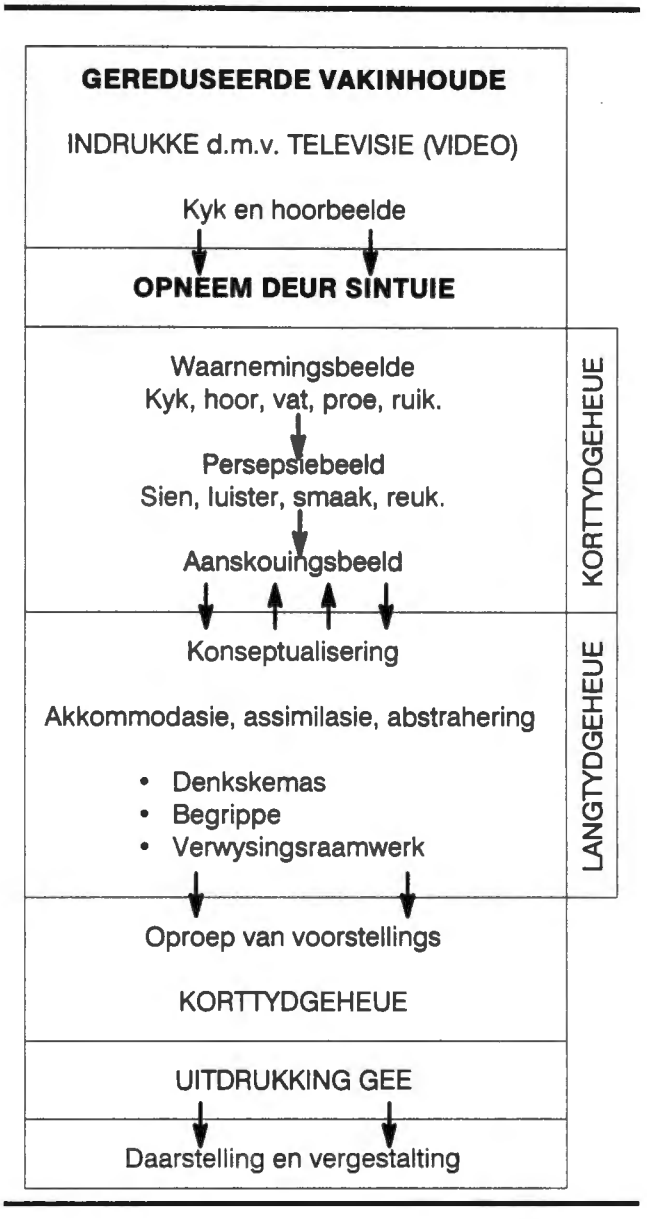
(h) Tydens die leerproses word denke, gevoel en optrede met mekaar geïntegreer.

Dit is die onderriggewer se taak om die gedagtes en denke van die leerder vas te stel en te bepaal (Novak, 1988: 82-93).

2.5.4 Die inligtingverwerkingsmodel

Om effektief te leer moet daar in werklikheid vier prosesse plaasvind. Eerstens moet die leerders die inligting wat van belang is selekteer vanuit al die beskikbare inligting. Tweedens moet hierdie inligting in die geheue van die leerder verteenwoordig word. Derdens moet verbandlegging tussen nuwe inligting en die leerder se voorkennis gemaak word. Vierdens moet die leerders kan herken dat hulle nuwe leerinhoude tot hul reeds bestaande kennis bygevoeg het. Hierdie tipe inligtingverwerking is 'n tipiese konstruksie van betekenisvolle leer (Saunders, *et al.* 1995: 42).

Inligtingverwerking is die proses waardeur enige sisteem inligting omvorm of in verband bring met reeds beskikbare inligting om sodoende nuwe inligting te skep (De Wet *et al.*, 1981: 112). Basson (1987: 285) verduidelik die inligtingverwerkingsmodel van die mens se kognitiewe sisteem aan die hand van Figuur 2.2.



Figuur 2.2: Inligtingverwerkings-model.

Hierdie model toon duidelik hoe die leer van chemie op 'n sekere manier behandel en versorg kan word vir beter en meer betekenisvolle verstaan van die leerinhoude.

Sensoriese geheue:

Die aanvanklike stadium van inligtingverwerking begin met die leerder wat omring is deur 'n aantal gebeurtenisse of voorwerpe. Deur gebruik te maak van sy vier sintuie, kan hy die fisiese uitwerking van hierdie gebeurtenisse vertolk as smaak, reuk, gehoor (klank) en aanraking. Elkeen van hierdie sensoriese gebeurtenisse moet egter bokant 'n sekere minimum drumpelintensiteit geskied

voordat dit in die leerder se werksgeheue vertolk en verwerk kan word. Die grootte van die blokke inligting waaraan aandag gegee kan word, word beheer deur die leerder se voorkennis (Johnstone & El-Banna, 1986: 80). Die leerder sal fokus op daardie aspekte van sy omgewing wat op sy huidige oogmerk van toepassing is. In hierdie geval word die seleksie van die leergebeurtenis geaffekteer deur die feit dat die leerder dit as onderling verwant aan vorige leerinhoude, interessant of verstaanbaar vind. Die uitsoek van sekere gebeurtenisse vir optimale aandag is 'n deurslaggewende deel van leer. Die leerder gee dus eerstens aandag aan 'n uitgesoekte groep stimuli van veelvuldige gebeure of voorwerpe in sy omgewing voordat dit verder verwerk word na meer betekenisvolle, verstandelike vorme (Gagné & White, 1978: 196-197).

Volgens die inligtingverwerkingsmodel is die mens 'n aktiewe deelnemer aan die leergebeure en word die inkomende inligting op 'n aktiewe wyse gekodeer (De Wet *et al.*, 1981: 28). Die indrukke van buite wat deur die sintuie waargeneem word as afsonderlike beeldindrukke naamlik kyk, hoor, vat, proe en ruik, vorm die eerste waarnemingsbeeld (Basson, 1987: 285). 'n Swak waarnemingsvermoë in chemie word gesien as die oorsaak van ontoereikende begripsvorming (Geer, 1993: 3). Die eerste indrukke wat die sensoriese geheue bereik, raak baie vinnig verlore (binne 'n sekonde of selfs minder) tensy dit oorgedra word na die korttermyngeheue waar dit vir 'n halwe minuut of langer gehou kan word (Novak, 1988: 86).

Korttermyngeheue:

Wanneer inligting op grond van uitwendige indrukke ontvang en deur die leerders gedekodeer word, is die onderlinge samehang en wisselwerking tussen waarnemingsbeeld, persepsiebeeld en aanskouingsbeeld van groot betekenis vir die vaslegging van duidelike voorstellings (konsepte) in die langtermyngeheue (Basson, 1987: 285).

Die waarnemingsbeelde vorm die eerste indruk in die korttermyngeheue of werksgeheue, maar dit is nog baie oppervlakkig van aard (Basson, 1987: 285). Wanneer die leerder egter merk dat aspekte of deelaspekte van die saak op so 'n wyse vertoon word dat daar 'n permanentheid sigbaar word sodat die leerder dit duidelik kan identifiseer, vorm dit 'n persepsiebeeld. Perseptuele leer kan

omskryf word as daardie soort leer wat in verband staan met die herkenning in interpretasie van die stimuli wat op die sintuie inwerk. Perseptuele leer vorm die grondslag van alle hoër verstandelike leerprosesse waar dit gaan om die assosiasie van voorstellinge en wat voer na die verstaan van die stimulus. Dit is die bron van alle konseptuele leer (begripvorming) omdat allerlei verbindings van sintuiglike ervaringe heenvoer na 'n bekwaamheid om abstrakte begrippe te verstaan (De Wet *et al.*, 1981: 125).

Persepsie is dus 'n kognitiewe proses, maar die beeld wat gekonstrueer word is nog nie 'n verstaanbare beeld wat in die mens se bewussyn gevorm word nie. Die waarnemer is elke oomblik in afwagting besig om inligting te konstrueer wat hom in staat sal stel om nuwe inligting wat beskikbaar raak, te aanvaar. Op grond van 'n goeie waarnemingsbeeld en 'n duidelike gevormde persepsiebeeld sal die leerder deur 'n innerlike verbandlegging hierdie persepsiebeeld in verband bring met vorige relevante denkvoorstellinge en ervaringreste (Basson, 1987: 285).

Die korttermyngeheue dien ook as 'n soort van 'n inligtingshek en slegs ongeveer sewe blokke ("chunks") inligting kan tegelykertyd in hierdie werksgeheue hanteer word (Novak, 1988: 86-87). Voordat 'n sekere stuk inligting of 'n leergebeurtenis sodanig ervaar kan word, moet dit eers geïnterpreteer word, wat insluit dat daar betekenis daaraan gegee moet word en dat daar gedagtebeelde gevorm moet word van die stimuli wat ontvang is. Dit word gewoonlik gedoen deur hulle in patrone te groepeer, wat ooreenstem met voorwerpe of leergebeurtenisse wat vantevore ervaar is. Die konstruksie van leerpatrone of gedagtebeelde is só 'n fundamentele menslike eienskap, dat die neiging bestaan om te vergeet dat leerinhoude as patrone geleer word. Hierdie leerpatrone is soortgelyk aan die visualisering van begrippe in die leer van chemie, soos byvoorbeeld die mikroskopiese begrippe van atome, molekule, ione, ladings, ens.

Leerders het 'n neiging om die leergebeure as 'n versameling van betekenisvolle of interpreteerbare eenhede te sien of waar te neem. Leerinhoude, beperk tot dit wat verwerk kan word, word geselekteer. As 'n stel stimuli nie in eenhede gekombineer kan word nie, kan die leerder hulle nie selekteer vir waarneming

nie en gevolglik kan dit nie verwerk word tot betekenisvolle leereenhede nie. Wat die leerder weet of ken, bepaal wat deur die betrokke leerder gesien kan word. Selfs as twee persone in staat is om dieselfde gebeurtenis waar te neem, is dit moontlik dat hulle verskillende dele van die gebeure kan selekteer om besondere aandag daaraan te skenk. Wat hulle sal selekteer, sal beïnvloed word deur hulle voorkennis, hulle houding teenoor die gebeure en hul vermoëns. Hoedanig hul visualisering van die begrippe is, sal bepaal of hulle in staat is om die leereenhede te kan hanteer.

Wanneer leerinhoude geselekteer en vertolk word, word dit in 'n korttermyn-geheue gestoor. Sommige leerinhoude kan uit die langtermyngeheue opgeroep word deur die besef dat daar 'n verband bestaan tussen die nuwe leergebeure en 'n leergebeurtenis wat alreeds teenwoordig is.

Sommige van die eienskappe van die korttermyngeheue word onderwerp aan die manipulasie van eksterne stimuli. Dit kom dus daarop neer dat die leer van begrippe in chemie in 'n korttermyngeheue geplaas kan word, maar steeds gemanipuleer kan word deur eksterne stimuli soos deur remediëring, praktiese werk, tutoriale, nabootsings, ens.

Selfs al is modelle nie goeie voorstellings van die komplekse werklikheid van geheue en bewussyn nie, is die wesenlikheid van 'n korttermynstoor, wat beperk is in kapasiteit om slegs 'n paar goed op 'n keer te berg, van groot nut in die leer van chemie. Dit laat 'n mens besef wat in werklikheid bedoel word met leergebeure. Dit is dus asof die inligting "in stukke of blokke verdeel" moet word. Die verdeling van inligting in kleiner dele is een vorm van konstruksie van kennis. Een aspek van die leer van chemie is dus om die leergebeure waar te neem as kleiner dele van die groot geheel. Kleiner verdeling van leerinhoude is ook belangrik om beter kommunikasie te bewerkstellig. As 'n leerder byvoorbeeld die volgende stelling lees, "Gekonsentreerde swawelsuur is 'n kragtige dehidrateermiddel", sal die leerder wat nog nie veel van minerale sure geleer het nie, dit in 'n hele aantal stukke verdeel voordat dit verwerk kan word en in sy geheue vertolk en gestoor kan word. Die leerder kan dit byvoorbeeld lees as "(gekonsentreerde)(swawel-)(suur)(is 'n)(kragtige)(de-)(hidrateer-) (middel)". Al hierdie stukke inligting kan in sy korttermyn-geheue gestoor word, sodat die

korttermyngeheue oorlaai word en gevolglik word die leerinhoud nie as 'n betekenisvolle boodskap vir die leerder geregistreer nie. Die onderriggewer moet op die vlak van die leerder wees om te verseker dat die blokke inligting in 'n betekenisvolle patroon geïnterpreteer word. Op hierdie manier word groter blokke gevorm, wat dan lei tot minder blokke wat gestoor moet word (White, 1988: 130).

In beginsel kom dit daarop neer dat, hoe meer 'n mens leer van chemie, hoe meer geïntegreerd maar ook hoe meer gedifferensieerd word die kennis van chemie. Die vermoë om leerinhoude te verdeel in kleiner gedeeltes of geheue-items, is egter 'n aangeleerde strategie en die tegniek waarvolgens die verdeling gedoen word, sal varieer soos wat die individu meer bekend raak met die leerinhoud. Dus, hoe beter die leerder 'n sekere deel van die leerinhoud ken, hoe beter sal hy daarin slaag om dit te verdeel in kleiner geheue-items ("chunks"). Die variasie is ook belangrik in soverre dit gaan oor die aantal geheue-items wat 'n leerder kan hanteer, afhangende van hoe gekompliseerd die probleem mag wees. As die hoeveelheid inligting wat 'n leerder op 'n slag in sy korttermyngeheue moet stoor om 'n probleem op te los die beperkte kapasiteit van die korttermyn-geheue oorskry, sal die leerder só 'n probleem relatief moeilik vind. As gevolg van die klein omvang van die korttermyngeheue word nuwe tegnieke vir die praktyk van onderrig altyd daarop gerig om die lading van die korttermyngeheue te verminder, want hoe ligter hierdie lading is, hoe makliker sal die leerder die leerinhoud verstaan (De Wet *et al.*, 1981: 308). Suksesvolle chemici is in staat om komplekse take te kan hanteer, omdat hulle beskik oor 'n hoogs ontwikkelde stel strategieë wat hulle in staat stel om die probleem waarmee hulle te kampe het, te reduseer na kleiner, meer hanteerbare dele (Johnstone & El-Banna, 1986: 82).

Langtermyngeheue:

Soos reeds genoem in paragraaf 2.4.4, is daar in hierdie studie nader ondersoek ingestel na die rol wat visualisering in die begripsvorming in chemie speel. Dit is dus veral die subjek-objek-verhouding wat ter sake is. Die kwaliteit van die subjek-objek-verhouding word weerspieël deur die voorstellingsbeeld wat in die langtermyngeheue van die objek of begrip gevorm word. Betekenisgewing en

begripsvorming kan dus aan die hand van die kwaliteit van die voorstellingsbeelde geëvalueer word. Begripsvorming (moontlike wanbegrippe) wat 'n groot invloed het op betekenisgewing, kan tydens hierdie interaksie tussen die subjek en die objek geëvalueer en reggestel word (Geer, 1993: 4).

Dit is tydens die vaslegging van hierdie voorstellingsbeelde in die langtermyngeheue dat visualisering 'n wesenlike rol speel, veral in die leer van chemie. Leerders wat nie oor die bevoegdhede beskik om leerinhoude suksesvol te kan visualiseer nie, sal ernstig benadeel word in hul leer van chemie (Tuckey & Selvaratnam, 1993: 99). Toereikende beeldvorming (visualisering) speel dus 'n uiters belangrike rol tydens begripsvorming en die leer van chemie (Geer, 1993: 7).

Deur die verinnerliking van die persepsiebeeld en aanskouingsbeeld word 'n konsep in die langtermyngeheue daargestel. Tensy dit in taal benoem word, word hierdie konsep nie lank onthou nie (De Wet *et al.*, 1981: 94-102). Hierdie benoeming in taal van 'n groepering, klassifikasie, bepaalde reël wat in 'n algemene klas saamgebind word (begrip), is 'n abstrahering. Deur te abstraheer, raak die leerder los van spesifieke voorbeelde en meer beweeglik om voorstellings (begrippe) in taal te formuleer.

Die leer van begrippe (begrip) vind nie toereikend plaas as die begrip nie verstaan word nie en dus is daar 'n noue verband tussen die verstaan van begrippe en die leer van begrippe. Die basis van denke en die hoër vorme van leer soos probleemoplossing en die leer van reëls word gevorm deur begrippe en daarom is dit uiters noodsaaklik dat begrippe goed verstaan word (De Wet *et al.*, 1979: 108). Begripsvorming vind plaas wanneer 'n persoon inligting ontvang en hy, ten einde die kritiese eienskappe te bepaal, met behulp van sy geheue en aandag diskrimineer tussen dié inligting (Geer, 1993: 40).

Om 'n kognitiewe greep (begrip) wat ewewigtig van aard is, op die werklikheid (natuurverskynsel) te kry, moet daar sprake wees van sinvolle assimilasie en akkommodasie. Assimilasie in hierdie besondere verband dui op die inkorporering van die aanskouingsbeeld wat verwerf is van natuurverskynsel of gebeure. Piaget beklemtoon die dinamiese aspek van assimilasie wat steeds deur

die leerder as subjek deurgevoer word. "Any scheme of assimilation tends to feed itself, that is, to incorporate outside elements compatible with its nature to itself." (Piaget, 1977: 7.) Om dus sinvol te assimileer, moet die leerder spesifieke samehange in die verskynsel of gebeure identifiseer en op die wyse die onderlinge verband aantoon. 'n Verdere stap in ewewigtige en sinvolle begripvorming is die noodsaaklikheid van akkommodasie. Tydens akkommodasie word deelaspekte van die begrip (verskynsel) geïdentifiseer en elke deelaspek se kenmerke geakkommodeer (Basson, 1987: 286).

Dit moet sekerlik ook in verband gesien word met Tennyson se beklemtoning van die belangrikheid van die semantiese interpretasie van inhoude in die langtermyngeheue. "Long-term memory implies storage of information (content and semantic) and can comprise its linkage to memory structure (second form of learning) and to appropriate schemata (third form of learning)." (Zuber-Skerrit, 1984: 31.)

Deur assimilasie en akkommodasie in samehang met semantiese interpretasie, sal die leerder 'n al hoe meer verfynde begrip (voorstellingsbeeld) kan verwerf op grond van suiwer korrekte persepsiebeelde wat gevorm word. Suiwer en korrekte kykbeelde en hoorbeelde vanaf 'n televisieles kan bydra om goeie persepsiebeelde en aanskouingsbeelde op te bou (Basson, 1987: 286).

2.6 Leertegnieke wat betekenisvolle leer kan bevorder

2.6.1 Begripskaarte as leertegniek

In die leer van chemie is die gebruik van begripskaarte 'n besondere kragtige leertegniek waarmee begrippe, sowel as die onderlinge verbande tussen verskillende begrippe vir die leerder duideliker gemaak kan word (Pendley *et al.*, 1994:10). Dit stem tot 'n groot mate ooreen met die opsommings van die leerinhoud wat die meeste leerders vir hulself maak en wat gewoonlik ook aan die einde van 'n bepaalde hoofstuk in die handboek gegee word. Begripskaarte word egter op 'n spesifieke manier opgestel sodat dit soos 'n padkaart gebruik kan word en presies kan aantoon hoe leerinhoude op mekaar volg en met mekaar

verband hou. Terwyl die leerder 'n sekere natuurverskynsel bestudeer, moet hy self op 'n doelgerigte wyse sy eie begripskaarte skep. Op sy eie moet hy verdere inligting versamel deur die handboek te lees en te bestudeer. Sodoende organiseer hy die leerinhoude vir homself en struktureer hy die vak sodat dit vir hom sinvol en verstaanbaar is. Dit is baie belangrik dat die leerder self sy eie begripskaarte moet opstel. Die leerder is dus 'n aktiewe deelnemer aan die onderrig-leergebeure. Die opstel van begripkaarte en die daarstelling daarvan op papier is 'n uitdaging vir die leerder, veral as dit later met ander begripskaarte vergelyk word en daarvolgens geëvalueer word. Die belangrikste aspekte van die begripskaarte is die verbintenis wat tussen die begrippe onderling aangebring word en dit is uiters belangrik dat dit korrek aangetoon moet word. Die eerste stap in die suksesvolle opstelling van begripskaarte is waarneming van die verskynsel wat bestudeer moet word om sodoende 'n gedagtebeeld te vorm van die begrippe wat ter sake is (Basson, 1994: 46-47). Dit is juis hier waar visualisering so belangrik is, naamlik om seker te maak dat die gedagtebeelde wat die leerders vir hulself vorm, wetenskaplik korrek is.

2.6.2 Koöperatiewe leer as leertegniek

Koöperatiewe leer lei tot meer aktiewe deelname van die kant van die leerders en bevorder grotendeels ontdekkende leer. Dit vereis minder ondersteuning van die kant van die onderriggewer as wat met die meeste ander vorme van leer die geval is. Daar moet egter nie uit die oog verloor word dat die onderriggewer hom werklik daartoe sal moet verbind om koöperatiewe leer toe te pas in die klassituasie om daarvan 'n sukses te kan maak nie. Vir 'n onderriggewer wat reeds vir jare vertroud was met ander metodes van onderrig is dit 'n baie groot aanpassing en voldoende beplanning word vereis. Leerders raak meer aktief betrokke by die onderrig-leerproses en daar word meer gefokus op chemiese beginsels. Navorsing op hierdie gebied het reeds getoon dat dit 'n baie waardevolle metode van onderrig kan wees en dat dit met sukses selfs in groot klasse toegepas kan word (Pence, 1993: 380)

2.7 Eksterne faktore wat leer beïnvloed

Die mens is voortdurend in 'n dinamiese sosiale verwantskap met sy omgewing. Net soos met ander organismes, vind leer meestal vrywillig en bewustelik plaas en word dit slegs onderneem wanneer dit inpas by die leerder se uiteindelike mikpunt. In 'n behavioristiese verband is die aksies wat deur die leerder onderneem word, daardie aksies wat beloon en beklemtoon word. Dit verskil binne die graad van kompleksiteit en verskeidenheid van mense.

2.7.1 Voorkennis van die leerder

Die vooraf vereiste kennis wat nodig is vir 'n besondere leertaak is reeds in paragraaf 2.5.3 bespreek waar die konstruktivistiese leerteorie van nader beskou is. Soos reeds genoem, was dit David Ausubel wat 'n groot deurbraak op hierdie gebied gemaak het deur aan te toon hoe belangrik dit vir die onderriggewer is om eerstens vas te stel oor watter bevoegdhede die leerders beskik en van hierdie vertrekpunt die verdere leerinhoude te bou op die leerders se voorkennis (Novak, 1988: 77).

2.7.2 Kognitiewe intreevlak van die leerder

Dit is 'n baie belangrike voorvereiste dat die leerder 'n sekere denkvlak bereik het voordat bepaalde leerinhoude aan hom bekend gestel kan word. Dit geld veral vir 'n vak soos chemie waar baie leerinhoude baie abstrak van aard is. Dit is die onderriggewer se taak om vas te stel wat die bestaande intellektuele vaardighede van die leerder is en hom dan daarvolgens te onderrig (Steyn, 1982: 26).

2.7.3 Houding van die leerder

Leer is 'n sosiale gedragsaksie en word onderneem om aan sosiale behoeftes te voldoen. Die houding of ingesteldheid van die leerder het bepaald net so'n belangrike invloed op die leer wat plaasvind as die vermoë van die leerder en kennis wat oorgedra word. Die houding van die leerder teenoor 'n bepaalde vak is sekerlik een van die eksterne faktore wat die meeste beïnvloed kan word deur

die onderrigstrategie wat gevolg word en die onderwysmedia wat gebruik word in die onderrig-leersituasie.

Houding is 'n baie vae, dubbelsinnige begrip om te definieer. Verskillende navorsers gee verskillende definisies vir houding, maar almal is dit eens dat die houding van die leerder nie uit die oog verloor kan word tydens die onderrig-leersituasie nie. White (1988: 100) definieer die houding van die leerder as 'n relatief blywende organisasie van menings rondom 'n objek of 'n situasie, wat daartoe aanleiding gee dat die individu by voorkeur op 'n spesifieke wyse optree.

Navorsers het vasgestel dat die negatiewe houding wat sommige leerders teenoor chemie het, meestal ontstaan het as gevolg van direkte ervarings wat die leerders met die vak gehad het en dat dit nie sosiale oordrag is wat dit veroorsaak nie. Enersyds is dit 'n aanklag teen die manier waarop die vak onderrig word, maar andersins is dit ook 'n verligting, want dit beteken dat dit nie nodig is om die uitgangspunt van die hele gemeenskap ten opsigte van chemie te verander nie. Die onderriggewer moet net opnuut besin oor die effektiwiteit van sy onderrigstrategie (White, 1988: 103).

Visuele beelde speel ook 'n baie groot rol in die houding wat die leerder uiteindelik teenoor chemie ontwikkel; baie groter as wat die geval is met die geskrewe teks. Aanskoulike demonstrasies en voorstellings gee aanleiding tot 'n positiewe ingesteldheid teenoor chemie wat uiteindelik lei tot meer gemotiveerde leerders.

Die doelwitte van die leerders speel ook 'n belangrike rol in die houding wat hulle teenoor chemie het, byvoorbeeld: "Ek leer van hierdie onderwerp om 'n werk te kry sodat ek meer geld kan verdien en lekker kan leef" of "Ek leer hierdie begrippe van chemie sodat ek die eksamen kan slaag." In 'n werklike sin is daar langtermyn- en korttermyndoelwitte wat die graad van leer van chemie beïnvloed. Om hierdie doelwitte te bereik, vereis 'n gevorderde leerstrategie wat refleksie en onderlinge verbandlegging van kennis insluit. Die leerders sal dalk graag wil aanhou om chemie te leer aangesien dit inpas by hul langtermyndoelwitte, maar om dit te kan doen, moet hulle steeds hul toetse en

eksamens slaag as 'n manier van waardebepaling. Dit sluit dikwels die oproep van stellings en intellektuele vaardighede in. Gebrek aan verbandlegging en integrasie tussen praktyke wat noodsaaklik is vir die korttermyn- en langtermyndoelwitte in die leer van chemie, veroorsaak dat die gaping wat daar ongelukkig bestaan tussen kennis wat op skool verkry is en dit wat opgedoen word uit die ervaringe van elke dag, behoue bly. In klaskamerverband word wetenskaplike kennis dikwels gedemonstreer en reggestel om sodoende die korttermyndoelwitte te bereik en dit in verband te bring met die langtermyndoelwitte. Die korttermyndoelwitte word ingesluit as deel van 'n oplossing vir die probleem van alternatiewe begrippe (wanopvattinge) van wetenskaplike beginsels en verskynsels.

Dit is egter van uiterste belang dat die leerders geleer moet word om meer verantwoordelikheid vir hul eie leerproses te aanvaar. Solank as wat leer slegs onderneem word om aan doelwitte wat ekstern opgelê is te voldoen, sal leerders nie selfregulerend en selfstandig raak nie. Hulle sal dus nie hulself permanent daartoe verbind om kennis te versamel nie en uiteindelik sal hulle nie die nodige kognitiewe leerstrategieë ontwikkel om hul eie prestasies te kan evalueer en te besin oor hul eie leerdoelwitte nie (White, 1988: 109).

2.8 Evaluering van betekenisvolle leer in chemie

Een van die mees effektiewe wyses waarop betekenisvolle leer in chemie geëvalueer kan word, is met behulp van begripskaarte. Begripsverandering of leer in chemie vind plaas wanneer die leerders reeds bestaande en nuwe begrippe in chemie met mekaar verbind, hierdie verbintenis formuleer en dit toepas in hul alledaagse lewensituasie om sodoende sin te kan maak daaruit. Dit is presies die wyse waarop begripskaarte gevorm word. Begripskaarte is bedoel om betekenisvolle verwantskappe tussen begrippe daar te stel in die vorm van voorstellings. Die tegniek beskou woorde hoofsaaklik as etikette vir sekere begrippe of idees. As twee of meer begrippe aan mekaar verbind word, is 'n voorstelling gevorm. 'n Begrip of konsep kan dus gedefinieer word as 'n reëlmatigheid in gebeure of doelwitte wat aangedui word met sekere etikette. Met behulp van die vorming van begripskaarte deur die leerders, kan vasgestel word of hulle daarin kan slaag om struktuur aan die leerinhoud te gee (White & Gunstone, 1992: 36-39).

2.9 Samevatting van hoofstuk 2 en vooruitskouing vir hoofstuk 3

Uit die literatuur is aangetoon dat betekenisvolle leer in die algemeen en spesifiek in chemie, nie op 'n direkte eenvoudige wyse verduidelik kan word nie. Volgens David P. Ausubel (1968: 24) kan betekenisvolle leer alleenlik plaasvind as die leertaak in wese op 'n onwillekeurige wyse verband hou met dit wat die leerder alreeds weet. Hieruit kan dus afgelei word dat die leerder se voorkennis 'n baie belangrike rol te speel het in die begripsvorming.

Dit is baie duidelik dat begripsvorming noodsaaklik is vir die leer van chemie, want daarsonder is die leerder nie in staat om sy kennis te gebruik vir die oplos van probleme nie. Die inligtingverwerkingsmodel werp baie meer lig op die wyse waarop leerders nuwe leerinhoude verwerk totdat begripsvorming uiteindelik intree. Onderriggewers moet die belangrikheid van die leerders se voorkennis, sowel as die beperkte kapasiteit van die korttermyngeheue in gedagte hou wanneer lesbeplanning gedoen word. Aangesien die meeste van die prosesse wat in chemie met die leerders behandel word, op submikroskopiese vlak plaasvind, moet die leerders die reaksies kan visualiseer om dit te kan verstaan. Visualisering speel dus 'n wesenlike rol in begripsvorming in chemie. Die literatuur wat geraadpleeg is, het verder bevestig dat visualisering in 'n groot mate daartoe kan bydra dat oorbelading van die korttermyngeheue teengewerk word. Dit is duidelik dat visuele beelde meer struktuur aan die leerinhoud gee en leerders baie goed ondersteun in die leerproses. Die gebruik van modelle in chemie word ook aangemoedig, aangesien dit meer spontane en korrekte visualisering by die leerders bewerkstellig.

In hoofstuk 3 sal vanuit die literatuur besin word oor moontlike onderrigstrategieë wat gebruik kan word om betekenisvolle leer in chemie te verseker. Waar die klem in die verlede meer op die leerinhoud geval het, word dit nou verskuif na die wyse waarop daardie leerinhoud effektief bekend gestel kan word sodat die optimum leer by die leerders verkry kan word. Die belangrike rol wat onderrigmedia in dié verband speel, sal ook aandag geniet.

Alle onderriggewers behoort hul eie opvattinge van die wyses waarop leerders chemie leer weer in oënskou te neem en vir hulself die saak uit te maak van watter metodes van onderrig in hul geval die mees effektiewe leer tot gevolg sal hê.

3 Onderrigstrategieë in chemie wat betekenisvolle leer tot gevolg het

3.1 Inleiding

"Science is built of facts the way a house is built of bricks; but an accumulation of facts is no more a science than a pile of bricks is a house" (Henri Poincaré, *La Science et l'hypothèse*, soos aangehaal deur Saunders *et al.*, 1995: 42).

Die uitdaging wat aan die onderriggewer in chemie gerig word, is om leerders te help om 'n samehangende, verstaanbare wetenskap te bou vanuit 'n versameling van onafhanklike feite (Saunders *et al.*, 1995: 42). Daar bestaan 'n groot behoefte om wetenskaplike vakke meer toeganklik te maak vir alle leerders. Gevolglik moet nuwe, verbeterde onderrigstrategieë dringend gevind word (Pence, 1993: 375). In hierdie hoofstuk word van die literatuur gebruik gemaak om verskillende onderrigstrategieë te ondersoek om vas te stel tot watter mate elke onderrigstrategie tot betekenisvolle leer kan aanleiding gee.

In die verlede is effektiewe onderrig in chemie ontwikkel deur verskillende strategieë toe te pas op die probeer-en-fouteer metode. Opvoedkundige teorieë het egter ook op die gebied van chemie deurgesyfer en na vore gekom met meer effektiewe strategieë vir die betekenisvolle leer van chemie. Dit is moontlik gemaak deur ervare sowel as praktiserende onderriggewers. Teorieë waarna hier byvoorbeeld verwys word, is die leerteorie gepostuleer deur Novak, soos wat reeds kortliks in hoofstuk 2 bespreek is. Die

ontwikkeling wat plaasgevind het op die gebied van leerteorieë het meegebring dat onderrigstrategieë deur die jare verander het van 'n pragmatiese na 'n meer konstruktivistiese benadering (Steyn *et al.*, 1999: 120).

Die algemene doel van opvoeding is dat die leerder deur die onderriggewer ondersteun moet word sodat hy tot sy volle potensiaal kan ontwikkel. Leerinhoude wat op skool aan leerders voorgehou word, moet dus so gekies word dat dit kan lei tot sinvolle betekenisgewing. Een van die faktore wat sinvolle betekenisgewing in gevaar stel, is die groot verskeidenheid en hoeveelheid kennis wat bemeester moet word, ten einde 'n toereikende lewe te lei en natuurlik ook die feit dat kennis so gou verouderd raak (Geer, 1993: 12-14). Vanuit 'n vakdidaktiese perspektief het dit dus noodsaaklik geword om die aard van vakke wat op skool onderrig word, na te vors op soek na harmonie tussen die vakinhoude (begrippe) en die onderrig- en leerstrategieë wat gevolg behoort te word. Sodoende kan die "afrigting soos sirkusdiere" vervang word met onderrig- en leervorme wat die vak tot sy reg sal laat kom en die leerder sal rig en steun ten einde sy volle potensiaal te verwesenlik (Geer, 1993: 1).

Die wyse waarop leer in chemie plaasvind, is volledig in hoofstuk 2 bespreek. Daar is vasgestel dat toereikende visualisering, veral met behulp van visuele beelde, uiters noodsaaklik is in chemie. Die kognitiewe leerteorie is ondersoek en daarvolgens vind leer op 'n opbouende wyse plaas en is die leerder 'n aktiewe deelnemer aan die hele leerproses. Uit die inligtingverwerkingsmodel is vasgestel dat die aanvanklike indrukke wat van buite deur die sintuie waargeneem word, reeds die eerste stap tot sinvolle betekenisgewing is. Volgens die konstruktivistiese leerteorie word alle verdere begripsvorming op hierdie aanvanklike waarnemingsbeelde gebou. Dit is gevolglik van groot belang dat die onderriggewer moet toesien dat sy onderrigstrategie suksesvolle visualisering tot gevolg het, want alleen op hierdie manier kan sinvolle leer verseker word.

In chemie bestaan daar egter 'n dringende behoefte aan onderrigstrategieë wat visualisering by leerders sal aanmoedig, ten einde die onderriggewer in staat te stel om die leerders effektief te kan help om begrippe in chemie korrek vir hulself te visualiseer.

Vooruitgang op tegnologiese gebied het 'n dramatiese verandering veroorsaak in die onderrigstrategieë van chemie en dit beïnvloed beide die onderrig in die klaskamer en in die laboratorium (Steyn *et al.*, 1999: 120). Deur 'n studie te maak van hierdie onderrigstrategieë word die geleentheid aan die onderriggewer in chemie gegee om sy eie onderrigstrategie te verander met die doel om beter begripsvorming by die leerders te bewerkstellig.

3.2 Betekenisvolle leer en effektiewe onderrigstrategieë

Vrae wat die aandag en belangstelling van onderriggewers en opvoedkundiges geprikkel het, was byvoorbeeld: "Hoe leer 'n leerder?" en "Hoe kan ons, as onderriggewers, die leerder help om meer effektief te leer?" Hierdie vrae is van praktiese belang vir onderriggewers in chemie, omdat die logiese en hiërargiese struktuur van die natuurwetenskaplike vakke besondere eise aan die kognitiewe vermoëns en vaardighede van die leerder stel (Hesse & Anderson, 1992:278).

Een van die belangrike doelstellings wat tydens die onderrig van natuurwetenskappe deur leerders bereik moet word, is suiwer begripsvorming oor natuurverskynsels. Leerders het egter alreeds vanuit hulle leefwêreld natuurverskynsels op 'n besondere en persoonlike wyse ervaar sodat daar reeds op pragmatiese vlak deur die leerders sin gegee word aan hierdie natuurverskynsels. Die manier waarop leerders hierdie begrippe interpreteer terwyl hulle dit werklik prakties ervaar, kan wel later verwarring veroorsaak wanneer dit suiwer op wetenskaplike vlak formeel gedefinieer word (Basson, 1987: 284).

Wanneer die aard van chemie van nader beskou word, is dit duidelik dat chemie opgebou word uit 'n hiërargiese samestelling van feite, begrippe, reëls en beginsels. Suksesvolle oplossing van probleme in chemie word egter nie verseker deur kennis van hierdie basiese boustene nie. Ten einde hierdie basiese boustene konstruktief saam te voeg en toereikend te gebruik om nuwe situasies en probleme in chemie te kan hanteer en bemeester, is kundighede en vaardighede nodig. Dit is dus duidelik dat indien hierdie begrippe en reëls nie goed verstaan en gevorm word nie, dit groot probleme by die sinvolle bestudering en bemeestering van die vak skep (Geer, 1993: 40). Leerders moet aktief betekenis gee aan

chemie-inhoud deur nuwe inligting met relevante voorkennis in verband te bring. Die chemie-kennis word dus langs hierdie weg georganiseer en effektiewe leerstrategieë word opgebou. Die leerder is bewus van sy eie leeraktiwiteite en beheer, beplan en rig dit (Geer, 1993: 7).

Toereikende beeldvorming speel 'n uiters belangrike rol tydens begripsvorming en die leer van chemie. Alle chemiese reaksies vind op sub-mikroskopiese vlak plaas en maak dus nie deel uit van die bekende konkrete wêreld van die leerder nie. Die enigste aanduiding, op konkrete vlak dat 'n reaksie wel plaasgevind het, is dikwels 'n kleurverandering of 'n verandering in fisiese eienskappe van die inhoud van die reaksiefles. Selfs dít is nie altyd die geval nie. Die konkrete wêreld word dus wel as aanduiding gebruik van wanneer, hoe vinnig of hoe intens 'n chemiese reaksie plaasgevind het. Die eksperimente op skoolvlak word juis gedoen met die oog op die prakties-aanskoulike waarde daarvan. Die konkrete wêreld is dus net so 'n deel van chemie soos die abstrakte sub-mikroskopiese wêreld. Die sukses van chemie-onderrig lê opgesluit in die ontsluiting van hierdie tweërlei aard en die wisselwerking tussen die twee wyses van denkvoorstellinge (wêrelde) met behulp van chemie-taalgebruik. Dit is dan ook belangrik dat denkvoorstellinge op albei vlakke van denke (hierdie twee wêrelde) mekaar aanvul en ondersteun terwyl taal (chemie-taal) gebruik word vir betekenisgewing op albei vlakke sowel as wisselwerking tussen die twee denkvorme (wêrelde). Hierdie drie komponente en hul onderlinge verband, wat in wese die eie aard van chemie verteenwoordig, bevat dan juis die potensiaal vir ontoereikende betekenisgewing en wanopvatting. Die aard van die onderrig, indien dit dus suksesvol is, behoort die leerling se denke te laat ontwikkel vanuit 'n konkrete wêreld, waarin hy elke dag beweeg na die abstrakte wêreld van die chemikus (Geer, 1993: 7).

Vir leerders om in staat te wees om gebruik te maak van visuele voorstellings om leerinhoude vir hulself duideliker te maak, is dit nodig dat die onderriggewer spesifiek leiding in dié verband moet gee. Die gebruik van hiërargieë, reekse en matrikse om verwantskappe in en tussen stelle data aan te toon, is standaard praktyk in Natuur- en Skeikunde. Gebruikmaking van al die verskillende vorme van visuele leer tydens lesings en besprekings help die leerders om te verstaan hoe hierdie metodes van leer gebruik behoort te word. Die meeste Natuur- en Skeikunde-onderwysers stel alreeds tydens praktiese sessies matrikse op vir die analisering van eksperimentele data. Gewoonlik word

tabelle daarvoor gebruik. Sodoende gee die onderwysers 'n duidelike model van hoe notas meer effektief en sinvol geneem kan word.

Onderriggewers kan leer om meer "leerder-vriendelik" te wees in hul aanbieding van leerinhoude deur seker te maak dat hul lesontwerp deeglik georganiseer en goed gestruktureerd is. Modelle van die verskillende vorme van visuele leer behoort met die leerders gedoen te word en 'n verbale uitleg van hoe, hoekom en wanneer 'n spesifieke vorm van visuele leer gebruik behoort te word, moet vooraf deeglik aan die leerders oorgedra word. Hierdeur sal die onderriggewers nie slegs hierdie metode van leer aanmoedig nie, maar hulle sal ook meer bewus wees van hoe goed hulle die studiemateriaal georganiseer en aangebied het. Onderriggewers kan leerders help om chemie te leer en te begin verstaan deur visuele aanbieding van die leerstof 'n alledaagse deel van die onderrig-leer proses te maak (Saunders *et al.*, 1995: 45)

3.3 Die onderriggewer se taak

Die vraag na gehalte-onderwys wek op die oomblik wêreldwyd kommer. Ook in Suid-Afrika beleef die onderwys op die oomblik 'n krisis. Dit geld veral vir die vraag na bekostigbare onderwys van hoë gehalte vir elke individu (Strydom, 1993: 4). Om te verseker dat onderrig van hoë gehalte gelewer word, is dit nodig om opnuut te besin oor die taak van die onderriggewer, veral met die kognitiewe leerteorie in gedagte.

Volgens die moderne uitgangspunt moet onderriggewers, bo en behalwe die bekendstelling van leerinhoude, ook die leerders lei om op 'n sistematiese wyse hul leerstrategieë te ontwikkel. Daar word 'n beroep gedoen op onderriggewers om meer "leerder-vriendelik" te word in die aanbieding van hul lesings (Johnstone & El-Banna, 1986: 83). Ogborn *et al.* (1996: 134) identifiseer vier hooftake van die onderriggewer, naamlik:

- skep van 'n konfliksituasie by die leerder om die behoefte aan verduideliking daar te stel
- opbou van begrippe
- bekendstelling van kennis aan die leerders
- ondersteuning van die leerders om sodoende die leerinhoude so sinvol en verstaanbaar as moontlik aan te bied

Onderriggewers konsentreer dikwels slegs op die kennis wat voorgehou moet word aan die leerder, sonder om die leerder se aktiewe deelname aan die onderrig-leerproses in ag te neem. In dié proses word die laasgenoemde taak, naamlik om die leerinhoude sinvol en verstaanbaar te maak, gewoonlik verwaarloos. Dit is noodsaaklik dat die onderriggewers in chemie van nuuts af aandag gee aan die wyse waarop hulle die leerders ondersteun in die onderrig-leerproses (Johnstone & El-Banna, 1986: 83).

Dit is vir elke onderriggewer baie belangrik om onderskeid te tref tussen "papegaaiwerk" ("rote learning") en leer met begrip (Novak, 1988: 81). Om betekenisvolle leer te verseker, moet die onderriggewer betekenisvolle leertake aan die leerders opdra

Dit moet onderriggewers in chemie se doelwit wees om situasies te skep vir die leerders waarin chemie op 'n sinvolle wyse geleer kan word, sodat die leerinhoud werklik betekenis vir die leerders het (Basson, 1994: 46). In die lig van die konstruktivistiese uitgangspunt is dit die taak van die onderriggewer om sinvolle lesse vir die praktyk te ontwerp. So 'n opgawe veronderstel dat die vakdidaktikus as vakkundige en leerfasiliteerder ook bewus moet wees van die leerder se individuele kognitiewe leer- en motiveringstrategieë. Die ware funksie van die onderriggewer is om die mees gunstige toestande te skep waarin die leerder selfwerksaam kan verkeer en kan leer. Ware onderrig is dus nie om kennis oor te dra nie, maar om die leerders te lei en te motiveer om, onafhanklik van die onderriggewer, op 'n effektiewe wyse hul kennis te verbreed. Onderrigstrategieë behoort dus sodanig ontwikkel te word dat dit juis aktiewe selfwerksaamheid van die leerders tot gevolg het (Basson *et al.*, 1996: 63-67).

3.4 Onderrigstrategieë

'n Onderrigstrategie het te make met die wyse waarop leerinhoud in die onderrig-leersituasie ingedra word. Dit ondervang die aard, moontlikhede en volgorde van opeenvolgende onderwyshandelinge in die lig van gestelde lesdoelwitte en definieer die aanvangshandelinge van die leerders (Marais *et al.*, 1983: 52-53). Dit is so dat alle gewenste onderrighandelinge daarop gerig moet wees om die werklikheid op die mees

voortreflike wyse vir die leerder te ontsluit. Die ryke verskeidenheid van vorme wat vir hierdie ontsluitingsproses aangewend kan word, is aan die meeste didaktici bekend (Strydom, 1993: 1).

Daar is verskeie onderrigstrategieë in chemie, maar vir hierdie studie sal veral op die gebruik van multimedia teenoor die tradisionele lesing gefokus word. Steyn *et al.* (1999: 120-126) het gedurende die eerste semester 1997 'n navorsingsprojek onderneem wat spesifiek gerig was op 'n vergelyking van die leerresultate wat verkry kan word met behulp van die tradisionele lesing teenoor dit wat verkry kan word deur middel van 'n onderrigstrategie waarby 'n multimediaprogram ingesluit word. Die leerresultate van die twee verskillende onderrigstrategieë is met behulp van voor- sowel as na-toetse op papier bepaal. Kwantitatief was daar 'n beduidende verbetering in die geval van die leerders wat deur middel van die multimedia-onderrigprogram onderrig is. Die grootste invloed wat die multimediaprogram egter op die leerders gehad het, was ten opsigte van hul houding teenoor chemie. Die leerders was beduidend meer positief teenoor chemie ná die multimediaprogram (Steyn *et al.*, 1999: 120-126). 'n Meer positiewe ingesteldheid teenoor chemie lei noodwendig tot meer gemotiveerde leerders (Geer, 1993:12).

3.4.1 Die tradisionele lesing as onderrigstrategie

Die tradisionele lesing is sekerlik een van die mees algemene metodes wat in sekondêre en in tersiêre inrigtings gebruik word om chemie aan leerders te verduidelik. Ongelukkig word hierdie onderrigstrategie meer gebruik as wat dit werklik effektief is, veral vir leerders aan sekondêre inrigtings, dit wil sê hoërskoolleerlinge. Kritici argumenteer verder dat hierdie onderrigstrategie onnodig die belangstelling van sommige leerders in chemie ontmoedig (Pence, 1993: 375-376).

- **Voorstelle vir effektiewe lesings sluit die volgende in:**

  (Posner *et al.,* 1982)

  - ✧ Gebruik 'n uiteensetting van die lesing en versprei dit onder die leerders voordat die lesing gegee word of plaas dit heel bo-aan die oorhoofse projektor.
  - ✧ Voeg skyfies, transparante, kaarte en modelle by die lesing om begrippe en idees in chemie beter te illustreer.
  - ✧ Die leerders se aandag en hul begrip van die leerinhoud moet deurgaans gemonitor word.
  - ✧ Praat duidelik en bied die lesing op só 'n wyse aan dat die sleutelpunte maklik deur die leerders geïdentifiseer kan word.
  - ✧ Staan die leerders by met die neem van notas.

Die tradisionele lesing het wel baie beperkinge in die sin dat dit nie werklik soveel bydra tot effektiewe betekenisvolle leer soos die meer moderne onderrigstrategieë nie, maar nogtans het hierdie onderrigstrategie 'n regmatige plek in akademiese, sowel as tegniese onderwysersopleidingsinstansies.

As 'n onderriggewer die leerders in sy klas graag wil inspireer om meer ywerig, lojaal en stiptelik te wees, moet hy professioneel en ervare in sy aanbieding wees.

- **Voordele van die tradisionele lesing as onderrigstrategie:**

  (Posner *et al.*, 1982)

  - ✧ Groter klasse kan op hierdie manier hanteer word en die onderriggewer is steeds in staat om 'n groot deel van die basiese werk met 'n groot aantal leerders te doen.
  - ✧ Lesings is waardevol in die sin dat dit gebruik kan word om leerders bekend te stel aan en in te lei in 'n nuwe deel van die vak wat hulle andersins sou afgeskrik het.
  - ✧ Lesings maak 'n kritiese houding by leerders wakker.

- ✧ Ervare onderriggewers kan, deur effektiewe insluiting van onderwys-hulpmiddels, estetiese plesier aan leerders verskaf tydens lesings.

Alhoewel die lesing as onderrigstrategie baie beperk is wat effektiwiteit betref, kan die metode wel tot sy maksimumwaarde benut word indien die vakmateriaal interessant, relevant en goed-voorbereid aangebied word. Die leerinhoud moet ook in 'n logiese struktuur en op die mees aantreklike manier aangebied word, deur van soveel as moontlik oudio-visuele hulpmiddels gebruik te maak.

In die beplanning van 'n lesaanbieding is die keuse van metode dikwels beperk wanneer die klasgrootte, beskikbare tyd en die apparaat wat beskikbaar is vir gebruik, in ag geneem word. In die onderrig van chemie kan die onderriggewer dikwels hierdie mate van gedwongendheid te bowe kom deur vooraf die lesing baie goed te beplan. Ten spyte van sy vele beperkinge, kan die tradisionele lesing baie tydsbesparend en meer koste-effektief as baie ander onderrigstrategieë aangewend word. Vaardighede kan egter nie met behulp van die lesing alleen onderrig word nie, maar tegnieke kan ten minste deur middel van 'n lesing verduidelik word. Baie tyd word egter soms onnodig verkwis as 'n onderriggewer probeer om 'n tegniek aan die hele klas tegelyk te beskryf.

- **Nadele van die tradisionele lesing as onderrigstrategie:**

(Posner *et al.*, 1982)

- ✧ As daar geen aktiewe deurlopende klasdeelname tydens die lesingperiode plaasvind nie, sal passiewe leerders, wat slegs sit en luister na 'n feitelike lesing wat aan hulle voorgehou word, nie hulself met die leerinhoud kan vereenselwig nie. Die lesing bied moeilik geleentheid vir deelname deur die klas self en is gevolglik van baie min waarde vir die aanleer van nuwe vaardighede.

- ✧ 'n Groot klas mag selfs 'n klankversterker of 'n luidspreker nodig hê wat die aanbieding baie onpersoonlik maak vir die leerders
- ✧ Die klas kan baie maklik passief wees, sonder enige afwisseling en gevolglik kan die klas maklik verveeld raak met die leerinhoud.
- ✧ Slegs 'n deel van die klas kan onthou wat gesê of onderrig is tydens die lesing, omdat daar nie enige vereenselwiging met, of funksionering van die leerinhoud plaasgevind het nie.

Die onderriggewer word die meeste bevoordeel deur die tradisionele lesing as onderrigstrategie, terwyl dit tot nadeel van die klas as geheel is. Dit lei tot swak leervermoë aan die kant van die leerder.

3.4.2 Die gebruik van demonstrasies in die onderrig van chemie

Beginsels wat in die klas gedemonstreer word, behoort dit vir die leerders makliker te maak om die verband tussen probleemoplossing en fisiese beginsels van die praktyk te kan verstaan. Tradisioneel was die demonstrasieles die beste metode om fisiese beginsels aan die leerders te wys (Johnstone & Wham, 1982: 71). Onlangse navorsing het daarop gedui dat hierdie tegniek weer in oënskou geneem moet word. Gedagtig aan die beperkte kapasiteit van die leerder se werksgeheue, moet demonstrasies sodanig beplan word dat onnodige waarnemings vermy word om oorbelading van die werksgeheue te voorkom. Daar moet veral gewaak word teen oorbelading van die werksgeheue deur feite wat vir die onmiddellike begripsvorming van geen belang is nie. Laboratorium-werk moet sodanig beplan moet word dat alle "geraas" vermy word of tot die minimum beperk word om die leerders in staat te stel om die "sein" van dit wat werklik belangrik is, te kan onderskei van die res (Johnstone & El-Banna 1986: 83).

Enkele probleme wat in die hedendaagse praktyk met die demonstrasieles ondervind word, is onder andere die volgende:

- ✦ Toenemende werkslading vir die onderriggewers

- Behoefte om meer onderwerpe in 'n betrokke kursus te dek, sodat die tyd te beperk geword het om demonstrasies op te stel en voor te berei
- Die grootte van klasgroepe is dikwels so buitensporig dat baie reaksies te klein is om effektief deur al die leerders waargeneem te kan word (Pence, 1993: 375).

Tog is demonstrasies noodsaaklik om begrippe in chemie te verduidelik, want dit is die manier waarop die werklikheid aan die leerders getoon word. Ogborn *et al.* (1996: 137) wys daarop dat die belangrikste funksie van demonstrasies die besondere betekenis is wat 'n demonstrasie aan fisiese gebeure verleen.

Navorsing wat in 1992 deur Du Toit en Lachmann (1997: 45) gedoen is, het aangetoon dat daar baie min werklike leer van chemie plaasvind wanneer demonstrasies voor groot gehore gedoen word. Hierdie navorsing plaas 'n vraagteken oor die leerwaarde wat daar uit 'n demonstrasieles geput kan word. Dit is belangrik dat onderriggewers moet kennis neem van hierdie resultate. Dit is baie duidelik dat leersituasies waar die leerders passief is, ten alle koste vermy moet word. Die leerder moet werklik deelneem aan die onderrig-leersituasie om sy kennis-strukture op te bou. Hierdie bevinding van Du Toit en Lachmann is in ooreenstemming met die konstruktivistiese leerteorie.

Volgens die navorsing van Du Toit en Lachmann (1997: 45) is demonstrasies wel 'n kragtige strategie in soverre dit die affektiewe ingesteldheid van die leerders betref. Deur middel van demonstrasies word 'n meer positiewe houding teenoor chemie teweeggebring, alhoewel inligtingverwerking nie werklik bevoordeel word nie.

3.5 Die gebruik van onderwystegnologie in die onderrig-leersituasie

Verskillende tegnologie, wat wissel van 'n eenvoudige skryfbord en skryfpapier tot hoogs gekompliseerde toerusting soos projeksie-apparatuur en rekenaars, is hedendaags tot die beskikking van onderriggewers en leerders. Die moontlikhede wat die nuwe generasie tegnologie inhou, kan radikale veranderinge vir die onderwys bring. Deur gevorderde tegnologie kan groter hoeveelhede leerders in die toekoms toegang kry tot onderwys. Daar bestaan die moontlikheid van kostebesparing deur simulasieprogramme, remediërende rekenaarkursusse wat leerders beter voorberei vir verdere studie, die bevordering van gedifferensieerde en geïndividualiseerde onderwys en die voordeel van die mikrorekenaar vir afstands- en tuisonderrig (Strydom, 1993: 1).

Soms word die onderriggewer deur die tegnologie gedwing om te kies tussen kwaliteit en gerief. Dit is belangrik dat onderriggewers nie aan die versoeking moet toegee om gerief te verkies bo kwaliteit onderrig nie, want dit kan lei tot betekenislose leer. Daar moet gewaak word dat onderwysmedia wat nie in staat is om 'n belangrike diskoers oor te dra nie, voorrang geniet bo media wat dit wel kan doen (Kay, 1991: 104).

In die onderrig-leersituasie is kommunikasie van uiterse belang, want dit bepaal hoe effektief die bekendstelling van leerinhoude aan die leerder plaasvind. In die verlede het die Westerse kultuur taal as die mees dominante manier van kommunikasie beskou, terwyl ander maniere van kommunikeer, soos byvoorbeeld grafiese metodes of beeldvorming, oor die algemeen slegs beskou is as byvoegings wat hoofsaaklik 'n ondersteunende rol te speel het in kommunikasie. Die oorheersende rol wat televisie deesdae speel en die wydverspreide gebruik van beelde in advertensies en in tekens, dui egter totaal op die teendeel. Die belangrikheid van beelde om werklik effektiewe kommunikasie te bewerkstellig kan nie meer geïgnoreer word nie (Ogborn *et al.*, 1996: 135-136).

3.5.1 Die gebruik van televisie as onderwystegnologie

Doelgerigte en effektiewe onderwys berus op doelgerigte en effektiewe kommunikasie. Inligting moet deur die onderriggewer geënkodeer word op die vlak van sy leerders sodat hulle weer sinvol kan dekodeer. Televisie as onderrigmedium kan 'n baie waardevolle bydrae maak tot doelgerigte kommunikasie in die onderwyssituasie (Basson, 1987: 283).

Televisie word tans as die oorheersende massamedium van die gewone man beskou (Strydom, 1993: 8). Die besondere waarde asook moontlikhede van televisie in onderwysverband word algemeen erken. Plaaslik en oorsee is daar ook alreeds baie navorsing oor die aanwending van televisie in onderwysverband gedoen (Basson, 1987: 283). Die wetenskaplike evaluering van die televisie in onderwysverband, bly egter steeds van groot belang aangesien tegnologie op hierdie gebied geweldig vinnig ontwikkel. Nuwe onderrig- en leerstrategieë kan op grond hiervan ontwikkel word. In sulke navorsing moet die inherente moontlikhede en kwaliteite van televisie en video binne onderwysverband wetenskaplik geëvalueer word om spesifiek die leereffek van hierdie onderwysmedium by leerders te evalueer (Basson, 1987: 283).

Daar is altyd die moontlikheid dat konfliksituasies by leerders kan ontstaan tussen hulle ervaring met natuurverskynsels en die wetenskaplike beskrywing van begrippe. Ideale toestande is dikwels 'n voorvereiste vir sekere wette en beginsels en die leerders ervaar nooit hierdie ideale toestande nie. Televisie bied egter die moontlikheid om ideale toestande te skep en aan leerders te vertoon. Die inherente kwaliteit van televisie as medium maak dit besonder geskik om spesifieke natuurverskynsels te demonstreer, byvoorbeeld, stadige aksie, naby opnames, simulasie, kleurdiagramme, ens. (Basson, 1987: 284).

Nieteenstaande voordele soos die beskikbaarheid van goeie programmatuur en die groot bron van inligting wat televisie verskaf, is daar egter ook beperkinge. Die kyker is byvoorbeeld beperk tot 'n voorafbepaalde programuitsending; die

program word slegs een keer gebeeldsaai; aanbieding is kortstondig en slegs 'n beperkte hoeveelheid inligting kan deur die kykers onthou word; die program kan nie onderbreek word om vir interaksie tussen kyker en beeldsender/program-skrywer voorsiening te maak nie (Strydom, 1993: 8). Dit is veral die gebrek aan interaktiwiteit wat dikwels as 'n beperking genoem word. Televisie as medium is geneig om die kyker te manipuleer (Cronjé, 1997: 1).

Interaktiwiteit word gedefinieer as nie net die eenvoudige terugpraat met 'n masjien nie, maar die simulasie van wisselwerking tussen twee mense wat betekenisvol kommunikeer. Interaktiewe televisie kan moontlik 'n oplossing bied vir die probleem van gebrek aan interaktiwiteit. Interaktiewe televisie strek vanaf eenrigting tele-uitsendings met terugvoer vanaf 'n gehoor tot by volle interaktiewe video-gesprekvoering wat plaasvind deur middel van óf satelliet, óf telefoonlyne, óf rekenaarnetwerke (Cronjé, 1996: 1).

Interaktiewe televisie raak al hoe gewilder in Suid-Afrika. Die wyse waarop interaktiwiteit plaasvind, is egter nog baie beperk. Duisende leerders kyk byvoorbeeld na 'n uitsending en slegs een slaag daarin om in te bel. Die gevolg is dat dit dieselfde uitwerking het as 'n lesing wat vir 800 universiteitstudente aangebied word. Geen betekenisvolle interaksie kan op hierdie manier plaasvind nie. Die enkele leerders wat wel daarin slaag om in te bel, kan dikwels tyd mors met vrae wat nie werklik betrekking het op die leerinhoud wat behandel word nie of wat slegs op 'n baie klein gedeelte van die werk fokus. Dit is verder 'n ou bekende waarheid dat die leerder meer leer deur die vrae wat hy vra as uit die vrae wat hy beantwoord en aangesien die leerder dikwels nooit die geleentheid kry om vrae te vra deur middel van interaktiewe televisie nie, raak die interaktiwiteit verlore en die leerder word 'n passiewe kyker (Cronjé, 1996: 2).

'n Verdere nadeel van televisie is dat dit slegs oor goeie projeksie- en ouditiewe moontlikhede beskik en nie, soos in die geval van die rekenaar, deurlopende evaluering van die leerder se vordering kan gee nie (Strydom, 1993: 2).

3.5.2 Die gebruik van video as onderwystegnologie

As logiese uitvloeisel van televisie het die video sy weg na die klaskamer gevind. Opvoedkundige televisie het die koms van opvoedkundige video gestimuleer en hierdie aspek het verseker dat daar nog 'n stap nader aan interaktiewe video gevorder is. Dit is veral die beskikbaarheid en bekostigbaarheid wat die videokassetspeler geleidelik vir onderrig benutbaar gemaak het. Saam hiermee het ontwikkeling op die gebied van opvoedkundige videotegnologie 'n meer leerdergeoriënteerde benadering gebied deur ruimte te laat vir 'n groter mate van interaktiwiteit tussen die kyker en programme (Strydom, 1993: 8-9).

Die groot waarde van die video vir onderwysdoeleindes is geleë in die feit dat die drie eienskappe, naamlik beeld, beweging en klank gelyktydig benut kan word (Strydom, 1993: 9). Die gebruik van videos in lesaanbieding het baie voordele, insluitend die vermoë om op 'n veilige manier gevaarlike chemiese reaksies aan die leerders te toon. Demonstrasies van reaksies wat gewoonlik te klein is om in 'n groot klaskamer vir almal sigbaar te wees, kan met behulp van geskikte videomateriaal waargeneem word en as dit nodig is, kan 'n demonstrasie met gemak op 'n vinnige manier herhaal word. Leerders vind ook dat videomateriaal leerinhoude baie interessanter maak en baie duideliker oordra (Pence, 1993: 378). Hierdie voordele, tesame met die positiewe evaluasies wat reeds met behulp van navorsing verkry is, regverdig verdere navorsing op die gebied van die gebruik van videomateriaal in die klaskamer (Pence, 1993: 380).

Wanneer 'n videoles in lesverband aangewend word, dui dit op 'n spesifieke vormlike beplanning van die les. Die onderriggewer kan die leerders begelei deur te verduidelik en daarna spesifieke aspekte van die natuurverskynsel (eksperiment) m.b.v. 'n videoles demonstreer. Op hierdie wyse kan onderriggewers deur middel van moderne tegnologie èn hulpmiddele die vormlike beplanning van hulle lesse so verfyn en verbeter dat die leereffek by hulle leerders baie daarby kan baat (Basson, 1987: 283).

Interaktiewe video verwys na 'n verskeidenheid wyses waarop video-onderrigmateriaal aangebied kan word. Die mees algemene gebruik is waar 'n kombinasie van videoprogramme met die programme van 'n mikrorekenaar saamgevoeg word. Hierdie konfigurasie het ontstaan as gevolg van ontwikkeling op die gebied van mikrorekenaars en videotoerusting wat in die proses aanleiding gegee het tot die elektroniese versoenbaarheid van hierdie twee afsonderlike media. Die interaktiewe video is dus 'n samevoeging van die goeie eienskappe van die rekenaar met die goeie eienskappe van die video. Sommige navorsers glo dat die voortreflikheid van 'n onderwysmedium geleë is in die mate van sy interaktiwiteit. As gevolg van hierdie uitgangspunt word interaktiewe video beskou as een van die mees gesofistikeerde onderwysmedia tans beskikbaar. In Suid-Afrika word interaktiewe video reeds by 'n aantal instansies met 'n hoë mate van sukses in onderrig geïntegreer. Die sukses wat deur hierdie medium behaal word, word toegeskryf aan eienskappe soos die moontlikheid van geïndividualiseerde onderrig, redusering van onderrigtyd en die hoë mate van retensie wat by die leerders plaasvind (Strydom, 1993: 2-8).

3.5.3 Die gebruik van die rekenaar as onderwystegnologie

Die rekenaar beskik oor goeie moontlikhede om die vordering van die leerder te evalueer en onmiddellike terugvoer te gee (Strydom, 1993: 2). Die aard van die interaktiwiteit en die onmiddellike terugvoer aan die leerders is die belangrikste bepalende faktore in die beoordeling van die kwaliteit en effektiwiteit van enige rekenaarondersteunde onderrigprogram.

'n Mikrorekenaar byvoorbeeld, is in staat om baie vinnig teks, lyne en sketse daar te stel, berekeninge te doen en inligting te stoor. Sketse kan op die skerm geteken word, dit kan uitgevee word en weer oorgeteken word in 'n posisie wat effens verskil van die vorige en nabootsings of animasies kan gedoen word, wat alles kan meewerk om die meganisme van 'n chemiese reaksie byvoorbeeld, voor te stel. Dit is ook moontlik om programme te skryf wat die mikrorekenaar kan

omskakel in 'n interaktiewe instrument vir onderrig, anders as wat geld in die geval van 'n handboek. Die interaktiewe aard van die onderrigmateriaal en die vermoë om nabootsings (animasies) te maak, maak dié medium totaal anders as enige gedrukte studiemateriaal en gevolglik is daar met die gebruik van die rekenaar 'n behoefte aan 'n totaal ander onderrigstrategie, verskillend van die onderrigstrategieë wat gewoonlik met die lesingmetode gevolg word.

Dit is belangrik dat daar kennis geneem moet word van die revolusionêre tegnologiese ontwikkelinge wat tans op die gebied van rekenaargesteunde onderrig in die buiteland plaasvind. In Suid-Afrika is daar reeds vordering gemaak ten opsigte van die integrering van rekenaartegnologie in die onderwys. Onderwystoepassings van rekenaartegnologie word gemanifesteer op die gebied van rekenaarondersteunde onderwys, rekenaargeletterdheid, rekenaarstudie en rekenaarondersteunde skooladministrasie en -bestuur. Rekenaartegnologie is ook al genoem as 'n moontlike middel wat kan bydra tot die oplossing van die probleem om onderwys van hoë gehalte in 'n gemengde Eerste en Derde Wêreldse konteks, soos wat die geval in Suid-Afrika is, te voorsien. Rekenaartegnologie op sigself kan egter nie 'n bydrae lewer tot hoë gehalte onderwys nie, maar behoort eerder in kombinasie met ander media gebruik te word om sodoende doeltreffende onderwys te voorsien.

Rekenaargebaseerde onderrigprogramme is al die afgelope dertig jaar in gebruik en die impak wat dit op die leerder het, is reeds deeglik nagevors. Die tegnologie, doelwitte en impak op leerders wat die benutting van rekenaarondersteunde multimedia-onderrig tot gevolg het, stem tot 'n groot mate ooreen met dié van rekenaargebaseerde onderrig, alhoewel daar tog sekere verskille bestaan (Jones & Smith, 1992: 39). Jones en Smith het hulself reeds in 1986 verbind tot die ontwikkeling van rekenaargesteunde onderrig in chemie (Smith *et al.*, 1986: 117). Hulle het interaktiewe videodiskette ontwikkel waardeur chemiese laboratoriumeksperimente met behulp van die rekenaar gekontroleer kan word. Jones en Smith het ook rekenaargebaseerde titrasie-eksperimente ontwikkel, wat

uitgebrei is na rekenaargebaseerde onderrig van chemie. Een van die belangrikste kenmerke van hul sagteware was dat die program verskillende prentjies van titrasies vertoon het. Die leerders word dus aan 'n verskeidenheid beelde blootgestel om beter begripsvorming te bewerkstellig.

Daar is reeds in die bespreking van onderrigstrategieë in paragraaf 3.4 gemeld dat Steyn *et al.* (1999: 120-126) navorsing gedoen het op die gebied van rekenaarondersteunde onderrig van chemie in 1997. Die navorsing het die effek van laboratoriumsimulasies, wat daarop gerig was om die studente te help om hul eksperimentele werk op 'n meer sinvolle wyse te doen, ondersoek. Die resultate van hierdie ondersoek het aangetoon dat die studente van die eksperimentele groep, wat met behulp van rekenaarsimulasies onderrig ontvang het, betekenisvolle hoër punte behaal het as die kontrolegroep wat op die tradisionele manier onderrig was. Tydens hierdie studie was daar ook 'n verbetering in die eksperimentele groep se ingesteldheid teenoor rekenaaronderrig, nadat hulle aan hierdie rekenaarprogram blootgestel was en daarop gewerk het (Steyn *et al.*, 1999: 120-126).

As daar in chemie navorsing gedoen word oor die gebruik van rekenaars in die klaskamer, gaan hierdie navorsers van die standpunt uit dat enige onderriggewer in staat sal wees om 'n rekenaar in die klaskamer op te stel en die leerders daarmee aan die werk te sit. Wat egter van veel groter belang vir hierdie navorsers is, is die feit dat daar tog aspekte van die gebruik van rekenaars in die klaskamer is, wat in gedagte gehou moet word om die effektiwiteit van die rekenaar - as 'n instrument vir beter onderrig in chemie - se invloed verder te verbeter.

Dit is belangrik dat die onderriggewer in chemie, wat as opvoedkundige homself daartoe verbind het om rekenaartegnologie te gebruik in die onderrig van sy vak, meer moet weet aangaande die leerteorieë of -kenmerke van die studente wat by hom in die klas is. Hierdie inligting sal help in die ontwerp van die tipe rekenaarondersteunde onderrigmateriaal wat gebruik word. Die meeste van die

navorsing wat gedoen is op die gebied van rekenaarondersteunde onderrig, ondersteun positief en onomwonde die betekenis van rekenaarondersteunde onderrig in die effektiewe onderrig en leer van chemie. Kwantitatiewe analise van die resultate wat verkry is deur die opvoedkundige wat navorsing doen op rekenaarondersteunde onderrig in chemie, help die navorser om te bepaal of 'n rekenaarondersteunde program effektief is en dit toets ook die relatiewe invloed van die kwalitatiewe faktore op betekenisvolle leer.

3.5.4 Die gebruik van rekenaarsimulasies as onderwystegnologie

Simulasieprogramme poog om gebeurtenisse of natuurprosesse na te boots deur die skepping van sogenaamde mikrowêrelde of -omgewings. Hierdie sienswyse is bevorderlik vir 'n aktiewer of leer-deur-te-ontdek-benadering (Wilkinson *et al.*, 1986:19).

Moderne rekenaarsigblaaie maak dit relatief maklik om eenvoudige simulasies van chemiese begrippe te kan bou (Wilkinson *et al.*, 1987:17). Die flink terugvoering wat met behulp van die sagteware verkry word, vergemaklik ontdekkende leer deur die voorspellings van die leerders te vergelyk met die projeksies van die rekenaarsigblaaie. Wat nog veel belangriker is, is die feit dat die grafiese voorstellings wat met behulp van die rekenaarsimulasies verkry word, dit moontlik maak om selfs hoogs komplekse chemiese begrippe op 'n duidelike wyse te kan voorstel en meer verstaanbaar te maak vir die leerders. Rekenaarsimulasies vereis egter geweldig baie voorbereiding (Pence, 1993: 377).

3.5.5 Die gebruik van multimedia as onderwystegnologie

Multimedia, in die konteks van interaktiewe onderrig-leertegnologie, verwys na werkstasies wat rekenaarsagteware bevat om individuele leerders in hul leertaak te ondersteun. Videos met beweging, stil beelde en klank vanaf 'n videodisket- en/of 'n videokassetspeler, 'n CD-ROM drywer of ander digitale hulpmiddel word gebruik om leerders te help in hul leerproses (Jones & Smith, 1992: 39)

Een van die hoofredes vir die verandering na multimedia-onderrig was die verwagting dat wanneer daar meer van visuele voorstellings in die klas gebruik

gemaak word, dit die leerders oneindig baie sou help om 'n beter begrip te kan vorm van chemiese beginsels. Daar is ook verwag dat dit die waarnemingsvermoë van die leerders drasties sou verbeter. Hierdie vermoë is uiters belangrik vir chemici, aangesien die vlak van kognitiewe ontwikkeling baie nou gekoppel is aan hoe verfynd die verstandelike verbeeldingskrag is wat deur die persoon aangewend word (Pence, 1993: 375).

Met die vinnige ontwikkeling op tegnologiese gebied het tegnologie al goedkoper en makliker geword om te gebruik. Die gevolg is dat die tegnologie wat benodig word om klank, animasies en videobeelde te kombineer in 'n multimedia lesformaat, beskikbaar raak in vorme wat slegs 'n minimum tyd en koste vereis.

Daar word na hierdie kombinasies van mediums verwys as 'n multimedia benadering. In die verlede het multimedia verwys na verskillende losstaande apparatuur soos byvoorbeeld 'n televisieskerm, rekenaar en 'n videomasjien. Vandag word verskillende losstaande apparatuur deur een medium, naamlik die rekenaar, oorgedra en beheer (Strydom, 1993: 3).

Soos wat verwag kan word, is die reaksie van leerders op die gebruik van multimedia in die onderrig-leersituasie oorweldigend positief. Wat veral van belang is, is die feit dat multimedia selfs gebruik kan word sonder om van buitengewoon duur apparatuur gebruik te maak en sonder om 'n ekstra las op die onderriggewers te plaas (Pence, 1993: 379). Baie navorsers het aanvanklik gedink dat die tradisionele lesingmetode in sy geheel vervang sal kan word met multimedia-onderrigstrategieë. Pogings om dit te doen was egter nie suksesvol nie (Pence, 1993: 376).

3.5.6 Die gebruik van die Internet as onderwystegnologie

Dit is 'n wêreldwye verskynsel dat die klem al meer na afstandsonderrig verskuif. Dit is juis op hierdie gebied dat die Internet 'n groot bydrae kan lewer. Aangesien leerders vanuit hul huis kan inskakel by onderrigprogramme op die Internet, maak dit hierdie metode van onderrig baie goedkoper en meer beskikbaar. Leerders kan deur middel van die Internet inskakel by rekenaarnetwerke dwarsoor die wêreld en hulle kan hulself deur middel van die rekenaar onderrig. Hierdie rekenaartegnologie hou groot voordele in ten opsigte van die fasilitering van leer. In

teenstelling met die tradisionele lesings is die lesings op die Internet glad nie gesinkroniseer nie, dit wil sê, die tyd waarop boodskappe gestuur word kan totaal verskil van die tyd waarop die boodskap ontvang word. Dit is dus nie nodig dat albei persone wat betrokke is in die kommunikasieproses op dieselfde oomblik daarmee besig hoef te wees nie, gevolglik kan die leerder sy eie werkskedule na goeddunke beplan en daarvolgens werk sonder dat dit die onderriggewer sal benadeel. Die belangrikste nadele van die onderrig met behulp van die Internet is die moontlikheid van misverstande wat kan ontstaan, die gebrek aan nie-verbale kommunikasie, hoë aanvanklike uitsetkoste en instandhouding van die stelsel. Die gebruik van die Internet in die onderrig-leersituasie het nog 'n baie lae frekwensie, maar dit wil voorkom asof hierdie metode van onderrig baie belofte inhou vir toekomstige gebruik in die onderwys (Cronjé, 1997: 1-8).

3.6 Kombinasie van onderrigstrategieë

Pence (1993: 375-376) het verslag gelewer van 'n projek waarin verskillende onderrigstrategieë gekombineer is. Daar is byvoorbeeld van visuele voorstellings gebruik gemaak in die formaat van 'n tradisionele lesing, sodat die leerders duidelike leiding gekry het in die wyse waarop die onderskeie komponente tot 'n eenheid saamgevoeg word. Verder is 'n multimediaprogram as onderwystegnologie by die lesing ingesluit. Hierdie kombinasie van die tradisionele lesing, die visuele voorstellings en die multimediaprogram was baie gewild onder die leerders en dit het geblyk dat 'n uiters produktiewe omgewing vir betekenisvolle leer geskep is deur middel van hierdie kombinasie. Dit is duidelik dat hierdie kombinasie van verskillende onderrigstrategieë baie meer tydrowend is as die tradisionele onderrigstrategie waar slegs van 'n konvensionele lesing gebruik gemaak was. Die positiewe resultate wat hiermee bereik is, maak dit egter die moeite werd vir die onderriggewer om die ekstra tyd op te offer. Die leerinhoude was vir die leerders baie meer verstaanbaar. Die eksamenuitslae van die leerders ná die proefneming met die kombinasie van onderrigstrategieë het ook 'n geringe verbetering in die mate van betekenisvolle leer getoon. Die entoesiasme van die leerders in hierdie kursus het egter geweldig toegeneem. Dit is nog te vroeg om uitspraak te kan lewer oor die invloed van 'n kombinasie van onderrigstrategieë op die wyse waarop leerders probleemoplossing hanteer. Dit wil wel voorkom asof dit die potensiaal het om leerders in staat te stel om beter assosiasies te kan maak tussen begrippe en probleemoplossing in chemie. Die gedagte is dat chemiese begrippe deur middel van koöperatiewe leer oorgedra en bespreek word en dat hierdie

teoretiese bespreking vergesel word van opnames van lewendige demonstrasies (Pence, 1993: 379).

3.7 Samevatting van hoofstuk 3 en vooruitskouing vir hoofstuk 4

Gebaseer op dit wat in hierdie hoofstuk bespreek is, is dit duidelik dat daar in die hedendaagse onderrig-leersituasie 'n wye verskeidenheid van onderrigstrategieë tot beskikking van die onderriggewer is. Elkeen van hierdie onderrigstrategieë se voordele en beperkinge is kortliks vanuit die literatuur ondersoek. Elke individu behoort sy eie persoonlike onderrigstrategie te ontwikkel op só 'n manier dat dit vir die onderrig van chemie die mees waardevolle en lonende bydrae sal lewer. Die resultate sal lei tot bestendige onderrig en dit sal die onderriggewer in staat stel om die geringe daaglikse probleme, wat gewoonlik deur die meerderheid onderriggewers as enorme probleme beskou word, met gemak te bowe te kom. Indien die onderriggewers nie daarin kan slaag om hul eie onderrigstrategie te ontwikkel nie, sal dit hulle steeds loon om ondersoek in te stel na ander, meer moderne onderrigstrategieë, aangesien dit hulle kan help in die opbou en ontwikkeling van 'n eie onderrigstrategie wat hul effektiwiteit as onderriggewers kan verbeter.

Daarby is dit belangrik om tydens lesbeplanning te besin oor die gebruik van onderwysmedia in die onderrig-leersituasie. Met behulp van die moderne tegnologie wat tot beskikking van die onderriggewers is, kan 'n les sodanig beplan word dat optimum leer tydens die onderrig-leersituasie kan plaasvind Die moderne multimedia stel die onderriggewer in staat om seker te maak dat die leerders aktief betrokke is tydens die onderrig-leersituasie, sodat betekenisvolle leer kan plaasvind.

Voordat die onderriggewer in chemie egter besluit oor watter onderrig-strategie in sy geval die mees geskikte strategie sal wees om sinvolle leer van chemie te bewerkstellig, is dit belangrik om ondersoek in te stel na die leerinhoud self. In hoofstuk 4 sal 'n analise gedoen word van die leerinhoude wat vanaf graad 4, wanneer die leerder vir die eerste keer formeel kennis maak met wetenskap, tot op technikon eerstevlak, aan die leerders voorgehou word, veral met betrekking tot chemiese binding. Voortspruitend uit hierdie analise kan moontlike wanopvattinge by leerders geïdentifiseer word en pogings kan aangewend word om wanopvattinge reg te stel, aangesien die oorsprong daarvan vir die onderriggewer duideliker sal wees.

4 Analise van die leerinhoude met betrekking tot chemiese binding soos aangebied op skool en technikon eerstevlak

4.1 Inleiding

Die groei en ontwikkeling van leerders word deur verskeie faktore beïnvloed. Die leerinhoude waarmee die leerders op skool kennis maak, is onder andere een baie belangrike faktor. Die opvoeding in die klas is die weg waarlangs die leerder ingelei word in die wêreld en dié invloed kan nie geringskat word nie (De Wet *et al.*, 1979:35). In hierdie hoofstuk word die leerinhoude, wat op chemiese binding betrekking het, ge-analiseer. Daar word ondersoek ingestel na die wyse waarop die leerder aanvanklik op skoolvlak met chemie kennis maak en die wyse waarop hierdie leerinhoude verder ontwikkel tot op technikon eerstevlak.

Die studie is onderneem onder die ou onderwysbestel, aangesien die studente wat tans aan die technikon studeer, hul skoolloopbaan nog onder die vorige onderwysbestel voltooi het. Die studente kom van oor die hele land en dus was hulle blootgestel aan verskillende sillabusse en handboeke. Aangesien dit 'n probleem was om die verskillende sillabusse in die hande te kry, is slegs van handboeke gebruik gemaak. Die skoolhandboeke word as verteenwoordigend van die sillabus wat gevolg is, beskou.

4.2 Chemie in die primêre skoolfase

4.2.1 Ontwikkelingsfase van leerders in die primêre skool

Alle navorsers en teoretici stem saam dat daar teen die ouderdom van ongeveer sewe jaar belangrike veranderinge in die denkpatroon en leerstyl van die kind intree. Gedurende hierdie tydperk ontwikkel die denkvermoë weg van die spesifieke en meer na die algemene. Die kind begin dus nou die vermoë tot ware redenering ontwikkel. Piaget noem dit 'n periode van konkreet-operasionele denke. Hierdie periode word daardeur gekenmerk dat die kind 'n samehangende kognitiewe sisteem ontwikkel en gebruik (Louw *et al.*, 1984: 292). In hierdie stadium van ontwikkeling hou die leerder van modelle, klassifikasie en reeksvorming. Indien leerders van hierdie ouderdom nie van wetenskaplike en wiskundige vakke hou nie, is dit net omdat die vakke verkeerd aangepak word. Abstrakte verbale onderrigmetodes sal nie in die primêre skoolfase suksesvol wees nie, omdat dit nie rekening hou met die kind se denkontwikkeling nie. Konkrete onderwyshulpmiddels moet deurgaans gebruik word (De Wet *et al.*, 1979:51).

4.2.2 Leerinhoud van graad 4

In die ou onderwysbestel het die leerders reeds in graad 4 vir die eerste keer met chemie kennis gemaak, alhoewel daar nie formeel na die leerinhoud verwys is as chemie nie. Dit is tot en met graad 9 as deel van algemene wetenskap aangebied. Die leerinhoud in die graad 4-handboek is in slegs twee afdelings onderverdeel, naamlik lug en water. Die leerders het dus reeds vroeg in hul primêre skoolloopbaan kennis gemaak met water as chemiese verbinding. In die graad 4-sillabus is dit slegs elementêr bespreek en klem is gelê op die alledaagse eienskappe van water, soos byvoorbeeld dat dit as oplosmiddel en dus ook as reinigingsmiddel gebruik kan word. Die waterkringloop is behandel, sowel as die suiwering van water deur middel van dekantering, filtrasie en koking. Volgens die handboek van Heyns en Du Toit (1981a: 12-15) was die onderriggewer veronderstel om die prosesse van dekantering en filtrasie van water volledig aan

die leerders te demonstreer. Verder is dit deeglik onder die leerders se aandag gebring dat water nooit heeltemal suiwer is voordat dit nie gekook is om alle kieme dood te maak nie (Heyns & Du Toit, 1981a: 12-15).

4.2.3 Leerinhoud van graad 5

In graad 5 was die leerinhoud effens meer uitgebreid, naamlik lug, water en verhitting. Water het dus weer 'n prominente deel van die leerinhoud gevorm. Daar was tot 'n groot mate oorvleueling met die leerinhoud van graad 4. Die fokus het steeds op die konkrete eienskappe van water geval.

Die volgende eenvoudige eksperiment het die navorser veral opgeval: In die afdeling waar lug behandel is, is 'n proefbuis met water verhit sodat daar borrels uit die water ontsnap het. Die leerders is deur middel van 'n werkkaart gelei om uit hul waarnemings af te lei dat water opgeloste lug bevat. Volgens die handboek (Press, 1993: 8) is die stelling gemaak dat die borrels wat in die water opgemerk is, lug bevat het. Geen melding is gemaak dat daar hoofsaaklik waterdamp in die borrels voorkom nie, gevolglik kon hierdie gedeelte daartoe gelei het dat leerders onder die indruk verkeer dat die borrels wat in kokende water gesien word, ook slegs lug bevat. In die oefeninge aan die einde van die hoofstuk is 'n probleem geskets waar 'n persoon water kook vir sy goudvissies, om seker te maak dat alle kieme in die water vernietig is. Die water is dan afgekoel tot kamertemperatuur en die vissies is daarin geplaas. Die vissies leef egter nie baie lank in die water nie en die leerder moes verklaar het wat die oorsaak was. Uit die aard van die leerinhoud wat die probleem voorafgegaan het, wou die skrywers graag gehad het dat die leerder tot die besef moet kom dat die gekookte water min lug bevat het, sodat die vissies nie voldoende kon asemhaal nie en dat dit die oorsaak van hul dood was (Pienaar *et al.*, 1980a: 5-7; Press, 1993: 8).

Verder is die prosesse van verdamping en kondensasie van water gedemonstreer en verduidelik. Eksperimente is gedoen om die verskillende faseveranderings van water te demonstreer (Pienaar *et al.*, 1980a: 23-25; Heyns & Du Toit, 1981a: 7; Press, 1993: 26). Daar is verwys na materie wat in drie groepe verdeel kan word,

naamlik vastestowwe, vloeistowwe en gasse. Die navorser het ernstige bedenkinge oor die wyse waarop materie hier aan die leerders bekend gestel is, so asof water, ys en stoom drie verskillende soorte materie sou wees. Op hierdie manier kon faseveranderinge van materie in die algemeen totaal verkeerd begryp gewees het (Press, 1993: 26). Gedagtig aan die konstruktivistiese leerteorie wat in hoofstuk 2 bespreek is, is dit duidelik dat moontlike wanopvattinge kon ontstaan. Verdere begrippe in chemie word gebou op die aanvanklike basiese begrippe, sodat 'n totale wanbegrip van chemie op hierdie wyse kon ontstaan het.

Laastens is daar, met behulp van wit, anhidriese kopersulfaat of blou kobaltchloried, vir die teenwoordigheid van water getoets (Pienaar *et al.*, 1980a: 31; Heyns & Du Toit, 1981a: 16; Press, 1993: 46).

4.2.4 Leerinhoud van graad 6

In graad 6 is lug, water en elektrisiteit as onderwerpe behandel. Die onderwerpe is opvallend meer uitgebreid as in graad 4 en 5 behandel. In die geval van lug is daar byvoorbeeld spesifiek na die bestanddele van lug verwys. Waterdamp is as een van die bestanddele van lug genoem (Pienaar *et al.*, 1980b: 4; Heyns & Du Toit, 1981b: 1).

Water as oplosmiddel is weer in graad 6 bespreek, maar daar is meer terminologie bygevoeg. So was die terme oplossing, opgeloste stof, oplosbaar, onoplosbaar, versadigde oplossing en onversadigde oplossing byvoorbeeld ingesluit by die bespreking. Die voor- en nadele van water as oplosmiddel is uitgelig; die faktore wat oplosbaarheid beïnvloed, is bespreek en oplostempo is gedefinieer, insluitend die faktore wat oplostempo kan versnel (Pienaar *et al.*, 1980b: 14-21; Heyns & Du Toit, 1981b: 5-14).

Daar is weer eens gekyk na die suiwering van water deur middel van filtrasie, asook die ontsmetting van water deur die water te kook óf dit met chloor te behandel. Distillasie is ook gedemonstreer (Pienaar *et al.*, 1980b: 27-28; Heyns & Du Toit, 1981b: 18-23).

In die fisikagedeelte is die ontstaan van positief- en negatiefgelaaide voorwerpe bespreek, asook die aantrekkingskrag wat daar tussen ongelyksoortige ladings bestaan en die afstotingskrag wat daar tussen gelyksoortige ladings bestaan. Hiermee was die basis reeds gelê vir die ioniese binding wat uiteindelik in graad 10 met die leerders bepreek is (Pienaar *et al.*, 1980b: 40-41; Heyns & Du Toit, 1981b: 29).

4.2.5 Leerinhoud van graad 7

Sover dit die chemie in graad 7 betref het, is daar hoofsaaklik na sure en basisse gekyk. Dit is tog belangrik om sekere van die fisikabeginsels wat in die handboek bespreek is ook van nader te bekyk, aangesien dit 'n groot invloed op die latere begrip van chemie sou kon hê. In die graad 7-handboeke is materie gedefinieer en die leerders is daaraan herinner dat water in drie fases kan bestaan, naamlik vastestof (ys), vloeistof (water) en gas (waterdamp) (Heyns *et al.*, 1990: 3-4).

Kinetiese energie is gedefinieer as die energie waaroor bewegende voorwerpe beskik, terwyl chemiese energie verduidelik is aan die hand van die verbranding van petrol in 'n motor se masjien. 'n Interessante stelling wat gemaak is, is dat kokende water oor kinetiese energie beskik (Ayerst *et al.*, 1990: 47). Volgens die handboeke het die leerders in daardie stadium nog glad nie kennis gemaak met atome en molekule nie en dit sou insiggewend gewees het om te weet wat presies húlle met die lees van hierdie stelling gevisualiseer het!

Potensiële energie as gevolg van die uitrek van 'n veer en die oplig van 'n voorwerp bokant die aardoppervlakte is ook in die handboeke verduidelik. Omsetting van een vorm van energie na 'n ander is met behulp van 'n hele aantal voorbeelde geïllustreer (Heyns *et al.*, 1990: 28-30).

Daar is ook gekyk na die ontstaan van konveksiestrome in water wanneer dit verhit of afgekoel word (Heyns *et al.*, 1990: 33).

Voorbeelde van alledaagse sure in en om die huis is aangehaal en dan is 'n verdere interessante stelling gemaak in Successful Science 5 (Broster & James, 1985: 85): "Die eerste chemiese stowwe waarmee die leerder kennis maak, is sure

en basisse." Dit wil voorkom asof water, wat reeds in graad 4 met die leerders behandel is, nie as 'n chemiese stof gereken is nie! Nog 'n stelling wat bevraagteken kon word, word aangetref in Modern General Science Standard 5 (Heyns *et al.*, 1990: 69): "Chemiese stowwe kan verdeel word in twee groepe: party proe suur, party proe nie suur nie." 'n Stelling soos hierdie kan die klassifikasie van chemiese stowwe totaal oorvereenvoudig en dit kon gelei het tot verdere wanopvattings in chemie.

In die res van die graad 7-sillabus is die eienskappe van sure en basisse behandel, verskillende indikatore is op die proef gestel en neutralisasie is gedefinieer (Heyns *et al.*, 1990: 69-74). Hiermee is die onderrig van chemie in die primêre skoolfase afgesluit.

4.3 Chemie in die sekondêre skoolfase

4.3.1 Ontwikkelingsfase van leerders in die sekondêre skool

Vir baie individue kan die tydperk van adolessensie reeds so vroeg as in graad 5 aanbreek, alhoewel dit vir ander heelwat later eers kan gebeur. Oor die algemeen kan aanvaar word dat die meeste van die leerders wel dié ontwikkelingsfase betree het teen die tyd dat hulle na die sekondêre skool gaan. Gedurende adolessensie verander die kind se denke van konkreet-operasioneel na formeel-operasioneel. Die verwerwing van formeel-operasionele denke is die belangrikste mylpaal in die adolessent se kognitiewe ontwikkeling. Hulle behoort abstrakte leerstof en 'n kombinasie van reëls te kan verstaan (De Wet *et al.*, 1979: 63). Die leerinhoud wat in die skoolhandboeke van die eertydse sekondêre skoolfase gevind word, raak gevolglik al meer abstrak.

4.3.2 Leerinhoud van graad 8

Graad 8 was die leerders se eerste jaar in die sekondêre skool. Chemie is in daardie stadium steeds as 'n deel van algemene wetenskap aangebied. Die leerinhoud het baie meer uitgebreid geraak as in die primêre skoolfase en daarom

word daar slegs kortliks verwys na studiemateriaal wat in die skoolhandboeke voorgekom het, maar nie direk van toepassing was op die studieveld van hierdie navorsing nie. Daar word meer volledig ondersoek ingestel na leerinhoude wat wel die leerders se agtergrondkennis van chemiese binding, die watermolekuul en die faseveranderinge van water kon beïnvloed het.

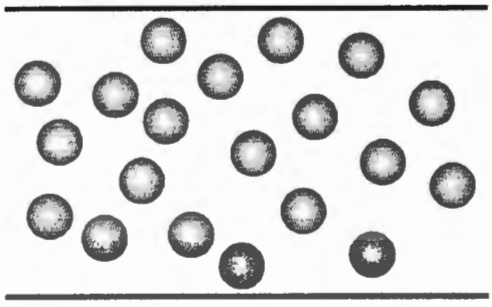
In Clarke en Thoka (1985: 24-27) se handboek wat vir gebruik in graad 8 aanbeveel was, is gestel dat alle stowwe in die heelal uit materie bestaan. Daarvolgens verdeel wetenskaplikes materie in twee groepe, naamlik elemente en verbindings. Elemente is voorgehou as die eenvoudigste vorme van materie, terwyl verbindings bestaan uit twee of meer elemente wat chemies met mekaar verbind is. In die handboeke is verduidelik dat water 'n voorbeeld is van 'n verbinding wat bestaan uit die elemente waterstof en suurstof. In die handboek van Brink *et al.* (1992: 37) is voorgestel dat die Hofmann-voltameter gebruik moes word om die elektrolise van water prakties te demonstreer. Daar was op daardie stadium nog geen melding gemaak van die tipe chemiese binding wat die waterstof en suurstof met mekaar verbind in die watermolekuul nie.

In graad 8 is daar reeds gebruik gemaak van chemiese reaksievergelykings om die chemiese reaksies wat plaasgevind het, voor te stel. In die meeste van die handboeke wat voorheen in graad 8 gebruik was, is die reaksievergelykings egter slegs in woorde geskryf. Wessels *et al.* (1992: 7-9) se handboek het wel die chemiese simbole ingesluit.

Verder is metale en nie-metale van mekaar onderskei en die eienskappe van elke groep is van nader beskou (Wessels *et al.*, 1995a: 12-15).

Materie is gedefinieer as bestaande uit kleiner, onsigbare deeltjies. In die handboeke word gestel dat dit bekend staan as die deeltjiemodel van materie (Walters *et al.*, 1991: 72). Daar is ook verduidelik dat hierdie materiedeeltjies in 'n toestand van voortdurende beweging is en dat daar oop ruimtes tussen die deeltjies aanwesig is. Volgens die verduideliking in die handboeke is daar ook aantrekkings-, sowel as afstotingskragte tussen die deeltjies teenwoordig. Die leerder het dus op daardie vlak reeds kennis gemaak met die kinetiese molekulêre teorie waar die makroskopiese eienskappe van materie in verband gebring word

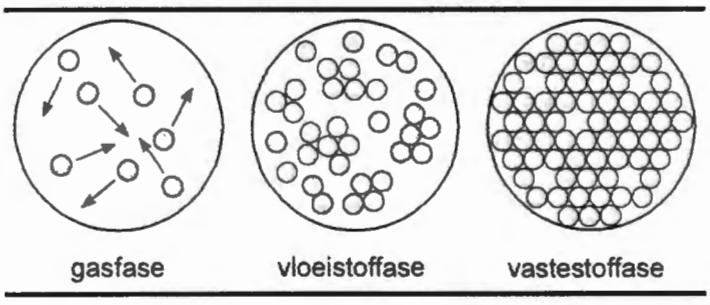
met die mikroskopiese eienskappe van die stof. 'n Vereenvoudigde voorstelling van waterdeeltjies uit General Science in Action 6 (Horn *et al.*, 1984: 70) word in Figuur 4.1 vertoon.



Figuur 4.1:
Vereenvoudigde voorstelling van waterdeeltjies

Die watermolekule is as sferiese deeltjies voorgestel. Die afsonderlike atome wat saamgebind word om die watermolekuul te vorm, is nog nie aangetoon nie. Dit is slegs as een geheel voorgestel. In die handboeke wat in graad 8 gebruik is, is die begrip van atome en molekule nog nie in wese aangeraak nie en dit was waarskynlik die rede waarom die skrywers die watermolekuul op hierdie wyse aan die leerders voorgestel het.

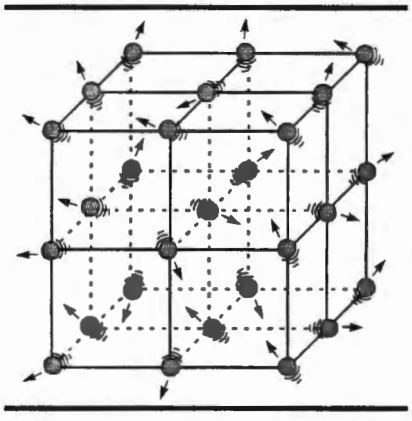
Die faseveranderinge wat in materie kan plaasvind, is ook verduidelik. In Figuur 4.2 uit Brink en Jones (1984a: 81) is die faseveranderinge met behulp van 'n tweedimensionele kinetiese model voorgestel:



Figuur 4.2:
Die verskillende fases van materie soos deur middel van 'n tweedimensionele kinetiese model voorgestel

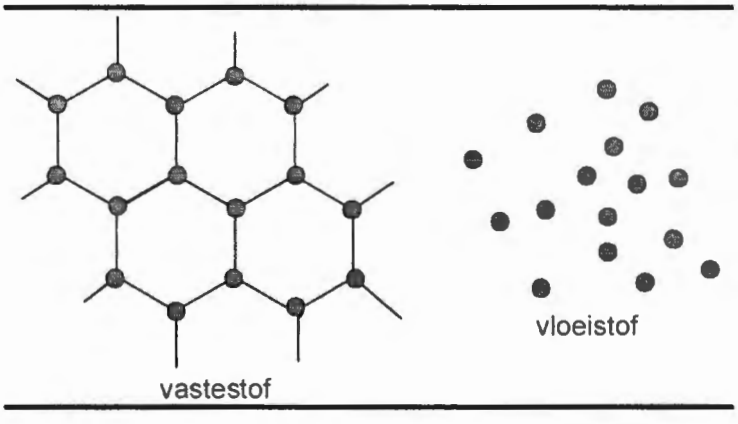
Daar is in die handboeke aan die leerders verduidelik dat daar verandering in die beweging van die deeltjies, die sterkte van die bindingskragte tussen die deeltjies en die afstand tussen die deeltjies plaasvind, wanneer faseveranderinge voorkom. In die vastestoffase is die deeltjies as ordelik gerangskik voorgestel en daar is daarop gewys dat daar sterk kragte teenwoordig is om hulle aan mekaar te bind in 'n rooster (Clarke & Thoka, 1985: 56). Volgens Brink en Jones (1984a: 78)

dui die reëlmatige vorm van kristalle daarop dat die rangskikking van die deeltjies van 'n vastestof reëlmatig moet wees (Figuur 4.3):



Figuur 4.3:
Die deeltjies in 'n vastestof vibreer om hulle vaste posisies in 'n kristalrooster

In Brink en Jones (1984a: 81) is die tetraëdriese rangskikking van die watermolekule in die yskristal tweedimensioneel voorgestel en daarnaas is die vloeistoffase ook voorgestel (Figuur 4.4):



Figuur 4.4:
Die reëlmatige pakking van waterdeeltjies in die vastestoffase en die vryer bewegende waterdeeltjies in die vloeistoffase

'n Soortgelyke voorstelling is ook gevind in Horn *et al.* (1984: 70).

Daar is verduidelik dat die deeltjies in die vastestoffase steeds vibreer, alhoewel hulle nie rondbeweeg nie. Die verandering van die vastestoffase na die vloeistoffase is soos volg verduidelik: Die deeltjies in die vastestoffase het baie energie nodig om die bindings wat onderling tussen hulle voorkom, te oorkom en daarom moet 'n stof, wat in die vastestoffase verkeer, verhit word om te kan smelt en oor te gaan in die vloeistoffase. Tydens verhitting vind daar 'n toename in die vibrasie van die deeltjies plaas, dit wil sê die kinetiese energie van die deeltjies neem toe en as daar genoeg energie oorgedra word, kan die deeltjies die sterk

bindings van die vastestoffase oorkom en meer wanordelik begin rondbeweeg. Onderlinge aantrekkingskrag tussen die deeltjies is egter steeds teenwoordig. Dit is opvallend dat Horn *et al.* (1984: 70-71) glad nie in hul handboek verwys het na enige verandering in die afstand tussen die deeltjies van die vastestof- na die vloeistoffase nie, terwyl Walters *et al.* (1991: 75) die stelling gemaak het dat die deeltjies in die yskristal effens verder van mekaar wegbeweeg as dit oorgaan in die vloeistoffase. Die verswyging in eersgenoemde geval was waarskynlik toe te skryf aan die feit dat water as voorbeeld gekies was om die faseveranderinge in materie te demonstreer, omdat dit so gerieflik was om te gebruik. Die faseveranderinge van water was deel van die leerders se ervaringsveld en daarom was dit makliker om as voorbeeld gebruik te word deur die handboekskrywers en die onderriggewers. Die skrywers wou sekerlik nie in daardie stadium reeds na die uitsonderlike gedrag van ys en water verwys het nie. Die navorser vind dit toepaslik, want op hierdie wyse kon die ontstaan van 'n onnodige wanopvatting by die leerders moontlik tot 'n groot mate verhoed word. Die betrokke skrywers het die klem meer laat val op die verandering wat plaasvind in die beweging en die binding van die deeltjies tydens faseverandering.

Daar is verder verduidelik dat verdamping plaasvind wanneer die deeltjies in die vloeistoffase oor genoeg energie beskik om totaal los te breek van mekaar en teen 'n hoë spoed, onafhanklik van mekaar, rond te beweeg. Die feit dat geen temperatuurverandering plaasvind terwyl die water kook nie, word ook genoem. Alle energie word gebruik om die bindings wat die deeltjies bymekaarhou, te oorkom. Dieselfde gebeur tydens die verandering van die vastestof- na die vloeistoffase. Die temperatuur verander dus net as al die deeltjies van 'n gegewe stof reeds in dieselfde fase verkeer.

Dit is jammer dat Wessels *et al.* (1995a: 16) die verskillende fases van materie deur middel van sfere met verskillende groottes voorgestel het, aangesien dit die indruk by die leerder kon geskep het dat die grootte van die deeltjies self verander wanneer faseveranderinge plaasvind.

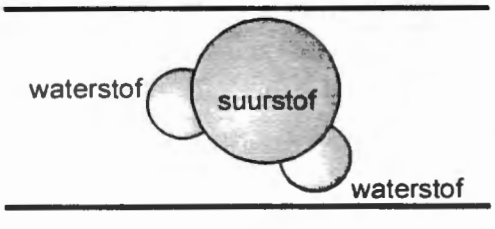
In die graad 8-handboeke is daar ook gekyk na die eienskappe van en die toetse vir waterstof, suurstof en koolstofdioksied onderskeidelik.

4.3.3 Leerinhoud van graad 9

Chemie is steeds as deel van algemene wetenskap gedoen. In graad 9 is daar hoofsaaklik ondersoek ingestel na die eienskappe en reaksies van sure, dit wil sê hersiening van die leerinhoud wat in graad 7 gedoen is. Dit was net aansienlik meer uitgebreid gedoen as in graad 7(Gray *et al.*, 1988: 102-116). Die chemiese veranderinge wat plaasvind tydens die verbranding van 'n aantal stowwe is ook behandel, asook enkele ontbindingsreaksies. Een van die verbrandingsreaksies wat met die leerders gedoen was, was dié van waterstof wat brand in suurstof om water as produk te lewer (Brink *et al.*, 1993: 109; Wessels *et al.*, 1993: 81).

In graad 9 is die chemiese reaksies met behulp van reaksievergelykings geskryf en daar is van chemiese simbole gebruik gemaak om die elemente en verbindings aan te dui. Die wet van behoud van materie is met die leerders behandel, gevolglik kon die balansering van reaksievergelykings met behulp van inspeksie ook vir die eerste keer volledig ingesluit word (Wessels *et al.*, 1993: 81).

Die begrip van atome en molekule is vir die eerste keer werklik in die handboeke verduidelik. Daar is aan die leerders verduidelik dat 'n atoom die kleinste bousteen van 'n element is, wat steeds die eienskappe van die element besit. 'n Molekuul, daarenteen, is aan die leerders voorgehou as die kleinste bousteen van 'n verbinding en daar is verduidelik dat dit bestaan uit meer as een atoom wat chemies saamgebind is. Daar is in graad 9 melding gemaak van chemiese en molekulêre formules. Al die handboeke wat geraadpleeg is, het voorstellings van modelle van 'n hele paar molekule ingesluit en die watermolekuul is telkens getoon (Brink *et al.*, 1984b: 89; Jansen & Dekker, 1985b: 85; Wessels *et al.*, 1993: 78). Dit wyse waarop dit voorgestel was, word in Figuur 4.5 getoon.



Figuur 4.5:
Model van 'n watermolekuul

Die ware aard van chemiese binding is steeds glad nie aangeraak nie, alhoewel die leerder reeds daarvan bewus moes wees dat daar die een of ander binding bestaan wat die atome bymekaarhou sodat hulle as 'n eenheid kan optree.

4.3.4 Leerinhoud van graad 10

In graad 10 is natuur- en skeikunde vir die eerste keer geskei van biologie en as 'n vak in eie reg aangebied. Algemene wetenskap het dus nie meer in graad 10 bestaan nie. Die natuur- en skeikunde is verder onderverdeel in fisika en chemie.

As inleiding tot die chemie-sillabus is 'n hele aantal chemiese reaksies van metale en nie-metale ondersoek. Dit was veral reaksies met suurstof en met water wat bestudeer was. Sonder dat die leerder enige kennis gehad het van die valensstruktuur van die onderskeie elemente wat ondersoek was, was hy/sy deur die praktiese uitvoering van die eksperimente tot die gevolgtrekking gelei dat sekere groepe elemente, byvoorbeeld litium, natrium en kalium, baie eenders reageer in chemiese reaksies. Hierdie gevolgtrekking was uiters belangrik, aangesien die leerder uiteindelik, wanneer daar na chemiese binding gekyk sou word, moes besef het dat daar gewoonlik 'n baie noue verband bestaan tussen die valensstruktuur van atome en die wyse waarop hulle reageer en verbind met mekaar. Volgens die handboeke was dit ook belangrik dat die leerder uiteindelik moes besef het dat hierdie metale wat so eenders gereageer het tydens die eksperimentele ondersoek, almal dieselfde valenselektronstruktuur gehad het.

Nadat dié baie belangrike praktiese inleiding afgehandel was, was daar kortliks na die ontwikkeling van die atoomteorie gekyk. Dit is gedoen vanaf Dalton se aanvanklike atoommodel tot by die Bohr-model. In graad 10 is daar nog glad nie na Schrödinger se golfvergelyking verwys nie. Protone, neutrone en elektrone, met hul onderskeie eienskappe, is van naderby beskou. Daar is slegs op die deeltjie-aard van die elektron gekonsentreer. Die orbitaalbegrip, as die mees waarskynlike ruimte waarin die elektron rondom die kern aangetref sal word, is in die handboeke verduidelik. Daar is ook gekyk na die elektronkonfigurasie van sekere elemente, met insluiting van al die reëls wat daarmee gepaard gaan (Brink & Jones, 1984c: 113-164; Broster & James, 1987: 125-130).

Chemiese binding

In die skoolhandboeke vir graad 10 was dit die eerste keer dat die leerders werklik te doen gekry het met chemiese binding. Dit is 'n abstrakte onderwerp wat ver verwyderd was van die leerder se ervaringsveld. Atome is nie sigbaar nie, daarom kan hul struktuur en die wyse waarop hulle met mekaar reageer, nie deur die leerder waargeneem word nie. Gevolglik is die moontlikheid dat wanopvattinge by die leerders kon ontstaan het, baie groot (Tan & Treagust, 1999: 75).

Die studie van chemiese binding was in graad 10 hoofsaaklik beperk tot die verskil tussen ioniese en kovalente binding. Selvaratnam (1998: 144) verduidelik dat chemiese binding altyd geassosieer is met die herrangskikking van sommige van die elektrone wat teenwoordig is in die buitenste energievlak van die kombinerende atome. Om te verstaan wat gebeur as 'n chemiese binding gevorm word, is dit noodsaaklik om die model van atome korrek te visualiseer (Selvaratnam, 1998: 109-110). Gevolglik was dit belangrik dat die leerders moes besef het dat die grootste deel van die atoom uit leë ruimte bestaan waar elektrone in orbitale beweeg. Atome behoort aan leerders voorgestel te word as "sagte" strukture wat maklik vervorm kan word wanneer kragte daarop inwerk; hulle is nie harde sferiese deeltjies nie. As die leerders die atome op hierdie wyse korrek visualiseer, is dit makliker om te verduidelik dat kovalente binding byvoorbeeld kan ontstaan as hierdie "leë" ruimtes met mekaar oorvleuel en elektrone tussen atome onderling gedeel word.

Daar is ook in graad 10 aan die leerders gestel dat daar bevind word dat die elektronkonfigurasies in die atome van die edelgasse besonder stabiel is. Binding lei ook dikwels daartoe dat die gebonde atome die elektronkonfigurasie van edelgasatome verkry deur óf verlies aan elektrone, óf wins aan elektrone óf deling van elektrone.

Aangesien slegs die elektrone in die heel buitenste energievlak van die atoom deelneem aan chemiese binding, word hierdie buitenste energievlak ook die valensenergievlak genoem. Die elektrone in die valensvlak staan bekend as die

valenselektrone. Die begrip van valenselektrone is in die graad 10-skool-handboeke bespreek (Brink & Jones, 1984c: 161; Selvaratnam, 1998: 144).

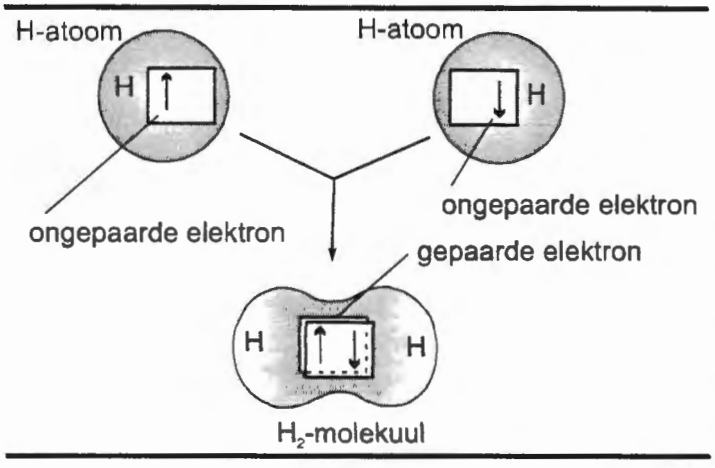
Dit was belangrik dat die aandag van die leerders op die verwantskap wat daar bestaan, tussen die rangskikking van die elektrone in die atoom en die wyse waarop die atoom met ander atome verbind, gevestig moes word.

Kovalente binding

Pauli se uitsluitingsbeginsel is aan die leerders verduidelik. Daarvolgens kan twee elektrone slegs dieselfde orbitaal beset as hulle in teenoorgestelde rigtings spin. Wanneer twee atome só na aan mekaar beweeg dat twee halfgevulde orbitale oorvleuel, sal die twee elektrone paar indien die elektrone in teenoorgestelde rigtings spin. Dit was belangrik dat die leerders moes onthou dat die elektrone, as gevolg van hul eenderse ladings, mekaar gewoonlik afstoot. As hulle egter in teenoorgestelde rigtings spin, is dit moontlik dat hulle tesame in 'n orbitaal gehuisves kan word en sodoende deur die twee atome gedeel kan word. Hierdie paring van elektrone van halfgevulde orbitale van verskillende atome en die gevolglike deling van hierdie paar elektrone met teenoorgestelde spin, vorm die kovalente binding. Pienaar *et al.* (1985: 230) het verduidelik dat die halfgevulde orbitale mekaar binnedring en met mekaar "saamsmelt" om 'n nuwe, gesamentlike orbitaal vir die atome te vorm. Die elektrone beweeg nie slegs meer om hul eie kern nie, maar ook om die kerne van die ander atome in die verbinding.

Twee atome kan 'n kovalente binding vorm indien die atome na genoeg aan mekaar beweeg en indien die elektrone in teenoorgestelde rigtings spin. Volgens die gelokaliseerde beskouing van chemiese binding, word die elektronpaar wat vir die vorming van die kovalente binding verantwoordelik is, hoofsaaklik tussen die twee atome aangetref. Die elektrostatiese aantrekking wat verantwoordelik is vir die binding van die atome, word voorsien deur die wedersydse aantrekkingskrag wat daar bestaan tussen die kerne en die gedeelde elektrone.

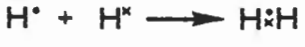
In die geval van die waterstofmolekuul is die kovalente binding diagrammaties soos in Figuur 4.6 voorgestel (Brink & Jones, 1984c: 167):



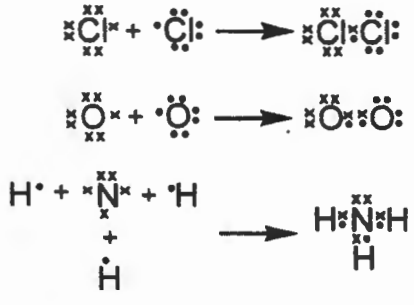
Figuur 4.6: Die vorming van 'n kovalente binding tussen waterstofatome

Die groter digtheid van die ladingswolk tussen die twee kerne stel die groter waarskynlikheid voor dat die bindingselektronpaar juis daar aangetref sal word.

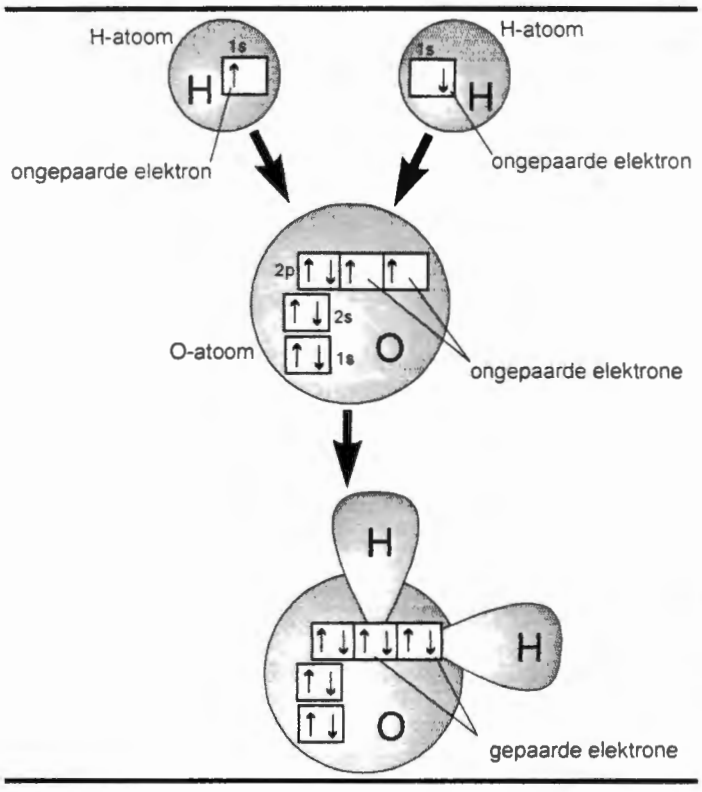
Die vorming van die kovalente binding is ook met behulp van Lewisstrukture voorgestel:



Verskeie ander voorbeelde van kovalente binding tussen atome was ook by die graad 10-leerinhoud ingesluit:

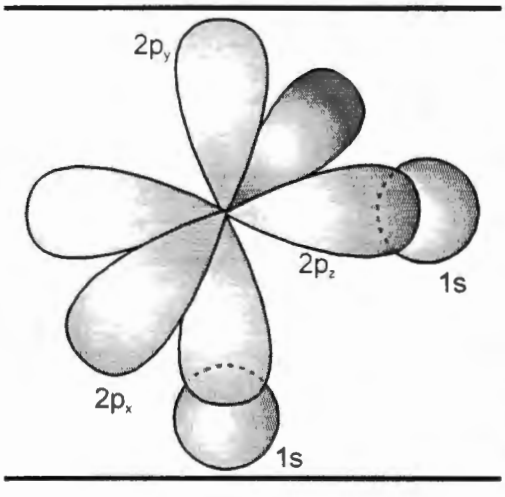


Figuur 4.7 toon die vorming van die kovalente binding in die watermolekuul soos deur Brink en Jones (1984c: 168) voorgestel was:



Figuur 4.7:
Vorming van 'n watermolekuul uit twee waterstofatome en een suurstofatoom

Pienaar *et al.* (1985: 235) het in hul verduideliking selfs verder gegaan en die watermolekuul as halfgevulde 2p-orbitale van die suurstofatoom, wat oorvleuel met die halfgevulde 1s-orbitale van die waterstofatome, voorgestel. Hierdie voorstelling word in Figuur 4.8 getoon:



Figuur 4.8:
Oorvleueling van p-orbitale van suurstof met die s-orbitale van waterstof om die watermolekuul te vorm

Die polêre aard van die watermolekuul is klaarblyklik nie in graad 10 reeds aan die leerders verduidelik nie, want geen sodanige verduideliking is in enige van die graad 10-handboeke aangetref nie.

Dit was belangrik dat die leerders moes onthou dat kovalente binding die deling van elektrone behels. Elke atoom in die verbinding het dus 'n aandeel in die deling van agt elektrone in die buitenste energievlakke, met die uitsondering van waterstof wat slegs twee elektrone benodig om sy valensvlak volledig te vul. Dit word die oktetreël genoem.

Ioniese binding

Volgens die leerinhoud wat in die skoolhandboeke bespreek was, is die klem eerstens laat val op 'n belangrike verskil tussen verbindings wat deur middel van kovalente binding met mekaar verbind is en verbindings wat deur middel van ioniese binding met mekaar verbind is. Daar is aan die leerders getoon dat verbindings bestaande uit molekule, dit wil sê verbindings waar die atome kovalent met mekaar verbind is, nie elektrisiteit kan gelei nie. In die handboeke is aan die leerders verduidelik dat die rede hiervoor die gepaarde elektrone in die kovalente binding is. Die gedeelde elektrone word baie sterk deur die kerne van die atome aangetrek, sodat daar geen gelaaide deeltjies is wat vry is om te kan beweeg nie. Vervolgens is daar aan die leerders getoon dat daar egter 'n groep chemiese verbindings bestaan wat wel in staat is om elektrisiteit te kan gelei as hulle gesmelt is of as hulle in oplossing verkeer. Dit dui daarop dat daar elektries-gelaaide deeltjies in hierdie verbindings voorkom, wat dan vrylik kan beweeg as die verbinding in die vloeistoftoestand (gesmelt) is of as dit in die opgeloste toestand is. Hierdie verbindings word saamgebind deur die sogenaamde ioniese binding (Pienaar *et al.*, 1985: 234).

Nadat dit onder die leerders se aandag gebring was dat hier 'n chemiese binding ter sprake is wat totaal verskil van die kovalente binding wat reeds met hulle bespreek is, is die ioniese binding meer volledig aan hulle verduidelik. Daar was in die handboeke gestel dat, voordat ioniese binding kan vorm, dit eerstens nodig is dat daar positiewe en negatiewe ione gevorm moet word vanaf die reagerende atome. Die teenoorgestelde gelaaide ione trek mekaar aan en word sodoende met mekaar verbind. (Vergelyk die leerinhoud van graad 6.) Binding tussen teenoorgesteld-gelaaide ione staan bekend as ioniese binding (Selvaratnam, 1998: 144).

Die begrippe ionisasie-energie en elektronaffiniteit was reeds in graad 10 aan die leerders verduidelik, alhoewel die terme wat daarvoor gebruik word nêrens in die graad 10-handboeke genoem was nie: Elektrone wat ver van die kern af voorkom, beskik oor meer energie as dié wat na aan die kern is. Eksperimenteel kan die elektrone heeltemal verwyder word van die aantrekkingskrag wat die kern daarop het. Om dit egter te kan doen, word die byvoeging van energie benodig. Indien die elektron reeds oor meer energie beskik, is minder energie nodig om dit uit die atoom te verwyder. Die metale in groep I op die periodieke tabel besit slegs een valenselektron wat relatief ver verwyderd is van die kern van die atoom. Gevolglik is hierdie elektron taamlik "los" gebind en kan dit relatief maklik van die atoom verwyder word. Verder word dié valenselektron ook afgeskerm van die aantrekkingskrag van die kern deur die elektrone in die volledig gevulde orbitale. Nadat die elektron uit die atoom verwyder is, bly daar 'n oormaat positiewe lading op die atoom agter en sodoende word 'n positiewe ioon gevorm. 'n Soortgelyke redenasie is gevolg vir die metale in groep II van die periodieke tabel. Die atome van die elemente van groep I en II is dus geneig om positiewe ione te vorm (Brink & Jones, 1984c: 170).

Verder was daar ook aan die leerders in graad 10 verduidelik dat die elemente in groep VI en VII van die periodieke tabel elektronstrukture het wat aandui dat die byvoeging van slegs een of twee ekstra elektrone daartoe kan lei dat die orbitale van die atoom almal volledig gevul is, net soos in die geval van die edelgasse. Volledig gevulde energievlakke dra by tot groter stabiliteit in die atoom en dus tot 'n laer energietoestand. Atome van hierdie elemente sal dus geneig wees om ekstra elektrone op te neem en negatiewe ione te vorm. Die begrip elektronaffiniteit was dus in wese aan die leerders bekend gestel, sonder dat dit deur 'n wetenskaplike term benoem is.

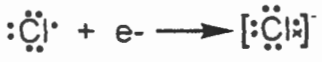
Uit die voorafgaande verduidelikings het die afleiding dus gevolg dat wanneer atome van metale in groep I en II in kontak kom met die nie-metaalatome van groep VI en VII, die relatief losgebinde elektrone van eersgenoemde atome geredelik oorgedra word na die halfgevulde orbitale van die atome van die elemente van groep VI en VII. Die positiewe en negatiewe ione wat op dié wyse

gevorm word, trek mekaar elektrostaties aan en 'n ioniese of elektrovalente binding word gevorm. Die vorming van die ioniese binding in die natriumchloriedkristal is as voorbeeld bespreek. Dit is in die handboeke voorgestel deur van Lewisstrukture gebruik te maak:

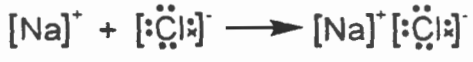
Vorming van die positiewe natriumioon:

$$Na^{\times} \longrightarrow [Na]^{+} + e^{-}$$

Vorming van die negatiewe chloriedioon:

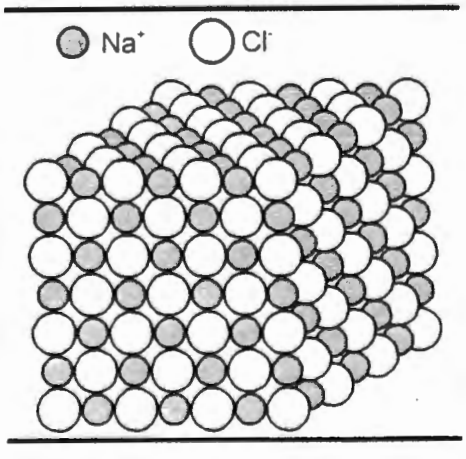


Vorming van die ioniese binding:

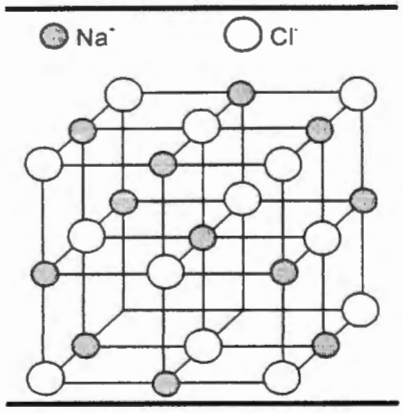


Die twee gevormde teenoorgesteld-gelaaide ione word deur elektrostatiese kragte na mekaar toe aangetrek. Hierdie begrip was dus gebaseer op die leerinhoud wat reeds in die fisika van graad 6 met die leerders behandel was.

In die handboeke is duidelik aan die leerders gestel dat die proses, soos dit hier uitgebeeld word, slegs die vorming van 'n binding tussen enkelatome van die twee elemente voorstel. In werklikheid vind die binding tussen miljoene (ione) plaas en 'n "reuse-molekuul" of "reuse-struktuur" van NaCl word gevorm. Die positiewe en negatiewe ione word in spesifieke posisies in die kristal saamgebind, bekend as 'n kristalrooster (Brink & Jones, 1984c: 170-173):



Figuur 4.9: Model van 'n natriumchloriedkristal



Figuur 4.10:
Vereenvoudigde voorstelling van 'n natriumchloriedkristal

Ten slotte was daar aandag geskenk aan die skryf van formules vir beide kovalente, sowel as ioniese verbindings.

Ander leerinhoude wat in die skoolhandboeke van graad 10 voorgekom het

Sure, basisse en soute is behandel. Neutralisasie was vir die eerste keer verduidelik as die reaksie wat plaasvind tussen hidronium- en hidroksiedione om water as produk te lewer, in plaas van bloot die reaksie tussen 'n suur en 'n basis:

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2\ H_2O$$

Laastens was daar ook kortliks gekyk na chemiese reaksies en elektrisiteit. Hierdie hoofstuk het ten nouste saamgehang met die hoofstuk wat gehandel het oor chemiese binding, aangesien die tipe chemiese binding wat tussen atome bestaan 'n bepalende rol speel in soverre dit geleiding of nie-geleiding van elektrisiteit deur die verbinding betref. Elektrolise is aan die leerders verduidelik as die omsetting van elektriese energie na chemiese energie en die reaksie by elke elektrode is met behulp van chemiese simbole voorgestel. Die elektrochemiese sel was ook bespreek, naamlik as 'n voorbeeld waar chemiese energie omgesit word na elektriese energie. In die skoolhandboeke was hierdie die eerste keer dat die leerders aan die prosesse van reduksie en oksidasie bekend gestel was.

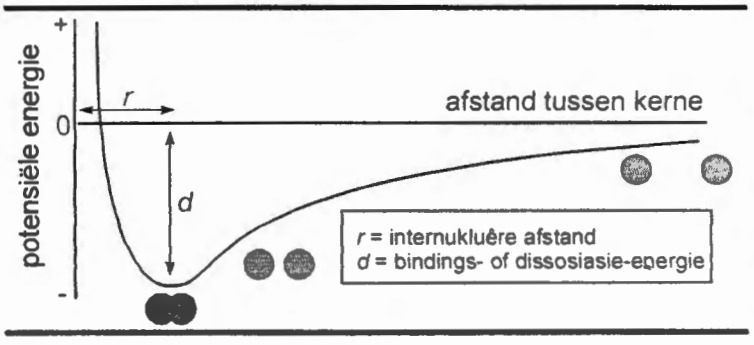
4.3.5 Leerinhoud van graad 11

In die Graad 11-handboeke was die begrip van chemiese binding redelik volledig gedoen, met die insluiting van polêre kovalente bindings en "gemengde" bindings (Brink & Jones, 1986a: 160-178). Intermolekulêre kragte was ook in die skoolhandboeke ingesluit (Brink & Jones, 1986a: 208-214).

Teen hierdie tyd moes die leerders daarvan bewus gewees het dat binding kan plaasvind tussen atome, ione en molekule. Volgens 'n relatief eenvoudige model sluit die binding tussen atome van nie-metale die onderlinge deling van elektrone tussen die atome in; dit staan bekend as die sogenaamde kovalente binding. Binding tussen die atome van metale staan bekend as metaalbinding, binding tussen ione word ioniese binding genoem en binding tussen molekule word intermolekulêre binding genoem (Selvaratnam, 1998: 144). Leerders wat in hierdie stadium nog nie behoorlik kon onderskei tussen atome, ione en molekule nie, sou moeilik sin kon maak uit die leerinhoud wat oor chemiese binding gehandel het.

Energieveranderinge tussen naderende atome

In die graad 11-skoolhandboeke was die vraag reeds gevra: "Waarom verbind atome met mekaar?" (Müller *et al.*, 1985: 229) Die antwoord op hierdie vraag hang nou saam met die energieveranderinge wat intree as twee atome mekaar nader en in die handboeke is dit aan die hand van Figuur 4.11 aan die leerders verduidelik (Brink & Jones, 1986a: 161):



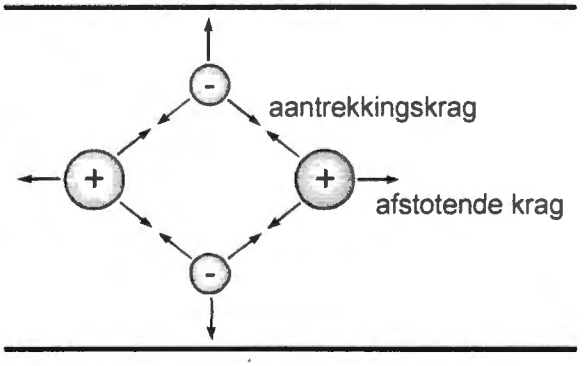
Figuur 4.11: Veranderinge in potensiële energie as twee atome verbind om 'n molekuul te vorm

Met behulp van Figuur 4.11 is skematies aangetoon hoe die potensiële energie van twee atome verander as hulle mekaar nader (Müller *et al.*, 1985: 232).

Presies dieselfde skets word weer op technikonvlak gevind (McMurry & Fay, 1998: 241).

Die redenasie wat op skoolvlak gevolg was, word vervolgens kortliks aangehaal uit skoolhandboeke wat in die ou onderwysbestel gebruik was:

Die potensiële energie van die twee atome is nul wanneer hulle ver van mekaar af is. Daar was aanvaar dat die leerders die begrip van potensiële energie reeds goed begryp het. (Vergelyk die leerinhoud van graad 7.) Tussen die twee atome bestaan daar aantrekkings- sowel as afstotingskragte. (Vergelyk die leerinhoud van graad 6.) So byvoorbeeld, sal die negatief-gelaaide elektronwolke van die twee atome mekaar afstoot, asook die twee positief-gelaaide kerne. Daarenteen sal die kern van die een atoom die elektronwolk van die ander aantrek, en omgekeerd. Figuur 4.12 toon hoe dit in die skoolhandboeke voorgestel was (Müller *et al.*, 1985: 231):



Figuur 4.12:
Aantrekkende en afstotende kragte tussen waterstofatome in 'n waterstofmolekuul

Indien daar dus 'n netto-aantrekking tussen die atome bestaan, wat toeneem as hulle mekaar nader, sal die potensiële energie van die stelsel in die proses afneem en die stabiliteit sal toeneem. Die neiging van die atome sal dus wees om al nader na mekaar te beweeg om die laagste moontlike energietoestand te bereik. Die leerders is reeds op skoolvlak deur die handboekskrywers daarop gewys dat atome slegs met mekaar sal verbind indien die energietoestand van die stelsel ná binding laer is as die oorspronklike energietoestande van die afsonderlike atome. Chemiese binding kan dus gedefinieer word as die proses waardeur atome van elemente met mekaar verbind om daardeur edelgaselektronstrukture met lae potensiële energie te bekom (Müller *et al.*, 1985: 230). Dit is noodsaaklik dat die leerders deur middel van illustrasies en modelle gelei moet word om leerinhoude

soos hierdie op 'n korrekte wyse vir hulself te visualiseer. Vanweë die abstrakte aard van die leerinhoud is dit baie moontlik dat oorbelading van die werksgeheue van die leerder kon voorgekom het, wat daartoe kon gelei het dat chemiese binding nie sinvol begryp was nie.

Die negatiewe waarde van bindingsenergie is volledig verduidelik in die skoolhandboeke: Omdat die potensiële energie van die twee afsonderlike atome aanvanklik nul is, impliseer dit dat die potensiële energie van die binding 'n negatiewe waarde moet besit. Die leerders is terug verwys na Figuur 4.11. Uit dié grafiek kan afgelei word dat die potensiële energie 'n negatiewe waarde het. Die negatiewe waarde van die bindingsenergie dui daarop dat energie by 'n molekuul toegevoeg moet word om die kovalente binding te breek en die atome by 'n toestand van nul-energie te bring (Müller *et al.*, 1985: 232).

Uit Figuur 4.11 blyk dit dat die potensiële energie van die stelsel die laagste waarde bereik as die atome op 'n afstand *r* (*die ewewigsafstand)* van mekaar af is. Op hierdie afstand is die aantrekkingskrag tussen die atome op sy grootste. As die atome nog nader na mekaar sou beweeg, neem die afstotingskragte oor en die potensiële energie van die stelsel neem toe. Hieruit moes dit dus vir die leerders duidelik gewees het waarom die atome wat in 'n molekuul saamgebind is, op 'n sekere afstand van mekaar af sal bly.

In die leerinhoud is daarop gewys dat, om twee atome wat 'n stabiele toestand van minimum energie bereik het weer van mekaar te skei, dit nodig sal wees om 'n sekere hoeveelheid energie (genoem dissosiasie-energie) tot die stelsel toe te voeg. Die dissosiasie-energie word met 'n *d* aangetoon in Figuur 4.11. Die leerders is daarop gewys dat *d* die verskil is tussen die potensiële energie van die gesamentlike en die afsonderlike atome. Hierdie hoeveelheid energie is natuurlik presies gelyk aan die bindingsenergie wat vrygestel is toe die binding tussen die atome gevorm het (Brink & Jones, 1986a: 161).

Kovalente binding

Net soos wat die geval was in die graad 10-handboeke, is die vorming van kovalente binding weer in graad 11 verduidelik as die oorvleueling van atoomorbitale om elektrondeling tot gevolg te hê. Dit was vir die leerders belangrik om te besef dat die oorvleuelende atome elkeen oor minstens een halfgevulde orbitaal moes beskik voordat kovalente binding gevorm kon word. Verder moes hulle onthou dat die elektrone in die oorvleuelende orbitale teenoorgestelde spin moet hê. Elektrondeling vind naamlik plaas deurdat twee halfgevulde orbitale oorvleuel om 'n nuwe gevulde orbitaal te vorm. Dit is belangrik dat leerders orbitale as oop ruimtes visualiseer, anders sal die oorvleueling baie moeilik verstaan kan word (Selvaratnam, 1998: 109-110).

In graad 11-skoolhandboeke was die begrip van elektronegatiwiteit ingesluit by die bestudering van chemiese binding. Daar is verduidelik dat, as twee atome met dieselfde elektronegatiwiteit kovalent verbind, die aantrekkingskrag van elke atoom op die gedeelde elektronpaar presies ewe sterk sal wees. Die bindingselektronpaar is dus gemiddeld ewe ver van die twee kerne en die elektronwolk is simmetries om die kerne van die twee atome. So 'n kovalente binding tussen twee eenderse atome, staan bekend as 'n nie-polêre kovalente binding. Indien die kovalente binding daarenteen tussen verskillende atome gevorm word, soos H en Cl in HCl, verskil die elektronegatiwiteite van die twee atome en lê die bindingselektronpaar nader aan die atoom met die grootste elektronegatiwiteit. Só 'n binding staan bekend as 'n polêre kovalente binding.

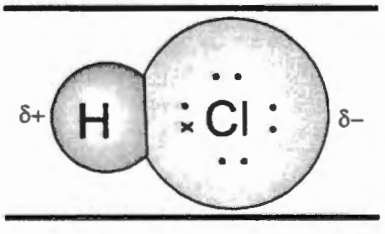
Polêre kovalente binding

In die voorafgaande gedeelte was die leerders reeds daarop gewys dat 'n polêre kovalente binding gevorm word wanneer die elektronegatiwiteite van die samestellende atome in die molekuul verskil. Dit bring mee dat die bindings-elektronpaar nader aan die atoom met die grootste elektronegatiwiteit lê.

Die begrip elektronegatiwiteit en die feit dat die elemente, soos hulle in die periodieke tabel gerangskik is, 'n periodiese tendens openbaar, is in die graad 11-handboeke bespreek. Op graad 11-vlak op skool was dit egter voldoende vir die leerders om te weet dat elektronegatiwiteit gedefinieer word as 'n maatstaf van die neiging van 'n atoom in 'n molekuul of in 'n groep atome om ekstra elektrone (die bindingselektrone) nader te trek om 'n polêre binding te vorm.

Die teoretiese elektronegatiwiteitswaardes wat deur Linus Pauling afgelei is vir die elemente, was in die handboeke getoon. Daar is aan die leerders verduidelik dat wetenskaplikes hierdie waardes bereken het, aangesien elektronegatiwiteite nie direk gemeet kan word nie.

Die HCl-molekuul was weer van nader beskou om aan die leerders te kon toon hoe die elektronegatiwiteitswaardes in die praktyk toegepas word: Die elektronegatiwiteite van die twee samestellende atome verskil met 0,9 eenhede (H = 2,1 en Cl = 3,0). Die chlooratoom oefen dus 'n baie sterker aantrekkingskrag op die gedeelde elektronpaar uit. Die bindingselektronpaar lê gevolglik nader aan die chlooratoom en die elektronwolk is onsimmetries. Hierdie oneweredige verspreiding van lading het tot gevolg dat die molekuul aan die chloorkant, ten opsigte van die waterstofkant, negatief is. Die pole word met die simbole δ− en δ+ aangedui. So 'n molekuul word 'n polêre molekuul genoem en dit was in die handboeke voorgestel deur die model wat in Figuur 4.13 getoon word (Müller *et al.*, 1985: 239).

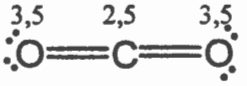


Figuur 4.13:
Polêre waterstofchloriedmolekuul (HCl)

Verder behoort die HF-molekuul heelwat meer polêr te wees as die HCl-molekuul, omdat die elektronegatiwiteite van die twee atome in HF met 1,9 eenhede verskil teenoor die 0,9 eenhede in die geval van HCl.

Dat elektronegatiwiteite egter nie die enigste faktor is wat by die vasstelling van die polêre aard van 'n molekuul in ag geneem moet word nie, maar dat die vorm van die molekuul ook 'n belangrike rol speel, is wel in die graad 11-handboeke verduidelik. Molekulêre fatsoen (geometrie) was nie breedvoerig in die skoolhandboeke behandel nie. Dit was slegs aan die hand van enkele voorbeelde aan die leerders geïllustreer.

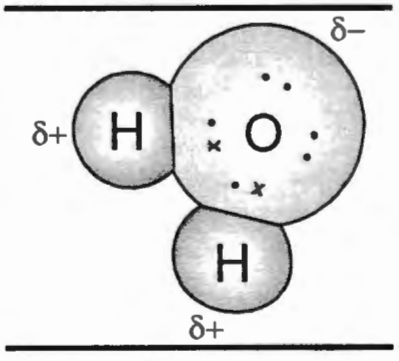
In die geval van die liniêre molekuul, CO_2, was die toestand soos volg voorgestel (Brink & Jones, 1986a: 168):



Volgens die elektronegatiwiteite behoort die twee suurstofente van die molekuul negatief (δ-) ten opsigte van die sentrale koolstofatoom te wees, maar uit die simmetriese aard van die molekuul is dit duidelik dat daar nie tussen die twee ente van die molekuul enige ladingsverskil kan bestaan nie (die netto-effek is nul), sodat hierdie molekuul vanweë sy simmetrie ook nie-polêr moet wees.

Dit is ook die geval met die simmetriese metaanmolekuul, CH_4.

In die geval van water, waar die molekuul nie simmetries is nie, was die toestand deur Figuur 4.14 uit Müller *et al.* (1985: 239) voorgestel:



Figuur 4.14:
Polêre watermolekuul (H_2O)

Die hoekige vorm van die molekuul en die verskil in elektronegatiwiteite van die suurstof- en waterstofatome bring mee dat die ladingverspreiding in hierdie molekuul nie meer simmetries is nie, maar meer gekonsentreer is in die omgewing van die suurstofatoom sodat hierdie kant van die molekuul 'n negatiewe (δ-) lading kry en die teenoorgestelde kant in die waterstowwe se omgewing 'n positiewe (δ+) lading.

Slegs hierdie enkele voorbeelde waar die fatsoen van die molekuul 'n belangrike rol speel, was ingesluit by die leerinhoud van graad 11. Daar was nog geen motivering vir die spesifieke vorm van die molekuul gegee nie.

"Gemengde bindings"

Uit die bespreking van polêre molekule kon die leerders afgelei het dat sommige molekule meer polêr sal wees as ander, afhangende van die vorm van die molekuul en die verskil in elektronegatiwiteite van die samestellende atome.

Volgens die leerinhoud wat in die graad 11-skoolhandboeke voorgekom het, is daar verduidelik dat 'n suiwer kovalente binding gevorm word as twee identiese atome met mekaar oorvleuel, soos byvoorbeeld in die geval van die waterstof- en die chloormolekule:

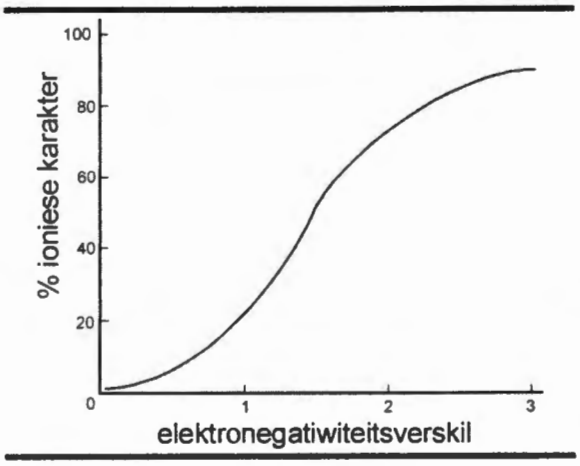
H:H Cl:Cl

Beide atome maak hier ewe veel aanspraak op die bindingselektronpaar en daar bestaan geen sprake van dipole wat vorm nie.

Daar was in die handboeke gestel dat, namate hierdie eweredige deling van die bindingselektronpaar versteur word, die binding meer polêre eienskappe verkry. Die dipoolkarakter van die molekuul neem toe. As gevolg van die verskil in elektronegatiwiteite van die samestellende atome, kan 'n binding dus gedeeltelik ionies en gedeeltelik kovalent van aard wees. In Tabel 4.1 wat uit Brink & Jones (1986a: 169) aangehaal word, was die persentasie ioniese geaardheid van 'n enkelbinding volgens die Pauling-skaal aangegee.

Tabel 4.1: Pauling skaal vir die bepaling van persentasie ioniese geaardheid

Verskil in elektronegatiwiteit	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
Persentasie ioniese geaardheid	0	5	1	2	4	6	9	12	15	19	22	26	30	34	39	43	47	51	55	59	63	67	70	74	76	79	82	84	86	88	89	91	92
Persentasie kovalente geaardheid	100	99,5	99	98	96	94	91	88	85	81	78	74	70	66	61	57	53	49	45	41	37	33	30	26	24	21	18	16	14	12	11	9	8



Figuur 4.15: Verband tussen elektronegatiwiteit en ioniese karakter

Uit die tabel kon afgelei word dat indien die verskil in elektronegatiwiteite van die twee samestellende elemente groter as 1,7 is, die binding wat tussen atome van hierdie elemente ontstaan, meer ionies as kovalent van aard sal wees, sodat daar in werklikheid in só 'n geval nie meer van 'n kovalente binding gepraat is nie, maar eerder van 'n ioniese binding.

Die leerders was daarop gewys dat dit belangrik is om te onthou dat die verskil in elektronegatiwiteitswaardes van elemente nie die enigste faktor is wat die polêre karakter (of ioniese aard) van 'n binding bepaal nie. Hulle moes gedurig in gedagte gehou het dat die dipoolmomente van die molekule net so 'n belangrike rol speel as die verskil in elektronegatiwiteitswaardes. Daar was aan die leerders getoon dat die dipoolmoment van 'n diatomiese molekuul toeneem as die molekuul meer polêr is, dit wil sê, as daar 'n groter verskil in elektronegatiwiteitswaardes voorkom. Dat meeratomige molekule soms, ten spyte van polêre bindings, geen dipoolmoment kan hê nie, was met behulp van die koolstofdioksied- en die metaanmolekule as voorbeelde aangetoon. 'n Diepere studie van dipoolmomente het egter buite bestek van die skoolhandboeke geval.

Ioniese binding

Ioniese binding was reeds in graad 10 aan die leerder verduidelik. Min of meer dieselfde verduideliking was weer in graad 11 gevolg. Daar het wel enkele nuwe begrippe in die graad 11-handboeke na vore gekom.

Ionisasie-energie was aan die leerders verduidelik as die hoeveelheid energie wat nodig is om die buitenste elektron vanuit 'n geïsoleerde neutrale atoom in die gastoestand te verwyder. Elektronaffiniteit was ook verduidelik as die energie wat vrykom as 'n atoom 'n ekstra elektron na hom toe aantrek om 'n negatiewe ioon te vorm. Hierdie twee begrippe was in wese reeds in graad 10 met die leerders behandel, maar in die graad 11-handboeke was dit vir die eerste keer pertinent gedefinieer en die terme ionisasie-energie en elektronaffiniteit was ingesluit by die leerinhoud.

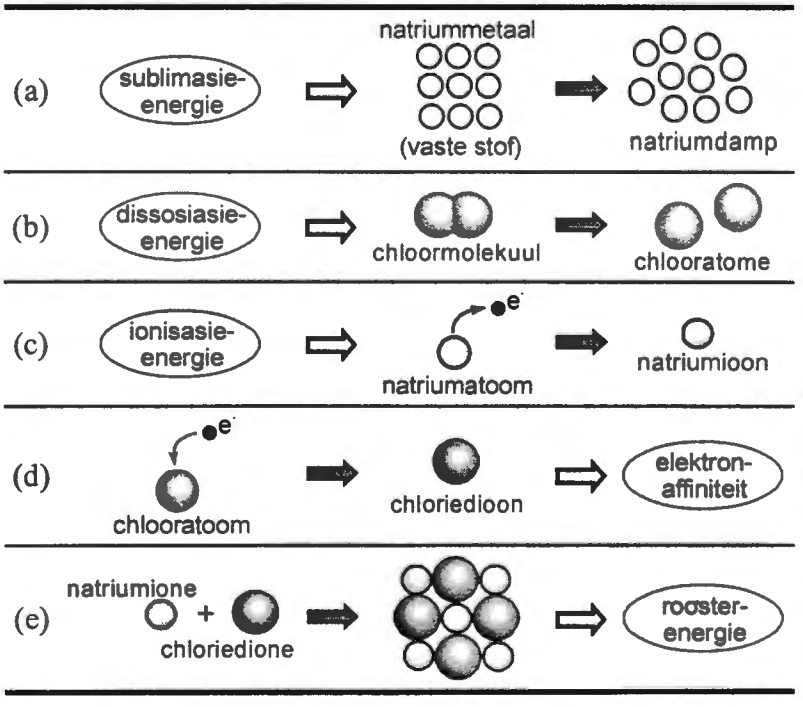
Aangesien die term elektronegatiwiteit reeds met die leerders behandel was, is die verduideliking van ioniese binding in graad 11 daaraan gekoppel. Ioniese binding was gevolglik verduidelik as die binding wat gevorm word wanneer die verskil in elektronegatiwiteit tussen die oorvleuelende atome só groot is dat daar 'n oordrag van elektrone plaasvind, in plaas daarvan dat hulle die bindingselektrone met mekaar deel. Daar was ook genoem dat dit meestal gevorm word as 'n metaalatoom 'n nie-metaalatoom nader. Die elektronoordrag vind altyd plaas vanaf 'n element met 'n lae ionisasie-energie (die metaalatoom) na 'n element met 'n hoë elektronaffiniteit (die nie-metaalatoom). Om 'n sterk ioniese karakter in 'n binding te kry, moet daar 'n redelike groot verskil in die elektronegatiwiteite van die twee elemente wees.

Net soos in graad 10 was die vorming van natriumchloried weer as 'n tipiese voorbeeld van 'n ioniese verbinding bespreek. Die benadering in die graad 11-handboeke het egter effens verskil van dié wat in die graad 10-handboeke gevolg was, omdat die terme ionisasie-energie en elektronaffiniteit by die verduideliking ingesluit was. Die leerders se aandag was daarop gevestig dat natrium hoog in groep I van die periodieke tabel lê en dat natrium dus 'n lae ionisasie-energie besit. Daarenteen word chloor in groep VII van die tabel aangetref. Hierdie groep elemente het hoë elektronaffiniteite.

Die verskil in elektronegatiwiteitswaardes tussen hierdie twee elemente gee 'n verskil van 2,1 eenhede (Na = 0,9 en Cl = 3,0). Volgens Tabel 4.1 sal hierdie verskil 'n oorwegend ioniese binding tot gevolg hê. Elektronoordrag sal dus plaasvind vanaf die natriumatoom na die chlooratoom.

Die leerders was weer daarop gewys dat, wanneer die ioniese binding tussen natrium en chloor bespreek word, dit gedoen word vir 'n enkele natriumioon wat verbind met 'n enkele chloriedioon, terwyl daar in werklikheid miljoene ione in 'n "reuse-kristalrooster" saamgepak word (vergelyk met die leerinhoud van graad 10). Die formule NaCl moet dus nie as een molekuul van die sout gesien word nie, maar eerder as 'n formule-eenheid waaruit die verhouding waarin die elemente met mekaar verbind (1 : 1 in hierdie geval) afgelei kan word. Die wyse waarop ione in die kristalrooster saampak, word grootliks deur die relatiewe groottes van die ione bepaal (Brink & Jones, 1986a: 170-173).

Verder moet die energie wat tydens die bindingsproses vrygestel word, meer wees as die energie wat vir sommige stappe in die proses benodig word. Dit voldoen dus aan die voorwaarde dat atome slegs met mekaar sal verbind indien die energietoestand van die stelsel ná binding laer is as die oorspronklike energietoestande van die afsonderlike atome. 'n Skematiese voorstelling van die verskillende stappe in die vorming van 'n ioniese binding tussen natrium (vastestof) en chloorgas was in Müller *et al.* (1985: 243) gevind en word in Figuur 4.16 voorgestel:



Figuur 4.16 Skematiese voorstellling van die verskillende stappe in die vorming van 'n ioniese binding tussen natrium (vaste stof) en chloorgas

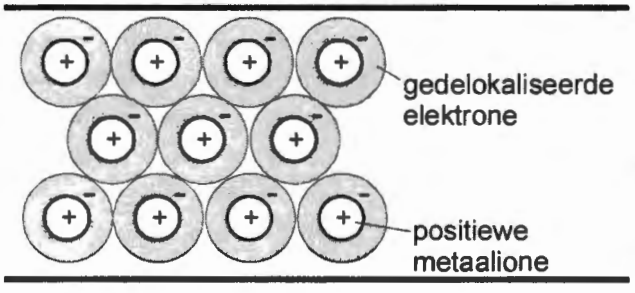
Die verbinding moet dus uiteindelik by 'n laer energietoestand wees as die samestellende elemente voor binding (Brink & Jones, 1986a: 170- 171). Daar word na hierdie groot hoeveelheid vrygestelde energie as roosterenergie verwys (Broster & James, 1989: 157; Brink & Jones, 1986a: 172; Müller *et al.*, 1985: 245).

Metaalbinding

Metale en nie-metale was reeds in graad 8 van mekaar onderskei op grond van hul fisiese eienskappe. Metaalbinding was egter eers in graad 11 aan die leerders verduidelik. Die leerders moes tot die besef gekom het dat metale 'n spesiale groep elemente vorm, want die bindings wat tussen die atome in die metaal voorkom, ontstaan nie op enige van die wyses wat tot op daardie stadium met hulle bespreek was nie. Alle metale besit in der waarheid 'n kristalstruktuur. Omdat metale almal deur lae ionisasie-energieë en die beskikbaarheid van leë valensie-orbitale gekenmerk word, word geglo dat die elektrone in 'n metaal gedelokaliseerd is en maklik deur atome in die metaal "uitgeruil" kan word. Soos wat die elektrone van die een atoom na die ander beweeg, word hulle deur al die nabygeleë kerne aangetrek (Broster & James, 1989: 158). Dit is duidelik dat 'n verduideliking soos hierdie geweldig baie inligting aan die leerders wou bekend stel. Die moontlikheid dat die werksgeheue van die leerders oorlaai sou word, was dus baie groot (Johnstone & El-Banna, 1986: 80). Dit was waarskynlik om die oorbelading van die werksgeheue tot 'n mate teen te werk, dat daar in al die handboeke baie sterk op illustrasies gesteun was (Saunders *et al.*, 1995: 42).

Die besondere eienskappe van metale, wat reeds in graad 8 met die leerders behandel was, was nou in die graad 11-handboeke weer opgehaal en gebruik om die model van die metaalbinding aan die leerders te verklaar. So was daar byvoorbeeld aangetoon dat die hoë digthede van metale 'n aanduiding is dat die atome in 'n metaal dig gepak moet wees. Dit beteken dat die valensie-orbitale van nabygeleë atome mekaar moet oorvleuel. Valensie-elektrone behoort dus nie meer slegs aan een spesifieke atoom nie, maar aan die kristalrooster as 'n geheel.

Die positiewe metaalione of atoomreste wat agterbly as die valensie-elektrone deur die atome "afgestaan" word, neem nou die roosterposisies van die metaalkristal in. Die metaalbinding bestaan uit die elektrostatiese aantrekkingskragte tussen hierdie atoomreste en die "see" van beweeglike elektrone waarin hulle gerangskik is. In Müller *et al.* (1985: 246) was die metaalbinding met behulp van die skets in Figuur 4.17 voorgestel:



Figuur 4.17: Voorstelling van metaalbinding

Soms word die gemeenskaplike "see" van elektrone 'n "elektrongas" genoem omdat hierdie gemeenskaplike valensie-elektrone se beweeglikheid met dié van gasdeeltjies vergelyk kan word. In een opsig verskil dit egter van 'n gas, naamlik dat daar in die geval van 'n metaal 'n groot mate van wisselwerking tussen die atoomreste (of metaalione) en die elektrongasdeeltjies bestaan, terwyl daar geen wisselwerking tussen die deeltjies van 'n ideale gas is nie.

Die kristalstruktuur van 'n metaal word ook slegs deur die grootte van die atome in die metaal bepaal en hang nie, soos in die geval van ioniese kristalle, ook van die lading op die ione af nie (Brink & Jones, 1986a: 178).

Gekondenseerde fases van materie

Intermolekulêre kragte was in die graad 11-handboeke onder die titel "Gekondenseerde fases van materie" behandel. Die rede vir die gebruik van hierdie titel was soos volg aan die leerders verduidelik: Omdat die volume van 'n sekere hoeveelheid materie in die vloeistof- of vastestoffase altyd baie kleiner is as die volume van dieselfde hoeveelheid gas, word die vloeistof- en vastestoffases dikwels die gekondenseerde fases van materie genoem. Wanneer daar dus in die handboeke melding gemaak was van intermolekulêre kragte tussen

deeltjies, moes die leerders besef het dat dit 'n verwysing was na die kragte tussen die deeltjies van 'n vloeistof of 'n vaste stof.

Vroeër in die graad 11-handboeke was die leerders daarop gewys dat die volume van 'n vloeistof wat verdamp ongeveer duisendvoudig toeneem (Brink & Jones, 1986a: 183). Die ruimtes tussen gasdeeltjies is dus aansienlik groter as dié tussen vastestof- en vloeistofdeeltjies. Daarom kan gasse maklik saamgepers word.

Vloeistowwe en vaste stowwe is daarenteen bykans nie-saampersbaar. Dit dui daarop dat die samestellende deeltjies van dié stowwe dig teenmekaar moet lê. By verhitting sit vaste stowwe en vloeistowwe ook nie soveel uit as gasse nie, wat weer eens daarop dui dat die sterker bindingskragte tussen die samestellende deeltjies nie so maklik oorkom kan word nie.

Reeds in graad 8 was daar aan die leerders verduidelik dat die definitiewe vorms van vaste stowwe daarop dui dat die deeltjies in 'n vaste stof op 'n ordelike wyse gerangskik moet wees. Daarteenoor is vloeistowwe vloeibaar en neem die vorm van die houer waarin hulle gehou word, aan. Dit is 'n aanduiding dat die vloeistofdeeltjies minder ordelik gerangskik is. Gasse, wat die houer altyd volkome vul, se deeltjies geniet sóveel vryheid van beweging dat daar by die gasfase nie sprake is van enige ordelike rangskikking nie.

Die handboeke het die leerders ook daarop gewys dat hier na **kragte** verwys word en nie na **binding** nie. Dit moes dus vir hulle duidelik gewees het dat dit nie meer kovalente en ioniese binding is waarna verwys word nie, maar dat dit met 'n ander tipe aantrekking tussen deeltjies te doen het. Leerders wat op daardie stadium nie behoorlik kon onderskei tussen chemiese **binding** en intermolekulêre **kragte** nie, sou noodwendig probleme ondervind het met die leer van daardie gedeelte van die leerinhoud. Sinvolle betekenisgewing sou baie moeilik kon plaasvind, gevolglik sou die leerder nie in staat gewees het om sy kennis te kon toepas nie.

Intermolekulêre kragte

Uit die voorafgaande leerinhoud moes die leerders besef het dat die kragte wat tussen die deeltjies van 'n stof bestaan, in 'n groot mate die fase bepaal waarin daardie stof voorkom. In die geval van gasse, waar deeltjies vry is om te beweeg en ver van mekaar af voorkom, is daar weinig of geen sprake van bindingskragte tussen die deeltjies nie. Die leerinhoud aangaande ideale gasse was dus deur hierdie gedeelte opnuut bevestig.

By vloeistowwe en vaste stowwe is die bindingskragte só groot dat die deeltjies se beweging aansienlik beperk is. By vaste stowwe is die beweging in só 'n mate beperk dat die deeltjies slegs om bepaalde posisies kan vibreer.

Om die kragte tussen molekule te kon verduidelik, was daar van sekere spesifieke voorbeelde gebruik gemaak. Daar was slegs van die leerders verwag om die kragte wat in daardie voorbeelde ter sprake was, te kon identifiseer en te kon verduidelik. Voorbeelde wat by die leerinhoud ingesluit was, was byvoorbeeld stowwe soos H_2O, CO_2, CH_4, I_2 en nog enkele ander. Al hierdie stowwe is opgebou uit molekule, daarom was dit nodig om die kragte tussen die molekule van sulke verbindings te ondersoek om vas te stel hoe hierdie molekule aan mekaar gebind is.

Daarvoor was dit nodig dat die leerders 'n studie moes maak van sommige van hierdie stowwe se eienskappe, soos byvoorbeeld smeltpunte, kookpunte, hul viskositeit as vloeistowwe en gasse, hardheid, pletbaarheid, oplosbaarheid in ander stowwe, ensovoorts. Van hierdie genoemde eienskappe dien smeltpunte en kookpunte onderskeidelik as maatstaf van die aantrekkingskrag tussen die molekule van die verbindings in die kristallyne- en vloeistoftoestand. Byvoorbeeld, hoe hoër die smeltpunt, hoe sterker is die aantrekkingskragte tussen die molekule in die vaste toestand.

Tabel 4.2 word uit Brink en Jones (1986a: 209) aangehaal. Die inligting wat in hierdie tabel gegee was, het baie duidelik getoon wat die effek van molekulêre massa op smelt- en kookpunte in vier groepe van sulke molekulêre stowwe was.

Tabel 4.2: Die effek van molekulêre massa op die smelt- en kookpunte van vier groepe molekulêre stowwe

	Formule	Atoom- of molekulêre massa	Smeltpunt in °C	Kookpunt in °C
Edelgasse	He	4	-270	-269
	Ne	20	-249	-249
	Ar	40	-189	-186
	Kr	84	-157	-152
	Xe	131	-112	-108
	Rn	222	-71	-62
Halogene	F_2	38	-220	-188
	Cl_2	71	-101	-35
	Br_2	160	-7	58
	I_2	254	114	183
Halogene	CF_4	88	-150	-129
	CCl_4	154	-23	77
	CBr_4	332	90	190
	CI_4	520	Ontbind by 171	
Koolwaterstowwe	CH_4	16	-182	-164
	C_2H_6	30	-183	-89
	C_3H_8	44	-190	-42
	C_4H_{10}	58	-138	-1
	C_5H_{12}	72	-130	36

Die leerders moes uit hierdie tabel onder andere die volgende belangrike punte kon aflei:

1. Selfs die edelgasse wat as mono-atomiese molekulêre stowwe voorkom, vervloei by lae temperature en kan selfs by nóg laer temperature vaste stowwe vorm.
2. Die intermolekulêre aantrekkingskragte van stowwe soos CH_4 en CF_4, wat uit simmetriese nie-polêre molekule bestaan, moet sterk genoeg wees om hierdie stowwe in 'n vaste- en vloeistoftoestand te laat bind.
3. Hoe groter die molekule, hoe hoër is die smelt- en kookpunte van die betrokke verbindings.
4. Die relatief lae temperature waarby al hierdie stowwe smelt en kook, dui daarop dat die kragte tussen die molekule nie sterk kan wees nie.

Hierdie swak kragte word Van der Waalskragte genoem na die Hollandse fisikus, Johannes van der Waals, wat baie navorsing gedoen het in verband met die aantrekking tussen soortgelyke molekule in gasse en vloeistowwe.

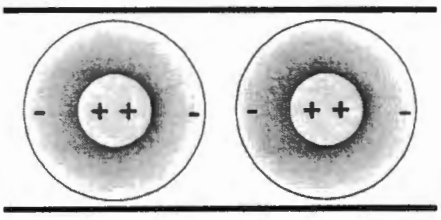
Van der Waalskragte

Dit behoort nie vir die leerders moeilik te gewees het om te begryp hoe polêre molekule soos H_2O, H_2S, NH_3 en baie ander, aan mekaar gebind is nie. Sulke dipolêre molekule kan hulself in verbindings op verskeie maniere rangskik. In elkeen van hierdie moontlike rangskikkings is teenoorgestelde pole van molekule na mekaar gerig. Aantrekking van dié soort word **dipool-dipool-aantrekking** genoem en dit is een van die kragte wat as Van der Waalskragte bekend staan.

'n Tweede vorm van Van der Waals-kragte word aangetref wanneer 'n ioon 'n aantrekkingskrag op 'n polêre molekuul uitoefen. Hierdie kragte staan bekend as **ioon-dipool-kragte**. Voorbeelde van hierdie soort kragte kom byvoorbeeld voor waar ioniese vaste stowwe soos NaCl in polêre vloeistowwe soos H_2O oplos. Wanneer die ione van sulke vaste stowwe in oplossing gaan, word hulle deur die polêre molekule van die oplosmiddel omring. Die molekule van die oplosmiddel rangskik hulle sodanig dat teenoorgestelde ladings na die ioon gerig is.

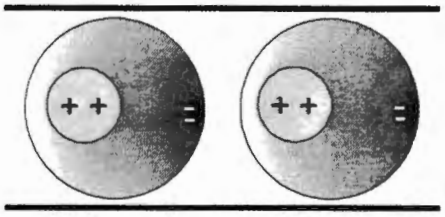
Uit Tabel 4.2 blyk dit dat nie-polêre molekule en selfs atome soos dié van die edelgasse mekaar moet aantrek, anders sou hulle nie by lae temperature vervloei het nie. Dit staan bekend as **Londonkragte,** 'n derde vorm van Van der Waalskragte. Hierdie tipe aantrekking vereis 'n groot mate van abstrakte denke van die leerder om vir homself te kan visualiseer wat gebeur.

In die skoolhandboeke was dit aan die hand van illustrasies verduidelik. Figuur 4.18 uit Brink en Jones (1986a: 210) is 'n voorbeeld van so 'n illustrasie. Dit stel twee heliumatome voor wat baie na aan mekaar voorkom. Die verspreiding van ladings in atome soos oor 'n tydperk beskou, is sferies simmetries van aard:



Figuur 4.18:
Heliumatome met sferies simmetriese elektronwolke

Omdat elektrone in atome en molekule egter steeds in beweging is, val die middelpunte van die elektrone se ladingsdigtheid en die positiewe kerne nie altyd saam nie, sodat 'n tydelike polarisering van die molekuul of edelgasatoom kan voorkom, soos aangetoon in Figuur 4.19 uit Brink en Jones (1986a: 210):



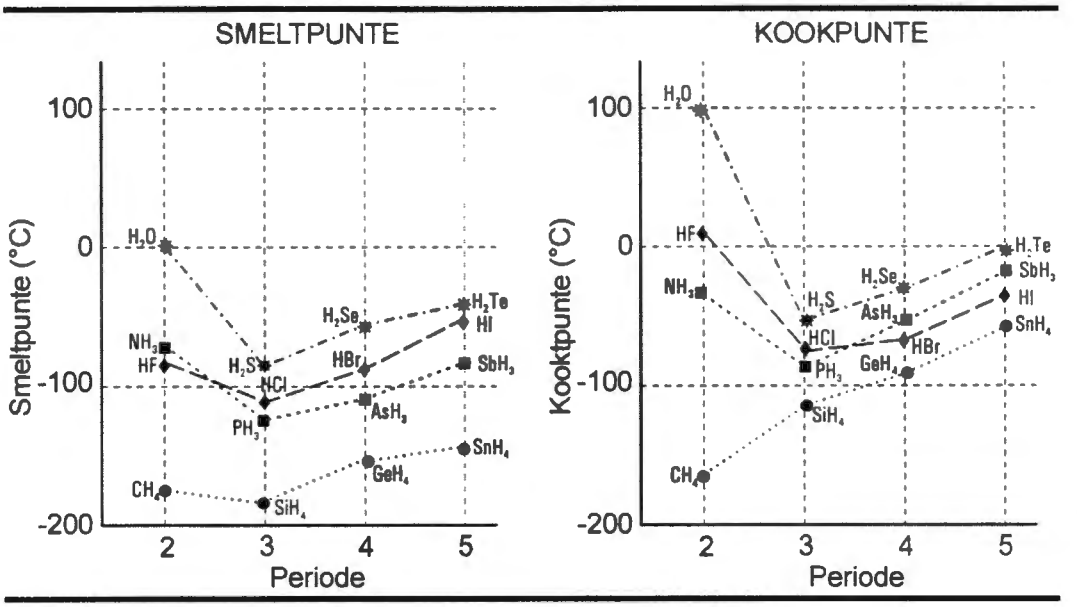
Figuur 4.19:
Gepolariseerde heliumatome na induksie

Indien twee sulke tydelik polêre molekule of atome mekaar dus nader met teenoorgesteld-gelaaide gedeeltes na mekaar gerig, kan hulle as gevolg van hierdie swak aantrekkingskrag aan mekaar bind. Hierdie bindings is egter tydelik van aard omdat die elektrone gedurig in beweging is en die ladingverspreiding in die atome en molekule voortdurend verander.

Uit Tabel 4.2 blyk dit dat die kookpunte van die edelgasse saam met die molekulêre massa (d.w.s. atoomgrootte) toeneem. As aanvaar word dat tydelike dipole makliker in groot atome as in kleintjies geïnduseer kan word, verklaar dit die sterker aantrekkingskragte tussen groter atome of molekule. Hierdie tendens was ook merkbaar by die koolstofhaliede, koolwaterstowwe en halogene.

Dat Van der Waalskragte egter nie altyd die enigste kragte is wat vir binding tussen polêre molekule verantwoordelik is nie, blyk duidelik uit 'n studie van die smelt- en kookpunte van die nie-metaalhidriede (Sien Tabel 4.2).

In die Figuur 4.20 (a) en (b) word die waardes van Tabel 4.2 grafies voorgestel (Brink & Jones, 1986a: 211):



Figuur 4.20: Smeltpunte en kookpunte van die nie-metaalhidriede

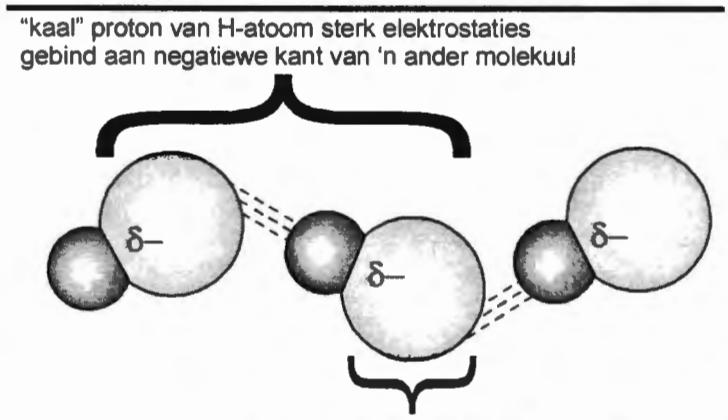
'n Studie van die grafieke toon dat die kook- en smeltpunte van die stowwe NH_3, H_2O en HF baie hoër is as dié van ander verbindings in hul onderskeie groepe. Daaruit kon die leerders dus afgelei het dat daar sterker intermolekulêre kragte in hierdie stowwe aanwesig moet wees wat aanleiding tot die hoër smeltpunte en kookpunte gee as net die Van der Waalskragte. Meer energie is nou nodig om die sterker bindings tussen die molekule in dié stowwe te breek.

Hierdie tipe kragte word **waterstofbindings** genoem. Weens die groot invloed van waterstofbindings op die eienskappe van die stowwe waarin dit voorkom, was dit noodsaaklik dat die leerders verdere aandag daaraan moes gee. In die handboeke was dit gevolglik afsonderlik van die ander Van der Waalskragte bespreek.

Waterstofbinding

Eerstens was die uitsonderlike hoë smelt- en kookpunte van die stowwe HF, H_2O en NH_3 aan die leerders beklemtoon. Uit Figuur 4.20 kon hulle duidelik raakgesien het dat al drie hierdie stowwe afwykings toon van dit wat verwag is. Om dié afwykings te verklaar, was daar verder aan hulle verduidelik dat al drie stowwe waterstofatome bevat wat gekoppel is aan sterk elektronegatiewe elemente (F = 4,0; O = 3,5; en N = 3,0). Elemente wat sterk elektronegatief is,

trek die kovalente bindings-elektronpaar in die molekuul sterk aan sodat die waterstof byna geheel en al van sy elektron afstand doen en as 'n "kaal" proton agtergelaat word. Omdat die waterstofatoom so besonder klein is, beteken dit dat daar byvoorbeeld in die geval van 'n HF-molekuul 'n fluooratoom is waarop 'n relatief klein maar definitiewe positiewe puntlading uitsteek (Müller *et al.*, 1985: 275). Figuur 4.21 toon die vorming van waterstofbinding tussen molekule soos wat dit in Müller *et* al.,(1985: 275) aan die leerders getoon was.



Figuur 4.21: Waterstofbinding tussen molekule

Hierdie klein positiewe puntlading kan nou met 'n ander soortgelyke atoom bind sodat die "kaal" proton hom nou tussen twee hoogs elektronegatiewe fluooratome bevind. Omdat die proton so klein is, kan hy baie na aan die twee naburige elektronegatiewe atome kom om 'n waterstofbinding of "brug" tussen die fluooratome te vorm.

Twee voorwaardes geld dus vir waterstofbindings om te vorm, naamlik:

1. Die waterstofatoom moet kovalent gebind wees aan 'n hoogs elektronegatiewe atoom. Sulke waterstowwe kan dan as elektronpaarontvangers optree.
2. Daar moet 'n ongebonde elektronpaar op 'n ander of op dieselfde hoogs elektronegatiewe atoom voorkom wat 'n elektronpaar kan skenk.

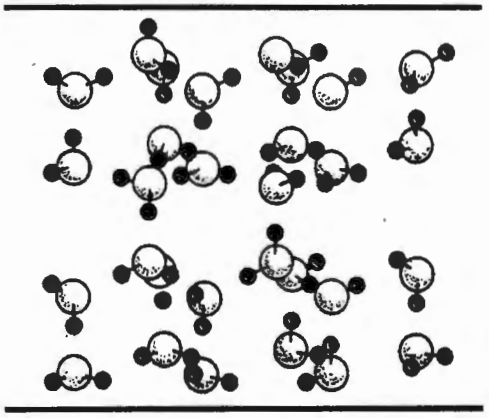
Daar was melding gemaak daarvan dat waterstofbindings dikwels voorkom in organiese stowwe soos alkohole en karboksielsure. Dit was belangrik dat die

leerders moes besef dat die aanwesigheid van die waterstofbindings in hierdie vloeistowwe, net soos by water, 'n groot invloed op die eienskappe van die verbindings sal hê. In die geval van HF kom waterstofbindings selfs ook nog in die gastoestand voor, soos blyk uit die feit dat polimere van HF in die gasfase aangetref is. ('n Polimeer beteken 'n aantal molekule van die stof wat aan mekaar gebind is.)

Die leerinhoud van die graad 11-handboeke het ook verder gegaan deur te verduidelik dat elektronegatiwiteite by groter atome afneem en dat die moontlikheid van waterstofbinding gevolglik baie gering word. Smelt- en kookpunte van stowwe soos HCl, H_2S en PH_3 bevestig die afwesigheid van waterstofbindings.

Dit was belangrik dat die leerders moes besef het dat waterstofbinding 'n besondere sterk intermolekulêre krag is, maar dat dit 'n baie swakker aantrekking is as kovalente binding. Uit metings van die bindingsenergieë blyk dit dat waterstofbindings ongeveer een tiende so sterk is as 'n tipiese kovalente binding.

Om die uitwerking van waterstofbinding op 'n stof aan te toon, het die meeste van die skoolhandboeke 'n skets ingesluit waarin die kristalstruktuur van ys voorgestel was. Figuur 4.22 (Brink & Jones 1986a: 213) is 'n voorbeeld van een van hierdie sketse waarin die kristalstruktuur van ys voorgestel was.



Figuur 4.22:
Die kristalstruktuur van ys

Dit was belangrik dat die leerders daarop moes let dat hierdie bindings spesifieke rigtings in die ruimte inneem, 'n eienskap wat hierdie tipe binding onderskei van Van der Waalskragte. Die feit dat ys so 'n oop struktuur het, is daarvoor verantwoordelik dat die digtheid van ys laer as dié van water is. Klem was gelê

op die uitsonderlike gedrag van water in hierdie geval, waar die intermolekulêre afstand in die vastestoffase groter is as in die vloeistoffase.

In die vloeistoftoestand is die waterstofbindings in water daarvoor verantwoordelik dat water by normale temperature, anders as ander verbindings met só 'n lae molekulêre massa, as vloeistof so vry algemeen voorkom.

Ter afsluiting was die leerders daarop gewys dat die lae smelt- en kookpunte van molekulêre kristalle saamhang met die feit dat hulle taamlik vlugtig is, beide voor en na smelting. Die sublimasie van jodiumkristalle en vaste koolstofdioksied was goed bekend aan die leerders. Dit het die aanwesigheid van swak bindings in die kristalroosters van hierdie stowwe bevestig.

Die uitsonderlike aard van waterstofbindings was pertinent in die leerinhoud van die graad 11-handboeke gestel: Omdat waterstofbindings nie die deling van elektrone behels nie, kan hulle nie as kovalente bindings beskou word nie. Omdat hulle nie ione aan mekaar bind nie, is hulle nie ioniese bindings nie en as gevolg van hul ruimtegerigte en elektrostatiese aard, kan hulle ook nie as Van der Waalskragte beskryf word nie (Brink & Jones, 1986a: 208-214; Broster & James, 1989: 174-178; Müller *et al.*, 1985: 270-288).

Die ander leerinhoude wat in die graad 11-sillabus aangetref was, kon nie werklik enige invloed op die leerder se kennis van chemiese binding gehad het nie. Dit verdien nie enige verdere aandag sover dit hierdie studie betref nie.

4.3.6 Leerinhoud van graad 12

In die finale eindeksamen van graad 12 was die leerder geëksamineer oor baie van die leerinhoude wat reeds in graad 11 afgehandel was. Chemiese binding en intermolekulêre kragte het onder andere deel gevorm van die leerinhoude wat reeds in graad 11 afgehandel was. Hierdie onderwerpe was nie weer in die graad 12-handboeke aangeraak nie. Dit was egter belangrik dat die onderrig-gewers hierdie leerinhoude uit graad 11 weer in graad 12 met die leerders moes hersien. Leerinhoude soos reaksietempo, chemiese ewewig, sure en basisse en redokschemie wat in graad 12 behandel was, was vanselfsprekend op die leerders se voorkennis van die graad 11-leerinhoud gebaseer. Dit was dus belangrik dat

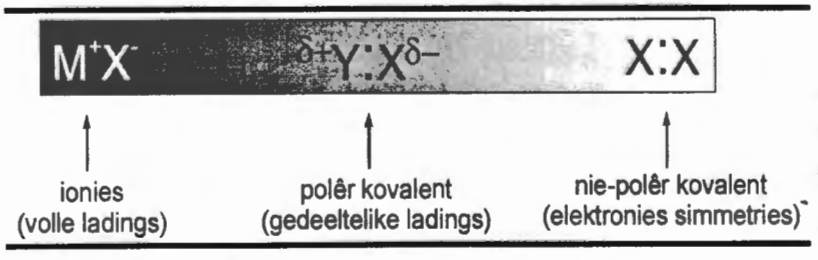
die leerinhoud wat in graad 11 met die leerders behandel was, nie gering geskat moes word nie. Aangesien hierdie studie spesifiek op chemiese binding in die besonder gerig was, word geen verdere aandag aan die chemie-leerinhoude van graad 12 bestee nie (Brink & Jones, 1986b).

4.4 Chemie op technikon eerstevlak

Baie van die voorafgaande leerinhoude van graad 11 en 12 word op technikon eerstevlak weer by herhaling met die leerders gedoen, sonder dat daar werklik noemenswaardige nuwe leerinhoude bygevoeg word. Hierdie leerinhoude word gevolglik nie weer volledig geanaliseer nie.

Effektiewe kernlading word pertinent genoem in die leerinhoud van chemiese binding op technikon eerstevlak, terwyl dit nooit op skoolvlak ingesluit word nie. Dit word soos volg aan die leerders verduidelik: Sodra 'n atoom meer as een elektron het, stoot die elektrone mekaar onderling af en neutraliseer op hierdie manier die aantrekkingseffek van die kernlading gedeeltelik. Die elektron word enigermate afgeskerm van die kernlading deur die ander elektrone. Elke elektron voel dus 'n laer lading as die werklike kernlading Z. Die lading wat die elektron "voel", word die effektiewe kernlading genoem en word voorgestel deur die simbool Z^*. Penetrasie van elektronwolke word ook verduidelik (McMurry & Fay, 1998: 201-202).

Die begrip van chemiese binding word op technikon eerstevlak weer volledig gedoen. Dit word steeds verdeel in twee hoofgroepe, naamlik kovalente en ioniese binding. Daar word egter duidelik gestel dat binding in der waarheid as onafgebroke of kontinuum beskou moet word, met "suiwer" ioniese binding as die een ekstreme punt en "suiwer" kovalente binding as die ander ekstreem (Figuur 4.23).



Figuur 4.23: Die bindingskontinuum vanaf ionies tot by nie-polêr kovalent

(McMurry & Fay, 1998: 243)

Spesifieke waardes vir bindingsenergieë word gegee en meer klem word gelê op bindingslengtes en bindingsterkte. Molekule word ook beter voorgestel deur die handboeke, sodat polêre bindings beslis duideliker word. Die rede hiervoor is deels omdat die leerders soveel meer omtrent die fatsoen van molekule weet. Met behulp van hierdie verbeterde illustrasies behoort dit vir die leerders baie makliker te wees om die atoom en molekuul te visualiseer, gevolglik behoort die begrip van chemiese binding op technikonvlak baie te verbeter. Wanneer die leerders die molekule op papier moet voorstel, word daar steeds van Lewisstrukture gebruik gemaak.

Kovalente binding

Dit word net soos vantevore gedoen, behalwe dat poli-atomiese strukture nou ook ingesluit word by die leerinhoud. Daar word steeds baie klem gelê op die oktetreël om molekule voor te stel, alhoewel baie meer uitsonderings op die reël ingesluit word. So word elektron-arme sisteme onder die soeklig geplaas, sowel as sisteme waar daar sprake is van valensskiluitbreiding. Op technikon eerstevlak word kwantummeganika slegs inleidend gedoen as deel van die kovalente bindingsteorie. Die twee belangrikste benaderingsmetodes is dié van valensiebinding en molekuulorbitaal. Die valensiebindingteorie word redelik volledig gedoen.

Resonansie word gebruik om molekule voor te stel waar daar meer as een moontlike elektronkolstruktuur geteken kan word. Die werklike struktuur is in gevalle soos hierdie die gemiddeld van die voorgestelde resonansstrukture, bekend as 'n resonanshibried (McMurry & Fay, 1998: 254). Om te besluit oor watter elektronkolstruktuur die beste voorstelling is vir 'n bepaalde poli-atomiese sisteem, word van formele lading gebruik gemaak (McMurry & Fay, 1998: 256-257).

Voorspelling van die ruimtelike vorm van molekule en ione word gedoen op grond van die valensieskil-elektronpaar-afstotingsmetodes (VSEPA-metode). Dit berus op die veronderstelling dat die valensie-elektronpare rondom 'n atoom hulle so oriënteer dat onderlinge elektrostatiese afstoting tot 'n minimum beperk word. Om egter te besluit oor die molekulêre geometrie van 'n bepaalde verbinding, is dit belangrik om te onthou dat die vorm van die molekuul beskryf word deur die relatiewe posisies van die kerne en nie die elektronwolke nie. Met die ruimtelike oriëntasie van die molekuul bekend, word daar nou

van dipoolmomente gebruik gemaak om te bepaal of 'n gegewe molekuul polêr of nie-polêr sal wees.

Voortspruitend hieruit volg 'n ander belangrike gedeelte van die valensiebindingteorie, naamlik die begrip van hibridisasie. Op skoolvlak word glad nie melding gemaak van die hibridisasie-verskynsel nie, terwyl dit op technikonvlak redelik volledig gedoen word (McMurry & Fay, 1998: 240-276).

Behalwe nie-polêre en polêre kovalente binding, word daar ook gekyk na koördinatiewe binding. In wese verskil dit nie van die gewone kovalente binding nie, behalwe dat dit gevorm word wanneer een atoom as elektronpaarskenker optree en die ander atoom as elektronpaarontvanger. Daar vind dus nie wedersydse skenking van 'n enkele, ongepaarde elektron plaas wanneer die binding gevorm word nie (McMurry & Fay, 1998: 248).

Die molekuulorbitaalteorie word slegs vir die diatomiese molekule van die elemente in periode 1 en periode 2 van die periodieke tabel gedoen (McMurry & Fay, 1998: 275-281).

Ioniese binding

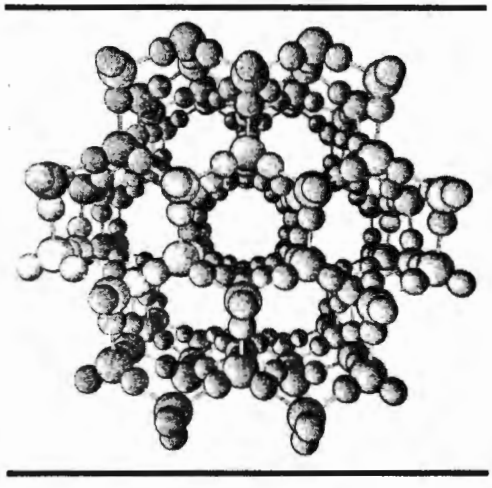
Die energieveranderinge wat ter sprake is wanneer 'n ioniese verbinding gevorm word, word baie meer volledig gedoen. Die leerder word daarop gewys dat die som van die ionisasie-energie en die elektronaffiniteit altyd 'n positiewe waarde het, sodat die gevormde ione altyd by 'n hoër potensiële energie verkeer as wat die geval is met die afsonderlike atome voor binding. Die verkryging van die edelgasstruktuur met die vorming van die ione kan dus nie beskou word as die dryfkrag vir die vorming van die ioniese binding nie. Die ione moet uiteindelik, wanneer hulle gevorm is, gestabiliseer word deur middel van sterk kragte. Hierdie kragte ontstaan as gevolg van die elektrostatiese aantrekking tussen die teenoorgesteld-gelaaide ione. 'n Groot hoeveelheid energie word dus vrygestel wanneer die geïsoleerde ione kondenseer om die soliede kristalstruktuur te vorm. Omdat dit energie is wat vrygestel word, het dit 'n negatiewe waarde. Daar word dikwels na hierdie energie as roosterenergie verwys, alhoewel roosterenergie volgens afspraak eintlik verwys na die opbreek van die ioniese kristal in individuele ione. Roosterenergie het dus eintlik 'n positiewe waarde, want hierdie hoeveelheid energie moet tot die sisteem bygevoeg word om die ioniese kristal op te breek. Daar word van 'n volledige Born-Habersiklus gebruik gemaak om die energieveranderinge wat plaasvind tydens die vorming van die ioniese verbinding aan die leerder voor te stel. Die leerder word daarop gewys dat die Born-

Habersiklus die vorming van die ioniese verbinding stapsgewys aantoon, alhoewel dit in der waarheid tegelyk plaasvind (McMurry & Fay, 1998: 209-210).

Intermolekulêre kragte

Al die tipes van der Waalskragte wat in graad 11 reeds gedoen is, word weer gedoen, naamlik ioon-dipool-, dipool-dipool- en die sogenaamde London-dispersiekragte. Waterstofbinding word ook volledig behandel (McMurry & Fay, 1998: 380-385).

Fase-veranderinge word as deel van die hoofstuk oor intermolekulêre kragte gedoen. In Figuur 4.24 word die struktuur van 'n yskristal soos uit Bodner & Pardue, 1989:519, voorgestel.



Figuur 4.24:
Voorstelling van die struktuur van ys

4.5 Samevatting van hoofstuk 4 en vooruitskouing vir hoofstuk 5

Vandat die leerder dus in graad 4 met water as 'n stof met besondere eienskappe kennis gemaak het, is hy/sy stelselmatig dieper ingelei in die struktuur van die watermolekuul. Die aanvanklike kennismaking het slegs op die konkrete vlak plaasgevind, maar soos wat die leerder self hoër vlakke van kognitiewe vaardighede ontwikkel het, het die leerinhoud al meer abstrak geraak. Wanneer die leerder die technikon eerstevlak bereik, behoort hy 'n deeglike kennis te hê van chemiese binding. Dit is egter nie net die atome en hul bindings wat bekend behoort te wees nie, ook die ruimtelike vorm van die molekule moet gevisualiseer kan word. Hieruit volg die begrip van intermolekulêre kragte wat 'n uiters belangrike rol speel in die fase-veranderings van water. Indien die leerder nie in staat is om

hierdie abstrakte leerinhoud met betrekking tot chemiese binding korrek te visualiseer nie, is dit duidelik dat wanopvattinge sal volg.

Dit sluit die leerinhoude met betrekking tot chemiese binding soos aangebied op skool en technikon eerstevlak af.

In hoofstuk 5 sal daar gekyk word na die empiriese ondersoek wat in hierdie navorsing gedoen is. Water is as chemiese verbinding gekies en daar is veral gekonsentreer op die samestelling van die molekuul, die verskillende bewegings uitgevoer deur die watermolekule en die fase-veranderinge wat plaasvind in water. Aanvanklik is die lesing aangebied deur gebruik te maak van die tradisionele onderrigstrategie en daarna is dit herhaal met insluiting van moderne onderwystegnologie, gegrond op die gebruik van die rekenaar. Dit is gedoen met behulp van visuele beelde wat op videomateriaal vasgelê is. Die visuele beelde is ontwikkel deur rekenaarsimulasies,wat handel oor die watermolekuul, te gebruik. Die mate van korrekte visualisering van die watermolekuul ná die tradisionele lesing sowel as ná die lesing waarby die visuele beelde ingesluit was, is deur middel van vraelyste ondersoek. In hoofstuk 6 word die resultate van die vraelyste bespreek. Uit die resultate kan die verskillende onderrigstrategieë met mekaar vergelyk word, veral met betrekking tot die mate van visualisering wat in elke geval plaasgevind het.

5 Empiriese ondersoek

5.1 Inleiding

Uit die literatuurstudie in hoofstuk 2 is dit duidelik dat begripsvorming in chemie aansienlik verbeter behoort te word deur visualisering (Saunders *et al.*, 1995: 42-45). Uit eie ervaring weet die navorser dat atome en molekule een van die afdelings in chemie is waarmee studente aan die technikon, wat chemie op die eerste vlak bestudeer, probleme ondervind. Die begrippe wat verband hou met die samestelling van die watermolekuul en die veranderings op molekulêre vlak tydens faseveranderings is as studieterrein gekies vir die empiriese ondersoek.

Die empiriese ondersoek is uitgevoer met die kriteria van 'n gevalstudie en die verwerking en interpretasie van data is kwantitatief en kwalitatief gedoen, waar van toepassing.

5.2 Eksperimentele opset

'n Rekenaarsimulasie is as instrument tydens die empiriese ondersoek gebruik. Die rekenaarsagteware is deur middel van 'n video aan die studente beskikbaar gestel. Die rekenaarsagteware is ontwikkel deur die Universiteit van Wes-Sydney, Nepean in Australië. Dit word onder die titel "VisChem-projek" bekendgestel en versprei.

In hierdie navorsing is as volg te werk gegaan:

Aksie 1: Vraelys

Die navorsers van die VisChem-projek het 'n vraelys daargestel om as werkkaart gebruik te word tydens die lesing waarby die rekenaarsimulasie met behulp van 'n video ingesluit word. Aangesien die vraelys as deel van die pakket verkoop word, kan met redelike sekerheid aanvaar word dat dit reeds vooraf deur die navorsers aan die Universiteit van Wes-Sydney getoets is en dat die geldigheid en betroubaarheid daarvan nie in twyfel getrek hoef te word nie. Hierdie vraelys is onveranderd in die ondersoek gebruik. (Sien Bylaag A.) Dit is elke keer deur die respondente (sien Aksie 2) voltooi ná afhandeling van die tradisionele lesing, asook ná die videoles.

Ten einde die geldigheid van die kwalitatiewe ondersoek te verseker, is 'n norm daar gestel waarteen die response van die respondente gemeet kon word. 'n Aantal chemici (7 personeellede van die Departement Chemie aan die Vaaldriehoekse Technikon) is versoek om die vraelys te voltooi. 'n Deeglike studie van hul antwoorde is gemaak en dit is vergelyk met wat in die literatuur beskikbaar is. Op hierdie manier is daar sekerheid aangaande wetenskaplik gefundeerde antwoorde verkry - hierdie antwoorde is as norm geneem. (sien Bylaag B.)

Ten einde gegronde afleidings te maak aangaande die intreevlak van die visuele vermoëns van die eksperimentele populasie is hierdie vermoëns van onderriggewers op sekondêre vlak ook met dieselfde vraelys getoets. Die groep onderriggewers het bestaan uit 27 wetenskaponderwysers wat in 1996 ingeskryf het vir die Hoër Onderwysdiploma met natuur- en skeikunde as vakrigting. Dié diploma is daarop gemik om die gehalte onderrig in natuur- en skeikunde aan Suid-Afrikaanse skole te verbeter. Dit word aan die Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys aangebied as deel van die Sediba-projek. Hierdie projek behels die deeltydse indiensopleiding van wetenskaponderwysers en dit is in 1996 vir die eerste keer aangebied.

Die onderwysers in hierdie groep het almal oor gelykwaardige kwalifikasies beskik, naamlik 'n driejarige onderwysdiploma (M+3); almal het gespesialiseer in natuur- en skeikunde en hulle het naastenby dieselfde aantal jare onderwyservaring agter die rug gehad. Deur middel van die Sediba-projek kon hulle hul kwalifikasies verbeter vanaf die

M+3-diploma (3 jaar opleiding aan 'n onderwyskollege) na die M+4-diploma. Al hierdie onderwysers was afkomstig van minder bevoorregte skole en Engels was hul tweede taal.

Dié groep onderwysers is versoek om ook die vraelys, wat in die empiriese ondersoek met die technikonstudente gebruik is, te voltooi. Dit is slegs gedoen om vas te stel oor watter kennis sommige praktiserende onderwysers beskik en nié om die invloed van die rekenaarsimulasie op hul mate van visualisering van die watermolekuul te toets nie. Die effek van die tradisionele lesing en die rekenaarsimulasie is dus glad nie op hulle van toepassing nie. Hierdie aksie is uitgevoer om na te gaan wat die begrippe (visuele beelde) is waaroor diensdoenende onderwysers beskik in soverre dit die gekose onderwerp aangaan. Op hierdie wyse is 27 voltooide vraelyste van dié groep onderwysers verkry.

Aksie 2: Populasie

Met die sagteware en die vraelys beskikbaar, is die navorsingspopulasie as volg saamgestel:

Populasie - Technikonstudente:

Die totale populasie het bestaan uit 38 studente van die Departement Voedseltegnologie aan die Vaaldriehoekse Technikon. Die populasie het bestaan uit twee klasgroepe, volgens die kursusse wat hulle onderskeidelik aan die technikon gevolg het en het die onderrig wat in die empiriese ondersoek gebruik is, dus so ontvang.

Groep A: Hierdie groep het bestaan uit 21 studente wat besig was met die kursus Voedsel en Kleding.

Groep B: Hierdie groep het bestaan uit 17 studente wat besig was met die kursus Voedsel en Voeding.

Albei hierdie groepe se voorafkennis is eers baie kortliks getoets, sonder dat hulle daarop voorberei was. Die voorafkennis is slegs getoets om 'n idee te kry van wat hul aanvanklike begrip van die watermolekuul was. (sien Bylaag C.) Daar is gepoog om die vrae in die voortoets nie presies op soortgelyke wyse te vra soos wat dit in die vraelys voorkom nie. Dit is gedoen om te verhoed dat die respondente voorbereid sou wees vir die vrae wat later volg. Die toetsing van die voorkennis is dus nie met behulp van 'n formele vraelys gedoen nie. Om meer inligting te bekom van die populasie se intree visuele kennis/beelde van die watermolekuul, het die vrae wat in die voortoets aan die twee groepe gevra is, van mekaar

verskil. Daar is egter nie verder soveel aandag daaraan gegee nie, gevolglik was dit nie nodig om die vrae wat in die voortoets gebruik was, te standardiseer nie.

Nadat die voortoets afgehandel is, is die tradisionele lesing aangebied en die vraelys is voltooi. Ná ongeveer agt weke is die lesing herhaal en die videomateriaal van die rekenaarsimulasie is by die lesing ingesluit. Dieselfde vraelys is weer voltooi. Op hierdie manier kon die response vóór die videoles vergelyk word met die response ná die videoles om vas te stel of die rekenaarsimulasie wat in die videomateriaal gebruik is, daarin kon slaag om beter visualisering van die chemiese begrippe te bewerkstellig.

Aksie 3: Aanbieding van tradisionele les

Die lesing is aan die begin van Augustus 1997 vir beide die groepe respondente aangebied deur gebruik te maak van die tradisionele metode van onderrig, naamlik die dosent-skryfbordmetode.

Aksie 4: Aanbieding van videoles

Aan die einde van September 1997 is die lesing herhaal, maar die rekenaarsimulasie is met behulp van die videomateriaal ingesluit by die lesaanbieding. Soos reeds genoem, het daar dus ongeveer agt weke verloop vandat die tradisionele lesing aangebied is totdat die lesing met die rekenaarsimulasie op video aangebied is.

Die navorser het albei die lesings vir beide groepe aangebied. Sodoende is die aantal moontlike veranderlikes, wat 'n rol kon gespeel het in die begripsvorming van die respondente, beheer.

Aksie 5: Analise van resultate

Aangesien hierdie ondersoek spesifiek handel oor visualisering in chemie, sal die data aangaande die response op al die vrae gegee word, maar die gegewens aangaande die vrae wat nie werklik van toepassing is op hierdie projek nie, sal nie volledig geïnterpreteer word nie. Die vrae wat nie heeltemal van toepassing is nie, is vrae 3 en 5, want hierdie vrae behels nie werklik enige visualisering in chemie nie.

Die vraelys het voorsiening gemaak vir kommentaar deur die respondente. Enkele van die mees algemene verduidelikings wat deur die respondente gegee is aangaande die vrae sal

aangehaal word. Die response van die respondente kan in Bylaag D gesien word en dié van die Sediba-onderwysers in Bylaag E.

Die response van die respondente is teen die norm, wat vooraf bepaal is (sien Aksie 1), gemeet en 'n persentasie "korrektheid" is vir elke respondent bereken. Verder moet gemeld word dat alle respondente nie al die vrae beantwoord het nie. Aangesien daar ook afleidings gemaak kan word uit die feit dat 'n vraag nie beantwoord is nie, word hierdie "geen respons"-resultate ook ingesluit en aangedui.

5.2.1 Bespreking van die rekenaarsimulasieprogram

Die rekenaarsimulasie handel oor die watermolekuul en dit beklemtoon veral die samestelling van die molekuul en die faseveranderinge wat water kan ondergaan. (sien Bylaag F.) Die standaard van die rekenaarprogram is meer gerig op die leerinhoude in chemie wat op skoolvlak aangebied word, as wat dit gerig is op die leerinhoude wat op technikonvlak aangebied word. Die inhoud van die program pas egter uitstekend aan by die chemie-sillabus van die gekose populasie.

Die betrokke navorsers het die rekenaarprogram ontwikkel met die uitsluitlike doel om beter begripsvorming in chemie te bewerkstellig (VisChem, 1996). Leerders leer chemie dikwels bloot oppervlakkig ("rote learning"), in plaas daarvan dat hulle die begrippe vir hulself visualiseer en sodoende beter begryp. Navorsingsresultate benadruk telkens die noodsaaklikheid dat onderriggewers in chemie die deeltjiemodel moet beklemtoon en moet poog om die interaksie wat op mikroskopiese vlak tussen atome en molekule plaasvind, aan die leerders te "wys", sodat die begrip wat die leerders ontwikkel vir leerinhoude in chemie werklik wetenskaplik-gefundeerd is (Lee 1999: 1008). Leerders is geneig om verskynsels wat hulle waarneem deur middel van intuïsie te verduidelik, in plaas daarvan dat hulle gebruik maak van die korrekte wetenskaplike begrippe wat op skool geleer word (Robinson, 1999: 297). Die vermoede bestaan dat leerders nie altyd 'n idee of model kan vorm van dit wat hulle nie met die blote oog kan waarneem nie, of dat hulle visualisering nie altyd ooreenstem met die beeld wat die onderriggewer probeer tuisbring nie (VisChem, 1996). Deur navorsing is daar byvoorbeeld vasgestel dat baie leerders glo dat watermolekule bymekaar gehou

word deur "iets" buite die molekule self en dat hitte veroorsaak dat die watermolekule uitsit en dit lei daartoe dat die molekule van mekaar skei tydens smelting (Tan & Treagust, 1999: 75).

Wanneer die tradisionele lesing as onderrigstrategie gebruik word, word slegs van verbale verduidelikings en sketse op die skryfbord gebruik gemaak. Modelle kan by die tradisionele lesing ingesluit word, maar dit is steeds moeilik om bewegende molekule op hierdie wyse aan die leerders voor te stel. Deur middel van die rekenaarsimulasie wat in die empiriese ondersoek gebruik is, word 'n hele aantal begrippe met behulp van driedimensionele dinamiese animasies op 'n baie duideliker wyse aan die leerders voorgestel. Die doel is om nuwe insig te bewerkstellig in die molekulêre wêreld wat andersins as tweedimensioneel, staties en geheimenisvol voorkom. Om chemie werklik te kan verstaan, vereis dat die sigbare veranderinge wat op laboratoriumvlak in materie waargeneem word, (soos byvoorbeeld kleurveranderinge, fase-veranderinge, ens.) in terme van die prosesse en veranderinge in die struktuur op die onsigbare molekulêre vlak geïnterpreteer moet kan word. Baie wanopvattinge ontstaan wanneer die studente verkeerde visuele beelde vir hulself in hul verbeelding voorstel (VisChem, 1996).

Herhaaldelike studies wat onderneem is deur Nurrenbern *et al.* (1987:508-510) het daarop gewys dat die meeste studente in staat is om vrae wat betrekking het op simbole en getalle, soos wat dit in die tradisionele toetsvrae gestel word, te kan beantwoord. Hulle vind dit egter baie moeilik om begripsvrae, wat betrekking het op die deeltjieteorie van materie, te beantwoord. Dit dui daarop dat die studente nie in staat is om op die molekulêre vlak te kan redeneer nie. Die oogmerk van die VisChem-projek is om deur middel van multimedia 'n hulpmiddel daar te stel wat uitsluitlik gebruik kan word om studente te help om gedagtebeelde, gebaseer op modelle van dit wat op molekulêre vlak gebeur, te kan vorm.

Hierdie rekenaarsimulasieprogram beeld die vastestof-, vloeistof- en gasfase van water baie duidelik uit. Die prosesse waartydens hierdie faseveranderinge plaasvind, naamlik smelting, verdamping en koking word ook baie duidelik op molekulêre vlak nageboots deur van simulasies gebruik te maak om visuele beelde te skep.

Reeds in die inleiding van die rekenaarprogram word dit baie duidelik gestel dat daar deurentyd van modelle gebruik gemaak word om leerders te help met denke op die molekulêre vlak. Wanneer na die rekenaarprogram gekyk word, word dadelik besef dat die bewegende molekule slegs voorstellings is van die werklikheid en dat water nie noodwendig uit 'n "rooi" en twee "wit" atome bestaan nie. Die rekenaarprogram beweeg voortdurend van die waarneembare, dit wil sê die makrovlak, na die molekulêre vlak en omgekeerd. Dit is sodanig ontwerp dat die studente die twee vlakke in hul verbeelding met mekaar in verband kan bring. Duidelike kommentaar word gelewer, maar soms word slegs die beelde alleen ook herhaal sonder dat enige iets gesê word. Hierdie herhaling van die visuele voorstellings sonder kommentaar behoort die vorming van gedagtebeelde juis makliker te maak. Die ontwerpers van die rekenaarprogram moedig ook gebruikers aan om, indien die studiemateriaal deur middel van 'n video aan die leerders oorgedra word, eers self 'n paar keer na die video te kyk en dan die nodige beplanning vooraf te doen, voordat die video by die lesaanbieding ingesluit word.

Dit is duidelik dat die groep navorsers baie deeglik vooraf besin het, voordat die rekenaarprogram saamgestel is. 'n Verdere pluspunt is dat formules ook saam met die beelde vertoon word. Die verskil tussen $H_2O(l)$ en $H_2O(g)$ behoort ook na bestudering van die rekenaarmateriaal baie duideliker te wees. Leerders in chemie skryf so dikwels formules sonder om werklik te dink aan dit wat daardie formule in werklikheid verteenwoordig. Die vergelyking tussen die verskillende fases van water word besonder goed uitgebeeld.

Die distillasie-opstelling kan dalk die aandag van studente aflei van die waterdeeltjies self. Hier kon dalk net van 'n beker met kokende water gebruik gemaak gewees het.

5.2.2 Aanbieding van les sonder video

Lestema

Die samestelling en gedrag van die watermolekuul.

Onderrigmedia

Tydens die eerste les is daar gebruik gemaak van 'n beker met water, 'n bordskema en 'n vraelys. Met die latere herhaling van dieselfde les is die videomateriaal van die rekenaarsimulasie ingesluit en dieselfde vraelys is voltooi.

Beginsituasie

Die groep studente wat by die studie betrek was, was almal besig met opleiding in Voedseltegnologie. 'n Deel van hierdie studente het slegs onderrig in algemene wetenskap tot op graad 9-vlak op skool gehad.

Kenmerkend van hierdie studente is die totaal ongemotiveerdheid vir die bestudering van chemie, wat hoofsaaklik toegeskryf kan word aan swak prestasie in chemie.

In voorafgaande lesse is die samestelling van atome en molekule hersien. Daar is ook opnuut gekyk na kovalente binding tussen atome. Die studente was dus veronderstel om oor die nodige voorkennis te beskik.

Doelstelling

Die doelstelling van hierdie lesreeks was om kennis te verkry van die samestelling van materie en dit uiteindelik te kan toepas in die alledaagse lewe. Om hierin suksesvol te kan wees, moet die studente die vermoë ontwikkel om alledaagse verskynsels te kan interpreteer in terme van visuele beelde op molekulêre vlak.

Doelwitte van die les

Aan die einde van die les moes die leerders in staat gewees het om:

- 'n skets te kan teken om die watermolekuul voor te stel
- presies op molekulêre vlak te kan verduidelik waaruit water bestaan
- die bewegings wat die watermolekuul kan uitvoer, te kan opnoem
- die gedrag van die watermolekule tydens fase-veranderinge te kan verduidelik.

5.2.3 Inleidingsmoment

Aktualisering van voorkennis

Enkele vrae is vooraf aan die respondente gevra om 'n idee te kry van wat hul aanvanklike begrip van die watermolekuul is. Daar is aanvanklik probeer om vrae nie presies op soortgelyke wyse te vra as wat dit in die vraelys voorkom nie, ten einde te verhoed dat die studente voorbereid sou wees vir die vrae wat later volg.

Belangrike vrae wat inleidend gestel was, was byvoorbeeld die volgende:

- Waaruit bestaan materie?
- Wanneer word daar in chemie verwys na 'n atoom en in hoe 'n mate verskil 'n atoom van 'n molekuul?
- In watter verskillende fases kan materie bestaan?
- Hoe verskil die genoemde fases onderling?

Probleemstelling

- 'n Beker met water is aan die studente vertoon.
- Hoe kan water op molekulêre vlak voorgestel word?
- Waaruit bestaan water?
- Wat gebeur met die watermolekuul as die temperatuur van die beker met water verander word?
- Wat word binne-in die borrels, wat voorkom in kokende water, aangetref?

Motivering

Om te verstaan waarom water sekere eienskappe het en op bepaalde maniere optree, is dit nodig om kennis te dra van die watermolekuul op molekulêre vlak. Dit lê ook belangrike basiese begrippe vas waardeur die gedrag van alle molekule verder bestudeer kan word.

Leerinhoud

1. Die watermolekuul bestaan uit twee waterstofatome en een suurstofatoom en word verteenwoordig deur die chemiese formule H_2O.
2. 'n Molekuul beskik oor verskillende vorme van kinetiese energie, naamlik translasie-, rotasie- en vibrasie-energie.
3. Water in die vastestoffase word voorgestel as $H_2O(s)$ - ys.
4. In die yskristal is die watermolekule baie stewig in vaste posisies ten opsigte van mekaar geplaas. Die enigste tipe beweging wat aangetref word, is vibrasies van die molekule. Hierdie vibrasies van die watermolekule is voortdurend aan die gang.
5. Die binding tussen die molekule is 'n gerigte binding en daarom is die molekule redelik ver uit mekaar, anders as wat gewoonlik verwag word in die geval van 'n vastestof.
6. As die temperatuur van die ys styg, neem die kinetiese energie van die watermolekule toe.
7. Die vibrasies van die molekule word hewiger, totdat die vaste struktuur ineenstort en die watermolekule begin rondbeweeg. Die ys smelt nou en die watermolekule beweeg nader aan mekaar.
8. Geen verandering vind plaas in die grootte van die molekule of die samestelling van die watermolekuul as sodanig nie. Die fase-verandering gaan dus nie gepaard met die breking van kovalente bindings nie.
9. Water in die vloeistoffase word voorgestel as $H_2O(l)$.
10. In die vloeistoffase beweeg die watermolekule rond en voer translasie-, rotasie- en vibrasie-bewegings uit. Onderlinge aantrekkingskragte tussen die watermolekule is egter steeds teenwoordig.
11. Verdere verhitting van die water veroorsaak dat die watermolekule so vinnig beweeg dat geen binding tussen die molekule nog kan voorkom nie. Die watermolekule breek heeltemal los van mekaar.
12. Water verander in stoom, voorgestel as $H_2O(g)$.

13. Molekule in die gasfase is ver van mekaar verwyder en beweeg geweldig vinnig.
14. Omdat die watermolekule nou so ver van mekaar voorkom, verminder die onderlinge aantrekkingskrag in so 'n mate dat dit meestal by hoë temperature totaal geïgnoreer kan word.
15. Botsings kom voor tussen die molekule in die gasfase, asook tussen die molekule en die kante van die houer waarin die gas vasgevang is, daarom kan die molekule nou 'n groot druk uitoefen. Dit verklaar die hoë druk wat deur stoom uitgeoefen kan word.
16. Verdamping vind plaas wanneer die watermolekule uit die vloeistoftoestand ontsnap en oorgaan in die gasfase.
17. Verdamping kan selfs plaasvind sonder dat die water by kookpunt is.
18. Reeds by kamertemperatuur beskik sommige watermolekule oor genoegsame energie om te kan wegbreek uit die vloeistoftoestand waar hulle nog onderling met mekaar verbind is.
19. Borrels in kokende water bevat hoofsaaklik watermolekule wat baie vinnig beweeg, wat reeds in die gasfase oorgegaan het en dan ander watermolekule wegstamp. Hierdie watermolekule vorm dan 'n "muur" rondom die snelbewegende molekule en 'n borrel word sigbaar.
20. Die borrels in kookwater bevat dus hoofsaaklik stoom.

5.2.4 Onderrigleermoment

Onderriggewer se aandeel	Leerder se aandeel
Die onderriggewer maak hoofsaaklik van aantonende strategie gebruik. (Vertelmetode.)	Die leerder luister met aandag en stip hoofpunte neer.
Die aandag word gefokus op die gedrag van die watermolekuul tydens fase-verandering.	Die leerder moet die faseveranderinge van water visualiseer ten einde 'n deeglike verklaring te kan gee van wat tydens die smelt- en kookproses gebeur.

5.3 Samevatting van hoofstuk 5 en vooruitskouing vir hoofstuk 6

In hierdie hoofstuk is die eksperimentele opset volledig verduidelik en die wyse waarop die empiriese ondersoek gedoen is, is uiteengesit. Daar is ook verduidelik op watter wyse die resultate van die empiriese ondersoek versamel is.

Analise van die resultate wat verkry is tydens die empiriese ondersoek is op beide die kwantitatiewe, sowel as die kwalitatiewe vlak gedoen. Dit is veral die kwalitatiewe ontleding van die response wat vermelding sal geniet. Die bespreking van die resultate word in die volgende hoofstuk volledig gedoen.

6 Bespreking van resultate

6.1 Inleiding

In hierdie hoofstuk word die resultate wat tydens die empiriese ondersoek versamel is, volledig bespreek. Ná beide die tradisionele les, sowel as die les waarby die rekenaarsimulasie ingesluit was, het die respondente dieselfde vraelys voltooi. (sien Bylaag A.) Die vraelyste is kwantitatief en kwalitatief ge-analiseer en die bespreking wat volg is op hierdie analise van die resultate gebaseer. Die response van die respondente kan in Bylaag D nageslaan word. Die response van die Sediba-onderwysers kan in Bylaag E gevind word.

6.2 Kwantitatiewe analise

Die voltooide werkkaarte (vraelyste) ná die tradisionele lesing en ná die lesing waartydens die video van die rekenaarsimulasie ingesluit was, is kwantitatief nagesien met die norms (sien Aksie 1 in die eksperimentele opset) as memorandum.

Die respondente se agtergrondkennis oor chemiese binding is aanvanklik getoets deur middel van voortoetse. (sien Bylaag C.) Hulle was nie voorbereid vir die voortoetse nie. 'n Gemiddelde persentasie van 13,9% vir groep A en 21,8% vir groep B is respektiewelik behaal. Ten spyte van die feit dat die grootste gedeelte van die leerinhoud veronderstel was om redelik bekend te wees aan die respondente, was hul voorafkennis aangaande die watermolekuul dus nie goed nie.

Die gemiddelde persentasie vir al 38 respondente in die populasie was 44,3% ná die tradisionele lesing, terwyl dit ná die rekenaarsimulasie 57,5% was. Uit Tabel 6.1 is dit duidelik dat daar reeds kwantitatief 'n verbetering (13,2 persentasiepunte) in die prestasie van respondente was nadat die rekenaarsimulasie by die les ingesluit was. Dit kan hoofsaaklik toegeskryf word aan die aanwending van die rekenaarsimulasie as onderrigmedium.

Tabel 6.1: Kwantitatiewe resultate (as %)

GROEP A				GROEP B			
Respondent	**Voorkennis**	**Na lesing**	**Na video**	**Respondent**	**Voorkennis**	**Na lesing**	**Na video**
A1	44	77	83	B1	10	17	38
A2	0	42	48	B2	20	29	42
A3	22	40	69	B3	25	42	69
A4	11	52	63	B4	25	44	58
A5	44	65	75	B5	15	25	35
A6	6	69	79	B6	20	44	58
A7	0	58	79	B7	10	25	29
A8	0	56	60	B8	20	40	48
A9	11	67	57	B9	20	23	46
A10	0	45	56	B10	40	25	38
A11	0	42	79	B11	15	27	40
A12	0	65	61	B12	30	46	68
A13	0	17	31	B13	10	60	65
A14	11	25	37	B14	10	27	29
A15	0	54	50	B15	50	72	81
A16	56	63	65	B16	50	63	87
A17	22	65	67	B17	0	37	49
A18	20	48	71	Gemiddeld	21,8		
A19	15	37	65				
A20	10	38	42				
A21	20	31	69				
Gemiddeld	13,9						

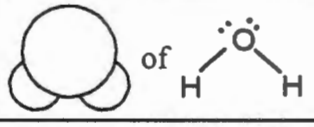
Gemiddeld vir al 38 respondente

Na tradisionele lesing: 44,3
Na rekenaarsimulasie: 57,5

Die vraelyste wat deur die Sediba-onderwysers voltooi is, is ook kwantitatief nagesien en 'n gemiddeld van 37% is verkry, wat nie as goed beskou kan word nie.

6.3 Kwalitatiewe bespreking van response

Vraag 1

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Teken 'n skets van 'n enkele watermolekuul.	 of

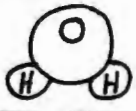
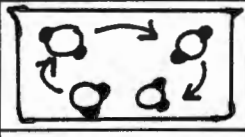
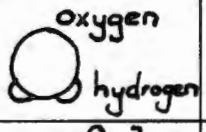
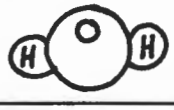
In hierdie vraag word die bestaande gedagtebeelde wat die respondente van die watermolekuul gehad het, getoets. Die respondente het almal onderrig in algemene wetenskap tot op graad 9-vlak gehad. Volgens die skoolhandboeke was die elektrolise van water reeds in graad 8 met die leerders gedoen (Brink & Jones, 1984a:33). Die respondente is dus veronderstel om te weet dat water 'n verbinding is wat uit waterstof en suurstof saamgestel is. Volgens die leerinhoud wat in die skoolhandboeke gevind was, moes hulle ook reeds in graad 9 kennis gemaak het met die begrippe atome en molekule. Die watermolekuul was in al drie die graad 9-handboeke wat geraadpleeg is, as 'n voorbeeld van 'n molekuul voorgestel en met die leerders behandel. In die handboeke was die beskrywing van die watermolekuul vergesel van 'n skets van die molekuul (Brink *et al.* 1993:89; Jansen & Dekker, 1985b:85; en Wessels *et al.*, 1993:78). Die verbranding van waterstof in suurstof om water as produk te lewer, was ook in graad 9 met die leerders behandel (Brink *et al.*, 1993:109 en Wessels *et al.*, 1993:81). Die aard van die kovalente binding wat gevorm word tussen die waterstof- en suurstofatome was eers in graad 10 vir die eerste keer aan die leerders verduidelik (Brink & Jones, 1984c:168). Die verduideliking van die polêre aard van die watermolekuul, asook die bindingshoek van 104,45°, is eers in die graad 11-skoolhandboeke aangetref (Brink & Jones, 1986a:165-168; Broster & James, 1986:152-154; en Müller *et al.*, 1985:238-239). Die navorser is egter van mening dat dit 'n verdere pluspunt vir die gebruik van die rekenaarsimulasie sal wees indien die respondente reeds uit die videolesing die idee kon kry dat die twee waterstofatome teen hierdie hoek met die suurstofatoom verbind is. Die respondente het in hul eie Chemie I-sillabus reeds die kovalente binding bespreek voordat die eksperimentele lesings vir die empiriese ondersoek met hulle gedoen is. Hulle was dus veronderstel om reeds bewus te

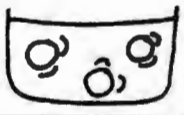
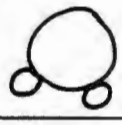
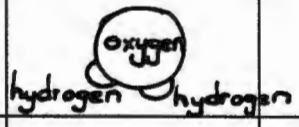
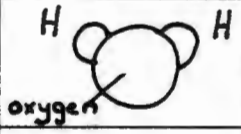
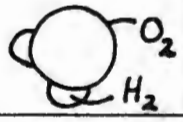
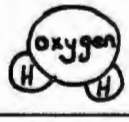
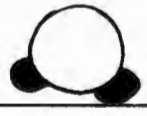
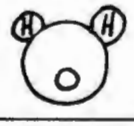
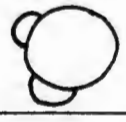
wees van die feit dat die atome sterk met mekaar verbind is om 'n molekuul te vorm wat as 'n eenheid selfstandig verder kan optree.

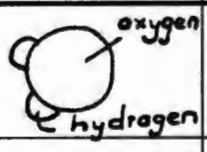
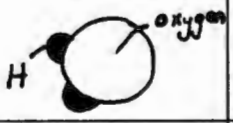
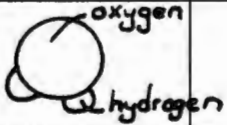
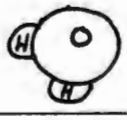
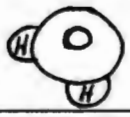
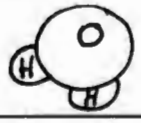
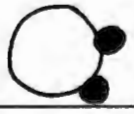
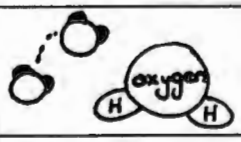
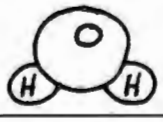
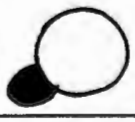
Die respondente moes dus in Vraag 1 die makroskopiese model van water gewysig het na 'n mikroskopiese model en dit op papier voorgestel het. Die mate waarin hulle daarin geslaag het om die watermolekuul te visualiseer, is duidelik uit hul sketse te sien. (Sien Tabel 6.2.)

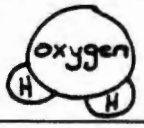
Vir 31 respondente was die resultate ná die tradisionele lesing en ná die rekenaarsimulasie feitlik identies. In sewe gevalle (Groep A: 7, 9,10, 17; Groep B: 13, 15, 17) word daar 'n besliste verbetering waargeneem nadat die rekenaarsimulasie by die lesing ingesluit was.

Tabel 6.2: Sketse van watermolekule soos voorgestel deur respondente

**	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles*
A1			+
A2			0
A3			0
A4			0
A5			0
A6			0
A7			++
A8			0

**	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles*
A9			++
A10			++
A11			0
A12			0
A13			0
A14			0
A15			0
A16			0
A17			++
A18			0
A19			0
A20			0
A21			0

**	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles*
B1			0
B2			0
B3			0
B4			0
B5			0
B6			-
B7			0
B8			+
B9			0
B10			0
B11			0
B12			0
B13			++

**	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles*
B14			0
B15			++
B16			0
B17			++

* Begrips- en/of kennisverandering nadat video met rekenaarsimulasie ingesluit was:

– Verswakking
0 Geen verandering
\+ Effense verbetering
++ Besliste verbetering

** Nommers van respondente soos in Bylaag D.

In die volgende gevalle was die verbetering die feit dat die bindingshoek meer korrek voorgestel is: Groep A: 7, 17; Groep B: 15

In beide Groep A nommer 9 en 10 word daar ná die tradisionele lesing steeds 'n houer ingesluit by die skets, terwyl dit ná die videoles weggelaat is. Dit kan as 'n verbetering beskou word, aangesien die respondent nie meer ná die videoles vashou aan die makroskopiese beeld nie, dit wil sê, die houer wat vir hom sigbaar was word nie weer as deel van die skets geteken nie.

In die geval van Groep B, nommer 17 se voorstelling, word die waterstofatome ná die tradisionele lesing feitlik net so groot voorgestel as die suurstofatoom. Ná die videoles word dit egter baie kleiner voorgestel. Dit is belangrik dat die leerder besef dat alle atome nie ewe groot is nie en dat waterstof besonder klein is.

Vraag 1 was 'n relatief eenvoudige vraag, maar selfs in die beantwoording hiervan kon 'n verbetering van meer as 10% waargeneem word nadat die videoles met die respondente behandel is.

Sediba-onderwysers:

Agtien van die 27 Sediba-onderwysers (ongeveer 67%) het die watermolekuul korrek voorgestel. Vyf het dit voorgestel as 'n reglynige molekuul - die fatsoen van die molekuul was dus nog nie vir hulle duidelik nie. Een van die onderwysers het glad nie 'n voorstelling probeer teken nie, alhoewel die formule van water korrek as H_2O geskryf is. Een het water slegs as 'n enkele sfeer voorgestel, sonder om die afsonderlike atome aan te dui. Die ander twee voorstellings was totaal verkeerd:

Vraag 2

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Lys die maniere waarop 'n watermolekuul beweeg	Translasie (beweging van een plek na 'n ander) Rotasie Vibrasie

In hierdie vraag word daar gelet op die beweging van die watermolekuul. Vir die 21 respondente in groep A is vooraf, voordat die tradisionele lesing aangebied is, gevra of die watermolekule in die beker hoegenaamd beweeg. (Hulle het op daardie oomblik 'n beker met water voor hulle op die tafel gesien.) Die 17 respondente in groep B se voorkennis aangaande die beweging van die watermolekule is glad nie pertinent getoets nie.

Negentien uit die moontlike 21 respondente van groep A het positief geantwoord op die vraag of die watermolekule in beweging is. Slegs 2 (A: 10, 21) het nie gedink dat daar beweging van die molekule is nie. Dit wil dus voorkom asof die respondente wel onder die indruk verkeer het dat die molekule in 'n toestand van voortdurende beweging is.

Op skoolvlak het slegs translasie as moontlike beweging van molekule ter sprake gekom. Die vibrasiebeweging van die molekule is wel in graad 11 en graad 12 aangeroer, sonder dat dit werklik as vibrasies binne-in die struktuur van die molekuul behandel was.

Tydens die tradisionele lesing is al drie tipes beweging genoem en verduidelik, naamlik translasie, rotasie en vibrasie. Uit die totaal van 38 respondente het 27 (ongeveer 71%) ná die tradisionele lesing die bewegings korrek weergegee en in hulle geval was daar dus geen

verbetering ná die rekenaarsimulasie nie. Uit die response op vrae 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 en 17, wat later in hierdie hoofstuk bespreek word, kan 'n beter idee gekry word van die respondente se visualisering van die bewegende watermolekule vir die verskillende fases van water.

Die 11 respondente wat nog onseker was se antwoorde word kortliks aangehaal in Tabel 6.3. Die response word direk aangehaal sonder om dit te vertaal, aangesien die navorser nie van die inhoud verlore wil laat gaan nie.

Tabel 6.3: Bewegings van watermolekules

	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles
A11	3 ways they vibrate move one from each other rotate	vibrate lubricate / translate rotate	0
A14	vibrate rotate	rotate vibrate translate	+
A18	liquid form gas form solid form	substrate vibrate translate	+
A20	steam melts vaporation	move in different states move and vibrate water molecule beating when they meet	++
A21	evaporation rotating vaporation	substrate vibration rotation translate	+
B3	vibrate translate circulate	vibration translation circulation	0
B11	vibration translation revolution / rotation	rotation vibration translation	0
B14	vibration transaction moving from one place to another one	vibration transaction	0

	Na lesing	Na videoles	Verandering na videoles
B16	they can rotate, fibrate and	rotate translate vibrate	+
B13	 vibration - translate	The water will vibrate, rotate and translate	+

Uit hierdie foute wil dit voorkom asof die terminologie wat tydens die lesing gebruik is die rede kan wees vir die mindere mate van begrip. Hier kom 'n verdere voordeel van die gebruik van rekenaarsimulasies tydens lesings na vore - waar daar 'n gebrek in die taalbegrip voorkom, kan die visuele voorstellings die moontlike kommunikasieprobleme help oorbrug.

Sediba-onderwysers:

Uit die response wat vir die Sediba-onderwysers verkry is, is dit duidelik dat die meeste van hulle, 22 van die 27, wel bewus was daarvan dat watermolekule aan die beweeg is. Vier het glad nie op die vraag geantwoord nie en een het slegs melding gemaak van ioniese en kovalente binding, waaruit daar nie afgelei kon word of die persoon wel beweging in gedagte gehad het nie. Dit wil voorkom asof hulle oorwegend die drie fases waarin water kan voorkom as die verskillende bewegingsmoontlikhede beskou het. Slegs een van die onderwysers het verwys na die vibrasie van die molekuul, terwyl al die ander response slegs dui op translasiebeweging. Al die moontlike bewegings wat die watermolekuul kan uitvoer, kon beslis nog nie deur hierdie groep gevisualiseer word nie.

Vraag 3

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat is die chemiese formule wat vir water gebruik word?	H_2O

Dit behoort 'n baie eenvoudige vraag vir die respondente te wees as in gedagte gehou word dat hierdie formule reeds in die graad 8 en 9 skoolhandboeke gebruik was. Geeneen van

die respondente het enige probleme ondervind met die skryf van hierdie formule nie. Dit bring egter 'n ander vraag na vore, naamlik: Hoe dikwels leer leerders die teorie van chemie sonder dat hulle enige begrip het van dit wat hulle leer? Visualisering van die teorie ontbreek dikwels. Die respondente kon hierdie eenvoudige teorievraag met gemak beantwoord. Dit beklemtoon net weer die bevindinge van navorsers soos Nurrenbern, *et al.* (1987: 508-510), naamlik dat leerders gewoonlik nie veel moeite het om formules te leer nie, maar dat hulle dikwels probleme ondervind met die beantwoording van vrae waar daar begrip in chemie op die molekulêre of mikroskopiese vlak vereis word.

Sediba-onderwysers:

Al 27 die onderwysers het die vraag korrek beantwoord. (sien Bylaag E2.)

Vraag 4

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat is die verskil in die rangskikking van watermolekule in vloeibare water en in ys? (Water as vaste stof)	**Ys:** Die watermolekule is in vaste posisies gebind binne-in die yskristal. (Vorm 'n "oop" struktuur) Vibrasies is die enigste moontlike beweging. (Molekule kom nooit tot stilstand nie). **Water:** Die watermolekule beweeg nou nader aan mekaar as in ys en beskik oor meer vryheid van beweging. Daar is egter steeds 'n onderlinge binding tussen die watermolekule aanwesig.

Die verskil in die rangskikking van die watermolekule in water as vloeistof en in soliede ys kom hier onder die soeklig. Visualisering word sterk aangespreek in hierdie vraag, alhoewel die respondente nie gevra is om 'n skets te teken van hul verduideliking nie. Hulle moes die verskil in die rangskikking van die molekule vir die twee fases in woorde verduidelik het, maar as hulle nie die twee fases vir hulself kon visualiseer nie, sou hulle dit beslis moeilik gevind het om dit te verduidelik. Aangesien taalprobleme kon veroorsaak het dat die respondente nie hul begrip in hierdie geval altyd deeglik kon weergee nie, moes die response baie versigtig ontleed word en daar moes seker gemaak word dat die response so korrek as moontlik beoordeel word.

Vanuit die leerinhoude wat op skoolvlak met hulle behandel was, behoort die respondente reeds 'n redelike goeie idee te hê van die verskille tussen die vloeistof- en die vastestoffase. Die norm waaraan die respondente se response gemeet is, word hierbo weergegee.

Die response wat verkry is, kan min of meer soos in Tabel 6.4 opgesom word. Die response wat saamgegroepeer word, was nie noodwendig woordeliks presies dieselfde nie, maar dit is response wat dieselfde idee weergee.

Tabel 6.4: Opsomming van technikonstudente se response op Vraag 4

	Respons	**Na lesing sonder video**	**Na lesing met video**
1	Geen respons; niksseggende response of response waarin daar nie werklik 'n onderskeid tussen die vastestof- en vloeistoffase getref is nie. *Hierdie respondente het blykbaar geen idee van wat die verskil tussen die vastestof- en vloeistoffase van water is nie.*	**9** A: 2, 4, 8, 11, 12, 13, 20, 21 B: 13	**5** A: 8, 21 B: 11, 15, 17
2	In die **yskristal** is die watermolekule baie **naby** mekaar gebind, terwyl dit in die **vloeistof-toestand** baie **verder** weg van mekaar is. *Uitsonderlike gedrag van water dus nie duidelik oorgedra nie.*	**9** A: 3, 14, 16, 19 B: 2, 9, 10, 14, 16	**3** A: 3, 5 B: 12
3	In die **yskristal** is die watermolekule **ver** van mekaar en in die **vloeistof** beweeg dit **nader** na mekaar toe. *Uitsondering in geval van water is duidelik, maar respondent meld steeds niks omtrent binding en beweging van molekule nie.*	**0**	**1** A: 10
4	Ys - watermolekule beweeg glad nie. Water - watermolekule beweeg rond. *Vibrasies nie duidelik begryp.*	**1** A: 15	**0**
5	Ys - watermolekule beweeg nie rond nie, d.w.s. daar vind nie translasie van die molekule plaas nie en daar is spasies tussen die watermolekule. *Dit is onseker of die respondent wel besef dat die watermolekule in die ys steeds vibreer, maar dit kom voor asof die oop struktuur van ys duideliker begryp word.*	**0**	**1** A: 15

	Respons	Na lesing sonder video	Na lesing met video
6	In die yskristal is die watermolekule in een vaste posisie gebind, terwyl dit in die vloeistoffase vrylik rondbeweeg. Translasie van die watermolekule vind dus plaas in die vloeistoftoestand. *Binding tussen molekule in ys is baie duideliker, alhoewel vibrasies nie genoem word nie. Geen melding word gemaak van binding tussen die molekule in die vloeistoffase nie.*	**4** A: 7, 17 B: 5, 15	**1** A: 14
7	Die watermolekule in ys beweeg baie stadig. In watervloeistof beskik die molekule oor meer energie en kan gevolglik baie vinniger beweeg. *Sê niks oor die verskil in die rangskikking van die deeltjies nie. Binding tussen deeltjies word glad nie genoem nie.*	**5** A: 1, 5, 6, 9, 10	**2** A: 6 B: 13
8	In die yskristal vibreer die watermolekule in 'n vaste posisie, maar in die vloeistof beweeg dit rond, d.w.s. translasie vind plaas. *Die feit dat die watermolekule in 'n vaste posisie gerangskik is, sowel as die verskil in beweging word genoem.*	**2** B: 12, 17	**5** A: 1, 9, 11 B: 5, 14
9	Ys: Slegs vibrasies van molekule kom voor. Watervloeistof: Molekule ondergaan translasie, vibrasie en rotasie, d.w.s. aldrie moontlike bewegings kom voor. *Slegs beweging word bespreek. Geen aanduiding van verskil in binding of rangskikking in yskristal nie.*	**3** B: 1, 6, 11	**4** A: 4 B: 2, 10, 16
10	Ys: Molekule is in vaste posisies gebind en voer vibrasies uit. Spasies kom voor tussen die vibrerende molekule. Watervloeistof: Molekule voer aldrie moontlike bewegings uit, naamlik vibrasie, rotasie en translasie. *Niks word gemeld aangaande binding tussen die molekule in die vloeistoftoestand nie.*	**1** B: 4	**3** A: 2 B: 1, 4

	Respons	Na lesing sonder video	Na lesing met video
11	In die soliede ysfase beweeg die molekule stadig en hulle is styf teen mekaar verbind. In die vloeistoffase beweeg die molekule vinnig en vrylik rond. *Onderskei nie tussen verskillende tipe bewegings wat in die twee fases uitgevoer word nie en weer eens word niks gemeld van binding in vloeistof nie.*	**1** A: 18	**3** A: 18, 19, 20
12	Ys; Die watermolekule is in vaste posisies gebind. Vloeistoffase: Die watermolekule beweeg rond, maar hulle is steeds in groepe met mekaar verbind.("clusters") *Binding in vloeistof word beter gestel, maar meld nie vibrasies in ys nie.*	**1** B: 7	**5** A: 7, 12, 13,17 B: 9
13	In ys kom daar baie sterk bindings tussen die watermolekule voor, maar as gevolg van die gerigtheid van die binding (*waterstofbinding*) is die molekule in die yskristal verder van mekaar af gebind as in die vloeistof. Dit lyk asof daar "hol" kanale in die struktuur van die yskristal voorkom. As die ys smelt en oorgaan in die vloeistoffase, beweeg die watermolekule nader na mekaar en die vaste struktuur gaan verlore. Onderlinge binding tussen die watermolekule kom steeds voor, maar dit is swakker as in vastestoffase. *Dié respondente se response is nie almal so volledig soos hierbo gestel word nie, maar die inhoud kom grotendeels hiermee ooreen.*	**2** B: 3, 8	**5** A: 16 B: 3, 6, 7, 8

Uit die bespreking van die response in Tabel 6.4 is dit duidelik dat die respondente ná die rekenaarsimulasie meer onder die indruk was van die feit dat die rangskikking van die molekule in die vastestof- en in die vloeistoffase drasties van mekaar verskil. Uit response 3, 5, 10 en 13 kan afgelei word dat meer respondente ná die rekenaarsimulasie tot die besef gekom het dat die molekule verder weg van mekaar gebind is in die yskristal as in water self – 'n belangrike uitsondering in die geval van water! Baie meer korrekte response is

waargeneem ná die rekenaarsimulasie (ongeveer 30 redelik korrek teenoor 19 wat redelik korrek was ná die tradisionele lesing).

Sediba-onderwysers:

Een-en-twintig van die 27 Sediba-onderwysers het in hul response verduidelik dat die watermolekule in die yskristal baie naby aan mekaar gepak is, terwyl dit in die vloeistoftoestand "los" gepak is. (sien bylae E2 en E3.) Dit wil voorkom asof hulle nie bewus was van die uitsonderlike gedrag van water nie. Een onderwyser het verduidelik dat daar spasies tussen die molekule in die vloeistof voorkom, terwyl daar geen spasies tussen die molekule in die yskristal voorkom nie (nommer 5). Daar was 2 van die onderwysers wat konkrete voorstellings gemaak het en geen verduideliking gegee het nie (nommers 2 en 3). Een onderwyser het wel verduidelik dat die molekule in die vloeistoftoestand 'n kleiner volume beslaan in vergelyking met die ystoestand (nommer 6).

Vraag 5

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Hoe kan water in die vloeistoftoestand van water in die vastestoftoestand onderskei word deur gebruik te maak van 'n chemiese formule?	Vloeistoftoestand: $H_2O(l)$ Vastestoftoestand: $H_2O(s)$

Dit was bloot 'n teorievraag waarin die respondente moes aantoon hoedat daar deur middel van 'n chemiese formule 'n onderskeid gemaak word tussen water as vloeistof, naamlik $H_2O(l)$, en water as vastestof, naamlik $H_2O(s)$. Die vraag het nie werklik iets te doen met visualisering as sulks nie en word dus nie volledig geïnterpreteer nie. Die meeste respondente het die vraag wel korrek beantwoord. Na die tradisionele lesing, d.w.s. sonder gebruikmaking van die rekenaarsimulasie, het 3 respondente verkeerde antwoorde gegee. Uit groep A het nommer 11 geen respons gelewer nie, terwyl nommer 21 'n verkeerde respons gelewer het deur 'n skets te teken. Uit groep B het nommer 11 ook 'n verkeerde respons gelewer deur die formule vir waterdamp, $H_2O(g)$, te gee in plaas van die formule vir ys, $H_2O(s)$. Nadat die rekenaarsimulasie by die lesing ingesluit was, was daar weer 2

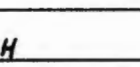
respondente wat verkeerde response gelewer het. Nommer 21 uit groep A het die formule vir waterdamp gegee en nommer 6 uit groep B het geantwoord dat vloeistof nie kan bind nie - klaarblyklik het hierdie respondent die vraag totaal verkeerd verstaan.

Ná die tradisionele lesing het 92% van die respondente korrekte response gelewer en ná die rekenaarsimulasie het 94,7% van die respondente korrekte response gelewer. Dit wys weer duidelik daarop dat leerders gewoonlik teorie soos formules maklik memoriseer, sonder dat daar werklik die gepaardgaande begrip teenwoordig is.

Sediba-onderwysers:

Dertien van die 27 Sediba-onderwysers (ongeveer 48%) het die korrekte respons gelewer. (sien Bylaag E3.) Hul response kan soos in Tabel 6.5 opgesom word:

Tabel 6.5: Sediba-onderwysers se response op Vraag 5

Respons gelewer	Aantal respondente ter sprake
Korrek, d.w.s. $H_2O(l)$ en $H_2O(s)$	13
Geen respons gelewer	6
H_2O	2 (nr.2 en nr.3)
H + O + H	1 (nr. 5)
$H_2O(g)$ en $H_2O(l)$	1 (nr. 12)
H - O - H 	1 (nr. 14)
"It cannot be distinguished."	1 (nr. 15)
"They have the same chemical formula."	1 (nr. 20)
"Liquid - loose Solid - packed"	1 (nr. 22)

Vraag 6(a)

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat gebeur wanneer ys smelt?	Die watermolekule verkry meer kinetiese energie, gevolglik raak hul vibrasies al vinniger totdat die molekule die sterk binding tussen hulle kan oorkom. Die "oop", vaste struktuur gaan verlore en die molekule beweeg meer vrylik rond en nader aan mekaar.

In hierdie vraag moes die respondente weer eens 'n onderskeid tref tussen die vastestoftoestand en die vloeistoftoestand, met die klem hierdie keer op die **proses** waartydens die fase-verandering plaasvind, naamlik **smelting**. Beweging is ter sprake in hierdie verklaring. Om veranderinge wat voorkom in die beweging van molekule op mikroskopiese vlak te verduidelik in makroskopiese terme, is meestal baie moeilik. Dit is feitlik onmoontlik om te verwag dat die leerders min of meer dieselfde veranderinge as die onderriggewer sal visualiseer as die tradisionele lesing as onderrigstrategie gebruik word om die beweging van die watermolekule te verduidelik. Te oordeel aan die response wat verkry is, was daar ná die insluiting van die rekenaarsimulasie 'n opvallende verbetering in die begrip van die gebeure wat in die molekulêre struktuur van water plaasvind tydens die smelt van ys.

Met die analise van die resultate is response met dieselfde strekking saamgegroepeer. Op hierdie wyse is die response wat verkry is, saamgevat in 16 algemene response. 'n Opsomming van die mees algemene response, sowel as die aantal keer wat dit voorgekom het, word in Tabel 6.6 getoon.

Tabel 6.6: Response wat voorgekom het op vraag 6 (a)

	Response wat voorgekom het	Na lesing	Na video
1	Geen idee - antwoord oopgelaat	5	1
2	As ys smelt, verander 'n vastestof in 'n vloeistof	3	0
3	Wanneer ys smelt, beweeg die watermolekule weg van mekaar af.	9	5
4	Die watermolekule sit uit as ys smelt.	0	1
5	Vorm damp	1	0
6	Die energie is steeds daar en daar is steeds molekule. Die water kan dus nog steeds beweeg, maar stadig. Molekule vibreer steeds, maar dit is nou baie minder.	2	0
7	Molekule beweeg geweldig vinnig en stamp teen mekaar.	1	0
8	Die beweging van molekule kan plaasvind in water.	1	0

	Response wat voorgekom het	Na lesing	Na video
9	Temperatuur breek hulle op. Digtheid word groter vir hulle om te vibreer.	0	1
10	Molekule in watervloeistof beweeg nader na mekaar as in ys.	0	1
11	Aantrekkingskrag tussen molekule neem af.	1	1
12	Molekule in vloeistof is steeds met mekaar verbind.	3	2
13	Molekule begin beweeg op al drie moontlike maniere, naamlik vibrasie, rotasie en translasie.	11	0
14	Wanneer ys smelt, begin die molekule al meer vibreer.	1	6
15	Wanneer ys smelt, breek die molekule weg van mekaar en begin vinnig beweeg. Molekule roteer en beweeg van een plek na die ander.(translasie)	0	6
16	Molekule vibreer al meer wanneer temperatuur toeneem en breek uiteindelik los uit hul vaste posisies. Die molekule begin rondbeweeg - voer rotasie- en translasiebewegings uit.	0	14

Uit respons 1 kan gesien word dat daar ná die tradisionele lesing 5 respondente was wat geen verduideliking probeer gee het nie. Ná die rekenaarsimulasie het hulle egter, op een na (respondent nr. 14 in Groep A), almal 'n poging aangewend om werklik te verduidelik watter mikroskopiese gebeure verantwoordelik is vir dit wat makroskopies waargeneem word (sien response 3, 4, 9 - 16 in Tabel 6.6).

Uit respons 2 is dit duidelik dat drie van die respondente nog geneig is om ná die tradisionele lesing slegs op makroskopiese vlak te redeneer. Daar word weggeskram vanaf 'n moontlike verklaring op mikroskopiese vlak, wat duidelik aantoon dat hul hoër-vlak kognitiewe vaardighede waarskynlik nog nie genoegsaam ontwikkel was om hierdie abstrakte leerinhoude te hanteer nie.

Respons 3 toon dat 9 van die 38 respondente ná die tradisionele lesing van mening was dat die watermolekule verder van mekaar weg beweeg wanneer ys smelt. Die uitsonderlike gedrag van water, waar die molekule nader na mekaar beweeg as dit oorgaan in die vloeistoftoestand, bly moeilik vir die leerders om te begryp - veral as hulle dit nie kan visualiseer nie. Ná die rekenaarsimulasie was daar slegs 5 respondente wat steeds met hierdie verduideliking volstaan het.

Nommers 4 tot 9 toon response waarvan die inhoud nie korrek was nie. Vanaf nommer 10 volg response waarvan die inhoud meer wetenskaplik korrek was. Ná die rekenaarsimulasie het 26 van die 38 respondente (68%) response gelewer soos aangetoon in nommer 14, 15 en 16 van Tabel 6.6. Uit hierdie resultate kan die meerdere mate van visualisering wat met behulp van die rekenaarsimulasie verkry is, duidelik waargeneem word. Nadat die respondente aan die videomateriaal blootgestel was, was hulle bepaald meer in staat om die veranderinge wat hier op molekulêre vlak plaasvind, vir hulleself visueel voor te stel in hul gedagtes (sien response nr. 14, 15 en 16).

Volgens respons nr. 13 is die groter mate van beweging van die watermolekule in die vloeistoftoestand redelik goed begryp na die tradisionele lesing. Elf van die moontlike 38 respondente het ná die tradisionele lesing verduidelik dat die watermolekule op al drie moontlike maniere begin beweeg as ys smelt om in water te verander. Dat daar egter reeds vibrasies van molekule in die soliede fase is en dat hierdie vibrasies dan toeneem totdat die vaste struktuur verdwyn omdat die molekule begin rondbeweeg, was nog glad nie duidelik vir die respondente nie. Dit wil voorkom asof hulle die soliede fase as meer stabiel visualiseer.

Sediba-onderwysers:

In die response van die Sediba-onderwysers het 15 van die 27 (55,6%) verduidelik dat die kragte tussen die watermolekule verswak word en sommige verbreek word wanneer ys smelt. Die navorser vind dit vreemd dat die onderwysers in hul verduidelikings verwys het na die intermolekulêre kragte wat tussen die watermolekule aanwesig is, sonder dat enige een ooit spesifiek verwys het na waterstofbinding!

Vier van die onderwysers (nr. 2, 3, 6 en 25) het konkrete waarnemings gegee in hul response, in plaas daarvan om 'n verduideliking te gee, en 4 het verduidelik dat die watermolekule weg van mekaar beweeg as ys smelt of anders gestel, dat die spasies tussen die watermolekule vergroot as ys smelt (nr. 8, 19, 22 en 24). Nog 'n onderwyser (nr. 20) het verwys na die spasiëring wat verander, sonder om te sê of dit groter of kleiner word. Twee van die onderwysers het verduidelik dat die molekule "strek" (nr. 1 en 4) en een het nie werklik enige verduideliking gegee nie (nr.11). Alhoewel die meerderheid van die onderwysers wel besef het dat die kragte tussen die watermolekule verswak word wanneer ys smelt, is dit duidelik dat hulle nog nie die veranderinge wat op molekulêre vlak plaasvind heeltemal kon visualiseer nie.

'n Wanopvatting wat dikwels voorkom, is dat die kovalente bindings in molekule verbreek word tydens smelting van ys en kook van water (Osborne & Cosgrove, 1983: 830). In die tweede gedeelte van vraag 6 in die vraelys word die respondente gevra om aan te dui of die kovalente binding in die watermolekuul verbreek word, al dan nie. In die stel van die vraag word daar nie pertinent na kovalente binding verwys nie. In hul response het sommige respondente "ja" geantwoord op dié gedeelte van die vraag, maar uit die res van hul verduideliking kon afgelei word dat hulle eintlik bedoel het dat die waterstofbinding tussen die watermolekule opgebreek word en nie die kovalente binding wat die molekuul bymekaar hou nie. Sommige respondente het dus nie die vraag heeltemal korrek verstaan nie. Dit dui daarop dat hulle nie die nodige begrip gehad het nie, want daar is nog nie werklik enige aanduiding dat hulle kan onderskei tussen die kovalente binding tussen atome en intermolekulêre kragte nie.

Vraag 6(b)

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Breek die watermolekule self op wanneer ys smelt?	Nee, daar is geen verandering in die samestelling van die watermolekule self nie.

Tabel 6.7: Respondente se response op die tweede gedeelte van vraag 6

Na tradisionele lesing			Na lesing m.b.v. video		
Geen	Ja	Nee	Geen	Ja	Nee
10	5	23	3	3	32

Ná die tradisionele lesing was daar 23 (60,5%) en ná die videoles 32 (84,2%) respondente wat "nee" geantwoord het op hierdie gedeelte van die vraag (sien bylae D11 tot D15.) Die insluiting van die video by die lesing het dus kwantitatief 'n duidelike verbetering van ongeveer 39,1% tot gevolg gehad.

Sediba-onderwysers:

Die Sediba-onderwysers het oorwegend geantwoord dat die watermolekule self nie opbreek tydens die fase-verandering nie. 17 van die 27 (63%) het uitdruklik "nee" geantwoord, terwyl 7 nie werklik op die tweede gedeelte van die vraag gereageer het nie. Slegs 3 (Nr. 1, 2 en 3) het "ja" geantwoord.

Vraag 7

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat is die verskil in die rangskikking van die watermolekule in watervloeistof en waterdamp (stoom)?	In watervloeistof is daar steeds waterstofbindings tussen die watermolekule teenwoordig en daarom beweeg hulle rond as groepe molekule wat saamgebind is. In waterdamp is daar geen kragte tussen die molekule teenwoordig nie.

In hierdie vraag is 'n vergelyking tussen die vloeistof- en die gasfase van water ter sprake. Daar is van die respondente verwag om die verskil in die rangskikking van die deeltjies op molekulêre vlak tussen die twee fases, weer te gee. Soos reeds by vraag 4 genoem, behoort die respondente 'n redelike voorkennis te hê van wat tydens 'n faseverandering gebeur. Dit behoort vir die leerders duidelik te wees dat hier veral verwys word na die verskil in die

afstand tussen die watermolekule in die vloeistoffase en in die gasfase, aangesien daar nie eintlik in hierdie twee fases werklike rangskikking van molekule ter sprake is nie.

Vier respondente het ná die tradisionele lesing response gelewer wat meer op die makroskopiese waarneming gegrond was, sonder om enige aanduiding te gee van wat die verklaring op mikroskopiese vlak sou wees. In die geval van hierdie respondente was daar dus geen visualisering van die struktuur van die watermolekule soos wat dit op molekulêre vlak daar sou uitsien nie. Twee soortgelyke response is selfs ná die videoles ook gekry, maar daar was beslis 'n afname in die aantal respondente wat van makroskopiese verduidelikings gebruik gemaak het. In Tabel 6.8 (a) word dié response gegee.

Tabel 6.8 (a): Response op vraag 7 wat op makroskopiese waarneming gegrond is

	Watervloeistof	Waterdamp	Na lesing	Na video
1	Water(*l*)	Waterdamp(*g*)	0	1
2	Geen bewegende deeltjies kan met die blote oog waargeneem word nie.	Wanneer verhoging in temperatuur plaasvind, word borrels gevorm wat aantoon dat stoom gevorm word.	3	0
3	Water - is nie gekook nie	Stoom - water wat gekook is.	1	1

Een respondent (A 15, Bylaag D16) se respons ná die tradisionele lesing skep die indruk dat 'n chemiese verandering in die watermolekuul plaasvind wanneer water na waterdamp of stoom verander. Die respondent stel naamlik, dat die vloeistoffase nie meer molekule bevat as die gasfase nie - die dampfase bevat geweldig baie molekule!

In sommige gevalle is daar nie werklik 'n onderskeid tussen die twee fases getref nie, soos in Tabel 6.8(b) gesien kan word.

Tabel 6.8(b): Response op vraag 7 waar daar nie werklik 'n onderskeid getref word nie

	Respons	Na lesing	Na video
1	Vloeistof en damp: Molekule beweeg	0	1
2	Watermolekule vibreer en laat 'n spasie as hulle beweeg	0	1
3	In watervloeistof bots molekule teen mekaar	0	1

Uit die response van sommige van die respondente wil dit voorkom asof hulle die dampfase met die soliede fase verwar het, soos aangetoon in Tabel 6.8(c).

Tabel 6.8(c): Response op vraag 7 wat dui op verwarring tussen die vastestoffase en die dampfase

	Vloeistof	Damp	Na lesing	Na video
1	Vloeistofmolekule - vibreer en beweeg rond, gebind in groepe	Soliede molekule vorm 'n lynstruktuur *(vorming van borrel?)*	0	1
2	Molekule nie in 'n vaste struktuur gepak nie	Molekule is gepak	1	0

Die respondent (B4, Bylaag D17) wat ná die tradisionele lesing respons 2 in Tabel 6.8(c) gelewer het, se verduideliking het ná die videoles drasties verbeter, naamlik:

> "In die vloeistoffase voer die molekule aldrie moontlike bewegings uit: vibrasie, rotasie en translasie. Sommige van hierdie bewegings van die molekule raak so hewig dat die molekule ontsnap uit die vloeistof en oorgaan na die gasfase. Sodoende ontstaan waterdamp."

(Bogenoemde respons is deur die navorser vertaal om so ná as moontlik te wees aan dit wat die respondent waarskynlik wou sê)

Die misverstand (verwarring tussen vastestoffase en dampfase) wat in Tabel 6.8(c) aangetoon word, kan moontlik aan 'n taalprobleem toegeskryf word, net soos die geval kan wees met die response waar die eienskappe van die vloeistof- en die gasfase omgeruil is:

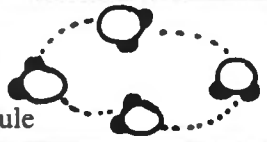
- In watervloeistof is die molekule baie ver van mekaar verwyder. In waterdamp is die molekule baie na aan mekaar. (Respondent A4, Bylaag D15)
- In waterdamp beweeg die molekule stadig, maar in die vloeistof beweeg die molekule baie vinnig. (Respondent A10, Bylaag D16)

Albei bogenoemde verkeerde response is ná die videoles verkry. Dit was waarskynlik nie die visualisering van die verskynsel wat 'n probleem was vir hierdie respondente nie, maar

daar was eerder 'n gebrek aan uitdrukkingsvermoë in die taal. Die beskrywing van die fases was heeltemal korrek, maar elke beskrywing is aan die verkeerde fase gekoppel.

'n Hele aantal totaal verkeerde response is ook verkry, soos getoon in Tabel 6.8(d).

Tabel 6.8(d): Response op vraag 7 wat totaal verkeerd was

	Response		Na lesing	Na video
1	Daar is geen verskil tussen die vloeistof- en die gasfase nie.		2	0
2	Geen respons		2	1
3		Watervloeistof *(geen aanduiding van damp)*	1	0
4	 molekule	Waterdamp *(geen aanduiding van vloeistof)*	0	1
5	Watervloeistof - molekule beweeg in dieselfde rigting	Damp - molekule beweeg in alle verskillende rigtings	1	0

Ná die lesing waarby die rekenaarsimulasie met behulp van die video ingesluit was, was daar 19 respondente wat response gegee het wat baie na ooreenkom met dit wat as wetenskaplik korrek beskou word. Sommige response was meer onvolledig, maar bevat tog wetenskaplik korrekte feite en word gevolglik ook hierby ingesluit. Weer eens moet daarop gelet word dat die response wat saamgegroepeer word, nie noodwendig almal woordeliks presies ooreenstem nie, maar dat hulle tog dieselfde strekking het.

Tabel 6.8(e): Response op vraag 7 wat wetenskaplik korrekte feite bevat het

	Response wat min of meer die volgende inhoud bevat het		Na lesing	Na video
1	**Vloeistoffase**: Diskrete H_2O-molekule teenwoordig. In 'n toestand van voortdurende beweging. Geen ge-organiseerde, vaste struktuur nie, maar binding tussen molekule is steeds teenwoordig. Klein ruimtes tussen molekule.	**Dampfase**(stoom): Bestaan hoofsaaklik uit "oop ruimtes". Diskrete H_2O-molekule is steeds teenwoordig, maar beweeg nou geweldig vinnig. A.g.v. vinnige beweging het die H_2O-molekule nou 'n groter ruimte nodig vir beweging - baie groot afstande tussen molekule.	9	19
2	**Vloeistof**: binding tussen molekule teenwoordig	**Damp**: binding verbreek - molekule ontsnap uit die vloeistoffase	9	2
3	In die dampfase is die molekule glad nie meer aan mekaar verbind nie en hulle beweeg baie vinniger - kan nou bots met mekaar		2	2
4	Stoom - molekule beweeg geweldig vinnig.		6	1
5	Verskil tussen vloeistof- en dampfase lê in die afstand tussen die molekule onderling *(geen verdere onderskeid tussen die fases word verduidelik nie)*		0	2

In Tabel 6.8 (e) word aangetoon dat 26 van die totale 38 respondente (68,4%) ná die tradisionele lesing antwoorde gegee het wat punte van waarheid bevat, dieselfde aantal as wat ná die videoles korrekte of taamlik korrekte antwoorde gegee het. Die verskil lê egter daarin dat heelwat meer van die respondente ná die videoles in staat was om 'n **meer volledige** korrekte respons te lewer - iets wat slegs moontlik is wanneer die fases behoorlik deur die leerders gevisualiseer kan word. Nege van hierdie 26 respondente, na wie daar in Tabel 6.8 (e) verwys word, kon ná die tradisionele lesing 'n baie korrekte en volledige antwoord gee, dit wil sê, 23,7% van die totale 38 respondente. Die 19 respondente wat dit ná die videoles kon regkry, maak 50% uit van die totale 38 respondente.

Sediba-onderwysers:

Uit die response van die Sediba-onderwysers kan gesien word dat hulle in hul verduidelikings hoofsaaklik op die verskil in die afstande tussen die molekule gekonsentreer het. (sien bylae E5 en E6.) Sestien van die 27 Sediba-onderwysers (59,3%)

het verduidelik dat die watermolekule in die vloeistoftoestand baie naby aan mekaar voorkom, terwyl dit in die damptoestand baie ver van mekaar af is. Nog vier onderwysershet soortgelyke verduidelikings gegee, maar het in hul response gemeld dat die watermolekule in die vloeistoffase naby mekaar "gepak" of "gerangskik" is en in die gasfase "los gepak" of "los gerangskik" is (nr. 6, 7, 18 en 22). Die idee van 'n rangskikking of "pakking" van molekule hoort by die soliede fase waar die molekule in 'n kristalstruktuur gerangskik is. In beide die vloeistof-, sowel as die gasfase, is daar 'n willekeurige beweging van deeltjies, sonder enige rangskikking.

Die oorblywende 7 response was soos volg:

Nr. 10 Geen respons.

Nr. 2 en 3 Sketse geteken:



Nr. 11 Vloeistofdeeltjies is baie verder van mekaar as in stoom. *(moontlik 'n skryffout?)*

Nr. 12 Intermolekulêre kragte in dampfase baie swakker as in vloeistoffase. Samepersing is moontlik in die geval van die dampfase.

Nr. 19 Rangskikking van molekule in die gasfase is wanordelik en in die vloeistoffase is die rangskikking minder wanordelik.

Nr. 21 In die dampfase is die beweging van die molekule geweldig vinnig.

Vraag 8

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat word binne-in 'n borrel in kokende water aangetref?	Watermolekule of stoom.

Dit wil voorkom asof die oorgrote meerderheid van die respondente - 25 van die totale 38 - reeds ná die tradisionele lesing baie deeglik besef het dat daar stoom (of waterdamp) binne-in die borrels in kokende water voorkom. Of hulle werklik volle begrip het van die

vorming van die borrels, is onseker. Die rekenaarsimulasie toon duidelik dat die borrels gevorm word uit vinnig bewegende watermolekule wat dan ander watermolekule as't ware wegstamp en op 'n afstand hou. Hierdie watermolekule vorm dus die "wand" van die borrel en binne-in kom die snelbewegende watermolekule of waterdamp (stoom) voor.

'n Opsomming van die response wat verkry is, word in Tabel 6.9 getoon. Die response van die voortoetse van groep A en B, sowel as dié van die Sediba-onderwysers word ook by die tabel ingesluit.(Voorkennis vraag 7, groep A: Bylaag C4; voorkennis vraag 3, groep B: Bylaag C9.)

Tabel 6.9: Response op vraag 8

	Response verkry	Vooraf	Na lesing	Na video	Sediba
1	Geen respons	9	1	2	2
2	Daar is niks binne-in 'n borrel nie.	0	0	1	1
3	Druk *("pressure")*	0	0	0	1
4	Ys	1	0	0	0
5	CO_2	0	0	1	2
6	Energie	1	1	0	0
7	Waterstof en suurstof	3	0	0	0
8	Lug (suurstof)	5	0	0	1
9	Lug	11	0	2	11
10	Warm lug	5	0	0	0
11	Verdamping *("evaporation")*	0	1	0	0
12	Gas	0	0	3	5
13	Molekule	0	2	4	0
14	Molekule met geweldig baie spasies tussen-in	0	0	2	0
15	Watermolekule	1	8	8	2
16	Stoom/waterdamp/water in die gasfase	2	25	7	2
17	Watermolekule wat baie vinnig beweeg en mekaar wegforseer. Baie groot ruimtes tussen molekule.	0	0	8	0

Die totale aantal respondente wat besef het dat daar **WATER** in die vorm van stoom of waterdamp binne-in die borrel voorkom, kan soos volg opgesom word: 2 tydens die toetsing van voorkennis, 25 ná die tradisionele lesing en 15 ná videoles.

Tydens die toetsing van die voorkennis het die meeste van die respondente aangetoon dat daar lug binne-in die borrels voorkom. Onder nie-chemici is dit waarskynlik die mees algemene verklaring van die borrels wat voorkom in kokende water. Soortgelyke resultate is deur ander navorsers ook verkry(Osborne & Cosgrove, 1983: 827-829). Dit stem dus ooreen met wat verwag kon word voordat enige lesing gegee is.

Verder wil dit uit die resultate voorkom asof die verduideliking van die proses van die vorming van die borrel, effens vaag was in die rekenaarsimulasie. Daar moes meer leiding gewees het van die kant van die rekenaarsimulasie om beter visualisering te kon bewerkstellig.

Ná die tradisionele lesing het 10 meer respondente geantwoord dat daar watermolekule in die borrels voorkom, as wat die geval was ná die videoles.

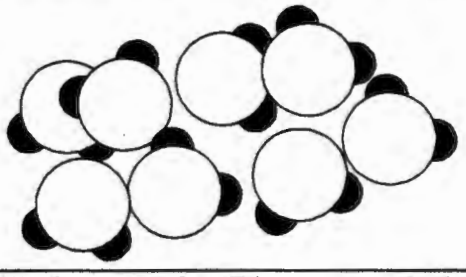
Nege van die respondente het ná die videolesing geantwoord dat daar gasmolekule of bewegende molekule in die borrels is, sonder om spesifiek te meld dat dit watermolekule is. Hulle het waarskynlik die snelbewegende molekule binne-in die borrel waargeneem terwyl die video vertoon is, maar dit het nie heeltemal tot hulle deurgedring dat dit watermolekule is nie. So is ook die geweldige groot spasies wat tussen die molekule voorkom, deur 2 respondente opgemerk. In die response op hierdie vraag is die invloed van die video moontlik minder opvallend, maar dit kan steeds nie heeltemal geïgnoreer word nie.

Sediba-onderwysers:

Vier van die Sediba-onderwysers (nr. 6, 8, 14 en 27) het besef dat daar watermolekule in die borrels is, waarvan slegs 2 aangedui het dat dit waterdamp of water in die gasfase is (nr. 6 en 27). Elf van die Sediba-onderwysers (40,7%) het ook gedink daar is lug in die borrels in kokende water. (sien Bylaag E6.)

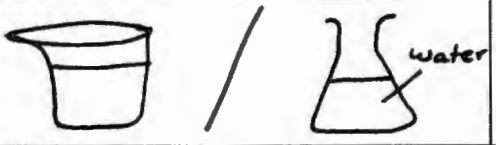
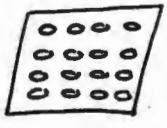
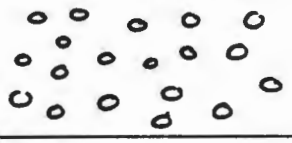
Vraag 9

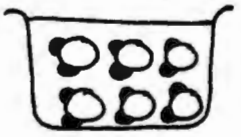
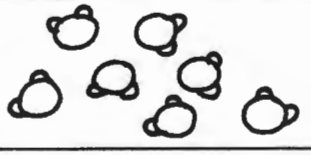
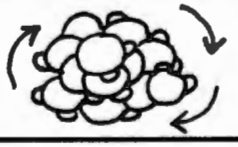
Vraag 9.1

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Teken 'n diagram met byskrifte om water in die vloeistoffase op die molekulêre vlak voor te stel.	

Die vraag is opgedeel in twee dele, naamlik 9.1 en 9.2. Die twee gedeeltes word afsonderlik bespreek. In 9.1 is die respondente gevra om 'n skets te teken van water in die vloeistoffase, soos wat dit op molekulêre vlak daaruitsien. Die response op vraag 9.1 word in Tabel 6.10 getoon.

Tabel 6.10: Response op vraag 9.1 - Sketse om watermolekule in die vloeistoffase voor te stel

	Response	Na lesing	Na video	Sediba
1	Geen skets geteken nie	1	1	5
2	Totaal verkeerde voorstelling	0	1	0
3		0	0	3
4		0	0	1
5		1	0	0
6		1	0	2
7	 (Slegs een molekuul geteken)	1	0	0

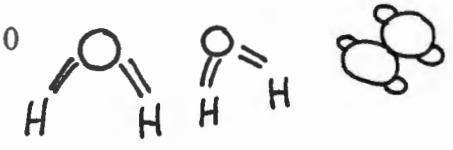
	Response	Na lesing	Na video	Sediba
8		1	0	0
9		2	1	0
10		1	0	2
11		7	2	0
12		7	0	2
13		0	2	0
14		7	3	0
15		5	12	5
16		5	16	4

Uit response 15 en 16 in Tabel 6.10 is dit duidelik dat daar 'n drastiese verbetering in die visuele voorstelling van water in die vloeistoffase gesien word, nadat die video by die lesing ingesluit was. Die rekenaarsimulasie het bepaald die visuele beeld, dat die watermolekule nader na mekaar toe beweeg in die vloeistoffase as in die soliede fase, baie verbeter.

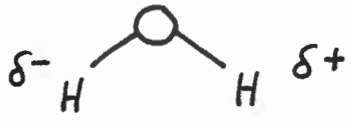
Dit is interessant om op te merk dat die respondente ná die tradisionele lesing meer geneig was om die houer waarin die water voorkom, in te sluit in hul sketse (sien response 8, 9 en 14 in Tabel 6.10). Ná die videoles was dit asof die houer "verlore" gaan en slegs die bewegende molekule raakgesien word. Vir 'n voorstelling op molekulêre vlak word beslis verkies dat die respondente nie die houer ook teken nie, omdat dit op daardie vlak nie werklik gesien sal kan word nie - dit is makroskopies heeltemal te groot in vergelyking met die mikroskopiese grootte van die watermolekule!

Sediba-onderwysers:

Drie van die Sediba-onderwysers se sketse word nie in Tabel 6.10 getoon nie, omdat dit nie werklik ooreenstem met enige van die 16 response wat van die technikonstudente verkry was nie. Dié drie sketse word kortliks getoon:

Nr. 10 

Die watermolekule is geteken asof die suurstofatome van naburige molekule met mekaar verbind.

Nr. 25 

Die samestelling en fatsoen van die watermolekuul is korrek, maar die polêre aard word nie korrek begryp nie.

Nr. 27 

Die watermolekule se samestelling word glad nie getoon nie, maar die interaksie tussen die dipole is nie totaal verkeerd nie.

Vraag 9.2

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die vloeistoffase verkeer.	Die watermolekule beweeg voortdurend rond, maar hulle beweeg nie heeltemal onafhanklik van mekaar nie. Daar is steeds 'n sterk binding tussen die molekule onderling. Sommige molekule beweeg in groepe wat saamgebind is, terwyl ander meer op hul eie beweeg. Die struktuur is baie minder geordend. Die watermolekule is baie naby mekaar in die vloeistoffase - heelwat nader as in die soliede fase. Die molekule voer aldrie moontlike bewegings uit, naamlik rotasie, vibrasie en translasie.

Die beskrywings wat in die response op Vraag 9.2 verkry is, is ook ge-analiseer om min of meer vas te stel wat die invloed van die rekenaarsimulasie op die respondente se visualisering van water op molekulêre vlak was.

Ses van die respondente (15,7% van die totale 38 respondente) het ná die tradisionele lesing daarin geslaag om response te lewer wat redelik goed ooreenstem met die norm wat deur die chemici gestel is en nadat die video by die lesing ingesluit was, was daar 14 korrekte response (36,8% van die totale 38 respondente).

Hieruit kan afgelei word dat daar wel 'n verbetering was in die aantal wetenskaplik korrekte response wat verkry was nadat die rekenaarsimulasie by die lesing ingesluit was.

Om die kwaliteit van die response nog fyner te ontleed, is sekere sinsnedes wat in die response voorgekom het, uitgehaal en die frekwensie waarmee dit in die respondente se antwoorde voorgekom het, is bepaal. Die resultate van hierdie ontleding word in Tabel 6.11 weergegee.

Tabel 6.11: Sinsnedes uit response op vraag 9.2 en die frekwensie waarmee dit in die response voorgekom het

	Response	Na lesing	Na video	Sediba
1	Watermolekule voer 3 tipes beweging uit: Translasie - molekule beweeg van een plek na 'n ander Vibrasie - watermolekule vibreer Rotasie - watermolekule roteer die hele tyd	13	19	0
2	Watermolekule beweeg voortdurend rond	8	17	4
3	Molekule is baie naby aan mekaar	3	12	0
4	Beweeg in groepe wat onderling verbind is *("clusters")*	3	13	0
5	Daar bestaan binding tussen watermolekule in die vloeistoffase	11	11	11
6	Molekule bots soms teen mekaar	6	6	3
7	Beweging vind plaas in alle rigtings	0	2	0
8	Molekule trek mekaar aan	4	0	7

Uit Tabel 6.11 blyk dit dat die voortdurende beweging van die watermolekule baie beter begryp is na die videolesing, as wat dit die geval was met die tradisionele lesing. Dit is baie moeilik om beweging in 'n skets te verduidelik wanneer slegs die skryfbord of die

truprojektor as hulpmiddel beskikbaar is. Die dinamiese aard van die rekenaar-animasies wat in die video gebruik word, bring die begrip baie duideliker tuis by die leerders.

'n Verdere aspek wat 'n redelike drastiese verandering toon ná die video, is dat die watermolekule baie naby aan mekaar is in die vloeistoftoestand. Hierdie belangrike uitsondering in die geval van water, waar die digtheid toeneem wanneer dit verander van ys na water, word klaarblyklik baie beter gedemonstreer met behulp van die video. Ook dat die molekule soms in groepies saamgebind is en dan as sodanig rondbeweeg, is bepaald baie beter oorgedra deur middel van die video.

Dat die beweging van die watermolekule in alle rigtings plaasvind, is slegs deur 2 respondente (Groep B: 2 en 8) opgemerk en dit ook slegs nadat die video gebruik is.

Meer verkeerde idees het ook voorgekom. 'n Redelike algemene wanopvatting wat waargeneem is, is dat die watermolekule in die vloeistoffase baie ver van mekaar af is en dat daar groot spasies tussen die molekule voorkom. Die watermolekule in die vloeistof-stoestand beweeg gevolglik heeltemal vrylik rond, sonder enige intermolekulêre kragte wat die molekule onderling met mekaar verbind. Gedeeltes van sinne of verduidelikings wat op hierdie wanopvatting gedui het, is uit die respondente se response gehaal en sommige daarvan word aangehaal in Tabel 6.12.

Tabel 6.12: Enkele sinsnedes uit response op vraag 9.2 wat op wanopvattinge dui

	Verkeerde begrippe wat deur respondente weergegee is:	Na lesing	Na video
1	Molekule beweeg vrylik rond *(wil voorkom asof respondent van mening is dat daar geen binding tussen molekule voorkom nie)*	6	3
2	Daar is spasies tussen watermolekule	5	5
3	Molekule is ver van mekaar af in die vloeistoffase	4	2

Dit is nie maklik om 'n wanopvatting dadelik reg te stel nie, aangesien die neiging bestaan om vas te hou aan dit waaraan aanvanklik geglo is. Ten spyte hiervan is daar tog 'n geringe mate van verbetering te bespeur nadat die video vertoon is.

Sediba-onderwysers:

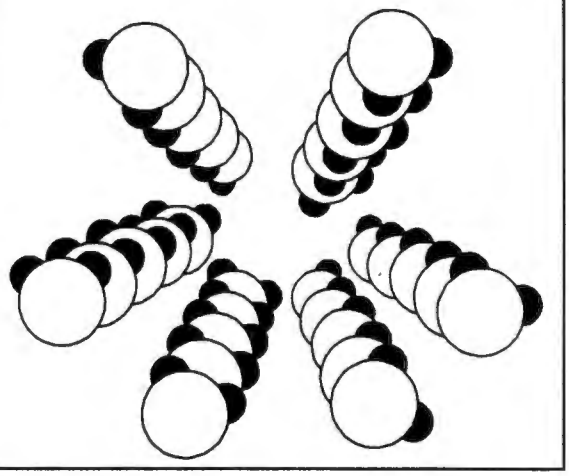
Slegs 5 van die Sediba-onderwysers (nr. 17, 18, 19, 23 en 24) kon daarin slaag om redelik korrekte response te lewer (d.w.s. 18,5% van die totaal van 27).

Vier van die Sediba-onderwysers het geen respons gelewer nie (nr. 4, 10, 11 en 21), terwyl 9 onderwysers response gelewer het wat nie as korrek aanvaar kan word nie (nr. 1, 2, 3, 7, 8, 9, 12, 13 en 17). Die oorblywende 14 onderwysers se response het gedeeltes bevat wat korrek was en hierdie gedeeltes word in Tabel 6.11 getoon. Uit response 5 en 8 in Tabel 6.11 volg dat die verduideliking wat die meeste by die Sediba-onderwysers voorgekom het, die een was dat daar onderlinge kragte tussen watermolekule in die vloeistoffase voorkom.

Vraag 10

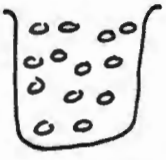
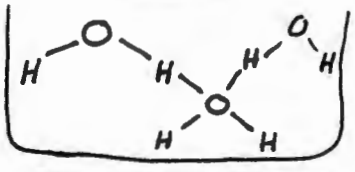
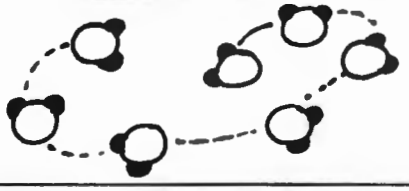
Die struktuur van water in die soliede fase, oftewel ys, is ter sprake. Die vraag is ook in twee dele verdeel waar die struktuur eers in 10.1 deur middel van 'n skets en daarna in 10.2 in woorde verduidelik moet word. Slegs deel 10.1 word eers bespreek.

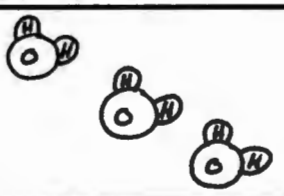
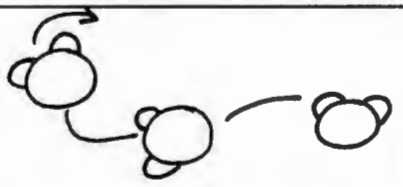
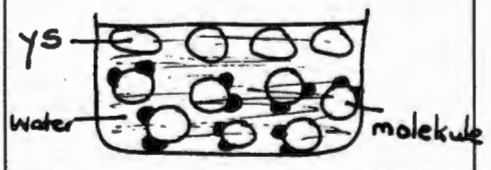
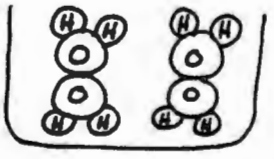
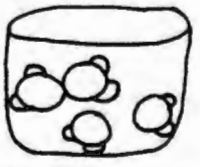
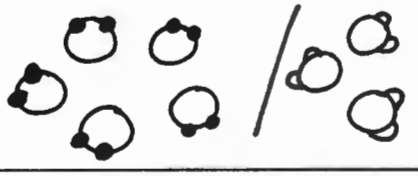
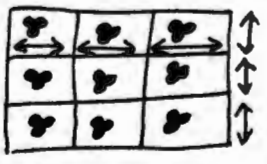
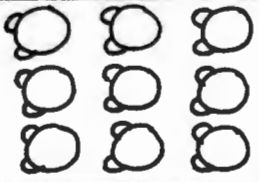
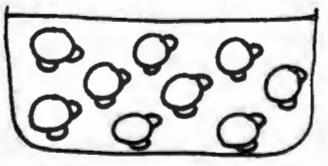
Vraag 10.1

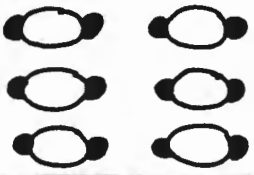
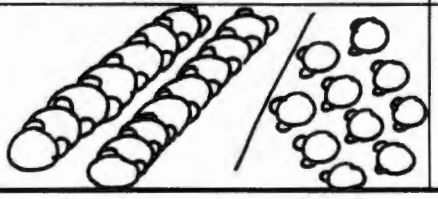
Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Teken 'n diagram met byskrifte om soliede water (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.	

Die sketse wat deur die respondente geteken is, kan deur middel van die 20 voorstellings in Tabel 6.13 saamgevat word.

Tabel 6.13: Response op vraag 10.1 - sketse om soliede water op molekulêre vlak voor te stel

	Sketse waarmee die struktuur van soliede water (ys) voorgestel word:	Na lesing	Na video	Sedïba
1	Geen skets geteken	2	0	8
2		1	0	2 (1, 27)
3		0	0	2 (2, 3)
4		0	0	1 (15)
5		0	0	2 (16, 25)
6		2	0	2 (14, 20)
7		1	0	5 (7, 17, 18, 23, 24)
8		2	0	0

	Sketse waarmee die struktuur van soliede water (ys) voorgestel word:	Na lesing	Na video	Sediba
9		1	0	0
10		4	0	0
11		0	1	0
12		0	0	2 (5, 13)
13		0	1	0
14		3	4	0
15		0	0	0
16		0	1	0
17		4	2	0

	Sketse waarmee die struktuur van soliede water (ys) voorgestel word:	Na lesing	Na video	Sediba
18		6	3	1 (19)
19		0	4	0
20		12	22	1 (12)

Ná die tradisionele lesing het 2 respondente geen skets probeer teken nie en 1 respondent het die watermolekule slegs as sferiese deeltjies voorgestel (sien response 1 en 2 in Tabel 6.13). Dit wil voorkom asof dié respondente nog steeds nie 'n behoorlike idee gehad het dat dit watermolekule is, bestaande uit een suurstofatoom en twee waterstofatome, wat op 'n sekere manier verbind word om die yskristal te vorm nie. Ná die videoles was dit opmerklik hoeveel meer korrekte response gelewer is - 32 response (Tabel 6.13, nr.16 tot 20) toon redelik korrek voorgestelde watermolekule wat in vaste posisies gebind is om 'n georganiseerde kristalstruktuur te gee. Dit is uit hierdie 32 response duidelik dat die molekule almal in 'n sekere rigting gebind is met redelike oop ruimtes ("kanale") tussen die rye molekule. Slegs 22 respondente kon hierin slaag na die gewone tradisionele lesing sonder die video (sien response 17, 18 en 20 in Tabel 6.13). Met behulp van die video is beter visualisering bewerkstellig en dit het gelei tot beter begripsvorming by die respondente.

Vraag 10.2

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die soliede fase verkeer.	In die soliede yskristal word die molekule deur sterk onderlinge kragte *(waterstofbindings)* in vaste posisies in spesifieke rigtings gebind. Die watermolekule vibreer steeds in hul vaste posisies, maar daar is opvallend minder aktiwiteit as in die geval van die vloeistof. (Geen translasie of rotasie is moontlik nie.)

Die meeste van die response op vraag 10.2 kan verder in twee dele verdeel word: die respondente het enersyds verwys na die **struktuur** van die ys en andersyds na die **beweging** van die watermolekule in die yskristal. Die ontleding van die response is ook op hierdie manier gedoen.

In hul verklaring van die **struktuur** van ys was daar ook duidelik beter visualisering na die videoles. Na die video kon die meerderheid respondente 'n redelik korrekte verduideliking gee van die ysstruktuur. 'n Uiteensetting van hul response word in Tabel 6.14 (a) gegee.

Tabel 6.14 (a): Response op vraag 10.2 - sinsnedes wat betrekking het op die struktuur van ys op molekulêre vlak

	Sinsnedes uit response wat betrekking het op die STRUKTUUR van ys op molekulêre vlak	Lesing	Video	Sediba
1	Geen verklaring van struktuur van ys nie	4	0	7
2	Water word solied	1	0	0
3	Watermolekule is saamgepak in ys	7	7	4
4	Molekule is baie naby mekaar gebind	9	7	10
5	Daar is sterk bindings tussen molekule onderling	17	9	8
6	Daar is spasies tussen molekule	0	6	0
7	Molekule is gerangskik in rye	2	8	0
8	Vorm 'n georganiseerde kristalstruktuur	15	25	4
9	In vaste posisies gebind	2	10	1 (nr. 17)
10	Watermolekule is verder van mekaar af gebind in ys as in vloeistof *(Sketse is ook geïnterpreteer)*	3	15	1 (nr. 9)
11	Binding tussen molekule is gerig *(Sketse is ingesluit by interpretasie)*	22	34	4
12	Tussen die rye molekule word oop kanale aangetref wat aan die struktuur van ys 'n "hol" voorkoms gee	15	26	1 (nr. 12)
13	Ys het 'n laer digtheid as water	0	1	0

Die response aangaande die **beweging** van die watermolekule in 'n yskristal word in Tabel 6.14 (b) uiteengesit.

Tabel 6.14 (b): Response op vraag 10.2 - sinsnedes wat betrekking het op die beweging van die watermolekule in die yskristal op molekulêre vlak

	Sinsnedes uit response wat betrekking het op die BEWEGING van die watermolekule in die yskristal op molekulêre vlak	Lesing	Video	Sediba
1	Noem niks aangaande enige beweging nie	10	4	19
2	Molekule kan rondbeweeg	4	1	1
3	Daar is geen beweging nie	1	1	0
4	Molekule kan roteer	1	0	0
5	Beweeg almal in dieselfde rigting	0	1	0
6	Bots met mekaar en verbind dan	1	0	0
7	Minder energiek	4	0	0
8	Beweeg minder	1	0	0
9	Beweeg stadig	9	5	2
10	Stop rotasie	5	1	0
11	Beweeg steeds	0	2	0
12	Kan nie vrylik rondbeweeg nie (geen translasie)	8	4	2
13	Vibreer slegs	13	28	3

Volgens Tabel 6.14 (a) en (b) kan die volgende gedeeltes uit die respondente se sketse en beskrywings van die struktuur van ys op molekulêre vlak afgelei word: (Die numeriese waarde gee 'n aanduiding van hoeveel keer 'n sekere respons voorgekom het. Omdat daar in sommige gevalle oorvleueling en herhalingvan response voorgekom het, is die totale aantal response nie presies 38 in elke geval nie. Die asterisk * toon die belangrikste opmerkings aan.)

Na die tradisionele lesing:

- ✧ Geen verklaring vir die struktuur van ys nie 4
- ✧ Molekule is in vaste posisies gebind 2
- ✧ Daar is sterk binding tussen molekule onderling 7
- ✧ Molekule is baie naby mekaar gebind **9***
- ✧ Gerangskik in rye 2
- ✧ Georganiseerde kristalstruktuur **15***
- ✧ Gerigte binding (*afgelei uit respondente se sketse*) **15***
- ✧ "Oop" kanale word gevorm tussen rye molekule **15***
- ✧ Molekule vibreer slegs **13***

Na die videoles:

✧ Molekule is in vaste posisies gebind	**10***
✧ Daar is sterk binding tussen molekule onderling	3
✧ Die molekule is baie naby aan mekaar	7
✧ Molekule is gerangskik in rye	8
✧ Georganiseerde kristalstruktuur	**25***
✧ Gerigte binding (*afgelei uit respondente se sketse*)	**34***
✧ "Oop" kanale word gevorm tussen rye molekule	**26***
✧ Molekule vibreer slegs	**28***

Alhoewel nie alle verklarings korrek was nie, het al die respondente 'n moontlike antwoord probeer gee ná die videoles waarby die rekenaarsimulasie ingesluit was. Dit is duidelik dat die respondente se gedagtebeelde van die yskristal verbeter het ná insluiting van die rekenaarsimulasie by die lesing.

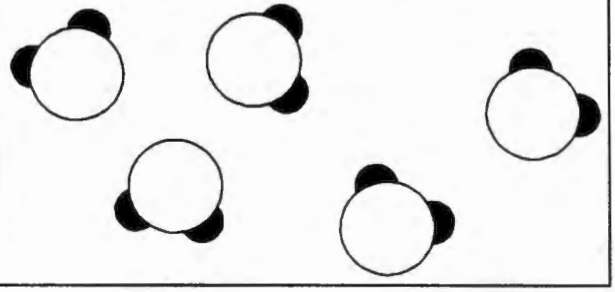
Sediba-onderwysers:

✧ Geen verduideliking van die struktuur van die yskristal nie	**7***	(Nr. 2, 4, 6, 10, 11, 16, 21)
✧ In die yskristal is die watermolekule baie naby aan mekaar gebind	**10***	(Nr. 1, 7, 12, 14, 17, 19, 20, 23, 24, 27)
✧ Die molekule is volgens 'n vaste patroon gerangskik ("*packed*")	**4***	(Nr. 14, 17, 19, 27)
✧ Daar is besondere sterk aantrekkings-kragte tussen die molekule	**8***	(Nr. 7, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 23)
✧ Die molekule vibreer slegs om 'n vaste punt in die yskristal	**4***	(Nr. 17, 18, 23, 24)
✧ Die molekule in ys beslaan 'n groter ruimte as in water	1	(Nr. 9)

- ✧ Watermolekule is die kleinste deeltjies wat beweeg 1 (Nr. 3)
- ✧ Waterstof van een watermolekuul bind aan waterstof van ander watermolekuul 2 (Nr. 5 en 13)
- ✧ Die watermolekule meng nie met mekaar nie; hulle staan langs mekaar 1 (Nr. 22)
- ✧ Die interaksie tussen die watermolekule vind plaas d.m.v. ionisasie 1 (Nr. 25)
- ✧ Die watermolekule trek mekaar aan met swak of sterk kragte 1 (Nr. 26)

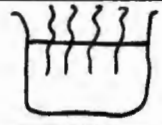
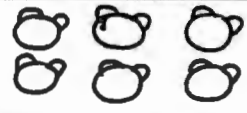
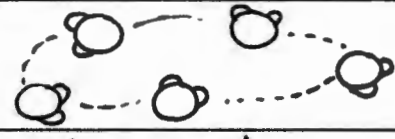
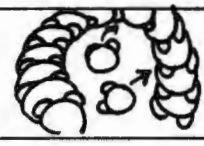
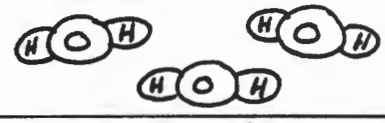
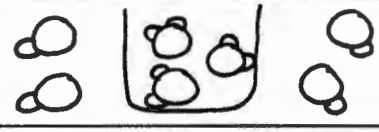
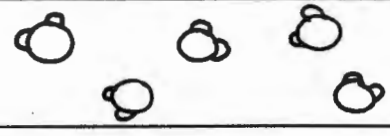
Vraag 11

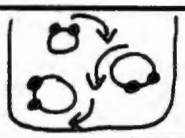
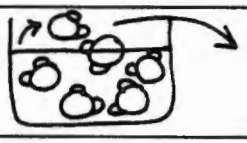
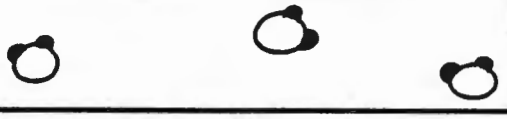
Vraag 11.1

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Teken 'n diagram met byskrifte om waterdamp op die molekulêre vlak voor te stel.	

Die gasfase van water was ter sprake. In deel 11.1 moes die respondente 'n skets teken om waterdamp, dit wil sê, water in die gasfase op molekulêre vlak voor te stel. Die verandering wat voorgekom het in die sketse wat deur die respondente geteken is nadat die tradisionele lesing aangebied is, asook die lesing waarby die rekenaarsimulasie met behulp van die video ingesluit was, word in Tabel 6.15 getoon.

Tabel 6.15: Response op Vraag 11.1 - sketse om waterdamp op molekulêre vlak voor te stel

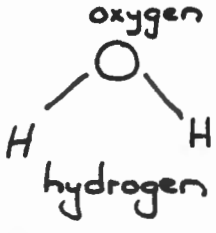
	Sketse van waterdamp deur respondente geteken	Lesing	Video	Sediba
1	Geen skets geteken nie	4	4	11
2		0	0	2
3		1	0	0
4		1	0	0
5		0	1	0
6		1	0	0
7		2	0	1 (24)
8		1	1	0
9		3	1	0
10		0	2	1 (13)
11		0	1	0
12		1	0	3
13		4	0	1

	Sketse van waterdamp deur respondente geteken	Lesing	Video	Sediba
14		2	2	0
15		5	2	0
16		13	24	5

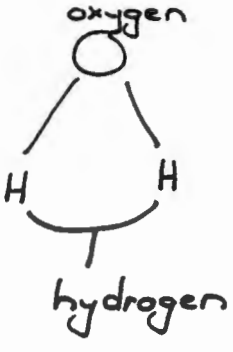
Sediba-onderwysers:

Drie van die Sediba-onderwysers se sketse word nie in Tabel 6.15 gegee nie. Hulle het elkeen slegs 'n enkele watermolekuul geteken en geen interaksie probeer aantoon nie:

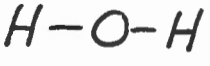
Nr. 14



Nr. 20



Nr. 25



Vraag 11.2

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die gasfase verkeer.	Die watermolekule is geweldig ver van mekaar versprei en daar kom geen onderlinge binding tussen die molekule voor nie. Die molekule beskik oor geweldig baie kinetiese energie en beweeg gevolglik baie vinnig rond. Hierdie beweging van die watermolekule vind op 'n totaal wanordelike wyse plaas.

Ook in deel 11.2 waar die respondente 'n beskrywing moes gee van die gasfase van water, was heelwat van hul beskrywings beperk tot water wat kook en dan borrels of stoom vorm. Enkele voorbeelde van verkeerde response wat verkry is, of response wat bloot op die

makroskopiese waarneming van die respondent berus, word aangehaal in Tabel 6.16 (a). Response 1 tot 8 in hierdie gedeelte van die tabel dui op swak visualisering van waterdamp op molekulêre vlak.

Tabel 6.16 a): Response op vraag 11.2 wat dui op swak visualisering van die gasfase

	Beskrywing van water in die gasfase op die molekulêre vlak soos deur respondente gegee	Lesing	Video	Sediba
1	Geen beskrywing gegee	4	2	7
2	Verdamping van water vind plaas - stoom vorm	2	1	0
3	Borrels vorm	3	0	0
4	Molekule vorm 'n lynstruktuur - maak 'n sirkel	1	0	0
5	Molekule beweeg langs mekaar	1	0	0
6	Molekule beweeg stadig	0	1	0
7	Daar is swak binding tussen die molekule	3	0	5
8	Molekule vorm 'n kanaal	0	1	0

Baie response het gedeeltes bevat wat wel korrek was, alhoewel dit nie heeltemal volledig was nie. Sinsnedes wat wel met die korrekte wetenskaplike verklaring ooreenkom, is uitgehaal en die frekwensie waarmee dit in response voorgekom het, word in Tabel 6.15 (b) gegee. Response 1 tot 9 in dié tabel dui op baie beter visualisering van waterdamp op molekulêre vlak.

Tabel 6.15 (b): Response op vraag 11.2 wat dui op beter visualisering van die gasfase

	Beskrywing van water in die gasfase op die molekulêre vlak soos deur respondente gegee	Na lesing	Na video	Sediba
1	Beweeg vrylik	2	2	10
2	Beweeg weg van mekaar af	2	1	2
3	Beweeg op aldrie maniere (Vibrasie, rotasie en translasie)	6	6	0
4	Geen aantrekkingskrag	4	2	2
5	Molekule steeds dieselfde grootte as voorheen	0	2	0
6	Baie groot oop ruimtes tussen molekule	1	10	2
7	Molekule baie ver van mekaar af	10	20	10
8	Beweeg geweldig vinnig	18	19	2
9	Stamp teen mekaar (Botsings vind plaas)	9	9	5

Uit response 1, 2 en 3 in Tabel 6.16 (b) kan gesien word dat die totale vrye beweging van die watermolekule feitlik ewe goed oorgedra is deur die tradisionele lesing en die videoles.

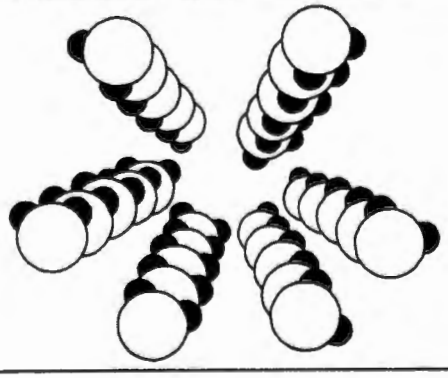
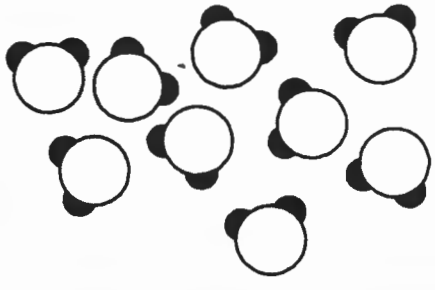
Beide metodes van onderrig het ook ewe goed gevaar in respons 8 van Tabel 6.15 (b). Dit was dus klaarblyklik nie vir die respondente moeilik om die geweldige vinnige beweging van die molekule in die gasfase te visualiseer na die tradisionele lesing nie, tog het hulle met behulp van die video baie meer onder die besef gekom van die **baie groot oop ruimtes** tussen die gasmolekule. Die twee belangrike begrippe wat hulle behoort te visualiseer, is die geweldige vinnige tempo waarteen die molekule beweeg en die groot afstand tussen die molekule in hierdie fase. Om beide hierdie begrippe gelyktydig voor te stel deur middel van die tradisionele lesing as onderrigstrategie, blyk nie naastenby so geslaagd te wees soos die voorstelling met behulp van die videomateriaal van die rekenaarsimulasie nie. Die prentjie in geheel word baie beter deur die leerders verwerk wanneer hulle die snelbewegende molekule, met die groot oop ruimtes tussen hulle, voor hulle kan sien.

Dit is ook belangrik om daarop te let dat twee respondente na die videoles pertinent genoem het dat die watermolekule geen verandering in grootte ondergaan het nie - dit moes vir hulle besonder opvallend gewees het in die aanskouing van die rekenaarsimulasie.

Sediba-onderwysers:

12 van die 27 Sediba-onderwysers (44,4%) het korrekte response gelewer. In hul response het hulle veral klem gelê op die groot afstand tussen die molekule en die vrye beweging wat die molekule ondergaan.

Vraag 12

Vrae gestel in vraelys	
*Teken 'n diagram met byskrifte om **soliede water** (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.*	*Teken 'n diagram met byskrifte om **watervloeistof** op die molekulêre vlak voor te stel.*
Norme gestel deur chemici	
	

Die respondente moes die smeltproses van ys met behulp van sketse voorstel.

In die geval van 15 van die response kan 'n verbetering in die visualisering van die smeltproses ná die video waargeneem word (Groep A: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 16, 17, 18, 19, 21; Groep B: 11, 12). Daar is egter 11 respondente wat reeds na die tradisionele lesing die smelting van ys baie goed met behulp van sketse kon voorstel (Groep B: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 15). Twee respondente (Groep B: 2, 4) se sketse het selfs verswak ná die videoles. As dié verswakking in aanmerking geneem word, beteken dit dat daar vir 13 uit die moontlike 38 respondente 'n verbetering in die response was. As die resultate van vraag 12 vergelyk word met dié wat in vraag 6 verkry is, is daar baie goeie ooreenstemming. Ook in die woordelikse beskrywings van die smeltproses was daar reeds na die tradisionele lesing 12 respondente wat korrekte response gelewer het, alhoewel hul response minder volledig was ná die tradisionele lesing as wat dit was ná die videolesing. Veertien respondente het na die videoles vraag 6 baie deeglik en korrek beantwoord. Die woordelikse beskrywings in vraag 6 het 'n meer opvallende verbetering getoon as wat die geval was met die sketse van vraag 12.

Verder bevestig die sketse van die respondente in vraag 12 die vermoede wat by die bespreking van vraag 6 geopper is, naamlik dat die vraag in die tweede deel van vraag 6 verkeerd verstaan is. Die sketse toon geen verbreking van die kovalente binding in die watermolekuul nie, maar eerder 'n verbreking van die waterstofbinding tussen die molekule. Die navorser kan dus met oortuiging verklaar dat die wyse waarop die resultate in vraag 6 (Tabel 6.6) verwerk is, as 'n korrekte weergawe van die respondente se begrip beskou kan word.

Sediba-onderwysers:

Slegs 16 van die 27 Sediba-onderwysers het vraag 12 beantwoord. In 9 van die response is die molekule in die vloeistoffase verder weg van mekaar voorgestel as in die vastestoffase. Water is 'n belangrike uitsondering waar die molekule in die vloeistoffase nader na mekaar beweeg as in die vastestoffase, maar klaarblyklik is dié uitsonderlike gedrag van die watermolekule nie duidelik vir die onderwysers nie. Drie respondente (nr. 12, 18 en 23) het die molekule in die yskristal as 'n geordende struktuur voorgestel wat

tydens smelting weg beweeg van mekaar en meer wanordelik raak. In gevalle 17, 19, 24 en 25 word geen verskil tussen die voorstellings van ys en water waargeneem nie.

Vraag 13

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Beskryf in u eie woorde wat gebeur as soliede water smelt om watervloeistof te vorm.	Die vibrasies van die watermolekule in die soliede ysstruktuur neem toe met toename in temperatuur en molekule oorkom die sterk bindingskrag. Die molekule breek los van mekaar en translasie- en rotasie-bewegings word uitgevoer, tesame met die vibrasiebewegings. In die vloeistof beweeg die watermolekule nader na mekaar toe, aangesien die gerigte bindings, wat verantwoordelik was vir die "hol" struktuur in soliede ys, nou nie meer voorkom nie.

Die response wat voorgekom het na die tradisionele lesing, kan kortliks soos volg opgesom word: Geen respons: 8

Verkeerde response: 10

Redelik korrekte response: 20

Dit is belangrik om daarop te let dat die response wat as redelik korrek aanvaar is, minder volledige beskrywings bevat het as wat die geval was na die videoles. Die korrekte response het min of meer die volgende as inhoud bevat:

- ✧ Watermolekule kry meer energie en beweging raak vinniger.
- ✧ Die watermolekule beweeg weg van mekaar of raak los van mekaar.
- ✧ Die molekule beweeg in verskillende rigtings en aldrie tipes beweging word uitgevoer, naamlik translasie, rotasie en vibrasie.

Ná die videoles was die response soos volg: Totaal verkeerd: 2

Onduidelike, vae beskrywings: 6

Korrekte response: 30

Een van die twee respondente wat totaal die verkeerde respons gelewer het, het klaarblyklik deurmekaar geraak met die vorming van die borrel in kokende water. Die navorser kry die idee dat leerders dikwels verkeerde antwoorde gee omdat hulle, as gevolg van swak taalvermoë, die vrae nie altyd korrek interpreteer nie.

Die korrekte response het oor die algemeen die volgende verklaring bevat, of gedeeltes daarvan:

- ✧ Met die toename in energie raak die beweging van die watermolekule vinniger.
- ✧ Vibrasies raak so erg dat die sterk binding tussen die molekule oorkom word en die molekule daarin slaag om los te breek uit die vaste posisies waarin hulle gebind was.
- ✧ Die binding tussen die watermolekule is nou swakker. (*Meeste respondente het egter besef dat daar steeds binding voorkom in die vloeistof, want hulle verwys na die molekule wat steeds in groepe saamgebind is. Dit is weer eens 'n treffende verskil van wat gevind is ná die tradisionele lesing.*)
- ✧ Die molekule kan meer vrylik beweeg en translasie-, rotasie- en vibrasie-bewegings word uitgevoer. Die spasie tussen die molekule word gevul met bewegende watermolekule. (*Die toename in digtheid is dus waargeneem in die video.*)

In hul response ná die videoles het twee respondente (Groep A: 18, 21) iets gemeld van ys wat op water dryf. Dit skep die indruk dat die fotobeeld van die drywende ys op die water, wat in die video vertoon is, hulle beslis opgeval het. Die onderriggewer sal in die hierdie geval die leerders moet help om die makroskopiese waarneming op die molekulêre vlak te kan verklaar.

'n Ander interessante waarneming wat gemaak kan word uit die response, is die feit dat 'n hele paar van die respondente se response ná die tradisionele lesing feitlik woordeliks ooreenstem met dit wat hulle geskryf het ná die videoles, ten spyte van die feit dat die twee lesings ongeveer twee maande uit mekaar aangebied is. Dit is weer eens 'n bewys dat die leerders geneig is om vas te hou aan dit wat hulle aanvanklike oortuiging was. Hieruit kan afgelei word hoe belangrik dit is dat die basiese onderrig van die leerders op standaard moet wees. Dit is baie moeilik om nuwe begrippe te bou op wanopvattings wat reeds bestaan. Selfs rekenaaranimasies slaag met moeite daarin om wanbegrippe reg te stel.

Vraag 14

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in die watermolekuul los van mekaar wanneer die smelting van ys plaasvind?	Nee *(Die leerders moet tot die besef kom dat dit die waterstofbinding tussen die molekule onderling is wat verswak word en dat die kovalente bindings steeds bestaan.)*

Die response het word in Tabel 6.17 (a) opgesom.

Tabel 6.17 (a): Technikonstudente se response op vraag 14

Na tradisionele lesing				Na videoles			
Ja	Nee	Geen	Ander	Ja	Nee	Geen	Ander
7	24	6	1	2	33	2	1

Dit is duidelik dat die behoud van die kovalente binding tydens die fase-verandering beter gevisualiseer kon word na die videoles. 24 van die 38 respondente (63%) het ná die tradisionele lesing geantwoord dat die watermolekuul self nie opbreek tydens smelting van ys nie. Ná die videoles het 33 van die 38 respondente (86,8%) geantwoord dat die molekule nie opbreek nie.

Sediba-onderwysers:

Tabel 6.17 (b): Sediba-onderwysers se response op vraag 14

Ja	Nee	Geen	Ander
3	20	4	0

20 van die 27 Sediba-onderwysers (74%) het "nee" geantwoord op vraag 14. Hieruit kan afgelei word dat die onderwysers baie deeglik besef het dat fase-veranderinge in water nie gepaard gaan met chemiese veranderinge nie.

Vraag 15

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Wat dink u gebeur wanneer watervloeistof vries?	Met die afname in temperatuur raak die beweging van die watermolekule stadiger en meer waterstofbindings word gevorm. Die watermolekule pak saam in 'n gerigte bindingstruktuur en translasie- en rotasiebeweging neem af, sodat die molekule uiteindelik slegs in vaste posisies vibreer. As gevolg van die gerigte waterstofbinding ontstaan daar spasies tussen die molekule, sodat 'n "hol" struktuur gevorm word - die volume neem toe.

Die response wat verkry is, word in Tabel 6.18 opgesom.

Tabel 6.18: Beoordeling van response op vraag 15

Aard van respons	Na lesing	Na videoles	Sediba
Hoegenaamd geen respons gelewer	5	0	7 (4, 6, 10, 11, 16, 22, 27)
Bloot makroskopiese verklaring, d.w.s. water word ys	4	2	5 (2, 3, 5, 9, 25)
Totaal verkeerde verklaring	10	5	4 (1, 13, 23, 24)
Redelik korrekte verklaring	19	31	11 (7, 8, **12***, 14, 15, 17, 18, 19, 20, **21***, 26)

* Sediba-onderwysers wat response gelewer het wat slegs korrekte beweringe bevat het

Die inhoud van die 19 redelik korrekte response, wat ná die tradisionele lesing gelewer is, word kortliks uiteengesit. Die numeriese waardes wat aangegee word, dui op die aantal kere wat 'n spesifieke gedeelte in die response voorgekom het.

- ✧ Die beweging van die watermolekule word stadiger. 9
- ✧ Molekule word sterk saamgebind. 9
- ✧ Molekule word na mekaar toe aangetrek. 2
- ✧ Molekule hou op met translasie en rotasie. 2
- ✧ Slegs vibrasies kom voor. 4
- ✧ Molekule kom baie naby aan mekaar.*(Nie korrek nie)* 6

Die inhoud van die korrekte verklarings wat ná die videoles verkry is, verskil ietwat van dit wat ná die tradisionele lesing verkry is. Die verklarings was ook opvallend meer volledig:

- ✧ Die watermolekule pak saam in 'n georganiseerde kristalstruktuur.
  Of: Die watermolekule beweeg in vaste posisies in. 17
- ✧ Die translasie- en rotasiebeweging van die watermolekule neem af soos wat die energie afneem en uiteindelik vibreer die molekule slegs. 12
- ✧ Die beweging raak stadiger. 10
- ✧ Molekule is sterk saamgebind. 7
- ✧ Spasies ontstaan tussen molekule in die vaste struktuur.
  ('n "Hol" struktuur vorm) 2

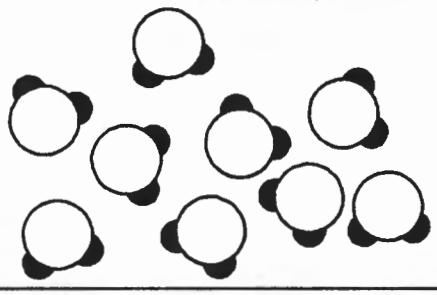
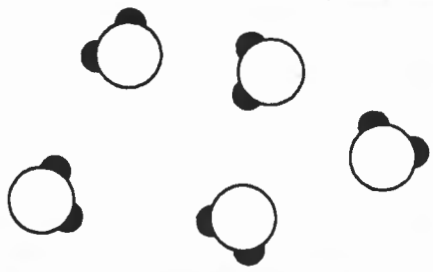
Geeneen van die respondente het ná die tradisionele lesing iets gemeld van die ruimtes tussen die watermolekule in die yskristal nie. Die 2 respondente (Groep A: 15 en Groep B: 10) wat ná die videoles aangedui het dat daar oop spasies tussen die molekule in die yskristal voorkom, dui op 'n verbeterde visualisering van die molekulêre struktuur van ys.

Daar was ná die videoles egter weer 6 respondente (Groep A: 4, 7, 9, 10, 17, 19) wat melding gemaak het dat die molekule in die yskristal baie naby aan mekaar voorkom, net soos wat die geval was ná die tradisionele lesing. Dit is nie duidelik of hierdie respondente wel besef dat water meer dig is as ys nie.

Van die 11 redelik korrekte verklarings van die Sediba-onderwysers was daar 9 wat in hul antwoord die stelling gemaak het dat die watermolekule in die yskristal nader na mekaar beweeg (Nr. 1, 7, 13, 14, 17, 19, 20, 24 en 26). Hulle het ook feitlik almal verwys na die intermolekulêre kragte tussen die molekule wat sterker word en wat die molekule in 'n

vaste kristalstruktuur saambind. Daar is weer eens glad nie verwys na die waterstofbinding wat tussen die watermolekule voorkom nie.

Vraag 16

Vrae gestel in vraelys	
*Teken 'n diagram met byskrifte om **vloeistofwater** op die molekulêre vlak voor te stel.*	*Teken 'n diagram met byskrifte om **waterdamp** (stoom) op die molekulêre vlak voor te stel.*
Norme gestel deur chemici	
	

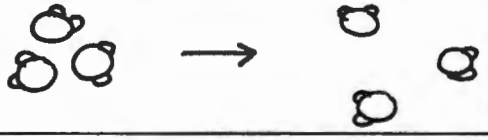
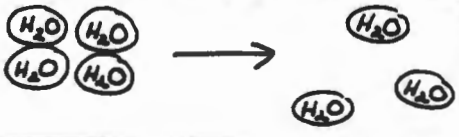
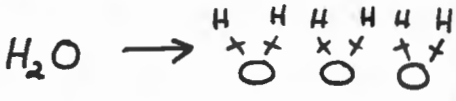
- ✧ Response wat drasties verbeter het ná die videoles: 12 (A: 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 21)
- ✧ Response wat 'n gedeeltelike verbetering toon ná die videoles: 11 (A: 4, 5, 12, 13, 14, 17, 18, B: 6, 8, 11, 15)
- ✧ Response wat verswak het ná die videoles: 3 (A: 11, B: 2, 12)
- ✧ Response wat onveranderd was ná die videoles: 12 (A: 15, 16, B: 1, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 16, 17)

Twee van die respondente wat swakker response gelewer het ná die videoles het die fout gemaak om die watervloeistof voor te stel as molekule wat ver van mekaar verwyderd is, terwyl hulle die gasfase voorgestel as molekule wat baie naby aan mekaar voorkom.

Sediba-onderwysers:

Die response van die Sediba-onderwysers word in Tabel 6.19 uiteengesit.

Tabel 6.19: Opsomming van die Sediba-onderwysers se response op vraag 16

	Respons verkry	Aantal onderwysers wat dié respons gelewer het
1	Geen respons	11 (4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 16, 21, 22, 26)
2	Verduideliking slegs op makroskopiese vlak	2 (2, 3)
3		9 (1, 7, 12, 13, 17, 18, 19, 23, 24)
4		1 (14)
5		3 (15, 20, 27)
6		1 (25)

9 van die 27 onderwysers (33,3%) het sketse geteken wat die proses van verdamping korrek voorstel. Die verandering van die vloeistoffase na die dampfase was nie vir hulle te moeilik om te visualiseer nie.

Vraag 17

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Beskryf in u eie woorde wat gebeur as watervloeistof verdamp om waterdamp te vorm.	Daar is diskrete watermolekule teenwoordig in watervloeistof. Dit is 'n minder geordende struktuur as die vastestof, maar daar is steeds sterk waterstofbindings tussen die molekule. Die molekule naby die vloeistof-oppervlak begin vinniger beweeg. Molekule met hoë energie ontsnap uit die vloeistoffase en verander in die gasfase. In die gasfase is die molekule baie ver van mekaar en geen binding kom voor tussen die molekule onderling nie. Vinnige ongeordende beweging van die watermolekule vind plaas. Die grootste gedeelte van die waterdamp bestaan uit oop ruimtes.

Opsomming van response wat verkry is na die tradisionele lesing:

Die response wat verkry is ná die tradisionele lesing, kan kortliks soos volg opgesom word:

✧ Geen respons	10	(A: 4, 5, 6, 9, 18, 20, 21; B: 3, 11, 14)
✧ Bloot makroskopiese verklarings	7	(A: 3, 10, 13, 15, 17; B: 4, 9)
✧ Verkeerde verklarings	2	(A: 2; B: 2)
✧ Verklaar verdamping in terme van borrels wat vorm, so asof dit die enigste manier is dat waterdamp gevorm word. *(Dit is moontlik dat hier 'n mate van verwarring voorkom.)*	7	(A: 7, 14; B: 5, 8, 12, 15, 17)
✧ Tot 'n mate korrek, maar baie onvolledig	7-	(A: 1, 8,11, 12, 16, 19; B: 10)
✧ Redelik korrekte response	5	(B: 1, 6, 7, 13, 16)

In die response waar daar slegs 'n verduideliking gegee is op makroskopiese vlak, het die volgende verklarings voorgekom:

- ✧ Sommige molekule ontsnap en hulle is in die vorm van 'n gas. (A: 3)
- ✧ Die water sal verdamp as water kook en soos hulle verdamp, vorm hulle waterdamp. (A: 10)
- ✧ Sommige watermolekule ontsnap, sommige keer terug na die houer - temperatuur beïnvloed die proses. (A: 13)
- ✧ Waterdeeltjies ontsnap in die atmosfeer in. (A: 17)
- ✧ Die water ontsnap. (B: 4)
- ✧ Die watermolekule word stoom. (B: 9)

Die twee respondente wat verkeerde verklarings gegee het, het die volgende stellings gemaak in hul response:

- ✧ Daar sal minder beweging wees. (A: 2)
- ✧ H_2O verloor sommige watermolekule deur vogtigheid. (B: 2)

Dit is duidelik dat hierdie twee respondente geen idee gehad het waaroor die vraag gehandel het nie. Hulle het nog geen begrip van wat gebeur tydens verdamping nie.

Die 7 respondente wat die verdamping van die watermolekule deur middel van borrelvorming verduidelik het, het blykbaar verward geraak met die borrels wat gevorm word in kokende water.

- ✧ Hulle vorm borrels. (A: 7)
- ✧ Molekule beweeg van die onderkant van die houer en styg tot bo. (A: 14)
  (Klaarblyklik het hierdie respondent die borrels aangesien vir molekule!)
- ✧ Die watermolekule verander in stoom wat vasgevang is in 'n borrel en as dit oopbars, kom die stoom uit. (B: 5)
- ✧ Die water kook, dan beweeg die watermolekule vinniger en hulle is apart van mekaar. Die borrels bevat stoom wat teen die kante druk en borrels vorm. (B: 8)

- **A.g.v. hitte sit die water uit** en vorm borrels wat watermolekule is en in die ruimte ingaan. (B: 12)
  (Die respondent het die vorming van waterdamp totaal verkeerd gevisualiseer!)
- Daar is 'n geweldige aantal borrels wat bots/stamp in mekaar in en uiteindelik word stoom gevorm. (B: 15)
- Molekule begin om vinniger te beweeg. Hulle bots en stamp mekaar terug en vorm 'n borrel en binne-in die borrel is daar stoom. (B: 17)

Die 7 respondente wat onvolledige verduidelikings gegee het , het soos volg verduidelik:

- Molekule bots en ontsnap uit houer. (A: 1)
- Hulle beweeg baie vinnig. (A: 8)
- Die water word verhit en dit beweeg baie vinniger. Dit kan ontplof. (A: 11)
- Die molekule beweeg vinniger en daar is geen aantrekkingskragte teenwoordig tussen die molekule nie. (A: 12)
- Die molekule beweeg vinnig en as hulle nie 'n plek het waarheen hulle kan teruggaan nie, dan verdamp hulle. (A: 16)
- Molekule begin om in mekaar in te bots op 'n vinniger manier. (A: 19)
- Water kan tydens koking verdamp of tydens smelting *(Moontlik verwys die respondent daarna dat water noodwendig hoef te kook voordat verdamping kan plaasvind nie.)*. Die molekule is dan ver van mekaar af. (B: 10)

Die 5 redelik korrekte response wat na die tradisionele lesing verkry is, word kortliks aangehaal:

- Die oppervlakspanning word oorkom. Die molekule wat genoeg energie het, ontsnap vanuit die vloeistoffase. (B: 1)
- Die watermolekule beweeg geweldig vinnig. Die watermolekule is ver weg van mekaar af - glad nie naby mekaar nie. (B: 6)

- ✧ Sommige molekule ontsnap, maar sommige keer weer terug en die molekule begin om weg te beweeg van mekaar af. (B: 7)
- ✧ Hulle gaan op hul vinnigste beweeg met vibrasies en hulle beweeg ver uit mekaar uit. (B: 13)
- ✧ Sommige molekule beskik oor voldoende energie om te ontsnap uit die vloeistof, want dit begin nou geweldig vinnig vibreer. (B: 16)

Opsomming van response wat verkry is na die lesing waarby die video ingesluit was:

Nadat die rekenaarprogram deur middel van die video by die lesing ingesluit was, het die response soos volg verander:

- ✧ 2 wat na die tradisionele lesing geen respons gelewer het nie, het na die video steeds geen respons gelewer nie. (A: 5,9)
- ✧ 19 respondente se response het nie werklik 'n verbetering of 'n verswakking getoon ná die videoles nie en dit word beskou as onveranderd. (A: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17; B: 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16)
- ✧ 17 van die respondente se response het beslis 'n verbetering getoon, d.w.s. in ongeveer 45% van die gevalle was daar beslis 'n verbetering in die begrip van die respondente nadat die video by die lesing ingesluit was. (A: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 14, 18, 19, 20, 21; B: 3, 5, 11, 15, 17)

Slegs 1 respondent het weer na die vorming van borrels verwys om te verduidelik wat gebeur as water verdamp. Dit is duidelik dat die verwarring wat voorgekom het, verminder het nadat die rekenaarprogram by die lesing ingesluit was. Beter visualisering van die proses van verdamping is bewerkstellig met behulp van die rekenaarprogram.

Die respondente se response was baie meer volledig ná die videoles, wat ook dui op beter visualisering van die proses.

Sediba-onderwysers:

Die Sediba-onderwysers se response word in Tabel 6.20 opgesom.

Tabel 6.20: Opsomming van response van die Sediba-onderwysers op vraag 17

	Respons	Aantal onderwysers wat die respons gelewer het
1	Geen respons	9 (1, 4, 6, 10, 11, 16, 21, 22, 27)
2	Slegs verduidelikings op makroskopiese vlak gegee: "Stoom vorm as water verdamp".	2 (2, 3)
3	As water verdamp, vind daar 'n fase-verandering plaas van die vloeistof- na die gastoestand.	3 (9, 20, 25)
4	Die intermolekulêre kragte tussen die watermolekule verswak en die afstand tussen die watermolekule neem toe, totdat die kragte later glad nie meer bestaan nie.	3 (7, 13, 26)
5	Die watermolekule beweeg al vinniger en vinniger.	1 (8)
6	Die bindings tussen die watermolekule word uiteindelik heeltemal verbreek.	1 (15)
7	Die molekule kry meer kinetiese energie en dit veroorsaak dat die beweging van die molekule toeneem. *(Dié onderwyser het daarna verwys dat die kinetiese energie toeneem terwyl daar geen temperatuurverandering plaasvind nie!)*	1 (23)
8	Die kragte wat die molekule bymekaarhou in die vloeistoftoestand, word verbreek en die molekule beweeg weg van mekaar.	1 (14)
9	Die intermolekulêre kragte tussen die watermolekule word verbreek, omdat die molekule meer kinetiese energie verkry. Die molekule met hoë energie breek weg uit die vloeistof en beweeg vrylik rond.	6 (12, 14, 17, 18, 19,24)
10	Die waterstof- en suurstofatome breek. *(Daar bestaan beslis 'n wanopvatting by hierdie onderwyser - die proses van verdamping word nie korrek gevisualiseer nie.)*	1 (5)

Die 6 onderwysers wat response gelewer het wat naastenby ooreenkom met respons 9 in Tabel 6.19 het almal verwys na die **energie** wat meer word en dan die bindings tussen die watermolekule verbreek, sonder dat hulle verduidelik het dat dit die watermolekule is wat al vinniger en vinniger beweeg. Die vinnige beweging van die molekule veroorsaak dat die intermolekulêre kragte verswak en uiteindelik só swak word dat die molekule uit die vloeistof kan ontsnap. Indirek is die ekstra energie dus verantwoordelik vir die verbreking van die kragte, maar as 'n onderriggewer dit slegs verduidelik op die wyse wat dit in respons 9 gedoen is, kan dit vir leerders baie moeilik wees om die gebeure op molekulêre vlak te visualiseer. Hoe lyk hierdie "energie" wat die bindings breek? Dit sal makliker wees om te dink in terme van die molekule wat vinniger beweeg a.g.v. meer energie.

Dit was weer opvallend dat die onderwysers wel verwys na intermolekulêre kragte tussen die watermolekule, sonder om ooit daarna te verwys as **waterstofbinding**!

Vraag 18

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in 'n watermolekuul los van mekaar as verdamping plaasvind?	Die korrekte respons sou bloot **nee** gewees het, sonder enige verklaring verder.

'n Wanopvatting wat dikwels voorkom is dat die kovalente binding in die watermolekuul ontbind word as verdamping plaasvind. Die twee gasse, waterstof en suurstof, kom dus vry en dit "verklaar" hoekom die gasfase ontstaan. Hierdie vraag is dus spesifiek gestel om te bepaal in hoe 'n mate hierdie wanopvatting voorgekom het by die respondente. Die resultate word in Tabel 6.21 opgesom.

Tabel 6.21: Opsomming van response op vraag 18

Tipe respons gelewer	Na lesing	Na videoles	Sediba
Geen	8	2	7
Ja	8	6	5
Nee	21	29	15
Nie van toepassing *(?)*	1	1	0

Agtien respondente wat **NEE** geantwoord het ná die tradisionele lesing het steeds **NEE** geantwoord ná die videoles. Hierdie 18 kan dus nie as 'n wins, wat deur insluiting van die video by die lesing voorgekom het, gereken word nie.
(A: 1, 2, 7, 10, 12, 15, 16, 17; B: 1, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 15, 16,18)

Vier van die respondente wat **JA** geantwoord het ná die tradisionele lesing het steeds na die videoles bly volhard met hul **JA**. Dit wil voorkom asof die videoles nie in hulle geval werklik enige bydrae tot beter visualisering gelewer het nie.
(A: 6, 11, 21; B: 5)

Een respondent (A: 14) wat ná die lesing **NEE** geantwoord het, het ná die videoles na **JA** verander. Daaruit kan sekerlik nie afgelei word dat hierdie respondent noodwendig ná die video 'n swakker idee gehad het van dit wat gebeur tydens verdamping nie. Die moontlikheid bestaan weer eens dat die vraag nie korrek geïnterpreteer is nie. Die respondent kon dalk verstaan het dat die vraag verwys na die intermolekulêre kragte tussen die watermolekule wat verbreek word as verdamping plaasvind, maar 'n verkeerde interpretasie van die vraag dui beslis ook op ontbreking van die nodige begrip van chemiese binding.

- 1 **NEE** ná die tradisionele lesing het ook verander na **GEEN RESPONS** ná die videoles. (A: 19)
- 1 **GEEN RESPONS** ná die lesing het ná die video verander na **JA**. (A: 18)
- 1 **GEEN RESPONS** ná die lesing het ná die video steeds **GEEN RESPONS** gebly. (A: 9)

Die gevalle waar daar inderdaad 'n verbetering voorgekom het ná insluiting van die video, kan soos volg gegee word:

- 4 **JA** ná die tradisionele lesing het ná die videoles na **NEE** verander. (A: 8, 13; B: 2, 8)
- 6 **GEEN RESPONS** ná die tradisionele lesing het ná die videoles na **NEE** verander (A: 4, 5, 20; B: 3, 11, 14)

Uit die totale groep van 38 respondente kan 10 se response as 'n besliste verbetering beskou word.

Dit dui op genoegsame verbetering sodat hieruit afgelei kan word dat die respondente die proses van verdamping beter begryp het nadat die rekenaarsimulasie met behulp van die video ingesluit was by die lesing. Daar was dus beter visualisering van dit wat tydens die proses van verdamping gebeur.

Vraag 19

Vraag gestel in vraelys	Norm gestel deur chemici
Dink u dat waterstofgas en suurstofgas gevorm word as water kook? *Hoekom wel, of hoekom nie?*	Nee, dit bly steeds watermolekule. Dit is slegs die kinetiese energie van die watermolekule wat toeneem as die temperatuur styg. Die molekule beweeg gevolglik al vinniger totdat hulle uiteindelik in staat is om van mekaar los te breek en oor te gaan na die dampfase, waar die waterstof-binding tussen die molekule nie meer bestaan nie. Die watermolekule kan dus nou vrylik rondbeweeg.

Opsomming van die response wat verkry is ná die tradisionele lesing:

Die response wat ná die tradisionele lesing verkry is, was min of meer soos volg:

JA	15	(A: 1, 7, 8, 10, 11, 12, 18, 20, 21; B: 1, 2, 5, 6, 8, 9)
GEEN RESPONS	10	(A: 4, 5, 6, 9,14; B: 3, 11, 13, 14, 15)
NEE	13	(A: 2, 3, 13, 15, 16, 17, 19; B: 4, 7, 10, 12, 16, 17)

Van die 15 respondente wat **JA** geantwoord het, het 14 uitdruklik "ja" geantwoord, terwyl respondent 7 van groep A se respons gelui het dat "hulle nie slegs gevorm word as water kook nie, maar ook as water verdamp". Klaarblyklik is die "hulle" waarna verwys word, die waterstofgas en die suurstofgas waarna daar in vraag 19 verwys word.

Respondent 13 van groep B het in sy respons gesê dat die vraag "nie van toepassing" is nie, maar uit die rede wat daarna volg, kan afgelei word dat die respondent gedink het dat die

twee gasse wel gevorm word as water kook. Hierdie respons is saam met die **GEEN RESPONSE** genoem, maar dit kan eintlik ook by **JA** gereken word om die totale aantal "ja"-response 16 te maak.

Die respondente wat geantwoord het dat waterstof- en suurstofgas wel gevorm word wanneer water kook, het hul redes soos volg aangevoer:

JA:

✧ Water bestaan uit waterstof- en suurstofgas en daarom vorm hierdie twee gasse as water kook.	7	(A: 8, 10, 11; B: 2, 5, 8, 13)
✧ Die gasse vorm as water verdamp, nie slegs as water kook nie.	2	(A: 7, 21)
✧ Waterstofgas en suurstofgas word gevorm omdat die watermolekule so geweldig vinnig beweeg as water kook.	1	(A: 18)
✧ Hierdie gasse word gevorm as water kook, omdat gas in die lug gevorm word as water kook.	1	(A: 20)
✧ H_2O molekule verander in gas, dus word waterstof en suurstof albei gas.	1	(B: 1)

Dit wil voorkom asof hierdie betrokke respondent nie regtig 'n begrip het van wat gebeur wanneer 'n chemiese verbinding gevorm word nie. Die waterstof- en die suurstofatome behou klaarblyklik hul afsonderlike eienskappe, maar verander nou net in die gasfase. Dieselfde tipe wanopvatting is in meer as een geval tot 'n sekere mate opgemerk en dit kan dus selfs by sommige van die ander respondente ook voorkom, sonder dat dit noodwendig opgemerk is. Hierdie leerinhoude word reeds in die Graad 8 skoolsillabusse behandel en dit was waarskynlik reeds hier waar die wanopvatting posgevat het. Meer klem moet gelê word op die vorming van ***'n verbinding*** *waarvan die eienskappe totaal verskil van die uitgangstowwe s'n.*

✧ Dit gebeur omdat die lug van die atmosfeer suurstof bevat.	1	(B: 9)

Sommige van die redes wat aangevoer is nadat **JA** geantwoord is, lyk eintlik meer asof die respondent wou **NEE** geantwoord het. Die redes bevat eintlik wetenskaplik korrekte verklarings - moontlik het die respondente die vraag nie heeltemal korrek verstaan nie. Hierdie drie redes word kortliks aangehaal:

✧	Die water bly in watervorm.	1	(A: 1)
✧	Binne-in borrels is stoom en stoom is water, maar in 'n gasfase.	1	(A12)
✧	Wanneer water kook, verander die vloeistof in gas.	1	(B: 6)

Die respondente wat **NEE** geantwoord het, dit wil sê, diegene wat volgens hul response geglo het dat daar nie waterstof- en suurstofgas gevorm word wanneer water kook nie, se redes het duidelik laat blyk dat selfs húlle ook nie heeltemal besef het wat werklik op molekulêre vlak gebeur nie:

NEE:

✧	Hulle *(waterstof- en suurstofgas?)* kan gevorm word selfs as die water nie kook nie.	2	(A: 2; B: 4)
✧	Omdat water alreeds waterstof en suurstof is.	5	(A: 3, 13, 15, 16; B: 7)
✧	Hulle *(?)* breek op.	1	(A: 17)

Vyf respondente het redelike goeie redes verskaf:

✧	Die formule van water verander nie. Ons praat steeds van watermolekule.	(A: 19)
✧	Water bly steeds H_2O.	(B: 10)
✧	Slegs die mate van beweging van die watermolekule vermeerder - die molekule word ligter soos wat die energie meer word. *(Waarskynlik word hier na die laer digtheid van die waterdamp verwys.)*	(B: 12)
✧	As waterstof- en suurstofgas sou vorm, dan is dit nie meer waterdamp nie.	(B: 16)
✧	Geen molekule moet afgebreek word as water kook nie.	(B: 17)

Opsomming van die response wat verkry is nadat die rekenaarsimulasie met behulp van die video by die lesing ingesluit was:

Die response wat verkry is ná die videoles word kortliks uiteengesit:

GEEN RESPONS	3	(A: 9, 17; B: 14)
ONSEKER	1	(A: 15)
(nie ja of nee nie)		
JA	16	(A: 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21; B: 1, 2, 3, 5, 13)
NEE	18	(A: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 16; B: 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17)

Die 16 respondente wat geantwoord het dat waterstof- en suurstofgas wel gevorm word wanneer water kook, het hul redes soos volg aangevoer:

JA:

- ✧ Geen rede (A:14)
- ✧ Omdat hulle die borrels vorm en binne-in die borrels is daar 2 waterstowwe en 1 suurstof. (A: 6)
- ✧ Hulle kan gevorm word, omdat waterstof- en suurstofatome nie breek nie, maar dit kan gevorm word. (A: 7)
- ✧ Omdat hulle *(waterstof en suurstof?)* altyd saam met mekaar gaan. (A: 10)
- ✧ Omdat dit 'n waterstof en 'n suurstof is wat reageer of wat kook. (A: 13)
- ✧ Beide waterstof en suurstof verdamp. (B: 1)
  (Dit lyk weer eens asof hierdie respondent nie verstaan wat gebeur as 'n chemiese verbinding gevorm word nie - dit wil voorkom asof die idee met hierdie antwoord is om te sê dat die afsonderlike elemente van die verbinding steeds hul eie karakteristieke eienskappe besit.)
- ✧ Die molekule breek op in hul twee vorme wanneer hulle gasse is. (B: 5)
- ✧ Want water bestaan uit die twee elemente. (B: 13)

Vier respondente se response was sodanig dat dit nie werklik hier van toepassing was as moontlike redes vir die respondente se antwoorde op die vraag of waterstof-en suurstofgas

gevorm word as water kook nie. Dit is onseker wat die respondente presies in gedagte gehad het met hierdie verduidelikings van hulle. Hierdie redes word vervolgens aangehaal:

- ✧ Hulle beweeg elke keer, of dit 'n solied, 'n vloeistof of 'n gas is. (A: 18)
  ("Hulle" is waarskynlik die watermolekule.)
- ✧ Omdat die watermolekule vibreer. (A: 21)
- ✧ Omdat stoom 'n hoë effek het as jy gebrand word, wat wys dat hulle *(?)* hoog is. (B: 2)
  (moontlik watermolekule wat hoog is in energie wanneer dit in die dampfase is?)
- ✧ Omdat die molekuul na 'n gas verander. (B: 3)

Net soos wat die geval was met die tradisionele lesing, was daar ná die videoles ook sommige respondente wat **JA** geantwoord het op die vraag of waterstof- en suurstofgas gevorm word as water kook, maar daarna volg die motivering van hul antwoord en daaruit blyk dit asof die respondente eerder **NEE** moes geantwoord het:

- ✧ Die molekule breek slegs los van mekaar. (A: 11)
- ✧ Binne-in die borrel is daar water, maar nou is dit in die gasvorm. (A: 12)
- ✧ Maar dit is in die gasvorm. Die waterstof- en die suurstofatome breek nooit op nie. (A: 12)
  (Die vraag kan natuurlik gevra word of bogenoemde respondent dalk onder die indruk verkeer dat die watermolekuul wel opbreek as water kook, maar dat die ***atome*** *dan nie verder opbreek nie!)*
- ✧ Die water is baie warm en dan vorm dit 'n gas. (A: 20)

Die 18 respondente wat geantwoord het dat waterstof- en suurstofgas nie gevorm word as water kook nie, se redes was ook nie altyd 'n aanduiding van 'n goeie begrip van wat gebeur tydens die proses wanneer water kook nie.

Dit kan min of meer soos volg saamgevat word:

Drie respondente (A: 2; B: 6, B: 7) was van mening dat die waterstof- en die suurstofgas gevorm of teenwoordig is, selfs al kook die water nie. Vir hulle het die dit dus gegaan oor die vraag van **wanneer** presies die gasse gevorm word - onder watter omstandighede.

Volgens hulle is dit 'n uitgemaakte saak dat die gasse wel gevorm word of bestaan, maar hulle **NEE** verklaar dat dit nie noodwendig net gebeur as water kook nie:

- ✧ Hulle kan gevorm word, selfs al kook die water nie. (A: 2)
- ✧ Die waterstofbinding*(?)* en die suurstof was hier voordat die water kook. (B: 6)
- ✧ Omdat hulle alreeds teenwoordig is, dus skei hulle as gasse in die lug ontsnap. (B: 7)

Bogenoemde drie respondente behoort dus gereken te word saam met die respondente wat wel gedink het dat water opgebreek word in waterstof- en suurstofgas as dit gekook word.

Ses respondente het geantwoord dat die waterstofgas en die suurstofgas reeds van die begin af van nature deel uitmaak van water se struktuur en dat dit nie eers geskep word die oomblik as die water kook nie, soortgelyk aan die vorige twee respondente waarna verwys is:

- ✧ Omdat hierdie gasse alreeds in water is en hulleself is die watermolekule. (A: 3)
- ✧ Omdat water uit die twee atome gemaak is. (A: 8, 16)
- ✧ Omdat waterstofgas en suurstofgas altyd teenwoordig is. Hulle breek nie op nie. (B: 4)
- ✧ Die watermolekule is vanselfsprekend met hierdie twee gasse gemaak, H en O. (B: 8)
- ✧ Hulle is alreeds in water en hulle is van nature daar. (B: 12)

Bogenoemde 6 respondente het bepaald ook nie die vraag heeltemal korrek geïnterpreteer nie. Hulle het dit verstaan as die vraag of die gasse van die begin af deel uitmaak van water en of dit eers gevorm word wanneer die water kook. Die begrip van die kookproses van water is ook in hierdie geval nie heeltemal bevredigend nie.

Een respondent het nie werklik 'n rede verskaf nie:

- ✧ Nee, hulle word nie gevorm as water kook nie. (A: 5)

Sewe respondente het redelik korrekte motiverings gegee hoekom hulle beweer dat daar nie waterstof- en suurstofgas gevorm word as water kook nie. Dit is redelik duidelik uit hul

verklarings dat hulle wel besef het dat die watermolekule steeds watermolekule bly tydens die faseverandering van vloeistof na damp:

- ✧ Hulle breek nie los van mekaar as water kook nie. (A: 1)
- ✧ Hulle word nie gevorm nie. Hulle vorm wanneer die water (H_2O) gevorm word. (B: 9)
- ✧ Want hulle breek nie as hulle kook of vries nie. *(Die "hulle" waarna verwys word, is waarskynlik die watermolekule, H_2O)* (B: 10)
- ✧ Want die molekule dryf *(?)* net weg van mekaar af, nie die elemente nie. (B: 11)
- ✧ Omdat selfs wanneer die water nie kook nie of wanneer dit ys is, het ons steeds waterstof en suurstof. (B: 15)
- ✧ As dit gebeur, het jy nie meer H_2O nie. (B: 16)
- ✧ Omdat wanneer water kook, dan breek die H_2O-molekuul nie. (B: 17)

Uit respondent A: 4 se verduideliking wil dit voorkom asof waterstof- en suurstofgas nie gevorm kan word as water kook nie, omdat die stoom van die kokende water die vorming van die gasse sal beïnvloed. Die respondent het bepaald ook nie die kook van water korrek verstaan en gevisualiseer nie, selfs nie eers nadat die video by die lesing ingesluit was nie.

Sediba-onderwysers:

GEEN RESPONS	10	(1, 4, 6, 10, 11, 13, 16, 21, 26, 27)
JA	4	(2, 3, 8, 25)
NEE	13	(5, 7, 9, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24)

Twee van die onderwysers (2 en 3) wat "ja" geantwoord het, het geen redes vir hul antwoord verskaf nie.

Die ander se motivering vir hul response was soos volg:

JA:

- ✧ Omdat water 'n kombinasie is van waterstof en suurstof. (8)
- ✧ Omdat suurstof en waterstof atome of elemente is wat in die gasvorm bestaan. (25)

Van die 13 onderwysers wat "nee" geantwoord het, het 10 baie goeie, korrekte redes vir hul antwoorde verskaf. Die meeste het daarna verwys dat water steeds water bly en dat daar geen chemiese veranderinge plaasvind tydens 'n fase-verandering nie. Een het selfs daarna verwys dat die kook van water totaal verskil van die elektrolise van water, wat dui op baie deeglike begrip van wat gebeur tydens die kookproses. Hulle noem ook dat die intermolekulêre kragte tussen die molekule verbreek word en nie die kovalente binding wat die atome saambind nie. Daar word weer eens glad nie verwys na waterstofbinding nie. Die 10 onderwysers wat hierdie redes verskaf het, verstaan redelik goed wat gebeur as water kook. (7, 9, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 23, 24)

Een onderwyser het glad nie 'n rede vir sy "nee"- antwoord gegee nie.(Nr. 22)

Die ander twee onderwysers wat "nee" geantwoord het, het die volgende redes verskaf:

- ✧ Hulle is alreeds daar, hulle is net in die vorm van 'n verbinding en die verbinding word opgebreek deur hitte. (5)
  (Dit lyk dus asof hierdie onderwyser tog van mening is dat waterstofgas en suurstofgas wel gevorm word as water kook!)
- ✧ Omdat water, of dit nou in die vorm van ys, vloeistof of gas is, altyd gevorm word deur die kombinasie van waterstof en suurstof. (15)
  (Dit is hier ook nie duidelik of die onderwyser wel besef het dat die gasse nie gevorm word tydens die kook van water nie.)

6.4 Samevatting van hoofstuk 6 en vooruitskouing vir hoofstuk 7

Volgens die resultate wat uit die vraelyste verkry is, het die respondente die leerinhoude baie beter gevisualiseer nadat die rekenaarsimulasie by die lesing ingesluit is. Dit beklemtoon wat uit die literatuurstudie na vore gekom het, naamlik dat toereikende beeldvorming in chemie 'n beduidende positiewe effek op begripsvorming in chemie het.

In hoofstuk 7 sal 'n samevatting van die navorsing gegee word. Gevolgtrekkings sal ook gemaak word met betrekking tot die navorsingsdoelwitte soos gestel in hoofstuk 1. Enkele aanbevelings wat uit hierdie navorsing volg, sal ook gemaak word.

7 Samevatting, gevolgtrekkings en aanbevelings

7.1 Inleiding

In hierdie hoofstuk word eerstens 'n samevatting gegee van die belangrikste aspekte wat in hierdie navorsing bespreek en nagevors is. Tweedens word bevindinge met betrekking tot die navorsingsdoelwitte wat in hoofstuk 1 gestel is gegee, naamlik bevindinge na aanleiding van die literatuurstudie om te bepaal hoe die leer van chemie plaasvind en of daar 'n verband bestaan tussen visualisering en begripsvorming in chemie; bevindinge na aanleiding van die literatuurstudie om te bepaal hoedanig onderrigstrategieë 'n bydrae tot visualisering en begripsvorming in chemie lewer; bevindinge na aanleiding van die bestudering van sillabusse en voorgeskrewe handboeke om vas te stel oor watter begrippe technikonstudente op die eerstevlak behoort te beskik in verband met chemiese binding en bevindinge na aanleiding van die empiriese studie wat onderneem is om te bepaal of die gebruikmaking van geskikte visuele materiaal 'n positiewe bydrae tot visualisering en begripsvorming in chemie lewer. Derdens word aanbevelings/riglyne vir onderriggewers in chemie verskaf waardeur optimale visualisering en begripsvorming van chemiese binding by die leerders verseker kan word. Laastens word een hoofgevolgtrekking met betrekking tot die navorsing gemaak.

7.2 Samevatting

In hoofstuk 1 is die relevansie van die navorsing met betrekking tot visualisering en begripsvorming in chemie bespreek (vgl. 1.2). Na aanleiding van sekere probleemvrae wat

uitgelig is, is die doel van die navorsing uiteengesit (vgl. 1.4). Die metode van navorsing is bespreek en die verloop van die navorsing is gegee (vgl. 1.5).

Vervolgens is die wyse waarop die leer van chemie plaasvind en die rol wat visualisering tydens die leerproses speel, in hoofstuk 2 bepaal. Na aanleiding van die literatuurstudie kan die stelling gemaak word dat die belangrikheid van visuele voorstellings vir die verstaan van chemie bo alle twyfel is (vgl. 2.4.4). Met behulp van visualisering kan die leerder 'n baie duidelike begrip van die entiteite vorm wat andersins nie sigbaar is op makroskopiese vlak nie.

Die moderne kognitiewe benadering tot leer in die algemeen en spesifiek in chemie, benadruk die aktiewe rol wat die leerder in die leerproses speel (vgl. 2.5.4). Faktore soos die motivering en die konsentrasie van die leerder is gevolglik sentraal in die keuse en gebruik van leerstrategieë, aangesien die mate waartoe sinvolle leer sal plaasvind, grootliks hiervan afhang. Intrinsieke gemotiveerdheid veroorsaak dat die leerder die leertaak opneem en daarin volhard (vgl. 2.7.3).

Onderrigstrategieë moet só gekies word dat die optimum inligtingverwerking tydens die onderrig-leersituasie kan plaasvind (vgl. 2.5.4). Daar moet veral deur die onderriggewer gewaak word teen oorbelading van die werksgeheue van die leerder (vgl. 2.5.3.(d)).

In hoofstuk 3 is 'n hele aantal onderrigstrategieë ondersoek en bespreek. Die mees betekenisvolle wyse om chemie aan leerders te verduidelik, is deur van visuele modelle of beelde gebruik te maak (vgl. 3.5). Sodoende kan die onderriggewer die leerder ondersteun in die proses van visualisering van die leerinhoud.

Hierdie navorsing het onteenseglik bewys dat goedgestruktureerde lesings waarby visuele beelde op 'n effektiewe wyse ingesluit word, 'n besliste verbetering in die visualisering en begripsvorming in chemie kan hê (vgl. die bespreking van die resultate in hoofstuk 6). Juis in hierdie verband was dit duidelik dat die multimedia-onderrigstrategieë 'n groot bydrae kan lewer om visualisering en begripsvorming in chemie te verbeter (vgl. 3.5.5). Wanneer die visuele beelde wat gebruik word egter nie in die regte perspektief en orde vertoon word nie of die leerders se aandag nie op die leerinhoud van belang gevestig word nie, kan die gebruik van multimedia-onderrigprogramme selfs 'n negatiewe effek uitoefen op die vorming van begrippe (vgl. response op vraag 8 in Tabel 6.9. en die bespreking van die response op vraag 13.).

In hoofstuk 4 is verskillende skoolhandboeke wat in die ou onderwysbestel deur onderriggewers en leerders gebruik was, bestudeer. Vanuit hierdie studie is 'n analise van die leerinhoude met betrekking tot chemiese binding gedoen. Daar is ondersoek ingestel na al die leerinhoude vanaf graad 4 op skoolvlak tot op technikon eerstevlak. Die leerinhoude wat betrekking het op chemiese binding handel oor die gedrag van submikroskopiese deeltjies. Om oor die binding en die deeltjies wat daarby betrokke is te kan dink en dit te kan toepas, is dit noodsaaklik dat die leerder die proses van chemiese binding moet kan visualiseer.

In hoofstuk 5 is die navorsingsontwerp vir die empiriese ondersoek bespreek. Vervolgens is die resultate van die vraelyste in hoofstuk 6 kwantitatief en kwalitatief geïnterpreteer en volledig bespreek.

7.3 Gevolgtrekkings

7.3.1 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 1

Met betrekking tot navorsingsdoelwit 1 (vergelyk 1.4.1), naamlik om uit die literatuur te bepaal wat die leer van chemie behels en of daar 'n verband bestaan tussen visualisering en begripsvorming in chemie, is die volgende bevind:

- Die wyse waarop die leer van chemie plaasvind, kan nie met 'n eenvoudige meganisme verduidelik word nie. Dit is 'n ingewikkelde, veelkantige verskynsel (vgl. 2.2)

- Leerders wat leerinhoude verstaan kan iets daarmee doen. Hulle kan verder kyk as net die gegewe inligting (vgl. 2.3). By elke individu vind begripsvorming op 'n unieke wyse plaas (vgl. 2.3).

- Volgens die kognitiewe benadering word chemie geleer deur van modelle of denkskemas gebruik te maak (vgl. 2.5.2).

- Visualisering is enige samevattende brugvormende voorstelling wat die denke omtrent 'n onderwerp bemiddel en dit het 'n sterk visuele karakter (vgl. 2.4.1).

- Visualisering speel 'n wesenlike rol in begripsvorming in chemie (vgl. 2.4.4).
- Sterk gedagtebeelde beskik oor breedte, koherensie, vrugbaarheid en toeganklikheid (vgl. 2.4.2). Betekenisvolle leer in chemie word deur gedagtebeelde (visualisering) bevorder (vgl. 2.4.4).
- Gedagtebeelde en verstaan beïnvloed mekaar wedersyds. As leerinhoude verstaan word, is dit makliker vir leerders om gedagtebeelde te vorm (vgl. 2.4.3).
- Die nuwe benadering tot leermodelle is sterk kognitief van aard en sentreer rondom die inligtingverwerkingsproses. Begripsvorming tydens die leerproses word beklemtoon (vgl. 2.5.1).
- Die leerder speel 'n aktiewe rol in die leerproses (vgl. 2.5.3)
- Om effektief te leer moet daar in werklikheid 'n hele aantal verwerkingsprosesse in die drie geheuestore van die leerder plaasvind. Die inligtingverwerkingsmodel toon die integrering van die verskillende prosesse en verduidelik hoe chemie meer betekenisvol geleer kan word. Daarvolgens is dit van die allergrootste belang om te waak teen oorbelading van die korttermyngeheue of werksgeheue van die leerder (vgl. 2.5.4).
- Begripskaarte is 'n besondere kragtige leertegniek wat leerders in staat stel om leerinhoude op die korrekte wyse te visualiseer (vgl. 2.6.1)
- Van al die eksterne faktore wat leer beïnvloed, word die houding van die leerder teenoor die leerinhoud uitgesonder. Dit is net so belangrik as die kognitiewe vermoë van die leerder en as die kennis wat aan die leerder voorgehou word (vgl. 2.7.3).

7.3.2 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 2

Met betrekking tot navorsingsdoelwit 2 (vergelyk 1.4.2), naamlik om uit die literatuur te bepaal hoe suksesvol tradisionele onderrigstrategieë in die bydra tot visualisering en begripsvorming is, is die volgende bevind:

- Dit is slegs wanneer visualisering suksesvol plaasvind dat betekenisvolle leer in chemie kan geskied (vgl. 3.1).
- Nuwe, verbeterde onderrigstrategieë, wat visualisering in chemie bevorder, moet gevind word (vgl. 3.1).
- Die sukses van chemie-onderrig lê opgesluit in die ontsluiting van beide die konkrete sowel as die abstrakte sub-mikroskopiese wêreld van chemie. Effektiewe onderrigstrategieë word gekenmerk as daardie onderrigstrategieë wat 'n goeie wisselwerking tussen die konkrete en die abstrakte wêreld van chemie kan bewerkstellig (vgl. 3.2).
- Onderriggewers moet meer "leerder-vriendelik" word in die aanbieding van hul lesings (vgl. 3.3)
- Dit is die onderriggewer se taak om, deur gebruikmaking van die mees sinvolle onderrigstrategie tot sy beskikking, die leerders te help om hul leerstrategieë in chemie op 'n sistematiese wyse te ontwikkel (vgl. 3.3).
- Volgens die konstruktivistiese onderrigstrategie is ware onderrig nie slegs die bekendstelling van kennis deur die onderriggewer aan die leerder nie, maar het dit te doen met die leiding en motivering van die leerders om op 'n aktiewe wyse betrokke te wees by die leerproses (vgl. 3.4.).
- Die tradisionele lesing word baie meer gebruik as wat dit werklik effektief is, veral vir leerders aan sekondêre inrigtings (vgl. 3.4.1).
- Verder het die tradisionele lesing baie beperkinge in die sin dat dit nie werklik bydra tot effektiewe visualisering en begripsvorming nie (vgl. 3.4.1)
- Die leerders kan baie maklik passief wees wanneer die tradisionele lesing as onderrigstrategie gebruik word (vgl. 3.4.1)

- Baie min leer vind plaas wanneer demonstrasies voor groot gehore gedoen word, maar dit kan 'n meer positiewe houding teenoor chemie tot gevolg hê. Die waarnemings wat die leerders uit demonstrasies maak, stem nie altyd ooreen met die doelwit van die onderriggewer nie (vgl. 3.4.2).

- Dit is vir leerders baie makliker om chemiese leerinhoude te verstaan as dit deur middel van visuele voorstellings verduidelik word (vgl. 3.2).

- Die nuwe ontwikkelinge op die gebied van die tegnologie kan radikale veranderinge in die onderwys meebring (vgl.3.5).

- Onderriggewers moet daarteen waak om nooit gerief bo kwaliteit onderrig te verkies nie (vgl. 3.5).

- Die gebruik van visuele beelde in die onderrig van chemie lei tot beter kommunikasie (vgl. 3.5).

- Televisie as onderwystegnologie kan 'n baie waardevolle bydrae maak tot doelgerigte kommunikasie in die onderwyssituasie. Die groot nadeel van televisie is die gebrek aan interaktiwiteit (vgl. 3.5.1).

- Die gebruik van studiemateriaal wat op videoband vasgelê is, is van groot waarde in die onderrig-leersituasie, veral omdat gevaarlike chemiese reaksies daardeur op 'n veilige manier aan die leerders vertoon kan word. Op hierdie wyse kan demonstrasies ook baie meer sigbaar aan al die leerders vertoon word, veral in groot klasse waar dit dikwels 'n probleem is (vgl. 3.5.2).

- Die meeste van die navorsing wat al gedoen is op rekenaarondersteunde onderrig ondersteun positief en onomwonde die bydrae wat die rekenaar kan lewer in die effektiewe onderrig en leer van chemie. Dit is veral die aard van die interaktiwiteit en die onmiddellike terugvoer aan leerders wat die kwaliteit van enige rekenaarondersteunde program bepaal (vgl. 3.5.3).

- Rekenaarsimulasies bevorder ontdekkende leer (vgl. 3.5.4).

- Die besondere eienskappe van die interaktiewe video soos die moontlikheid van geïndividualiseerde onderrig, redusering van onderrigtyd en die hoë mate van retensie wat by die leerders plaasvind, maak dit 'n besondere suksesvolle onderwysmedium. Dit word beskou as een van die mees gesofistikeerde onderwysmedia wat tans tot beskikking van die onderriggewer is (vgl. 3.5.2).
- Die reaksie van leerders op die gebruik van multimedia-onderrig is oorweldigend positief (vgl. 3.5.5).
- Die Internet kan 'n baie groot bydrae lewer op die gebied van afstandsonderrig (vgl. 3.5.6).
- 'n Kombinasie van die verskillende onderrigstrategieë, byvoorbeeld die tradisionele lesing, tesame met multimediaprogramme, toon 'n verbetering in die begripsvorming en verstaan van chemie by leerders. Dit is baie meer tydrowend as die tradisionele metodes van onderrig, maar die positiewe resultate wat bereik word, maak dit die moeite werd vir onderriggewers om die ekstra tyd op te offer (vgl. 3.6).

7.3.3 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 3

Met betrekking tot navorsingsdoelwit 3 (vergelyk 1.4.3), naamlik om deur die bestudering van skoolhandboeke vas te stel oor watter begrippe technikonstudente op die eerstevlak behoort te beskik in verband met chemiese binding, is die volgende bevind:

- Die leerder maak aanvanklik slegs op konkrete wyse kennis met chemie (vgl. 4.2).
- As die primêre skoolfase afgehandel is, behoort die leerder reeds die konkrete eienskappe van lug en water te ken. Die leerders behoort ook reeds vertroud te wees met die terme verdamping en kondensasie (vgl. 4.2.3)
- Water as oplosmiddel word ook reeds in die primêre skoolfase behandel. Die basiese terminologie van oplossings behoort ook bekend te wees (vgl. 4.2.4).

- Die begrippe kinetiese energie en potensiële energie is ook deel van die leerinhoud wat in die primêre skoolfase met die leerders behandel word (vgl. 4.2.5).
- Wanneer die leerder die sekondêre skoolfase betree, behoort hy/sy reeds die vermoë tot formeel-operasionele denke te besit. Gevolglik kan die leerders nou kennis maak met die meer abstrakte leerinhoude in chemie (vgl.4.3.1).
- Reeds in graad 8 het die leerders kennis gemaak met die deeltjiemodel van materie. Die faseveranderinge van materie word op die kinetiese molekulêre teorie gebaseer (vgl. 4.3.2).
- Watermolekule is in graad 8 slegs as sferiese deeltjies voorgestel (vgl. 4.3.2).
- In graad 9 is daar 'n onderskeid getref tussen atome en molekule. Die leerders behoort dus die watermolekuul as bestaande uit twee waterstofatome en 'n suurstofatoom te kan visualiseer (vgl. 4.3.3).
- Leerders behoort ná graad 10 reeds 'n deeglike begrip te hê van chemiese binding. Daar word onderskei tussen ioniese en kovalente binding (vgl. 4.3.4). Orbitaaloorvleueling en die oktetreël is met die leerders behandel in graad 10 (vgl. 4.3.4)
- Nadat graad 11 afgehandel is, behoort die leerders 'n baie deeglike agtergrondkennis van chemiese binding te hê (vgl. 4.3.5).
- Energieveranderinge wat plaasvind tydens die vorming van chemiese binding behoort bekend te wees (vgl. 4.3.5).
- Kovalente, polêr kovalente en ioniese binding is volledig in graad 11 behandel. Na afhandeling van die graad 11-sillabus is die leerders veronderstel om die watermolekuul met behulp van Lewisstrukture korrek te kan voorstel. Die polêre aard van die hoekige molekuul behoort baie goed bekend te wees (vgl. 4.3.6).

- Die leerders behoort ná aflegging van graad 11 op skoolvlak reeds vertroud te wees met die waterstofbindings tussen watermolekule en ander vorme van intermolekulêre kragte (vgl. 4.3.6).
- Op technikonvlak word voortgebou op die leerders se agtergrondkennis wat op skoolvlak vasgelê is (vgl. 4.4).

7.3.4 Bevindinge met betrekking tot navorsingsdoelwit 4

Met betrekking tot navorsingsdoelwit 4 (vergelyk 1.4.4), naamlik om deur middel van 'n empiriese ondersoek vas te stel of geskikte visuele materiaal 'n positiewe bydrae lewer tot visualisering en begripsvorming van chemiese binding, is die volgende bevind:

Nadat die rekenaarsimulasies by die lesing ingesluit was, kon die leerders:

- die verskil in die rangskikking van watermolekule in vloeibare water en water as vastestof (ys) beter visualiseer (vgl. Tabel 6.4)
- die gebeure wat plaasvind wanneer ys smelt, baie beter visualiseer (vgl. Tabel 6.6 en 6.7)
- die verskil in die rangskikking van watermolekule in watervloeistof en waterdamp beter visualiseer (vgl. Tabelle 6.8 (a) tot 6.8(e))
- baie beter visualiseer wat binne-in 'n borrel in kokende water aangetref word (vgl. Tabel 6.9)
- water in die vloeistoffase op die molekulêre vlak baie beter visualiseer (vgl. Tabel 6.10, 6.11 en 6.12)
- water in die vastestoffase op die molekulêre vlak baie beter visualiseer (vgl. Tabel 6.13 en 6.14(a) en (b))
- waterdamp op die molekulêre vlak baie beter visualiseer (vgl. Tabel 6.15 en 6.16(a) en (b))

- soliede water (ys) en watervloeistof op die molekulêre vlak baie beter van mekaar onderskei (vgl. bespreking van vraag 12)
- baie beter visualiseer wat op molekulêre vlak gebeur as watervloeistof vries (vgl. Tabel 6.18)
- waterdamp en watervloeistof op die molekulêre vlak baie beter van mekaar onderskei (vgl. bespreking van vraag 16)
- baie beter visualiseer wat op molekulêre gebeur as watervloeistof verdamp (vgl. bespreking van vraag 17)

7.4 Aanbevelings

Aanbeveling 1:

Wanneer 'n multimediaprogram saamgestel word, moet daar vooraf goed besin word oor die leerinhoud wat die onderriggewer aan die leerders wil voorhou. 'n Analise van die spesifieke begrippe moet deeglik deurgevoer word, om seker te maak dat die visuele beelde wel die verlangde persepsuele beeld by die leerders sal vorm.

Motivering:

Dit wat op submikroskopiese vlak uitgebeeld word moet steeds met die natuurverskynsel verbind word, sodat die leerders dit nie as losstaande van die werklikheid ervaar nie.

Aanbeveling 2:

Aangesien die meeste van die prosesse wat in chemie behandel word op submikroskopiese vlak plaasvind, moet leerders in chemie die reaksies kan visualiseer om dit te kan verstaan. Deur gebruik te maak van visuele modelle kan die leerders beter insig verkry in die aspekte van struktuur en proses in chemie.

Motivering:

Uit die resultate van die empiriese ondersoek was dit duidelik dat die groter mate van visualisering, wat verkry is met behulp van die rekenaarsimulasie, tot beter begripsvorming by die leerders bygedra het.

Aanbeveling 3:

Onderriggewers in chemie moet lesaanbiedinge sodanig beplan dat dit visualisering van die leerinhoud sal aanmoedig.

Motivering:

Die beperkte kapasiteit van die leerder se werksgeheue moet in altyd in gedagte gehou word tydens lesbeplanning. Volgens die kognitiewe benadering speel die leerder 'n aktiewe rol in die leerproses en daarom moet leertake sodanig beplan word dat dit oorbelading van die werksgeheue sal verminder. Een van die mees effektiewe wyses waarop dit verminder kan word, is deur visualisering aan te moedig.

Aanbeveling 4:

Een van die mees effektiewe wyses waarop vasgestel kan word of betekenisvolle leer in chemie plaasgevind het, is deur gebruik te maak van begripskaarte.

Motivering:

Vanuit die literatuurstudie wat onderneem was, het dit duidelik geblyk dat begripskaarte 'n baie goeie aanduiding is van die mate waartoe betekenisvolle leer werklik plaasgevind het, aangesien onderlinge verwantskappe in die leerinhoud op dié wyse baie duideliker aangetoon kan word. Dit is eers wanneer die leerder in staat is om verwantskappe en vergelykings van leerinhoude te kan doen, dat daar die stelling gemaak kan word dat betekenisvolle leer plaasgevind het. Dit is ook 'n goeie aanduiding van die mate waartoe suksesvolle visualisering van die leerinhoud plaasgevind het.

Aanbeveling 5:

Deur gebruikmaking van rekenaarsimulasies kan die beweging van submikroskopiese deeltjies op 'n duidelike wyse aan die leerders getoon word en sodoende word hierdie komplekse leerinhoude baie meer verstaanbaar.

Motivering:

Dit is baie moeilik om met behulp van die tradisionele lesing die beweging van die molekule en atome effektief voor te stel. Dit lei daartoe dat die leerders nie in staat is om die bewegende deeltjies suksesvol te visualiseer nie. Gevolglik moet hulle die leerinhoud memoriseer sonder dat hulle dit werklik verstaan.

7.5 Slot

In die studie is aangetoon dat onderriggewers in chemie, wat in hul lesaanbieding van 'n visueel-gesteunde onderrigstrategie gebruik maak, die leerders kan lei en ondersteun om uiteindelik 'n baie beter begrip te kan hê van die prosesse wat op submikroskopiese vlak plaasvind. Hierdie prosesse is byvoorbeeld faseveranderings by water en die gepaardgaande verandering in die binding tussen die watermolekule. Die navorsingshipotese gestel is dus positief bewys met enkele leemtes soos aangetoon.

Multimediaprogramme hou baie belofte in vir die toekoms van onderwys. Dit is belangrik dat onderriggewers op die hoogte gehou moet word van nuwe ontwikkelinge, sodat dit nie slegs bekend is aan die navorsers op die gebied van onderrig in chemie nie. Uiteindelik is dit die leerders in chemie wat daarby behoort baat te vind en dit mag hulle nie ontsê word nie.

Bibliografie

ANDERSSON, B. 1990. Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in science education*, 18:53-85.

AUSUBEL, D.P. 1968. Educational psychology: A cognitive view. New York : Holt, Rinehart and Winston, Inc.

AYERST, P.W., BOTHA, T.C.L., DUBE, V.K., GOVENDER, J., MBEKELA, V.L., ROUX, J.S. & WEGERHOFF, J.B. 1990. General Science 5. Pietermaritzburg : Shuter & Shooter.

BASSON, N.J.S. 1987. Begripsvorming en inoefening in Fisika met videolesse. *South African journal of education*, 7(4):283-288.

BASSON, N.J.S. 1994. Concept mapping: a useful learning technique in science. *Spectrum*, 32(1):46-50, February.

BASSON, N.J.S., GOOSEN, R. & SWANEPOEL, A. 1996. 'n Instrument vir leer- en motiveer-strategieë in natuurwetenskappe. *Suid Afrikaanse tydskrif vir opvoedkunde*, 16(1):62-68.

BEN-ZVI, R., EYLON, B. & SILBERSTEIN, J. 1987. Student's visualisation of a chemical reaction. *Education in chemistry*, p. 117-120, July.

BODNER, G.M. & PARDUE, H.L. 1989. Chemistry - an experimental science. New York : Wiley

BRINK, B. DU P., CLAASSENS, P.R., JONES, R.C. & SCHOEMAN, S.W. 1992. Essential science 6. Cape Town : Juta.

BRINK, B. DU P., CLAASSENS, A.J.M., DALBOCK, P.R., JONES, R.C. & SCHOEMAN, S.W. 1993. Essential science 7. Cape Town : Juta.

BRINK, B. DU P. & JONES, R.C. 1984a. Natuur- en skeikunde - Standerd 6. Kaapstad : Juta.

BRINK, B. DU P. & JONES, R.C. 1984b. Natuur- en skeikunde - Standerd 7. Kaapstad : Juta.

BRINK, B. DU P. & JONES, R.C. 1984c. Natuur- en skeikunde - Standerd 8. Kaapstad : Juta.

BRINK, B. DU P. & JONES, R.C. 1986a. Natuur- en skeikunde - Standerd 9. 2de uitg. Kaapstad : Juta.

BRINK, B. DU P. & JONES, R.C. 1986b. Natuur- en skeikunde - Standerd 10. Kaapstad : Juta.

BROSTER, P. & JAMES, H. 1985. Successful science (Physical science) 5. Cape Town : Oxford University Press.

BROSTER, P. & JAMES, H. 1987. Successful science (Physical science) 8. 2nd ed. Cape Town : Oxford University Press.

BROSTER, P. & JAMES, H. 1989. Successful science (Physical science) 9. 3rd ed. Cape Town : Oxford University Press.

CLARKE, A. & THOKA, J.M.B. 1991. New successful science (Physical science) 6. 4th ed. Cape Town : NASOU.

CRONJE, J. 1997. Using the internet to facilitate co-operative distance learning. http://hagar.up.ac.za/catts/rbo96.html.

CRONJE, J.C. 1996. How to make interactive television interactive. (Paper presented at the forum on telecommunications for tertiary education, CSIR.) Pretoria. Available on internet: http://hagar.up.ac.za/catts/itv96.html.

DE WET, J.J., MONTEITH, J.L. DE K. & VAN DER WESTHUIZEN, G.J. 1981. Opvoedende leer. Durban : Butterworth.

DE WET, J.J., VAN ZYL, P.J. & DU TOIT, P.J.S. 1979. Inleiding tot die psigologiese opvoedkunde. Johannesburg : McGraw-Hill Boekmaatskappy

DU TOIT, C.J. & LACHMANN, G. 1997. The learning of chemistry through demonstrations to large audiences. *South African journal of education,* 17(1):41-48.

GAGNÉ, M.R. & WHITE, R.T. 1978. Memory structures and learning outcomes. *Review of educational research,* 48(2):187-222, Spring.

GEER, L.F. 1993. Betekenisgewing as motivering vir onderrig en leer in chemie. Pretoria : Universiteit van Pretoria. (Skripsie – Ph.D.)

HESSE, J.J. & ANDERSON, C.W. 1992. Student's conceptions of chemical change. *Journal of research in science teaching,* 29(3):277-299.

HEYNS, G.F. & DU TOIT, J.H. 1981a. General science for the primary school - Standard 2. Cape Town : NASOU.

HEYNS, G.F. & DU TOIT, J.H. 1981a. General science for the primary school - Standard 3. Cape Town : NASOU.

HEYNS, G.F. & DU TOIT, J.H. 1981b. Algemene wetenskap vir die primêre skool - Standerd 4. Kaapstad : NASOU.

HEYNS, G.F., DE VILLIERS, G., GIBBON, D.B., FOWLER, W.G., DU TOIT, J.J. DU P., BOTHA, J., DU TOIT, J.H. & VAN DER WESTHUIZEN, H.C. 1990. Modern general science standard 5. 3rd ed. Cape Town : NASOU.

HORN, L., BRINK, B. DU P., JONES, R.C. & AUSTOKER, J. 1984. General science in action - Standard 6. Cape Town : Juta.

JANSEN, E.G. & DEKKER, J. 1985b. Understanding science 7. Cape Town : Maskew Miller.

JOHNSTONE, A.H. & EL-BANNA, H. 1986. Capacities, demands and processes – a predictive model for science education. *Education in chemistry,* p. 80-84, May.

JOHNSTONE, A.H. & WHAM, A.J.B. 1982. The demands of practical work. *Education in chemistry,* 19 p. 71-73.

JONES, L.L. & SMITH, S.G. 1992. Can multimedia instruction meet our expectations? *Educom,* p. 39-43, January/February.

KAY, A.C. 1991. Computers, networks and education. *Scientific American,* p. 100-107, September.

KOTZ, J.C. & TREICHEL, P. 1999. Chemistry and chemical reactivity. 4th ed. New York : Saunders College Publishing.

LEE, K.L. 1999. A comparison of university lecturer's and pre-service teachers' understanding of a chemical reaction at the particulate level. *Journal of chemical education,* 76(7):1008-1012, July.

LOUW, D.A., GERDES, L.C. & MEYER, W.F. 1984. Menslike ontwikkeling. Pretoria : HAUM.

MARAIS, DE LA R., CALITZ, L.P. & VAN WYK, C.F.M. 1983. Die integrering van onderwysmedia in lesaanbieding. Johannesburg : McGraw-Hill.

MATTHEWS, P.S.C. 1997. Problems with Piagetian constructivism. (*In* Matthews M.R., *ed.* Science & education. London: Kluwer Academic Publishers. p. 105-119.)

McMURRY,J. & FAY, C. 1998. Chemistry. Upper Saddle River : Prentice-Hall, Inc.

MÜLLER, J.C., MÜLLER, C.J. & DRECKMEYER M. 1985. Natuur- en skeikunde in aksie - Standerd 9. Pretoria : De Jager-Haum.

NOVAK, J.D. 1988. Learning science and the science of learning. *Studies in science education,* 15:77-101.

NURRENBERN, S.C. & PICKERING, M. 1987. Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of chemical education,* 64:508-510

OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I. & McGILLICUDDY, K. 1996. Explaining science in the classroom. Buckingham : Open University Press.

OSBORNE, R.J. & COSGROVE, M.M. 1983. Children's conceptions of the changes of the state of water. *Journal of research in science teaching*, 20(9):825-838.

PENCE, H.E. 1993. Combining cooperative learning and multimedia in general chemistry. *Education* 113:375-380, Spring.

PENDLEY, D.B., BRETZ, R.L. & NOVAK, J.D. 1994. Concept map as a tool to assess learning in chemistry. *Journal of chemical education*, 71(1): 9-15.

PERKINS, D. 1994. Schools of thought. p. 63-83.

PIAGET, J. 1977. The development of thought: Equilibration of cognitive structures. Oxford : B. Blackwell

PIENAAR, H.N., WALTERS, S.W., FOX, H.E., OPIE, F.W.J. & VORSTER, P.W. 1980a. Primary general science 3. Cape Town : Maskew Miller.

PIENAAR, H.N., WALTERS, S.W., FOX, H.E., OPIE, F.W.J. & VORSTER, P.W. 1980b. Primêre algemene wetenskap 4. Kaapstad : Maskew Miller.

PIENAAR, H.N., WALTERS, S.W., SCHREUDER, B.K. & DE JAGER, N. DE B. 1985. Senior physical science - Std. 8. Cape Town : Maskew Miller.

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. & GERTZOG, W.A. 1982. Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2):211-227

PRESS, K. 1993. Suksesvolle wetenskap 3. Kaapstad : Oxford University Press.

ROBINSON, W.R. 1998. Visual aids in laboratory manuals improve comprehension. *Journal of chemical education*, 75(3):282-283, March

ROBINSON, W.R. 1998. An alternative framework for chemical bonding. *Journal of chemical education*, 75(9):1074-1075, September

ROBINSON, W.R. 1999. Student understanding of chemical change. *Journal of chemical education*, 76(3):297-298, March

RYBA, K. & ANDERSON, B. 1990. Learning with computers: Effective teaching strategies. Eugene, ISTE

SAUNDERS, G.W., WISE, K.C. & GOLDEN, T.S. 1995. Visual learning. *The science teacher,* 62(2):42-45, February.

SELVARATNAM, M. 1998. A guided approach to learning chemistry – Volume 1. Cape Town : Juta.

SHAW, E. & WEBB, I. 1988. Computers in schools – What does this mean for the tertiary sector? *In* Proceedings of Sixth Annual Conference, ASCILITE, Computers in learning in tertiary education. Canberra College of Advanced Education. Canberra. p. 209-223.

SMIT, J.J.A. 1996. Visualisering in natuur- en skeikunde: Die verband tussen onderrig en gedagtebeelde van leerlinge. (Ongepubliseerde artikel.) Potchefstroom : PU vir CHO.

SMITH, S.G., JONES, L.L. & WAUGH, M.L. 1986. Production and evaluation of interactive videodisc lessons on laboratory instruction. *Journal of computer-based instruction,* 13(4):117-121, Autumn.

STEYN, I.N. 1982. Onderrig-leer as wyse van opvoeding. Durban : Butterworth.

STEYN, M.M. DE V., DU TOIT, C.J. & LACHMANN, G. 1999 The implementation of a multimedia program for first year university chemistry practicals. *South African journal for chemistry,* 52(4):120-126.

STRYDOM, E. 1993. Die aard, gebruiksmoontlikhede en implikasies van interaktiewe video vir onderrig in die Republiek van Suid Afrika : PU vir CHO. (Verhandeling –-M.Ed.)

STUART, B. & TAYLOR, P. 1992. Open chemistry. London : Hodder & Stoughton.

TAN, K.D. & TREAGUST, D.F. 1999. Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School science review,* 81(294):75-83, September.

TUCKEY, H. & SELVARATNAM, M. 1993. Studies involving three-dimensional visualisation skills in chemistry: a review. *Studies in science education,* 21:99-121.

WADDICK, J. 1994. Case study: The creation of a computer learning environment as an alternative to traditional lecturing methods in chemistry. *Educational and training technology international.* 31(2):98-103, May.

WALTERS, S.W., VORSTER, P.W., SCHREUDER, B.K. & FOX, H.E. 1991. Junior secondary general science 6. Cape Town : Maskew Miller.

WELLINGTON, J. 1989. Skills and processes in science education: an introduction. (*In* Wellington J., *ed.* Skills and processes in science education. Routledge : London. p. 5-20.)

WESSELS, H.J., HERBST, M.J., MULLER, G.J., PRINSLOO, M.L. & OOSTHUIZEN M.J. 1995a. New era general science standard 6. Cape Town : NASOU.

WESSELS, H.J., MULLER, G.J., PRINSLOO, M.L. & OOSTHUIZEN, M.J. 1995b. New era general science standard 7. 2nd ed. Cape Town : NASOU.

WHITE, R.T. 1988. Learning science. Oxford : Basil Blackwell.

WILKINSON, F.J., REUTER, M.A. & KRIEL, C.F. 1986. Simulasieprogramme in die aanbieding van natuur- en skeikunde. *Spectrum,* 24(1):19-22, Februarie.

WILKINSON, F.J., REUTER, M.A. & KRIEL, C.F. 1987. Computer simulation in the teaching of physical science. *Spectrum,* 25(1):17, February.

ZUBER-SKERRIT, O. 1984. Video in higher education. London : Kògen Page

Bylaag A Vraelys

INITIALS AND SURNAME	

1. Do a quick sketch of a single water molecule.	
2. List the ways in which a water molecule can move.	
3. What is the chemical formula used for water?	
4. What is the difference in arrangement of water molecules in liquid water and solid water (ice)?	
5. How can liquid water be distinguished from solid water using a chemical formula?	
6. What happens when ice melts? Do the water molecules themselves breakup during this process?	
7. What is the difference in arrangement of water molecules in liquid water and water vapour (steam)?	
8. What is inside a bubble in boiling water?	

LIQUID WATER

9.1 Draw a labelled diagram to represent liquid water at the molecular level.	9.2 Describe in your own words the way water molecules interact with each other when they are part of a liquid.

SOLID WATER (ICE)

10.1 Draw a labelled diagram to represent solid water at the molecular level.	10.2 Describe in your own words the way water molecules interact with each other when they are part of a solid.

GASEOUS WATER OR WATER VAPOUR (STEAM)

10.1 Draw a labelled diagram to represent gaseous water at the molecular level.	10.2 Describe in your own words the way water molecules interact with each other when they are part of a gas.

12.1 Draw a labelled diagram to represent **solid water** (ice) at the molecular level.	MELTING →	12.2 Draw a labelled diagram to represent **liquid water** at the molecular level.

13. In your own words describe what happens when solid water melts to form liquid water.

14. Do the hydrogen and oxygen atoms within a water molecule break apart when melting takes place?

15. What do you think happens when liquid water freezes?

16.1 Draw a labelled diagram to represent **liquid water** at the molecular level.

EVAPORATION →

16.2 Draw a labelled diagram to represent **water vapour** (steam) at the molecular level.

17. In your own words describe what happens when solid water evaporates to form water vapour.

18. Do the hydrogen and oxygen atoms within a water molecule break apart when evaporation takes place?

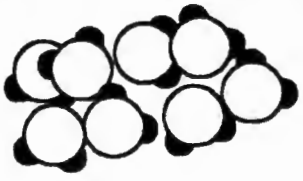
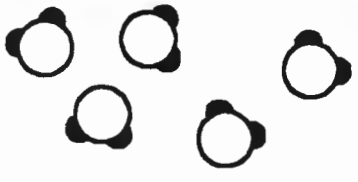
19. Do you think hydrogen gas and oxygen gas are formed when water boils? Why or why not?

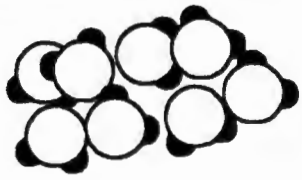
Bylaag B

Norme vir vrae soos verskaf deur chemici

Vrae gestel in die vraelys en norme soos verskaf deur chemici

1. *Teken 'n skets van 'n enkele watermolekuul.*	 of 
2. *Lys die maniere waarmee 'n watermolekuul kan beweeg.*	Rotasie Vibrasie Translasie (beweging van een plek na 'n ander)
3. *Wat is die chemiese formule wat vir water gebruik word?*	H_2O
4. *Wat is die verskil in rangskikking van watermolekule in watervloeistof en soliede water (ys)?*	**Ys:** Die watermolekule is in vaste posisies gebind binne-in die yskristal. (Vorm 'n "oop" struktuur) Vibrasies is die enigste moontlike beweging. (Molekule kom nooit tot stilstand nie). **Water:** Die watermolekule beweeg nou nader aan mekaar as in ys en beskik oor meer vryheid van beweging. Daar is egter steeds 'n onderlinge binding tussen die watermolekule aanwesig.
5. *Hoe kan water in die vloeistoftoestand van water in die vastestoftoestand onderskei word deur gebruik te maak van 'n chemiese formule?*	Vloeistoftoestand: $H_2O(l)$ Vastestoftoestand: $H_2O(s)$
6. *Wat gebeur wanneer ys smelt?* *Breek die watermolekule self op tydens die proses?*	Die watermolekule verkry meer kinetiese energie, gevolglik raak hul vibrasies al vinniger totdat die molekule die sterk binding tussen hulle kan oorkom. Die "oop", vaste struktuur gaan verlore en die molekule beweeg meer vrylik rond en nader aan mekaar. Nee, daar is geen verandering in die samestelling van die watermolekule self nie.
7. *Wat is die verskil in die rangskikking van die watermolekule in watervloeistof en waterdamp (stoom)?*	In watervloeistof is daar steeds waterstofbindings tussen die watermolekule teenwoordig en daarom beweeg hulle rond as groepe molekule wat saamgebind is. In waterdamp is daar geen kragte tussen die molekule teenwoordig nie.
8. *Wat word binne-in 'n borrel in kokende water aangetref?*	Watermolekule of stoom.

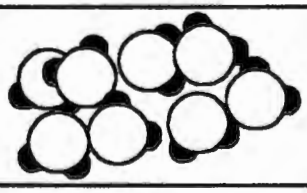
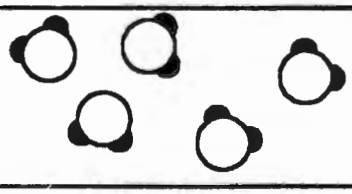
9.1 Teken 'n diagram met byskrifte om water in die vloeistoffase op die molekulêre vlak voor te stel.	*9.2 Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die vloeistoffase verkeer.*
	Die watermolekule beweeg voortdurend rond, maar hulle beweeg nie heeltemal onafhanklik van mekaar nie. Daar is steeds 'n sterk binding tussen die molekule onderling. Sommige molekule beweeg in groepe wat saamgebind is, terwyl ander meer op hul eie beweeg. Die struktuur is baie minder geordend. Die watermolekule is baie naby mekaar in die vloeistoffase - heelwat nader as in die soliede fase. Die molekule voer aldrie moontlike bewegings uit, naamlik rotasie, vibrasie en translasie.
10.1 Teken 'n diagram met byskrifte om soliede water (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.	*10.2 Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die soliede fase verkeer.*
	In die soliede yskristal word die molekule deur sterk onderlinge kragte *(waterstofbindings)* in vaste posisies in spesifieke rigtings gebind. Die watermolekule vibreer steeds in hul vaste posisies, maar daar is opvallend minder aktiwiteit as in die geval van die vloeistof. (Geen translasie of rotasie is moontlik nie.)
11.1 Teken 'n diagram met byskrifte om waterdamp op die molekulêre vlak voor te stel.	*11.2 Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die gasfase verkeer.*
	Die watermolekule is geweldig ver van mekaar versprei en daar kom geen onderlinge binding tussen die molekule voor nie. Die molekule beskik oor geweldig baie kinetiese energie en beweeg gevolglik baie vinnig rond. Hierdie beweging van die watermolekule vind op 'n totaal wanordelike wyse plaas.

12.1 *Teken 'n diagram met byskrifte om **soliede water** (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.*	*SMELTING* →	12.2 *Teken 'n diagram met byskrifte om **watervloeistof** op die molekulêre vlak voor te stel.*
		

13. *Beskryf in u eie woorde wat gebeur as soliede water smelt om watervloeistof te vorm.*	Die vibrasies van die watermolekule in die soliede ysstruktuur neem toe met toename in temperatuur en molekule oorkom die sterk bindingskrag. Die molekule breek los van mekaar en translasie- en rotasie-bewegings word uitgevoer, tesame met die vibrasiebewegings. In die vloeistof beweeg die watermolekule nader na mekaar toe, aangesien die gerigte bindings, wat verantwoordelik was vir die "hol" struktuur in soliede ys, nou nie meer voorkom nie.

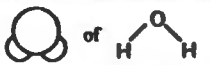
14. *Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in die watermolekuul los van mekaar wanneer die smelting van ys plaasvind?*	Nee

15. *Wat dink u gebeur wanneer watervloeistof vries?*	Met die afname in temperatuur raak die beweging van die watermolekule stadiger en meer waterstofbindings word gevorm. Die watermolekule pak saam in 'n gerigte bindingstruktuur en translasie- en rotasiebeweging neem af, sodat die molekule uiteindelik slegs in vaste posisies vibreer. As gevolg van die gerigte waterstofbinding ontstaan daar spasies tussen die molekule, sodat 'n "hol" struktuur gevorm word.

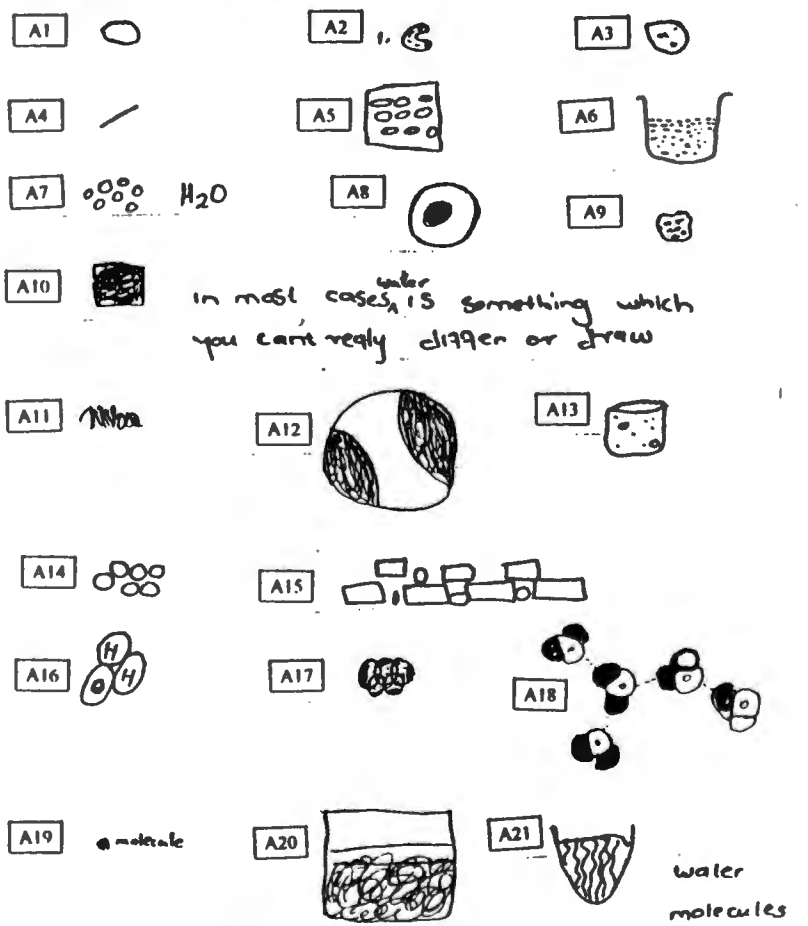
16.1 *Teken 'n diagram met byskrifte om **vloeistofwater** op die molekulêre vlak voor te stel.*	*VERDAMPING* →	16.2 *Teken 'n diagram met byskrifte om **waterdamp** (stoom) op die molekulêre vlak voor te stel.*
		

17.	*Beskryf in u eie woorde wat gebeur as watervloeistof verdamp om waterdamp te vorm.*	Daar is diskrete watermolekule teenwoordig in watervloeistof. Dit is 'n minder geordende struktuur as die vastestof, maar daar is steeds sterk waterstofbindings tussen die molekule. Die molekule naby die vloeistofoppervlak begin vinniger beweeg. Molekule met hoë energie ontsnap uit die vloeistoffase en verander in die gasfase. In die gasfase is die molekule baie ver van mekaar en geen binding kom voor tussen die molekule onderling nie. Vinnige ongeordende beweging van die watermolekule vind plaas. Die grootste gedeelte van die waterdamp bestaan uit oop ruimtes.
18.	*Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in 'n watermolekuul los van mekaar as verdamping plaasvind?*	Nee
19.	*Dink u dat waterstofgas en suurstofgas gevorm word as water kook?* *Hoekom wel, of hoekom nie?*	Nee, dit bly steeds watermolekule. Dit is slegs die kinetiese energie van die watermolekule wat toeneem as die temperatuur styg. Die molekule beweeg gevolglik al vinniger totdat hulle uiteindelik in staat is om van mekaar los te breek en oor te gaan na die dampfase, waar die waterstofbinding tussen die molekule nie meer bestaan nie. Die watermolekule kan dus nou vrylik rondbeweeg.

Bylaag C Toets van voorkennis

	Vrae gestaal aan Groep A	Korrekte respons
(1)	*Skets 'n enkele watermolekuul.*	
(2)	*Is daar beweging van watermolekule in 'n beker water?*	Ja.
(3)	*Wat is die chemiese formule van water?*	H_2O
(4)	*Wat het ons in 'n ysblokkie?*	Watermolekule wat in vaste posisies gebind is en slegs vibrasies uitvoer.
(5)	*Wat gebeur wanneer ys smelt?*	Die molekule vibreer al vinniger en beweeg uiteindelik vry rond.
(6)	*Wat is die verskil in die rangskikking van watermolekule in watervloeistof en waterdamp?*	In watervloeistof beweeg die molekule rond en is die kragte tussen die molekule relatief groot. Die afstande tussen die molekule is klein. In waterdamp beweeg die molekule vry rond en die afstande tussen die molekule is baie groot. Daar is geen kragte tussen die molekule nie.
(7)	*Wat is binne 'n borrel wat in kokende water gevorm word?*	Waterdamp. (Water in die gasfase.)
(8)	*Wat gebeur met die rangskikking van watermolekule wanneer watervloeistof vries?*	Die molekule hou op om vry rond te beweeg en neem vaste posisies in waar hulle slegs vibreer.
(9)	*Wat word bedoel met verdamping?*	Die verandering van water vanaf die vloeistoffase na die gasfase.

Vraag 1: Skets 'n enkele watermolekuul.



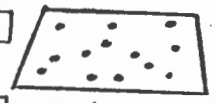
Vraag 2: Is daar beweging van watermolekule in 'n beker water?

A1 ja
A2 Yes
A3 Yes
A4 yes
A5 Yes
A6 Yes
A7 Yes
A8 Yes
A9 Yes
A10 No I don't it is moving
A11 Yes
A12 Yes
A13 Yes, H_2O molecules moves
A14 Yes
A15 Yes
A16 Yes
A17 Yes. colloidally
A18 yes
A19 Yes
A20 yes are moving when you think it move to
A21 No

Vraag 3: Wat is die chemiese formule van water?

A1 H_2O
A2 H_2O
A3 H_2C_1
A4 H_2C
A5 H_2O
A6 H_2O
A7 H_2O
A8 H_2O
A9 H_2O
A10 H_2O
A11 H_2O
A12 H_2O
A13 H_2O
A14 H_2O
A15 H_2O
A16 H_2O
A17 H_2O
A18 H_2O
A19 H_2O
A20 H_2O
A21 H_2S

Vraag 4: Wat het ons in 'n ysblokkie?

A1 Water molecules wat can make ice
A2 Many water molecules grouped together in a solid state.
A3 
A4 –
A5 –
A6 [illegible]
A7 Closely packed water molecules
A8 Walking
A9  molecules like air
A10 we have water which is combined together
A11 cloudmolecules
A12 Water particles but the liquid has changed to a solid particles
A13 Particles are closely packed to each other.  ice cube.
A14  closely packed
A15 water and so many things
A16 Is water that are frozen, the particles are packed together
A17 Bubbles
A18 water
A19 Water molecules
A20 the ice is solid
A21 –

Vraag 5: Wat gebeur wanneer ys smelt?

A1 Hulle sit uit en kom in vloeistof.

A2 more molecules are moving away from each other

A3 — A4 It forms liquid [illegible] water [illegible] molecules [illegible]

A5 —

A6 It [illegible] becomes water

A7 Molecules becomes loose

A8 Molecules becomes loss.

A9 the molecules becomes loose

A10 water become loss

A11 become wose A12 —

A13 Molecules move freely, not packed closely any more.

A14 They start to move apart from each other

A15 ice cube relase

A16 The ice ~~change~~ melts back to water because of the temperature difference.

A17 Bubbles are formed + H_2O goes back to liquid form.

A18 It becomes water (runny.)

A19 They bounch againts each other in a very fast way

A20 The ice is solied and change to liquid the solied is make by a refreigerator

A21 —

Vraag 6: Wat is die verskil in die rangskikking van watermolekules in watervloeistof en waterdamp?

A1 Steam is hyter as water → dit syg op.

A2 In water there is more liquid molecules
In steam there is more air molecules.

A3 There's no difference A4 — A5 —

A6 [illegible] like water and the water vapour can [illegible] because is like air.

A7 —

A8 In the water that is used for cooking vapour water „is not good for cooking because is the water that evaporate when something is cooked ~~in~~ water.

A9

water liquid	Steam
-the molcules are moving around	-the water vapour just evaporate

A10 I dont have an idea

A11 in water liquid – ~~he~~ I don't know
water vapour – the water are clean

A12 H_2O in liquid → particles are loosely packed, the are spaces between particles.
Water vapour → the are spaces again between the molecules

A13 Water liquid (molecules are bigger than in water vapour.

A14 In Steam the molecules are very far from each other
In water they are apart but not far from each other.

A15 Water in steam are from boiling water but water liquid are water only

A16 Water liquid- the difference is that the temperature is normal Water vapour- is that it is formed when there is an increase in temp or the H_2O have being heated.

A17 Moisture → H_2O
Air → Steam.

A18 water liquid doesnot move and doesnot have molecules we see in our eyes but water vapour when starts to boil there a some little particle moving up or bubbles then the water boils and forms the layer of Steam.

A19 water liquid
Water is a flowery form more molecules bunch together

Steam
A gas is forms lesser molecules bunch together but slower.

A20 boiled liquid is not cooked A21 /
heated liquid is cooked

Vraag 7: Wat is binne 'n borrel wat in kokende water gevorm word?

A1 lug (suurstof)

A2 Because we all know that there is air or oxygen in H_2O (water) these bubbles consists of this 'air'

A3 Air A4 A5 A6 A7 Warm air

A8 I don't know A9 warm air

A10 I think we have warm air

A11 holes – it cause by air – warm air

A12 Inside the bubbles heat energy

A13 Air is in bubbles

A14 [illegible] A15 Air A16 Air A17 Oxygen

A18 molecules. A19 Air

A20 Inside the bubbles there is water A21 /

Vraag 8: Wat gebeur wanneer watervloeistof vries?

A1 Hulle word meer om en die een meter ens.

A2 They are packed together.

A3 They come close to each other or combine

A4 / A5 / A6 /

A7 Closely packed to each other.

A8 I have no idea

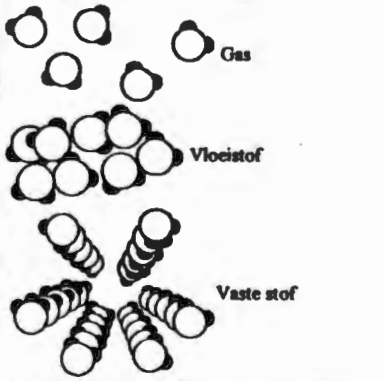
A9 they form big bubble like

A10 they just stick together A11 clouds
A12 As the H_2O changes from a liquid to solid the molecules become closely packed
A13 A14
A15 water becomes ice
A16 they are packed together
A17 they become one molecule
A18 it becomes cold first and then it freezes
A19 they flew bounc together faster A20 / A21 /

Vraag 9: Wat word bedoel met verdamping?

A1
A2 the movement of water through the gas state water goes up in a state of steam.
A3 A4 A5
A6
A7 is when water changes from water to gas.
A8 I don't know
A9 is the process where by water molecules moves out in the form of water vapour (Steam)
A10 is the steam that forms when water boil
A11 When you boil the water and something like air come out

A12 evaporation when H_2O changes to steam.
A13 is H_2O that is changed during heating
A14
A15 evaporation is the process of were by water are evaporate
A16 Evaporation - the changing of water to water vapour.
A17 When hot air rises. A18 /
A19 Water drops are formed A20 / A21 /

	Vrae gestel aan Groep B	Korrekte respons
(1)	*'n Beker water is getoon en daar is gevra om 'n skets te maak van water op die molekulêre vlak.*	
(2)	*Stel met behulp van skets die drie verskillende fases van water op die molekulêre vlak voor.*	
(3)	*Wat is binne 'n beker wat in kokende water gevorm word?*	Waterdamp. (Water in die gasfase.)

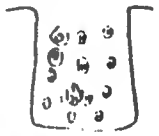
Vraag 1: 'n Beker water is getoon en daar is gevra om 'n skets te maak van water op die molekulêre vlak.

B1



heeltemal teenmekaar
'n netwerk

B2



B3





B4



In a molecular level you see oxygen and hydrogen

B5



water molecules

H_2O

B6



B7

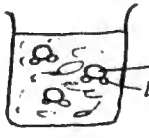


there is an Oxygen molecules with 2 Hydrogen molecules binded together

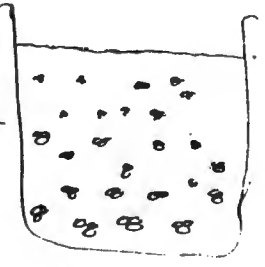
B8



B9



B10



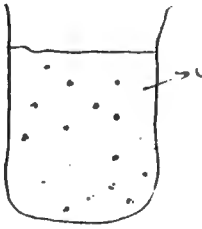
B11



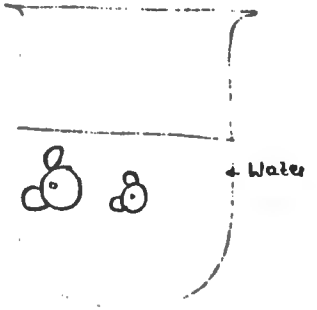
B12



B13

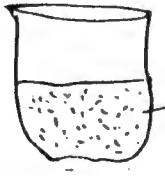


B14

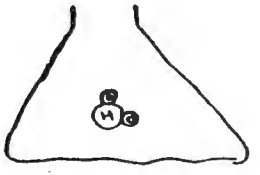


B15 it look like water - transparent

B16

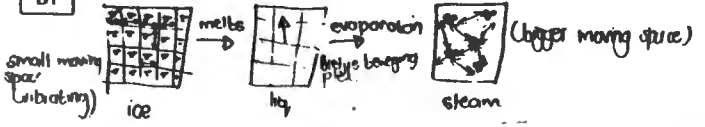


B17

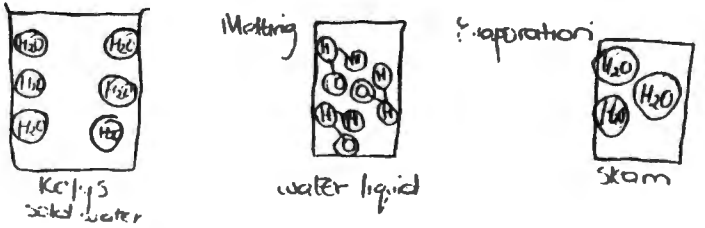


Vraag 2: Stel met behulp van sketse die drie verskillende fases van water op die molekulêre vlak voor.

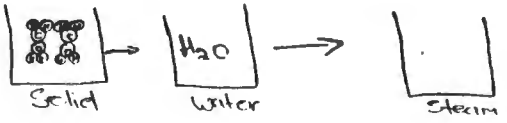
B1



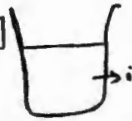
B2



B3



B4



In a molecular level, you see that the oxygen and hydrogen come together and the molecules become packed.

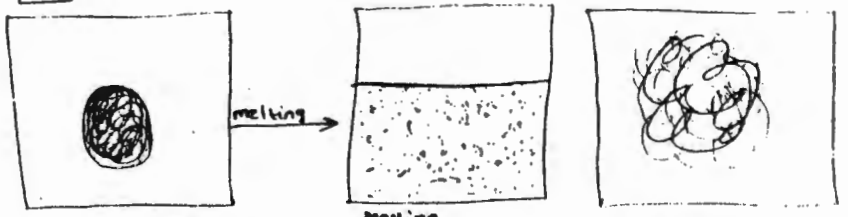
B5

ice :- water molecules in a crystalic structure

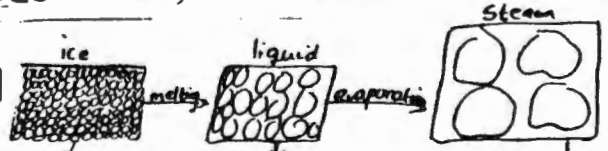
water :- less compact molecules in a disorganised structure.

Steam :- water molecules with no binding form wich is disorganised

B6



B7

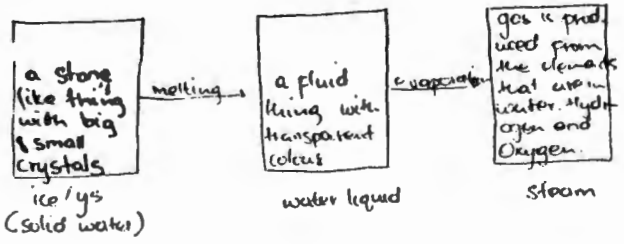


molecules bonded closely/tightly together they are contracted during cooling

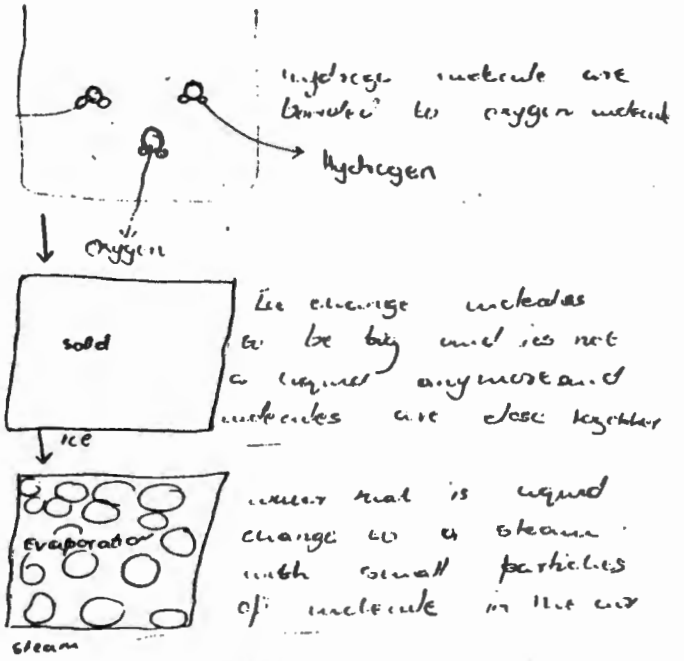
molecules are apart/expansion is taking place

water is esaporating so its molecules are wide apart

B8



B9

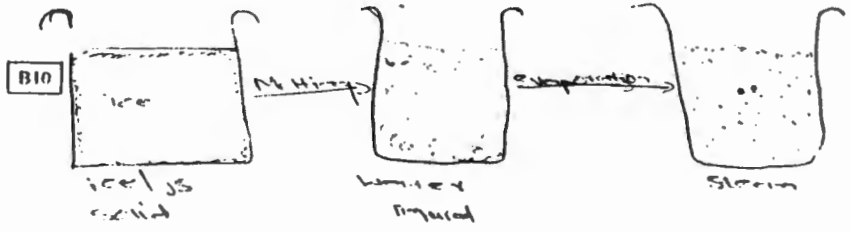


hydrogen molecule are bonded to oxygen molecul

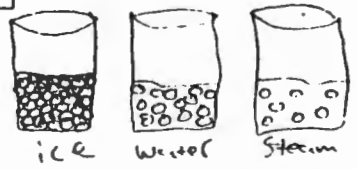
Ice change molecules to be big and is not a liquid anymore and molecules are close together

water that is liquid change to a steam with small particles of molecule in the air

B10



B11

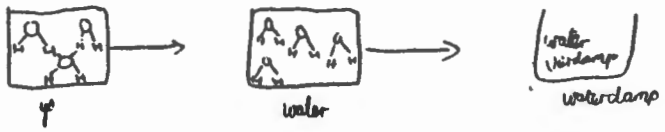


Ice - Molecules are close to each other, it is compact

Water - It are little bit more apart from each other.

Steam - Molecules are far apart from each other.

B12



B13

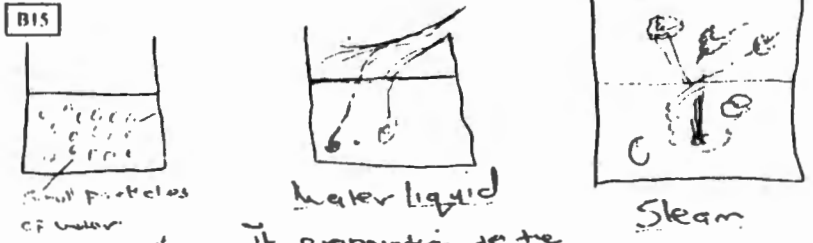
Ice ⇒ I a think you will observe bigger ijsblokjes because of the freezing temperature.

Water ⇒ Now much more bigger bubbles are observed because of the high temperature in the stove.

steam ⇒

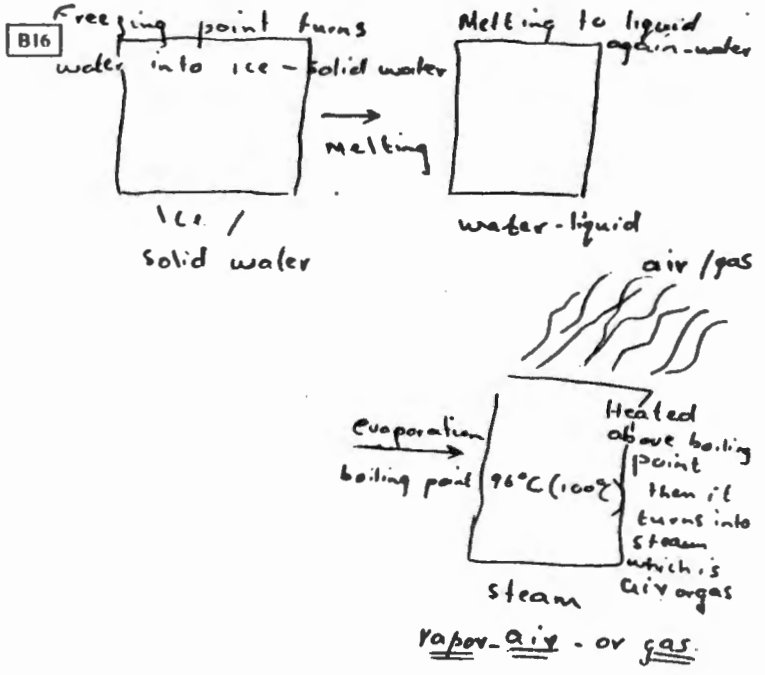
B14 When is water is iced, when you melt the ice the ~~ice~~ water will be watery and if the ~~the~~ liquid has evaporated the waters will be warm and will have steam.

B15



It evaporates as the clouds and is the rain water it forms droplets of mist/fog.

B16



B17

Ice

Energy is reduced which results in an increased attraction force and a solid is form

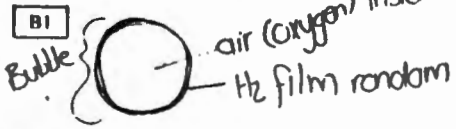
Liquid

With the addition of energy the force of attraction between H and O is reduced and a liquid results

Steam

The energetic molecule of H_2O escape because of the added energy and the reduced attraction force

Vraag 3: Wat is binne 'n borrel wat in kokende water gevorm word?

B1 

B2 Contains gases.

B3 Bubble contain steam wich is sorrounded by water.

B4 The bubble contains air and oxygen and hydrogen
The bubbles are formed by heating of molecules.

B5 The bubbles that forms is caused by air that is trapped from the molecules that has evaporated

B6 /

B7 They consits of air/gas. expansion of O_2 because it is escaping from the water

B8 The air from the atmosphere contribute to heat heat which is boils the water, even the gasses involved

B9 The bubbles that are formed when the H_2O is boiling inside has is air

B10

B11

B12 In the borrels wat gevorm word as H_2O kook is stoom.

B13 There are air cells inside the bubbles
They are formed because of the temperature of heat. Again the temperature of water changing from cold to hot.

B14 Because it consists of Oxygen hydrogen bond molecules.

B15 It consists of hydrogen atoms and gas bubbles.

B16 /

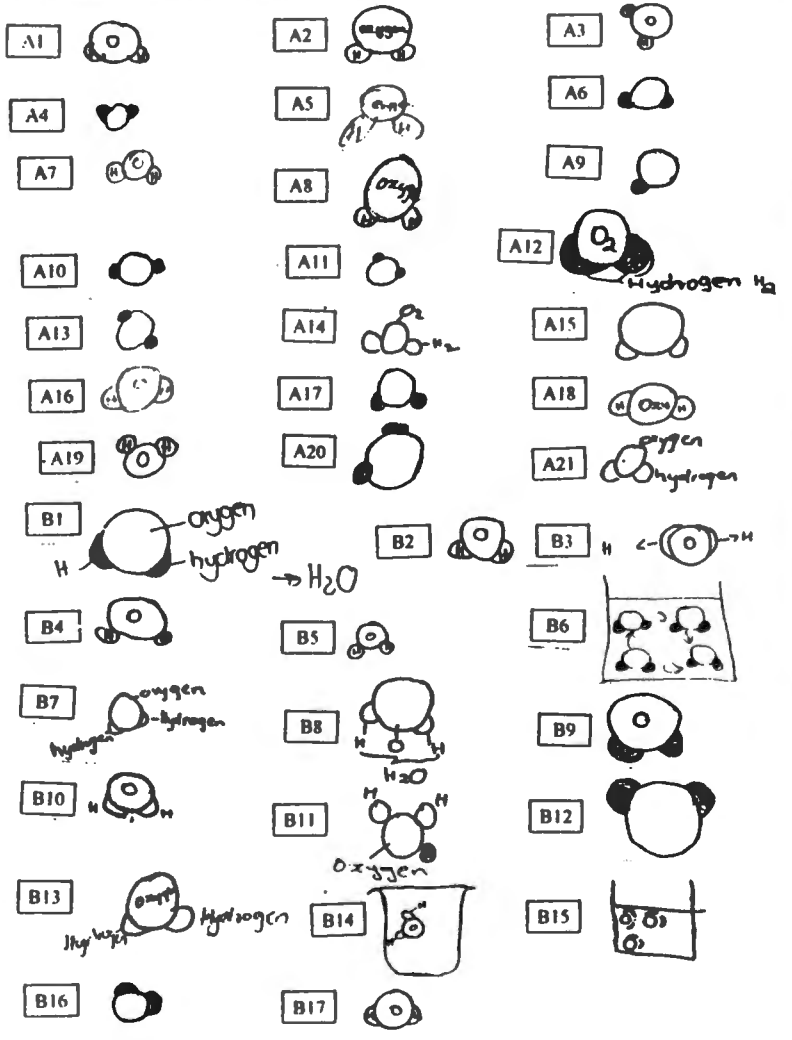
B17 /

Bylaag D

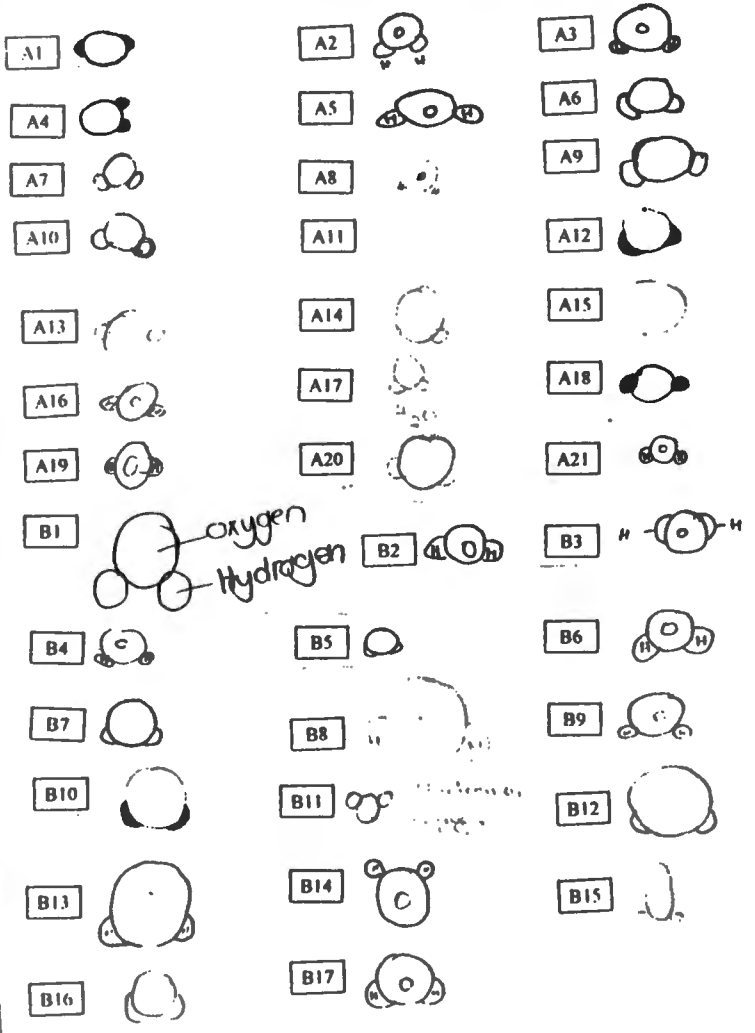
Response van respondente

Response na tradisionele lesing

Vraag 1: Teken 'n skets van 'n enkele watermolekuul.



Response na rekenaarsimulasie



Response na tradisionele lesing

Vraag 2: Lys die maniere waarmee 'n watermolekuul kan beweeg.

A1	A2
vibrate	Rotate
rotate	Vibrate
they can move	Transportation (from one place to the other)

A3	A4
rotate	Rotate
vibrate	Vibrate
move from one place to another	Translate

A5	A6
rotate	vibrate
vibrate	Rotate
	they can move from one place to another

A7	A8
Rotate	Rotate
Vibrate	Liberate
Tourist	Transport

A9	A10
vibrate	Rotate
rotate	Vibrate
move from one place to another	moving from one molecule to another

Response na rekenaarsimulasie

A1	A2
Rotate	Rotation
Vibrate	Vibration
move around	(translation) move from place to place

A3	A4
Rotate	Rotate
Vibrate	Vibrate
Translate	move from one place to another

A5	A6
Rotate	Vibrate
Translate	Radiate
Vibrate	Translate

A7	A8
Rotate	Rotate
Vibrate	Vibrate
Translate	Translate

A9	A10
Vibrate	Vibration
rotate	Rotation
Translate = move far from each other	Translation

Response na tradisionele lesing

A11
3 ways they vibrate
Move one from each other
rotate

A12
They can rotate
Vibrate
from one place to another

A13
Rotate
Vibrate
move in many directions

A14
Vibrate
Rotate

A15
Rotate
Vibrate
move one place to another place

A16
Rotation
Vibration
One place to another

A17
Rotate
Move from one place to another
Vibrate

A18
Liquid form
Gas form
solid form

A19
Vibrate, Rotate, move from one place to the other

A20
Steam
mess
vaporation

A21
Evaporation
Rotating
vaporation

B1
Rotating
Vibrating
Translating

Response na rekenaarsimulasie

A11
Vibrate
Lubriate / TRANSLATE
Rotate

A12
Vibrate
Rotates
move from one place to another

A13
Vibrate
Rotate
Move in different direction

A14
Rotate
Vibrate
translate

A15
moves from one place to another place, it rotation and vibration and translate

A16
Vibration
Rotation
Move from one place to another.

A17
Vibrate
Rotate
Translate

A18
~~solid form~~ substate
Vibrate
Translate

A19
Rotate
Vibrate
Translate

A20
move in different state
move and vibrate
water molecule heating
when they move

A21
Substrate
Vibration
Rotation
Translate

B1
Vibrate
Rotate
Translate

Response na tradisionele lesing

B2	B3
Rotation	① Vibrate
Vibration	② Translate
Translation	③ Circulate

B4	B5
i) They rotate	rotation
ii) They vibrate	translation
iii) Translation	vibration

B6	B7
Vibration	vibration
Rotation	Rotation
Translation	Translation

B8	B9
Rotate	①rotation
Vibration	②translation
Translate	③Vibration

B10	B11
~~Vibration~~	Rotating
~~translation~~	Vibrating
~~Rotating~~	Translation

B12	B13
They can rotate, vibrate and	① Rotate
	② Vibrate
	③ Translate

Response na rekenaarsimulasie

B2	B3
Rotate	1) Vibration
Vibrate	2) Translation
Translate	3) Circulation

B4	B5
Rotate	1) rotation
Vibrate	2) vibration
Translate	3) ~~translation~~ translation.

B6	B7
Vibrate	Rotation
Translate	Vibration
Rotate	Translation

B8	B9
Rotate	Vibrate
Vibrate	Translate
Translate	

B10	B11
Rotate	Rotate
vibrate	Vibrate
Translate	Translate

B12	B13
Rotate	Vibrate
translate	Translate
vibrate	Rotate

Response na tradisionele lesing

B14	B15
Vibration	
Transaction	
Moving from one place to another one	

B16	B17
rotation	Vibration
vibration	Translation
translation	Revolution / Rotation

Vraag 3: Wat is die chemiese formule wat vir water gebruik word?

A1 H_2O	A2 H_2O	A3 H_2O	A4 H_2O
A5 H_2O	A6 H_2O	A7 H_2O	A8 H_2O
A9 H_2O	A10 H_2O	A11 H_2O	A12 H_2O
A13 H_2O	A14 H_2O	A15 H_2O	A16 H_2O
A17 H_2O	A18 H_2O	A19 H_2O	A20 H_2O
A21 H_2O	B1 H_2O	B2 H_2O	B3 H_2O
B4 H_2O	B5 H_2O	B6 H_2O	B7 H_2O
B8 H_2O	B9 H_2O	B10 H_2O	B11 H_2O
B12 H_2O	B13 H_2O	B14 H_2O	B15 H_2O
B16 H_2O	B17 H_2O		

Response na rekenaarsimulasie

B14	B15
Vibration	The water will vibrate, rotate
Transaction	and translate

B16	B17
Rotate	Rotation
Vibrate	Vibration
Translate	Translation

A1 H_2O	A2 H_2O	A3 H_2O	A4 H_2O
A5 H_2O	A6 H_2O	A7 H_2O	A8 H_2O
A9 H_2O	A10 H_2O	A11 H_2O	A12 H_2O
A13 H_2O	A14 H_2O	A15 H_2O	A16 H_2O
A17 H_2O	A18 H_2O	A19 H_2O	A20 H_2O
A21 H_2O	B1 H_2O	B2 H_2O	B3 H_2O
B4 H_2O	B5 H_2O	B6 H_2O	B7 H_2O
B8 H_2O	B9 H_2O	B10 H_2O	B11 H_2O
B12 H_2O	B13 H_2O	B14 H_2O	B15 H_2O
B16 H_2O	B17 H_2O		

Response na tradisionele lesing

Vraag 4: Wat is die verskil in rangskikking van watermolekule in watervloeistof en soliede water (ys)?

A1

Solid has less energy
has more molecules
Liquid has more energy
more molecules

A2

In liquid water molecules are moving free and faster
In gas they are slow and tight together

A3

Liquid water they are bonded they are forces
solid bonds are no forces

A4

In liquid water they are bonded
are often moving and
in solid they are strongly bonded close to each other.

A5

- liquid movement of water FAST
solid movement is slow

A6

In liquid the is the lowest energy level
And in solid water can move slowly

A7

In liquid they move Freely
In solid they are closley packed in differen direction.

A8

In liquid water molecule are moving Free and Faster. In solid are slow and tightly together

A9

Solid water
-they are strongly bonded

A10

In water as liquid will move faster than the solid one

Response na rekenaarsimulasie

A1

Liquid: They move around
Solid: They vibrate and are more fixed.

A2

In liquid molecules move in all three movements and they are far from each other. In solid they only vibrates and are well packed to each other.

A3

In liquid the molecules move
Solid molecules still vibrate and have no spaces

A4

Liquid water are far from
distant from each other
Solid water are
attached to one
another.

A5

liquid water molecule
move openly to each
other
Solid water molecule
closed to each other.

A6

In liquid water molecules
move faster than in
Solid

A7

Liquid = Water is moving
in clusters
Solid = water is arranged
closley and is vibrating
slowly

A8

There is no difference
are fixed in space
they are vibrating, are
motion and distance in between
between molecule

A9

liquid water = $H_2O(l)$
Solid water = $H_2O(s)$

A10

Solid water (s)
when they are bonded they are
close to each other when it is
said the H are away from each other

Response na tradisionele lesing

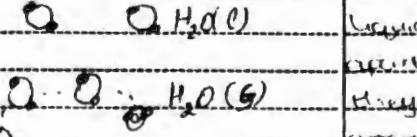
A11

Water solid move faster
H_2O (l)
H_2O (s)

A12

H_2O(l) molecules are moving faster, force of attraction.
H_2O (g) no forces of attracti

A13



A14

Liquid water they are further apart and a solid water they are much far apart closer to each other

A15

water molecule in liquid are moving and water molecule in solid water are not moving

A16

Solid water they are closely packed
liquid they are free not closely packed.

A17

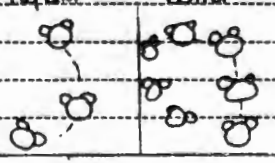
Arrangement of H_2O (l) is loosely bonded
Arrangement of H_2O (s) is tightly bonded

A18

liquid water move easily and quickly than solid water, solid water move slowly and hard because of ice bonded to each other

A19

liquid solid



A20

in liquid water

Response na rekenaarsimulasie

A11

In the solid water they become stable as solid and they never stop vibrate some of water molecules move constantly

A12

In a liquid molecules move in clusters. In solid there are spaces in between but they are still moving

A13

In liquids some are in gas form & in ice there is a fixed position of [illegible]

A14

In liquid the molecules move around while in solid they stay in one position

A15

In liquid water, water molecules are moving but in solid water molecule, water molecule are not moving and there is space

A16

liquid they are close to each other and they move. water ice – they have space between them and they have a slow movement

A17

In liquid arrangement is [illegible]
[illegible]

A18

liquid water → The molecules are apart and the move quickly and freely
solid water → Molecules are near to each other squeezing each other

A19

In water the molecules are move faster than ice they are fixed position and do move but slowly

A20

Liquid water is formes a bubble and they move. Solid water it remains on same place and move slowly

Response van respondente na tradisionele lesing en na rekenaarsimulasie

Response na tradisionele lesing

A21

B1

In the liquid state they can move in all three ways, in solid state they can only vibrate and form fixed rons

B2

In liquid water there are far apart In solid they arrange themselve in structure form

B3

① in liquid water molecule are vibration, circulating translating and the move close together

② in solid water the move in a set of line order following each other.

B4

The different in liquid water they vibrate rotate and translation, but in solid water they only vibrate because they are in a fixed stage.

B5

In liquid they are moving around 1 base or structure. In ice they are packed together in a chaotic formation

B6

Water molecule in liquid water can rotate, vibrate and translate. In solid no translate Water molecule in solid water cannot only rotate and vibrate slowly.

B7

In liquids molecules are moving freely doing all a movements In solids the molecules are arranged tightly together and are moving following in idir, but they are not

B8

The difference is in liquid water the molecules move in all direction with all water molecule movements. In ice they are in one direction and can vibrate more.

Response na rekenaarsimulasie

A21

B1

Liquid H_2O: The molecules move around in all 3 different ways. In solid ice the molecules are only vibrating and have more fixed positions

B2

Liquid water they are rotating vibrating & translating Ice water only vibrating

B3

Water in liquid move faster and do all the movements faster, The solid wate can only vibrate and they are organize in hollow forms

B4

In liquid they are much free they rotate, vibrate and translate but in solid they are fixed but they can vibrate

B5

In liquid they are close together and moving around. In ice it is fixed in a structure and it is only vibrating

B6

Liquid water can vibrate, translate and rotate. Solid water can vibrate only. The molecules of water bounded together in linear form and left spaces between.

B7

The liquid are moving freely making all a movements while the solid are arranged in a direction following the same manner and are only vibrating

B8

All three ways of water molecules are in liquid water and in solid the are fixed in ~~one direction~~ space forming a hollow with a vibrating movements

Response na tradisionele lesing

B9

In liquid they are close together. In solid water they are more close and they can only vibrate like forms straight packed.

B10

Liquid molecules move pa... apart and solid molecules ... close to each other and form ...

B11

liquid - molecules are not bonded together.
Solid - molecules are bonded together so that they form channels.

B12

In ice de b molecules are closed close together in channels
In waterlike die molekule close en verder van mekaar. In atoom is dy molekule ver verder van mekaar en dit beweeg.

B13

Liquid water

Solid ice



B14

They are close in water molecules in water and too much close in solid water (ice)

B15

Liquid water $H_2O(l)$
It moves fast, vibrates
Solid water $H_2O(s)$
move performance never
Vibrate fast

B16

Solid water $H_2O(s)$
Molecules apart
Has cling to each other
Has vibration of only molecules.
Liquid water $H_2O(l)$
- All types of movement (interplace, enough space in between
but not as big as in vapour gas.

Response na rekenaarsimulasie

B9

In solid molecule are packed together and they form a line, in liquid molecule are just moving around in ground

B10

liquid water ... Rotate
vibrate and Translate
Bonds solid ... Bonds
vibrate only and form
Gasses

B11

Solid mol forms sometimes
liquid - move singly

B12

In ice H_2O are closer together in bonds only vibrate
In $H_2O(l)$ the molecules are further apart; slide, vibrate and translate

B13

liquid water -
Distance between molecules are far apart.
Motion

B14

Water molecules in liquid water
Solid water molecules are packed together they never stop vibrating

B15

In solid water they are
molecules and water molecule are
liquid water are faster distance
between

B16

Liquid ... arrangement is
loosely close together
Solid - closely arranged
and all the vibrating
movement

Response na tradisionele lesing

B17

In liquid there is all (H) (O) and the there movements but in ice there is only vibration

Vraag 5: **Hoe kan water in die vloeistoftoestand van water in die vaststoftoestand onderskei word deur gebruik te maak van 'n chemiese formule?**

A1 $H_2O(\ell)$ A2 $H_2O(\ell)$ A3 $H_2O(s)$ ice $H_2O(l)$ liquid

A4 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$ A5 $H_2O(s)$ A6 $H_2O(\ell)$

A7 liquid $H_2O(\ell)$ solid $H_2O(s)$ A8 $H_2O(\ell)$ A9 $H_2O(\ell) \rightarrow H_2O(g)$

A10 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$ A11 — A12 $H_2O(\ell)$

A13 $H_2O(\ell)$ & $H_2O(s)$ A14 Solid Water $H_2O(s)$ liquid water $H_2O(\ell)$

A15 H_2O A16 liquid $H_2O(\ell)$ solid $H_2O(s)$

A17 $H_2O(\ell)$ liquid water $H_2O(s)$ solid water A18 liquid use (ℓ) solid use (s)

A19 $H_2O(s)$ $H_2O(\ell)$ A20 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$ A21 :

B1 liquid water → $H_2O(\ell)$ solid water → $H_2O(s)$ B2 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$

B3 $H_2O(\ell)$ — $H_2O(s)$ B4 $H_2O(\ell)$ Liquid water has (ℓ) and solid water has (s) $H_2O(s)$

B5 $H_2O(\ell)$ & $H_2O(s)$ B6 Liquid water have $H_2O(\ell)$ Solid water have $H_2O(s)$

Response na rekenaarsimulasie

B17

The difference is the movement and the space or distance between them

A1 $H_2O(\ell)$ A2 $H_2O(\ell)$ A3 H_2O (l)

A4 $H_2O(\ell)$ A5 liquid $H_2O(\ell)$ solid $H_2O(s)$ A6 H_2O (l)

A7 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$ A8 — A9 $H_2O(\ell)$

A10 Liquid $H_2O(\ell)$ Solid $H_2O(s)$ A11 H_2O (s) A12 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$

A13 $H_2O(\ell)$ A14 $H_2O(s)$ $H_2O(\ell)$

A15 H_2O (l) Liquid $H_2O(s)$ solid A16 solid ($H_2O(s)$) / Liquid ($H_2O(\ell)$)

A17 H_2O (l) H_2O (s) A18 By using $H_2O(s)$

A19 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$ A20 H_2O (l) $H_2O(s)$ A21 H_2O (g)

B1 liquid (ℓ), $H_2O(\ell)$ solid (s) $H_2O(s)$. B2 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$

B3 $H_2O(\ell)$ B4 $H_2O(\ell)$ $H_2O(s)$

B5 $H_2O(\ell)$ and $H_2O(s)$ B6 liquid cannot bended

Response na tradisionele lesing

B7 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$ B8 $H_2O(g)$ B9 (solid) $H_2O(s)$ liquid $H_2O(l)$

B10 $H_2O(l)$ B11 liquid – $H_2O(l)$ solid – $H_2O(s)$

B12 Ys → $H_2O(s)$ en bevriespunt melk B13 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$

B14 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$ B15 liquid water $H_2O(l)$ solid water $H_2O(g)$

B16 Solid water (s) Liquid water (l) B17 $H_2O(l)$ and $H_2O(g)$

Vraag 6: Wat gebeur wanneer ys smelt? Breek die watermolekule self op tydens die proses?

A1
No.
The solid water change to liquid water

A2
Yes.

A3
they move away from each other

A4

A5
to form vapour.

A6
the energy is still there and there is still molecules so the water can still moving but slowly.

Response na rekenaarsimulasie

B7 $H_2O(l)$ B8 $H_2O(g)$ B9 $H_2O_{(s)}$ $H_2O(l)$

B10 $H_2O(l)$ B11 Liquid – $H_2O(l)$ Solid – $H_2O(s)$

B12 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$ B13 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$

B14 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$ B15 $H_2O[l]$

B16 Mg $H_2O_{(l)}$ B17 $H_2O(l) - H_2O(s)$

A1
Yes. They move and break their fixed positions. They move around

A2
Yes, the movement starts to be faster and the molecules are able to break from each other.

A3
They breakaway and they start to move fast intake Erkgate

A4
Water molecules break up and [illegible] again, but more in the liquid [illegible]

A5
water molecule move spacely to each other until the ice melt

A6
the temperature heats it can up and the [illegible] becomes bigger to [illegible] the molecule.

Response na tradisionele lesing

A7	A8
No, They move freely. Starting to rotate and vibrate	
A9	**A10**
They vibrate but it is much less. yes.	the water just loussen yes the water molecules become break up by themselves
A11	**A12**
It collide	It changes from ~~liquid~~ solid to ~~solid~~ liquid yes, they now move ~~faster~~
A13	**A14**
Molecules becomes more energetic & moves fast, but water molecules break up after the process	No the molecules stay bonded to each other.
A15	**A16**
Molecules arrange again	Yes they do break up, and they move far apart to

Response na rekenaarsimulasie

A7	A8
During the process of melting water molecule vibrates more and they move in clusters, they also rotate & transfer	You are going to have more liquid, because the ice melt to liquid water is connected to water vapour
A9	**A10**
Firstly, they move very slow but still vibrating then vibrate more while melting after they have melted the molecules move very fast as in liquid phase.	yes they break up by them selves, then the molecule start vibrating very fast
A11	**A12**
the water molecule move faster like they want collapse	They break up and they move again in clusters
A13	**A14**
The molecules begin to vibrate & break from them begin to move fast	Yes
A15	**A16**
When the ice melts there is a lower density water molecules start to vibrate and then move around the water	Yes, they do break up

Response na tradisionele lesing

A17
Molecules becomes loose bond

A18
Ice become in a water form, NO? they bonded to each other

A19
The water molecules moves faster

A20

A21
The movement of molecules can take place in water

B1
No, the H_2O molecules only break the bondings and start to move again in all 3 ways not only vibrating in fixed rows

B2
The molecules break down and form tiny little parts
Yes

B3
Water molecules seperate and continue to vibrate, translate and circulate.

B4
When ice melts the molecules are heated and they start rotating, vibrating and translating. Yes the molecules themselves break up.

B5
The water molecules starts to rotate, translate & vibrate faster, causing them to break the forces and move around not.

Response na rekenaarsimulasie

A17

A18
The ice float on top of the water.
yes

A19
The water molecules do break up from the fixed position in which they were in

A20
The ice melts to liquid form the water molecule break up themselves. Temperature increases and move faster

A21
The water molecules can separate to each other and have a space. and they can break up

B1
No, they only start moving again in all 3 possible ways, and break the fixed positions.

B2
Water molecules breaks up, causing the molecules to be free and move to all directions

B3
Water molecule don't break up but they continue with their movements as the temperature increase

B4
they become more free in rotating, vibrating and translating.
NO.

B5
The water molecules break some of their forced structure and they start to move more rapidly not.

Response van respondente na tradisionele lesing en na rekenaarsimulasie

Response na tradisionele lesing

B6

When the ice melt the water become in a liquid form. No. It will seperated not break up. Evaporation takes place.

B7

Yes, they start to move freely again and they more too fast.

B8

Yes, they go back to the liquid water where now water molecules move again in its three ways.

B9

When the ice melts molecule start to rotate and also vibrate and translate. Molecule move freely, molecule start to move around

B10

When molecule break up and start to rotate and translate because vibrate always be there when energy is send

B11

NO. The molecules starts to vibrate more faster because of the heat added. Eventually they start to rotate & translation occurs.

B12

No, if the water are a solid it don't rotate anymore but if it melts it starts to rotate again.

B13

Yes, they separate and go in all sorts of directions

B14

Evaporation takes place which is called the steam. Yes because the water start to boil.

B15

The water from ea- ea- other and co- ex- ho- d again in fo- - longer. Yes.

Response na rekenaarsimulasie

B6

NO. Water molecules supposed to be a liquid state not water molecules break up. It will be in form of liquid state

B7

Some of the water molecule in a liquid solid state break up and start to move by doing all 3 movement

B8

Solid phase change to the liquid water. No Molecules vibrate more

B9

translation takes place and they start to vibrate more quickly and they not move in groups

B10

No, [illegible] molecule [illegible] equilibrium and starts to [illegible]

B11

The molecules starts to vibrate faster and they eventualy break the bonds in between them

B12

No, the molecules starts to rotate and translate again

B13

No. Molecules vibrate more actively when temperature increase.

B14

Molecules vibrate more easily when the temperature increases

B15

The move faster and the temperature increases

Yes

Response na tradisionele lesing

B16

The vibration movement increases as it continues melting until all the movement is included and it flows H_2O (L) Water molecules doesn't break up

B17

Molecules don't break up but the attraction force between them is reduced allowing free movement

Vraag 7: Wat is die verskil in die rangskikking van die watermolekule in watervloeistof en waterdamp (stoom)?

A1

They have lots of energy and move very fast

A2

Liquid water

Solid water vapour

A3

Liquid water they are bonded together when they start to touch the bowl

A4

In water vapour there is no forces of attraction

A5

A6

The Liquid water has Liquest molecules and for of attraction. But in steam there is no force of attraction

A7

In water vapour they forms bubbles and inside there is gas

A8

Liquid water

Response na rekenaarsimulasie

B16

No the movement vibration become faster and faster as the water melt.

B17

Energy breaks the attraction forces.

A1

They move around they fast e them ake each other

A2

In water they do move fast in all three movements and in steam there is a lot of space between them and move in a very fast way.

A3

Liquid - they are grouped to together

steam - they are away there stay

A4

In liquid water molecules are less from another in water vapour, molecules are close to each other

A5

Liquid water vapour

A6

In water vapour the molecules can move in the large space and they move faster than in the liquid.

A7

In liquid water they move in clusters

In water vapour the is too much space in between.

A8

Empty space in between and they moves faster

Response na tradisionele lesing

A9

the process is much faster
- they are not bonded anymore
- they can collide

A10

in liquid water they moves fast but as water vapour they move more fast

A11

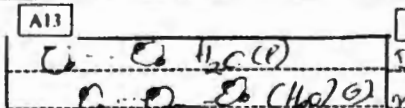
Water liquid it form a bond

Water move faster

A12

In steam no forces between molecules

A13



A14

In water vapour the molecules are far from each other

A15

Water molecules in liquid not vapour are more than water vapour, in water vapour are many

A16

Water vapour - molecules lossess their bond

A17

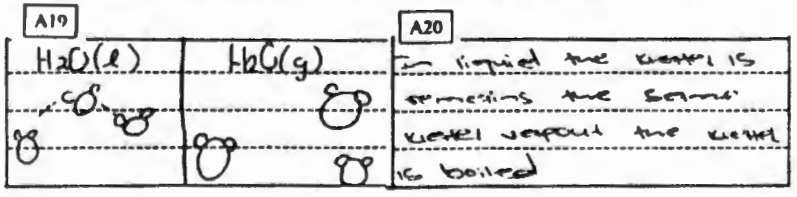
$H_2O(l)$ → the bond is tight

$H_2O(g)$ → the bond of molecules is free

A18

Liquid water moves in a way that we can not see and water vapour moves quicky and faster

A19



A20

In liquid the water is smooths the same water vapour the water is boiled

Response na rekenaarsimulasie

A9

Liquid water (l)
water vapour or steam is (g)

A10

H2O as water vapour is more spacing but in liquid more quiet

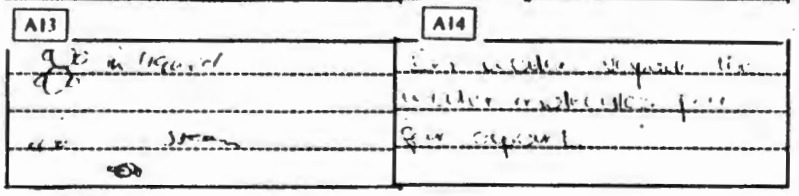
A11

Water they vibrate but they leave a space when they move

A12

In steam the are more spaces between molecules and they move faster

A13



A14

In water vapour the water molecules are far from each other

A15

Water molecules in liquid the molecules are many and moving. Water vapour are not many

A16

liquid water they hump to one other.
Water vapour - the have space between them.

A17

liquid water have very between

Vapour the most space

A18

Liquid water → molecules are apart each other and moving
water vapour → molecules very moves quicky and vare to escape

A19

In liquid the molecules move in small and in vapour the move freely they [illegible]

A20

In liquid water the water is the same in water vapour the water change to molecules

Response na tradisionele lesing

A21

B1
In steam the H_2O molecules need alot more moving space, in liquid H_2O not so much

B2
In liquid water there are in clusters and Water vapour are scattered around

B3
Water vapour molecules are pushed away from each other because of the faster movements.

B4
In liquid the water molecules are not packed and in water vapour they are packed

B5
The molecules in steam is further apart from one another than in liquid water.

B6
Water molecule in liquid vapour and rapide. Water molecule in steam move very very fast.

B7
In liquid water they are freely moving and in vapour they are moving like a wide mating collision and forming bubbles slapping with

B8
In liquid water the move in all directions and are close'y packed In water vapour they are far apart with large surface. They collide

B9
Water molecule are closed together. In Water vapour molecules are have large space after)

Response na rekenaarsimulasie

A21

B1
Steam: The H_2O molecules are far apart, they make very fast and bump each other.

B2
~~liquid H_2O~~ is in clusters
Water vapour they moovets the same side

B3
Water in vapour move far apart from each other by distance, and more faster.

B4
In liquid they rotate, vibrate and translate and in water vapour some water molecules are released.

B5
In water vapour the molecule is further apart and they are moving faster.

B6
The water molecules in water vapour more faster than that in the liquid state.

B7
The liquid ones are, freeze closely together and have collision take place between the vapour but collision is too many are far apart from each other

B8
In liquid they are closely together vibrating, rotates and translate. In steam the water molecules are far apart translating & the motions

B9
Water molecule they always vibrate and translate moving around in groups same molecule form like molecule

Response na tradisionele lesing

B10
Waters molecule [illegible] when [illegible] and they [illegible] form bubble the [illegible]

B11
liquid - molecules are close to each other
Steam - Molecules are far apart & moves faster.

B12
The molecule are further apart and vibrate faster in steam

B13
liquid water moves at the same direction. Water vapour moves in all [illegible] directions.

B14
They are closed together in liquid water and far apart in water vapour (steam).

B15
liquid water, [illegible]
Water vapour the more absorb heat water move out further

B16
The arrangement in liquid is free and a bit scarted and still close together in liquid form. In water vapour the arrangement is scarted and have big spaces with all movements

B17
- [illegible] movement in vapour is more than in liquid cause of increased energy

Vraag 8: Wat word binne-in 'n borrel in kokende water aangetref?

A1 steam, A2 Water vapour A3 Steam

A4 water vapour A5 molecule of water moving

A6 [illegible] A7 Water vapuil

A8 water vapour A9 is the steam

A10 we have steam A11 Water vapour Steam

Response na rekenaarsimulasie

B10
Liquid water molecule [illegible] and steam molecule are [illegible]

B11
liquid - close to one another
Steam are far apart from each other

B12
In steam the molecules are much further apart and move faster.

B13
① Distance between molecules
② Motion.

B14
Molecules are far apart. liquid closed together (steam)

B15
Liquid water and water vapour they are moving

B16
[illegible] of molecule in solid is compact and in liquid is far apart and move freely fast.

B17
The distance between the molecule.

A1 water molecules A2 Water molecules A3 water (H_2O)

A4 Water molecules A5 inside in boiling water is

A6 The gas molecules A7 Water Molecules moving away from each other

A8 Nothing A9 molecules.

A10 molecules A11 the air

Response na tradisionele lesing

A12 Is steam A13 Is boiling water in gas form

A14 Water A15 Water molecule A16 Water

A17 Water vapour A18 molecule

A19 Water A20 A21 Evaporation

B1 Steam (gas H_2O) with liquid H_2O on the outside B2 steam

B3 steam.

B4 Is the water in a gas form B5 It is steam that is trapped.

B6 There is a water B7 Steam and water molecule

B8 Water B9 Water its self molecule.

B10 water in the form of vapour B11 Steam.

B12 steam B13 The water in form of vapour.

B14 Molecules B15 It is vibrate, translate of water

B16 Inside a bubble is water in the form of a gas.

B17 Water molecule in gaseous state

Response na rekenaarsimulasie

A12 steam and water molecules A13 Molecules of ...

A14 The molecules A15 Steam A16 Air

A17 ... A18 A molecule

A19 There is almost empty space that the molecules move in side to the other molecules with the edge of the bubble A20 There is a ... A21 The air bubble

B1 A few H_2O molecules with very high energy, pushing the others away to form the bubble membrane. B2 steam (gas)

B3 Water vapour

B4 Water molecules B5 molecules in gas state that are moving very fast.

B6 Is the water in forms of a gas B7 Water molecules ...

B8 Water molecules B9 Steam which molecule move very far apart

B10 ... molecules B11 Steam.

B12 steam B13 Vapour molecules with empty space in between them

B14 Molecules who with spaces between them B15 Space

B16 Molecules ... vapour form ... space ... gas.

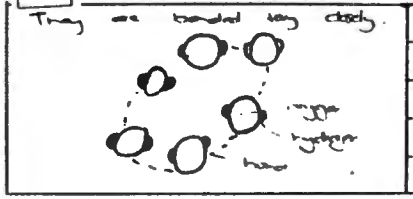
B17 High energy molecules turned into vapour

Response na tradisionele lesing

Vraag 9.1: Teken 'n diagram met byskrifte om water in die vloeistoffase op die molekulêre vlak voor te stel.

Vraag 9.2: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die vloeistoffase verkeer.

A1



They are bonded very closely. They exist but doesn't bond the bonds.

A2



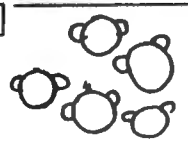
They attract each other

A3



They must to have place to another. They vibrate faster. Theyhas bonded since

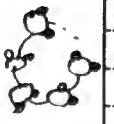
A4



They are translational. Trim and place to the other.

A5

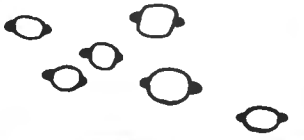
$H_2O(l)$



water molecule is bonded to each other

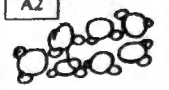
Response na rekenaarsimulasie

A1



They mass loosed in clusters and bonds with each other

A2



They are grouped togeth they rotate, vibrate & translate

A3



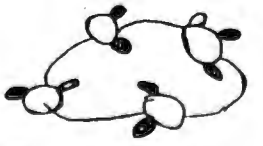
They move very close to each other and less space is there They move in faster than when they are frozen

A4



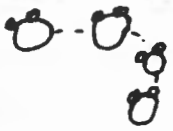
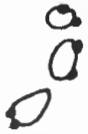
They are bonded to each other and vibrate.

A5

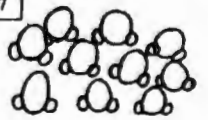
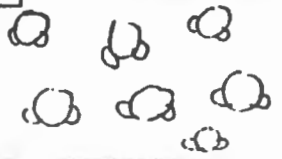
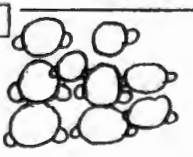


water molecule move spacely to each the leave space in between

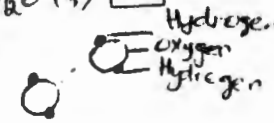
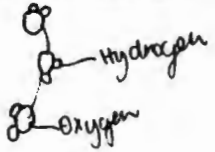
Response na tradisionele lesing

A6 	the forces of attraction between and the water are bonded by attraction force itself in which the can form a droplet
A7 	They rotate, vibrate and Transit to each other
A8 	Move faster have enough space
A9 	they are vibrating - they are bonded - they are also moving around there is a force of attraction
A10 	They just move slowly
A11 	The combine and form a bond because water move Freely

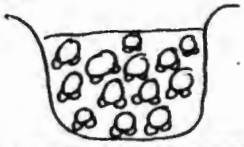
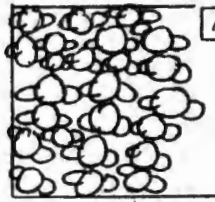
Response na rekenaarsimulasie

A6 	the molecules rotate all the time
A7 	they move in clusters, rotating, vibrating and transiting
A8 	they move faster, and there are space in between them are glasses together
A9 	Molecules can rotate and move very fast but close to each other.
A10 	They are just close to each another and they are always moving
A11 	they move faster all the time they condensed down and back to liquid

Response na tradisionele lesing

A12 	The are spaces between particles, the forces of attraction, and move freely
A13 	They move around & vibrate & collide. If placed for a long time even at room temp they evaporate.
A14 	
A15 	They move from one part to another part
A16 	they move free at a normal rate
A17 	may vibrate and rotate and also move from one place to the other and they move fast

Response na rekenaarsimulasie

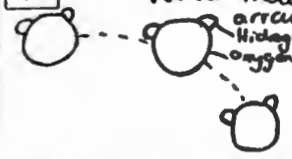
A12 	They are in groups and they move.
A13 	Molecules vibrate & move in different directions, some are clustered (in groups)
A14	They move around in clusters.
A15 	They moving and collect each other.
A16 	they bumped to each other
A17 	clusters Much space between molecules

Response na tradisionele lesing

A18



A19



The molecules bouns agains each other

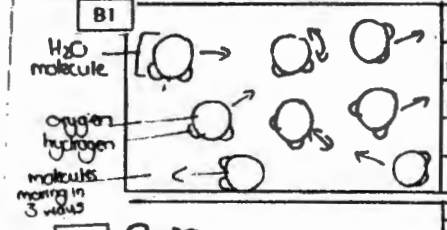
A20

water molecule

A21



B1



The H_2O molecules move in 3 ways, connecting with each other from time to time

B2



There all movements of water. Every molecule is free to move to any side.

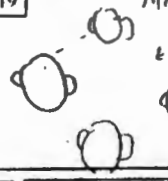
Response na rekenaarsimulasie

A18



The molecules are too much apart from each other and move freely and vibrate easily

A19



they vibrate they rotate & translate

A20



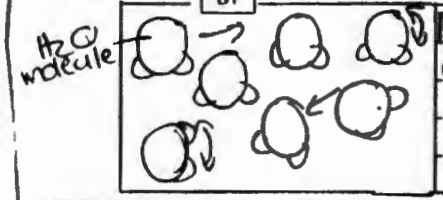
The water molecule may rotate and move through space and vibrate. The motion and distance

A21



The water molecules move up and down

B1



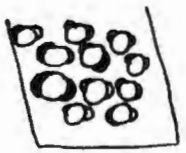
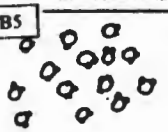
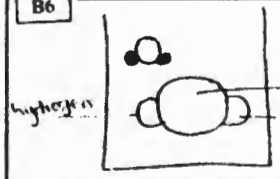
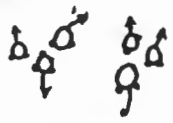
Molecules moving close to each other in 3 ways

B2

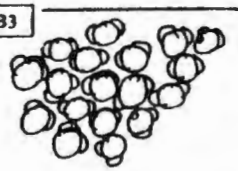
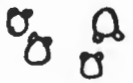
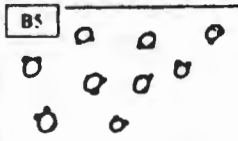
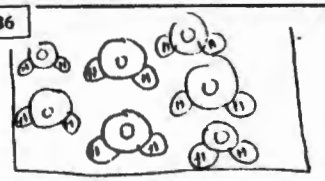
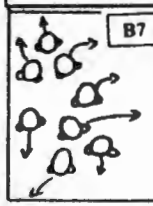
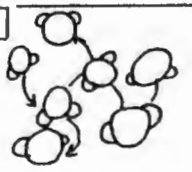


Water molecule moves in cluster all directions. All form of movement are presents.

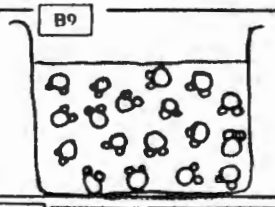
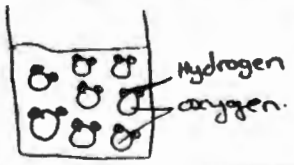
Response na tradisionele lesing

B3 	Water molecule stick close together and even if they move they don't move apart or tight they continue in the same manner.
B4 	They interact very freely and slowly taking their own time.
B5 	They are moving around causing attractive collisions between the molecules.
B6 	The water molecules move from one place to another all the time. The evaporation takes place.
B7 	The molecules undergo all the movements of water moving first.
B8 	They rotate, vibrate and translate in all directions all the water molecules.

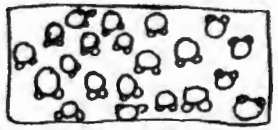
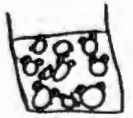
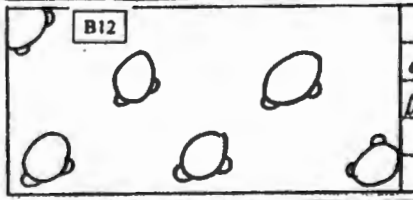
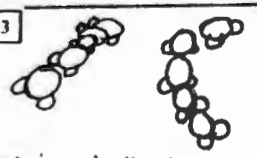
Response na rekenaarsimulasie

B3 	When water molecules are in a liquid state they move in the three movements and others move in cluster.
B4 	They rotate, vibrate and translate that is they have the freedom of movement.
B5 	They can form clusters to move in groups or they can move on their own.
B6 	When the evaporation takes place the water molecules are far apart.
B7 	They move freely making all 3 motions and they don't collide too much but they still move.
B8 	The water molecules move around in different directions by rotating, translating and vibrating.

Response na tradisionele lesing

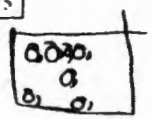
B9 	They close to each other they don't fow move just they are slow but they rotate, translate & vibrate
B10 	Water can vibrate, rotate and translate. Water molecule are not close to each other
B11 	They move in all 3 movement and may collide.
B12 	The molecules rotate and vibrate on their oje and sometimes in groups. There are a bond between the molecules.
B13 	There is lot of spaces between the molecules for free movement.
B14 	They move on the one side

Response na rekenaarsimulasie

B9 	They vibrate and translate and they are not making far apart they are closed they move slow.
B10 	They are in equal size the move not to much slower and bump to each other.
B11 	They move in all 3-ways they vibrate, rotate & translate
B12 	They move around in cluster or on their on vibrating, translating and rotating
B13 	
B14 	They are far closed to one another. The is space between molecules when they move around.

Response na tradisionele lesing

B15



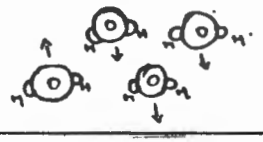
The can zone expan- and form bond water will force pressure and water will move out

B16



Molecules are moving with their three type of movement as a liquid and enteract with each other as they move. Os water is never still.

B17



The molecule vibrates, rotates and translates with other molecules

Vraag 10.1: Teken 'n diagram met byskrifte om soliede water (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.

Vraag 10.1: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die soliede fase verkeer.

A1



They are still bonded and can move around.

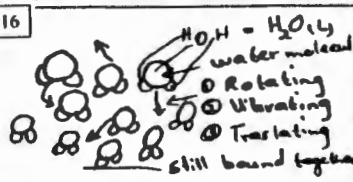
A2

Response na rekenaarsimulasie



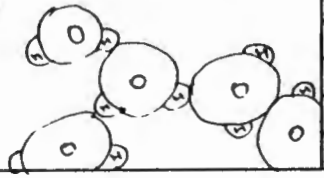
They will bound bond to each other, the vibrate, moving rotate around

B16



The water rotate, vibrate and translate as it is not just still.

B17



They vibrates, rotates among themselfs and translates with each other

A1



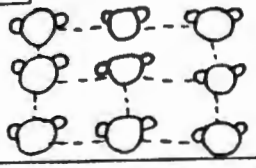
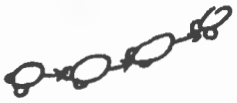
They are in mass fixed positons and can only vibrate.

A2

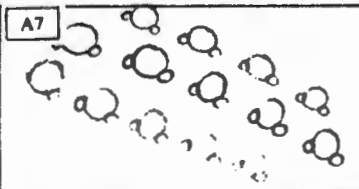


water molecules are packed very close to each other and they still vibrates

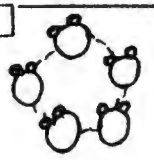
Response na tradisionele lesing

A3 	the molecules in ice. They have bond that are not strong.
A4 	They attach one another closely and move and vibrate.
A5 	water molecule move far apart each other.
A6	in solid water can move but slowly. But there is still the surface molecule in solid water.
A7 	They loose energy They become closely packed.
A8 	

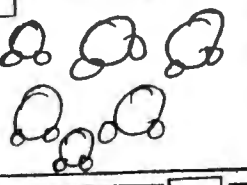
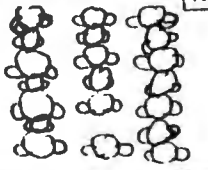
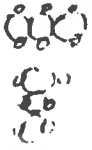
Response na rekenaarsimulasie

A3 	there are spaces between they dont move to fast but the still vibrate.
A4 	[illegible] vibrate at [illegible] time.
A5 	more closed to each other
A6 	the molecules still moving but they vibrate all the time and faster if they melt. The distance is [illegible] but small.
A7 	They vibrate slowly and are arrangeed in rows
A8 	Molecule are no longer moving but still vibrating and are packed closely

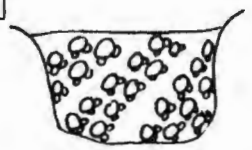
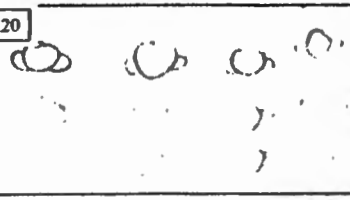
Response na tradisionele lesing

A9 	- they are strongly bonded - they are vibrating but much less - they are no force of attraction
A10 	they molecule move very fast slowly as an interact to each another
A11 	The forces abound between each other and relax.
A12 	Water molecules are close to each other. They don't move freely.
$H_2O(s)$ A13	They are closely packed to each other and still moves but not very energetic.
A14 	They stay fixed but still move

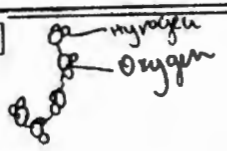
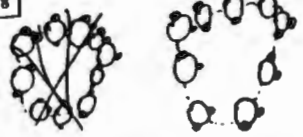
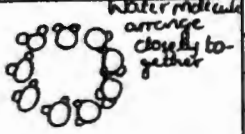
Response na rekenaarsimulasie

A9 	the molecules are still vibrating and the move to the same direction
A10 	H_2O molecule are arranged like a stream line and when it is still it is also moving but only vibrating
A11 	they leave the space when they condensed down and they are tough
A12 	they are fixed in space and are are still vibrating
A13 	They only vibrate but still closely packed
A14 	They more closely as they are close to each other

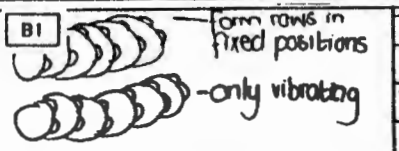
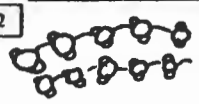
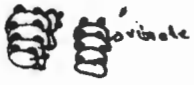
Response na tradisionele lesing

A15 	They start by vibrate then at last They only not & interact with each other because it stand without moving
A16 	they are in clusters but they have a slow movement.
A17 	Particles are very not so vibratory not much distance
A18 	the Ice squeeze each other and can vibrate but not too easily in a low density
A19 	They are in a fixed position but do vibrate a little.
A20 	The vapor molecule they didn't form a bubble they move slowly, they vibrate and still move

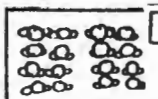
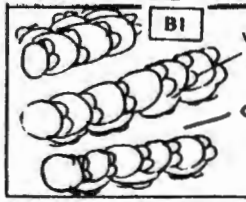
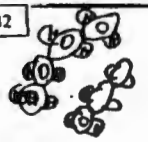
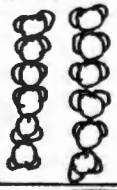
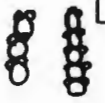
Response na rekenaarsimulasie

A15 	
A16 	they can not move fast (move slow) because they can't reach the freezing point.
A17 	They vibrate and they don't move rapidly because of the tight bond
A18 	they bonded with each other, but moving lower
A19 	The molecules don't move that much but they vibrate a little.
A20 	The vapor comes to a liquid, the vapor is freeze on first time it became to solid

Response na tradisionele lesing

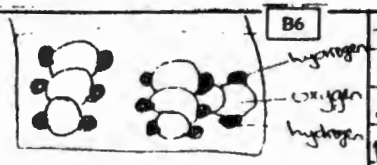
A21 	
B1 	They form rows in fixed positions making channels They can only vibrate
B2 	The water molecule stops rotation And they then group themselves in clusters forming a chain.
B3 	When less energy is applied to water molecule draw tightly together in an organized form of a ey crystal
B4 	They solids and they become fixed not moving
B5 	They arrange themselves in a fixed structure where they only vibrate.

Response na rekenaarsimulasie

A21 	water molecules have enough space they move freely
B1 	They vibrate only. The have fixed positions and form channels.
B2 	They move in clusters forming a line. The molecules are only Vibrating
B3 	Water molecule don't stop vibrating when they are in a solid state, But they are more organized.
B4 	They vibrate and the are in a fixed position
B5 	they are very close together and the only movement caused is vibrations of the molecules.

Response na tradisionele lesing

B6



The water molecules does not move from one place to another. No evaporation takes place.

B7



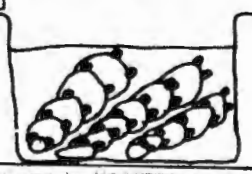
The molecules are tightly bonded & strongly whereas they are not moving freely but they vibrate to each other.

B8



The water molecule bond together and vibrates only. They cannot translate and rotation.

B9



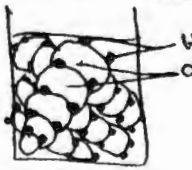
They only vibrate. There is no translation, rotation of molecule they are closely packed

B10



Water molecules are close to each other and the form a channel

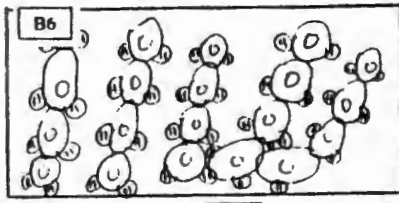
B11



They only vibrate.

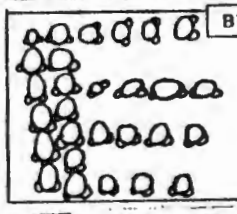
Response na rekenaarsimulasie

B6



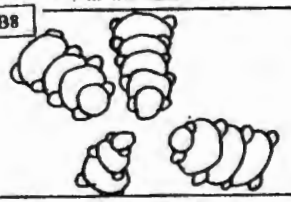
When the water changes into liquid. They can't remain

B7



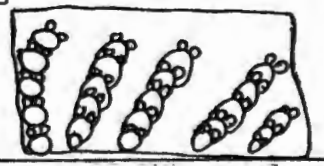
They are arranged in sequence and they look as if they are making a hollow inside, they are standing still and they are only vibrating.

B8



They are fixed together forming a channel like with a hole and even vibrating

B9



they packed to each other and form stream line of molecules and vibrate

B10



They form line and they can not rotate or translate and they can vibrate.

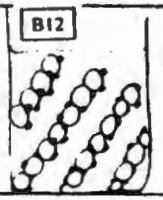
B11



They only vibrate.

Response na tradisionele lesing

B12



$H_2O(l)$

The H_2O molecules are bonded stronger together and only vibrate now. Hulle is gerangskik in banale

B13



The movement is very slow. Translation & rotation can not be observed. Only vibration can be observed molecules.

B14



Pack together

B15



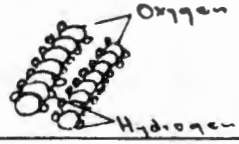
The water will vibrate and come to bond to each and make forces. They will translate

B16



The are arranged in a raw form and packed. They have vibration a little as possible and as only movement taking place

B17



The molecules vibrates with each other only but there is no other movement due to the reduced energy

Response na rekenaarsimulasie

B12



Only filtrate, bonded into tunnels.

B13



① Space in between molecules

②

B14



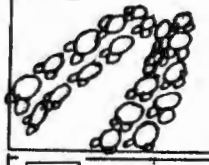
They closed to one another. They are packed. ✗ is The molecules are closed to one another.

B15



They will move faster vibrating ~~pus-pushing~~ each other

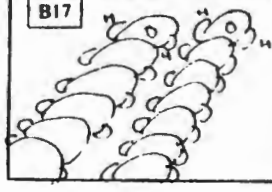
B16



H_2O_s,

They cling to each other and have a slight rate vibration movement.

B17



They are in fixed state or position but vibration still occurs

Response na tradisionele lesing

Vraag 11.1: Teken 'n diagram met byskrifte om waterdamp op die molekulêre vlak voor te stel.

Vraag 11.2: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die gasfase verkeer.

A1



They are still bonded
but more apart from
each other in every direction

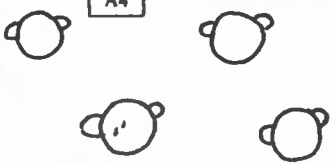
A2

A3



They form strong bond
and the start to move.

A4



They vibrate or
move around distant
from one another
But they move
fast.

A5

$H_2O_{(g)}$

Response na rekenaarsimulasie

A1

They move around
very fast & bump into
each other

A2



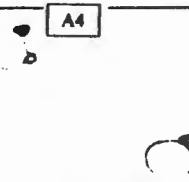
The move very fast and
there is a lot of space
between them and they
still have the equal size

A3



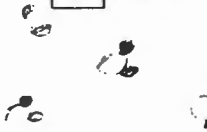
There are still empty
space in between.

A4



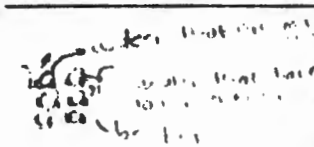
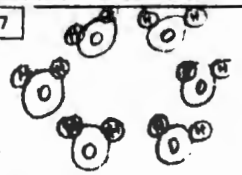
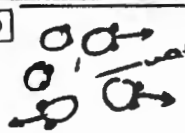
They have no force
of attraction

A5

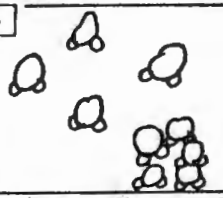
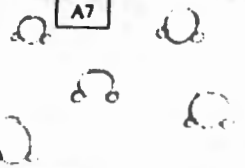


leave space and they
distance is move
but the molecule are
the same

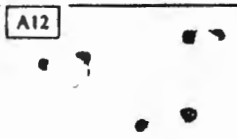
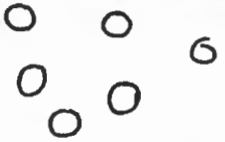
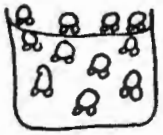
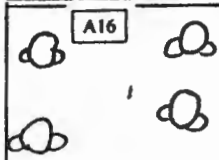
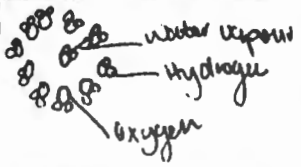
Response na tradisionele lesing

A6 	Some of the water can go in the evaporation as gas. and some can still in the heater because they have lower energy
A7 	They form a bull around water vapour
A8	
A9	they are not bonded they move very fast.
A10 	— = water molecule as gas move — faster than you can think
A11 	they move faster because they are heated and they form bubbles into wate

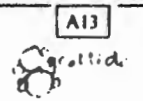
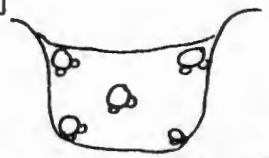
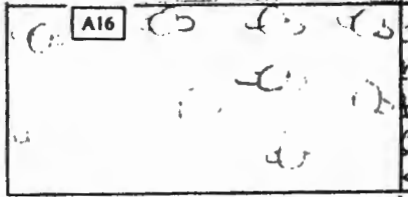
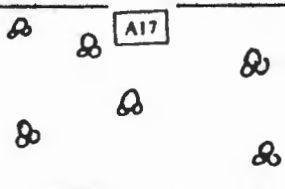
Response na rekenaarsimulasie

A6 	They leave more space between them. They move faster than Heat or solid
A7 	Water molecules move faster and much more space between each other
A8	
A9 	the molecules translate and they move very very fast and they are dispersed.
A10 	they are far from one another than the molecule move slowly
A11 	the move much faster at 640 m/sec the motion and distance of molecule much greater the move gradually to the surface

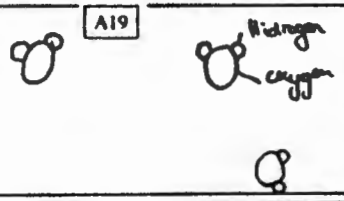
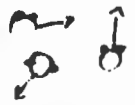
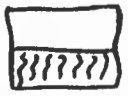
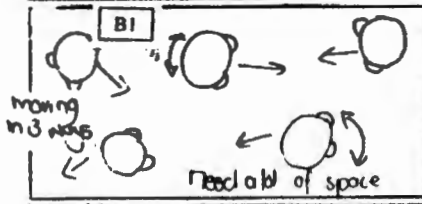
Response na tradisionele lesing

A12 	The are no forces between the molecules
$H_2O(G)$ A13	Molecules moves in such a fastest way. they break up
A14 	They move very fast
A15 	They moving by means of heat
A16 	They move fast, the even bump together, because of the increase in temp.
A17 	Molecules move very fast because the bond is not very strong. They move freely.

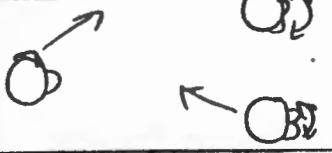
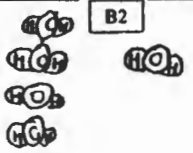
Response na rekenaarsimulasie

A12 	They space between them is greater and they are moving faster.
A13 	There is lots of space in between molecules there is also lots of collision
A14	they are far from each other, they do not bump but are pulled back by other molecules
A15 	They moving but not many are at two or three. Not like water molecule in liquid.
A16 	they have a freely movement and they bump into each other after sometime.
A17 	They move faster + more + more space between them

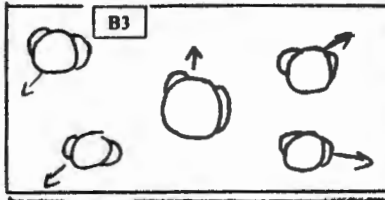
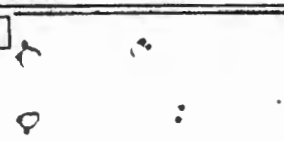
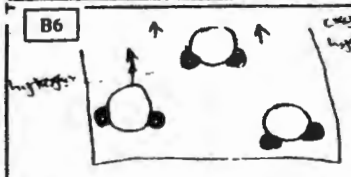
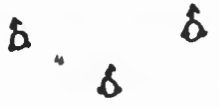
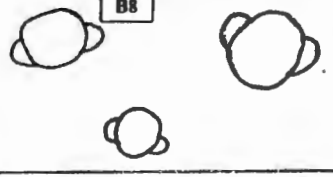
Response na tradisionele lesing

A18 	The part from each other and become too much apart
A19 	Molecules moves fust and furious, because of the tension occuring
A20 	each molecule moveout
A21 	
B1 	When they are a gas, they need a lot of space to move in. They move very fast in all 3 ways
B2 	H_2O molecules can move apart. So there are all movements.

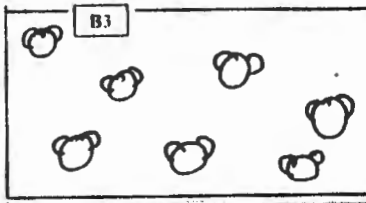
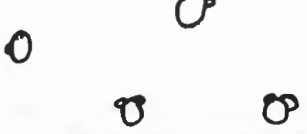
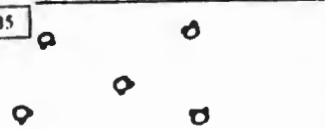
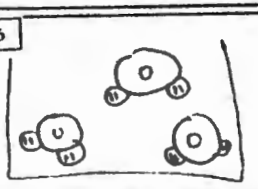
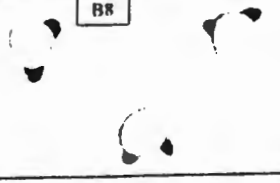
Response na rekenaarsimulasie

A18 	The one afart from each other each more cuter stand by itself and moving quickly
A19 	The molecules move very far apart from each other through translation
A20 	The water molecule move through the water liquid, the bubble move and pushing each other.
A21 	They have full space with molecules can move freely
B1 	They move very fast in all 3 directions ways and they are far apart
B2 	There is many empty space there is too much collision

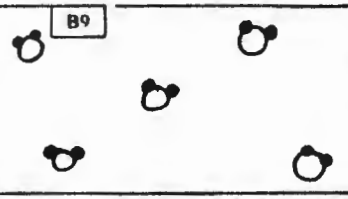
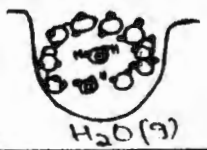
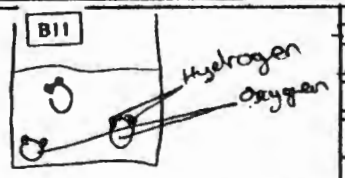
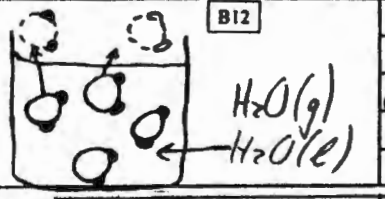
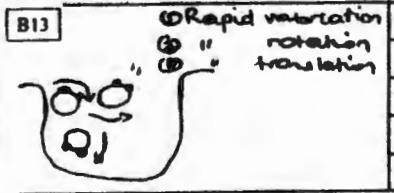
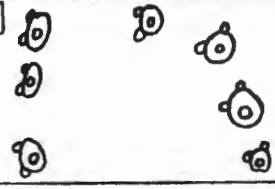
Response na tradisionele lesing

B3 	When more energy is applied water move rapidly, then the molecules bump into each other and causing friction,
B4 	They become very far to each other.
B5 	~~They are moving very fast & also are rotating and vibrating so fast for the eyes to be actually see~~
B6 	The water molecules move very very fast.
B7 	The molecules are further apart from each other. collision is taking place because they are moving fast, they vibrate rotate & translate.
B8 	The distance is larger in space even the motion of water molecules

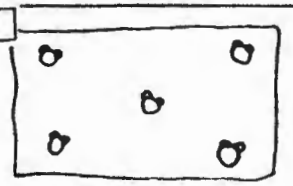
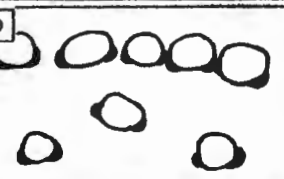
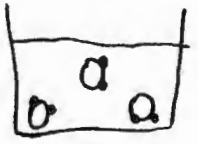
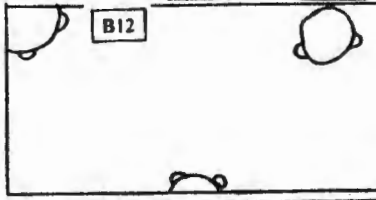
Response na rekenaarsimulasie

B3 	Water molecules move more faster in a gas phase, and further apart, Bumpin into each other.
B4 	They are in clusters and become more free.
B5 	~~They are far apart and they move very very fast which causes them to loose into each other.~~
B6 	
B7 	They are moving fast colliding with each other, they are making all 3 movements of a water.
B8 	They water molecules are far apart and collide one another with a large surface

Response na tradisionele lesing

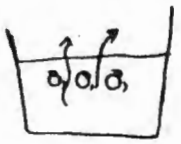
B9 	They move very fast because they are far to each other - they vibrate, translate and rotate.
B10 	Water molecule pass one another and form something like circle circle is a line like structure.
B11 	They move very fast they collide with each other they can evaporate
B12 	They filtrate very fast and are far from each other. As from
B13 	They bump into each other a lot due to the high temperature of the container that is used to boil that water.
B14 	Move side by side They have space between the molecules

Response na rekenaarsimulasie

B9 	They move far apart they have big space between them and they move fast
B10 	Water molecule make channel and said they are move fast when temperature cool [illegible] to water
B11 	They rotate, translate and vibrate, they move very fast
B12 	We move around very fast rotating & translating, vibrating. Bumping into each other
B13	The water molecules are leaving away but some are returning.
B14	They change to water vapour which is a steam

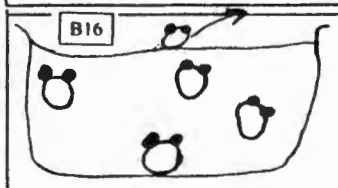
Response na tradisionele lesing

B15



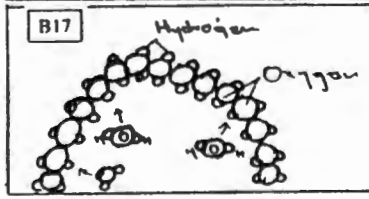
They will move fast. Each one will be vibrate fast

B16



Molecules are far apart as they are in the space and in the containes the collide and form a pressure - steam - gas.

B17



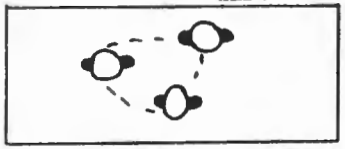
Highly energetic molecules pushes out other molecules of low energy which results in evaporation and formation of bubbles

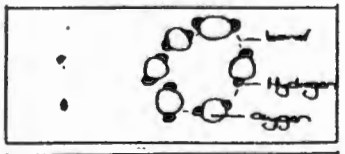
Vraag 12.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **soliede water (ys)** op die molekulêre vlak voor te stel.

SMELTING →

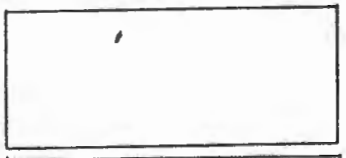
Vraag 12.2: Teken 'n diagram met byskrifte om **watervloeistof** op die molekulêre vlak voor te stel.

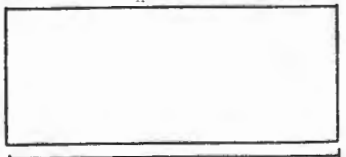
A1



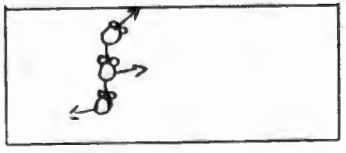


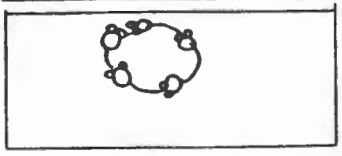
A2





A3





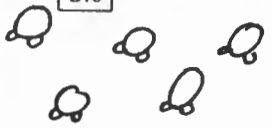
Response na rekenaarsimulasie

B15



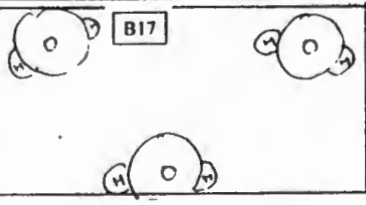
They will be more far from each other

B16



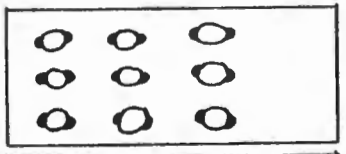
They move in a fast movements and far apart from each other.

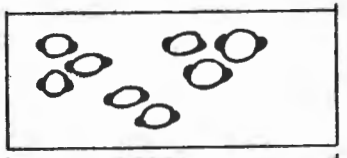
B17



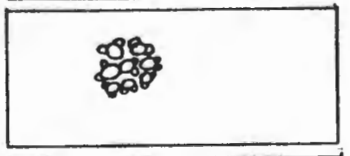
The three movements still occurs but the distance is much greater between them

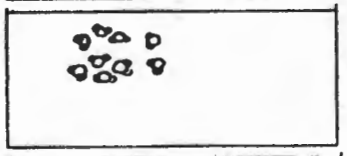
A1



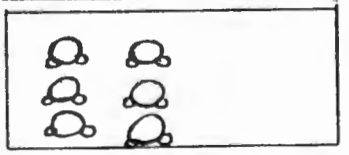


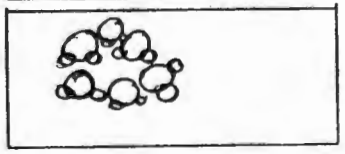
A2



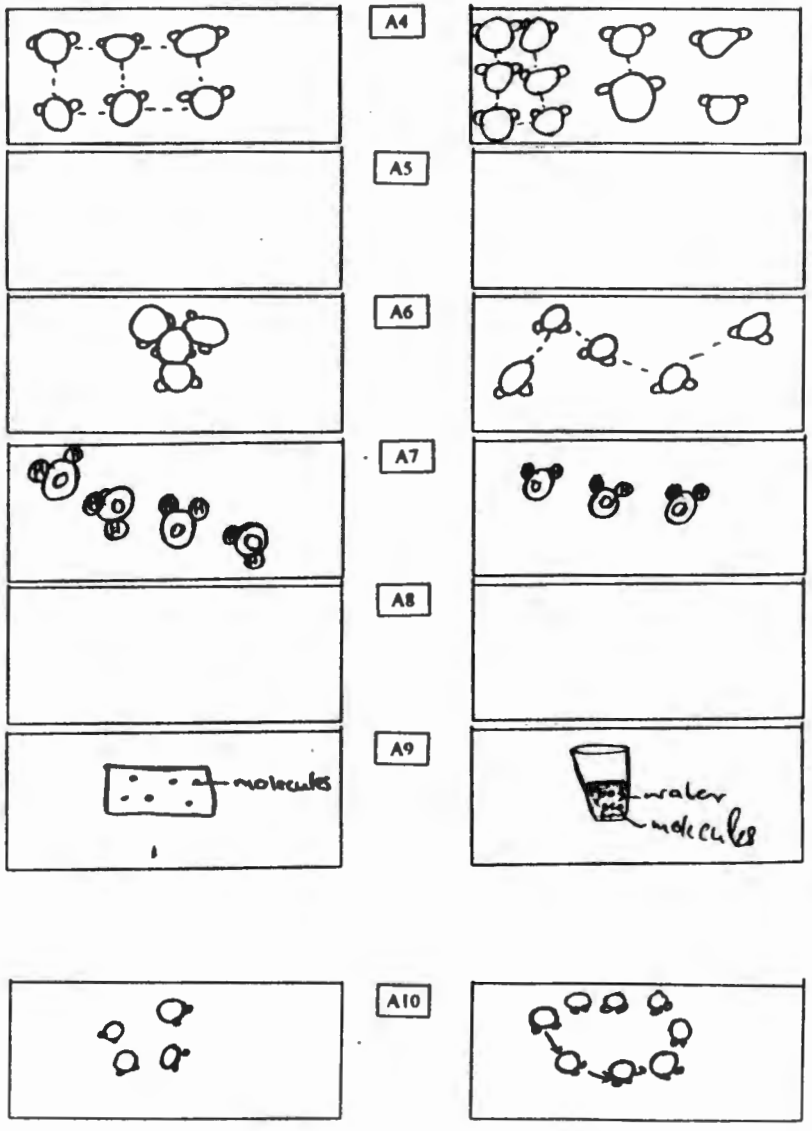


A3

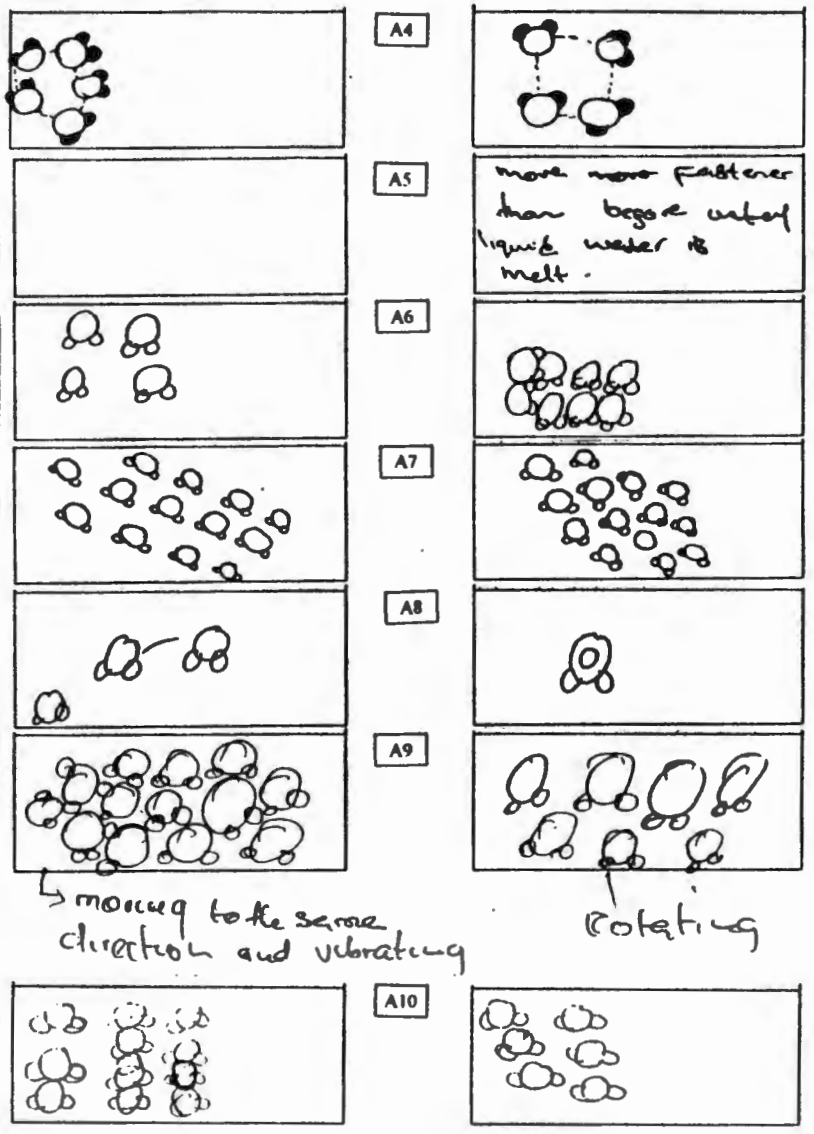




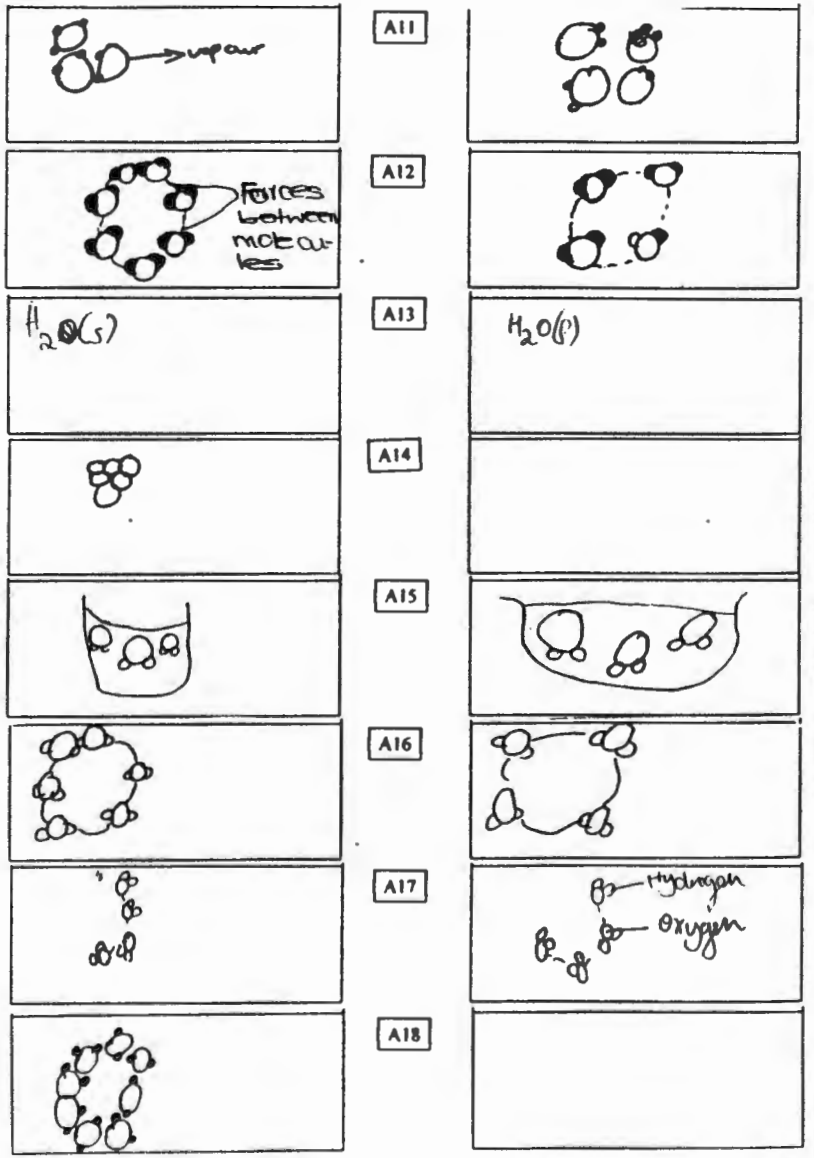
Response na tradisionele lesing



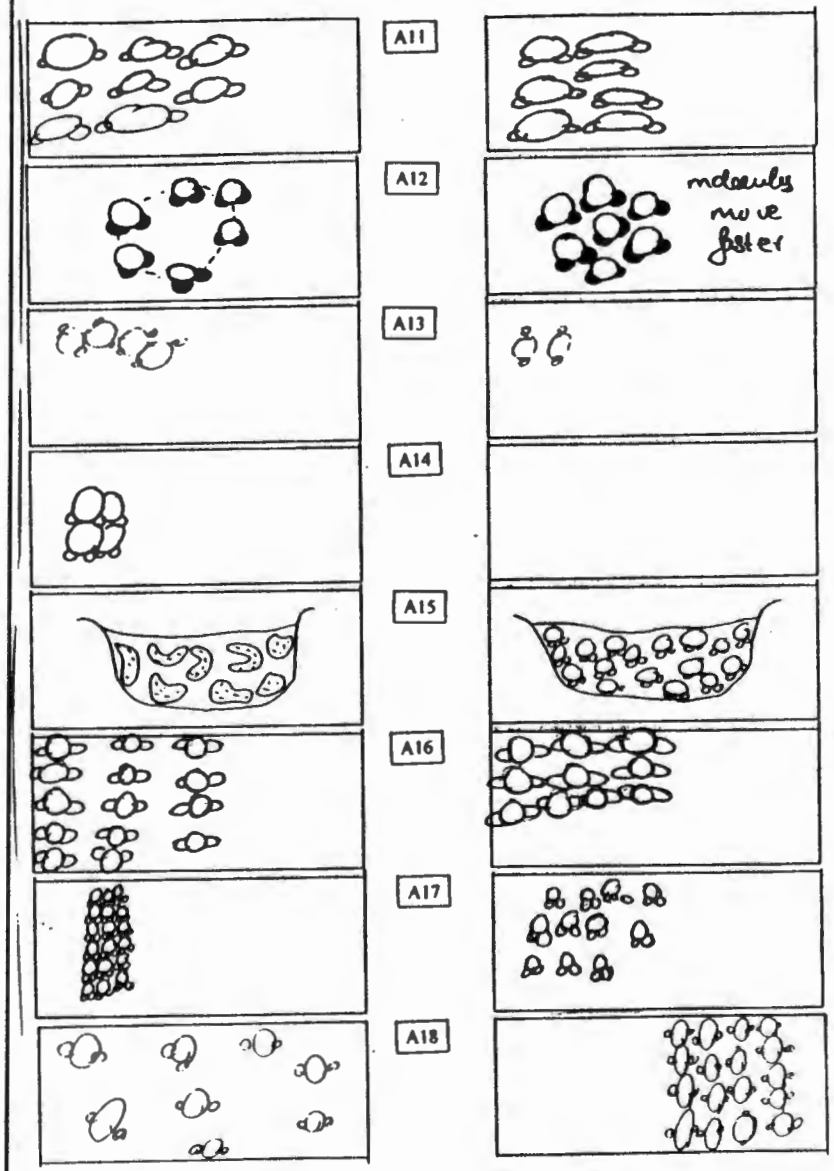
Response na rekenaarsimulasie



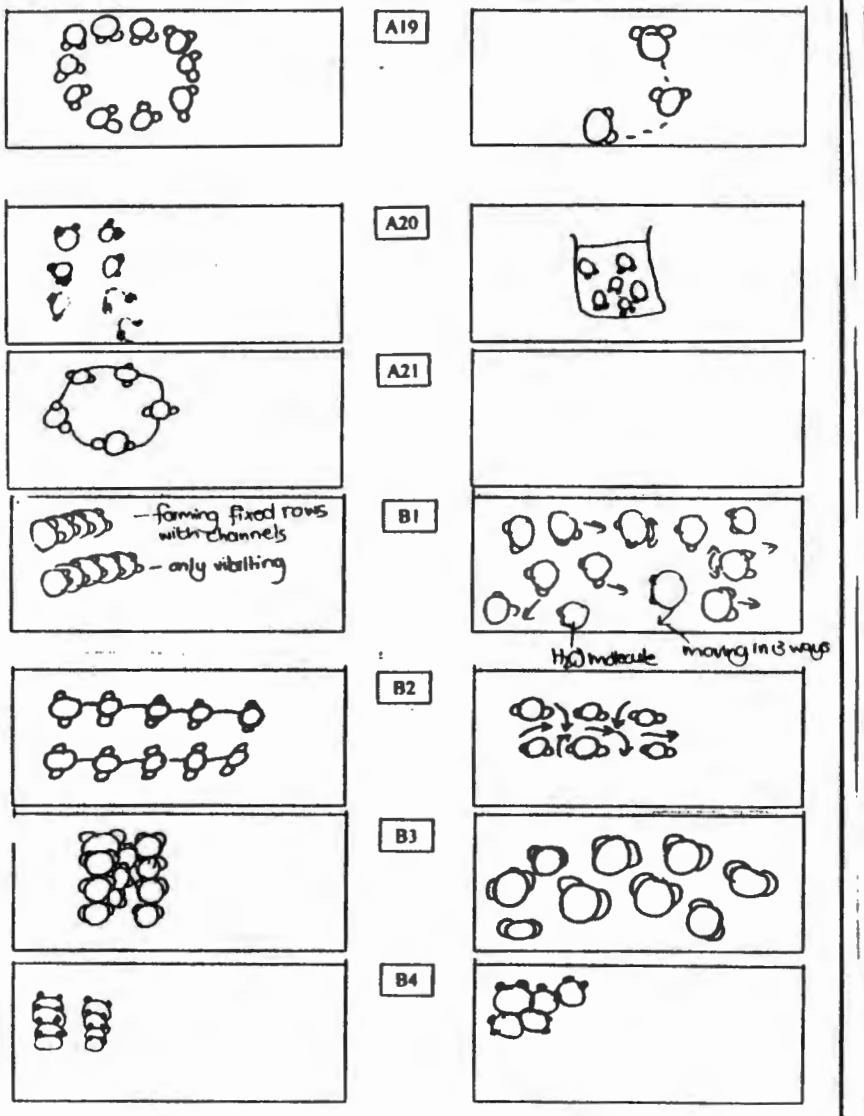
Response na tradisionele lesing



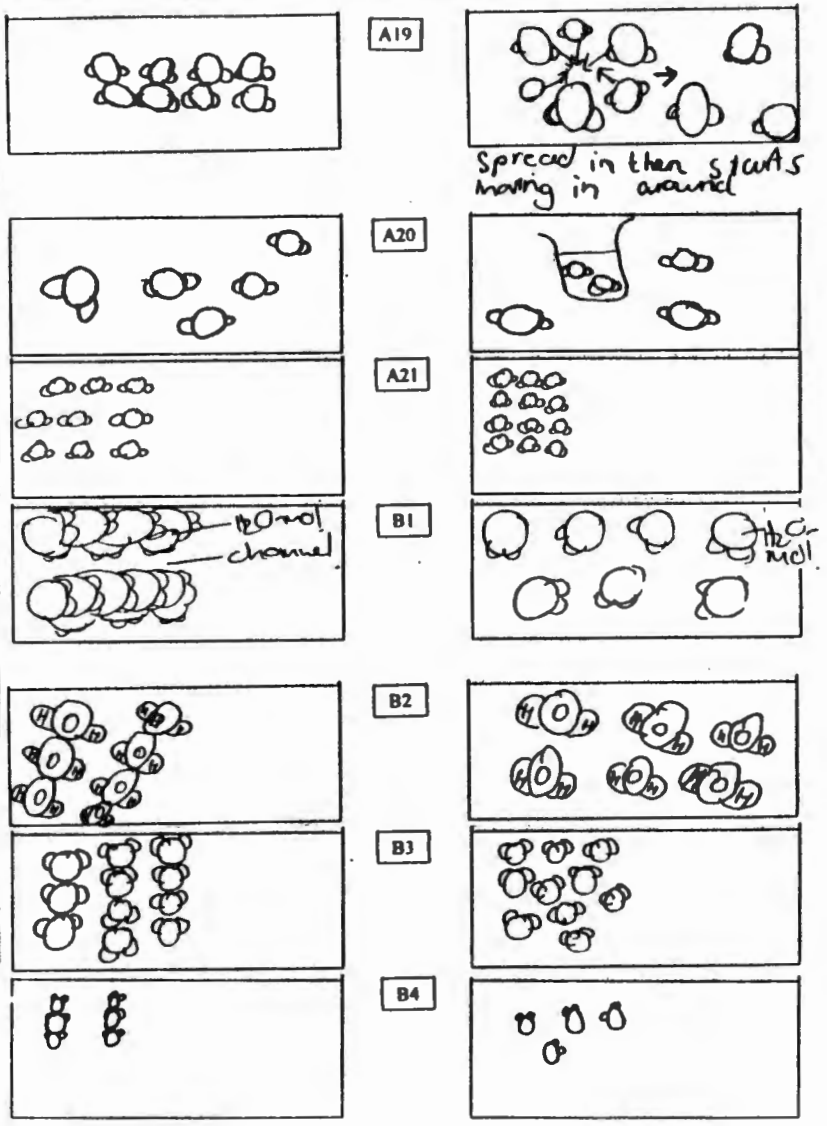
Response na rekenaarsimulasie



Response na tradisionele lesing



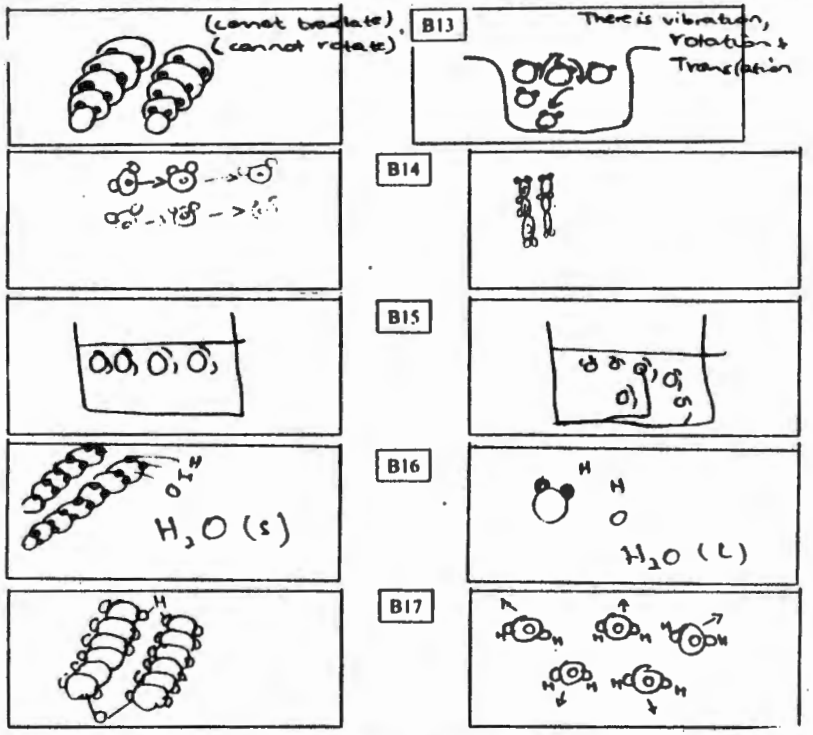
Response na rekenaarsimulasie



Response na tradisionele lesing

Response na rekenaarsimulasie

Response na tradisionele lesing



Vraag 13: Beskryf in u eie woorde wat gebeur as soliede water smelt om watervloeistof te vorm.

A1

The molecules get more active.

A2

Molecule are moving free from each other

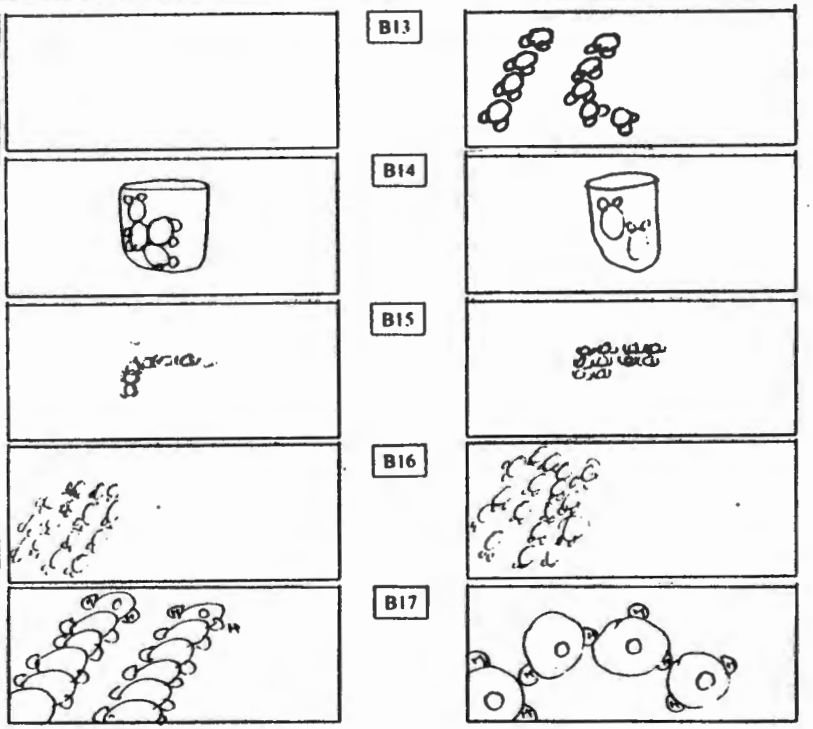
A3

The are in gases like liquid state

A4

Solid water molecules become up and down molecules expand in size liquid water flows

Response na rekenaarsimulasie



A1

They move from c lose c for they form patterns They form cluster

A2

There is a movement between the molecules and they starts breaking free from each other.

A3

They start to rotate the spaces in between become closer

A4

molecule rises from solid water and forms liquid.

Response na tradisionele lesing

A5

A6
the liquid water melts slowly and there is some molecules to turn the force of attraction.

A7

A8
the water are moving from one place to another.

A9
- they vibrate gradually
- they become loose not strongly bonded.
- they tend to move a little bit faster.

A10
then water will melt ~~water will it goes off~~

A11
Water it become flate because the is no moving rotating only vibrate

A12
The molecules start to move,

A13
Molecules from solid to liquid phase will move fast. In liquid state molecules have more energy, thus they move fast

A14
molecules start to move away from each other

Response na rekenaarsimulasie

A5
~~water~~ water dissolve and it form ~~ice~~ ice cubes

A6
the molecules start to vibrate more and more faster.

A7
~~vaga~~ Vibrate quickly and they starts to rotate and translate faster.

A8
There is no movement between the molecules and they stands vibrating free from eachs other.

A9
while they are moving they are still vibrating a little and while melting is occuring they vibrate a bit faster and start moving faster and then back to vibrating

A10
The molecule break then it's starts moving fast it start to rotate, translate and vibrate

A11
they smells quickly

A12
The temperature increase and the molecules move faster

A13
Molecules begin to move very fast.

A14
molecules start to move away from each other quicker

Response na tradisionele lesing

A15

A16
The molecules bond breaks and the movement is fast

A17
Molecules become loose but they still have a bond.

A18

A19
The ice cubes melts. Which means that the molecules not only it vibrates, but it also rotates & moves from one to the other

A20

A21
When solid water melts they become: water vapour

B1
The bonding that forms fixed rows break and they can move around in all 3 ways

B2
When water melts it begins to do all the movement, rotation vibration & translation. And water molecules moves freely

B3

Response na rekenaarsimulasie

A15
They start by vibrate There is lower density Then start to movie

A16
Molecules movement becomes faster and the space between them is filled.

A17
Ice melts up and the water molecule break up running liquid • move freely but slowly

A18
The water will be down and ice will be floating up & the water there will be high density of water and low density of ice

A19
The molecules starts moving around faster

A20
The waves move to each other until they reach the bowled part of it.

A21
The water will go down the ice will stand on top

B1
The H_2O-molecules start moving faster in all 3 ways and the bonds are breaking

B2
They start to move backwards They start to rotate, & translate And they move in all direction

B3
Water molecule become Flexible again and continu the movements and move faster than in solid state

Response na tradisionele lesing

B4
They separate and rotate but very slowly

B5
when temperature rises, the molecules starts to move faster and breaking away from their structure.

B6
Solid water melting and form liquid water. Evaporation takes place during melting process.

B7
The bond between the molecules loses and the bonding force becomes weak, the molecules are free to move again.

B8
The water molecules break down slowly and go back to their three ways of water molecules movement.

B9
They molecule start to move to rotate and translate but slowly and vibrate hydrogen & oxygen bon doesn't break.

B10
Water molecule separate to the normal liquids molecules when it is heated and some of the bonded water molecules to increase the temperature

B11
Molecules of solid start to vibrate more faster then eventualy they start to rotate & to translate.

B12
The bonds between the molecules weakens and it begins to rotate again

B13
The bond breaks and the molecules moves in different directions

Response na rekenaarsimulasie

B4
They do increase their speed of rotating

B5
The molecules begins to move faster and they break away from their structure.

B6
Solid water melt when at high temperature and become a liquid. The bonded molecules separated

B7
The molecule start to break up and move to different directions using all 3 movements

B8
Water molecules vibrates too much and the fixed water molecules splits than the water molecules are in liquid water.

B9
Translating start to occur and the molecule start no vibrate more faster than before and molecule start to move

B10
Water molecule start to rotate translate and vibrate quickly. when more temperature

B11
The solid molecules starts to vibrate faster and they overcome the bonding force between them. They they can move in all 3-ways.

B12
The H_2O molecules starts to rotate and translate again on their own or in clusters more further apart.

B13
The water molecules interacts with each other while others are building a wall on the side.

Response na tradisionele lesing

B14

B15

The water will vibrate far from each other, forming steam and will move to form small droplet which will be liquid

B16

The movement-vibration increases and the liquid is formed as the temperature increases-until all the movement are included.

B17

Vraag 14: Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in die watermolekuul los van mekaar wanneer die smelting van ys plaasvind?

A1 No A2  A3 NO

A4 No. A5 — A6 no A7 No A8 NO

A9 NO A10 yes A11 YES A12 NO A13 Yes

A14 No A15 NO A16 NO A17 No A18 NO

A19 No A20 — A21 — B1 NO

B2 Yes B3 — B4 Yes B5 no

B6 No. B7 No, just the bonds. B8 NO B9 No

B10 NO B11 NO B12 No B13 Yes.

B14 — B15 Yes. B16 No B17 —

Response na rekenaarsimulasie

B14

They The molecules move around.

B15

The breaks and move from each other

B16

Gain movement + vibration and gain speed as it melts.

B17

With the addition of energy the movement starts to increase until overcoming the attraction force

A1 No A2  molecules breaking apart A3 NO

A4 No. A5 no A6 no A7 No A8 no

A9 NO A10 No A11 YES A12 no A13 No.

A14 Ω Ω A15 no A16 No A17 — A18 yes

A19 NO A20 — A21 No B1 No

B2 No, they only start moving backwards B3 NO B4 no B5 no

B6 No. B7 No B8 NO B9 No

B10 NO B11 N/A B12 No B13 No

B14 No B15 N/A B16 n/a B17 No

Response na tradisionele lesing

Vraag 15: Wat dink u gebeur wanneer watervloeistof vries?

A1	A2
The molecules all over but not a move as its liquid form. Strong attraction	Molecule are no longer moving apart that is why solid water can't run.
A3	**A4**
Molecules come close to each other they will be less movement	water molecules attracted together
A5	**A6**
	the water molecules are not bonded so the water molecules can move slowly if they freezes.
A7	**A8**
Water molecules looses energy and be attracted to each other.	It will be stable no movement.
A9	**A10**
- they molecules moves slowly - the vibration is less they become strongly bonded.	the water molecules just combine together
A11	**A12**
The water collide	It changes from liquid to solid

Response na rekenaarsimulasie

A1	A2
They must in fixed positions & keep moving around. They vibrate only	Molecule are no longer moving but still vibrates and are packed closely.
A3	**A4**
It become ice and it start to move slow & spaces de velops	water vapour is formed inside the ice.
A5	**A6**
I think when liquid water freeze they will be no molecule movement	The movement will be slow because of the lower density
A7	**A8**
They become closley packed and arranged in a form that they cannot move like in liquid water	molecules are no longer moving but still vibrating and are packed closely
A9	**A10**
they molecules starts to be passive and vibrate slowly and slowes and move to the same direction	The molecule move closer to each other
A11	**A12**
they interact and form something like solid	The temperature decrease and the molecules move slower.

Response na tradisionele lesing

A13
Temperatures lowers therefore water turns to be ice

A14
Molecules become [illegible] to each other

A15
Water becomes ice

A16
Molecules are packed together and the movement is slow

A17
Molecules become tightly bonded together

A18
The water become to cold and evaporation takes place to a freezing point

A19
Molecules moves closer together

A21
It becomes an ice cubes when in freezer

B1
The H_2O molecules are bonded together in rows and can only vibrate

B2
The water molecules stop rotating and they are attracted to each other

B3

B4
The molecules come together and become one fixed particle.

B5
The molecules moves slowliest, they rotate slowlier + vibrate slowliest, until it is in solid state where it only vibrates

Response na rekenaarsimulasie

A13
Molecule starts to [illegible]

A14
Molecules bond

A15
Water molecules stop to move and arrange themselves and leave space

A16
Molecules are parted in clusters, and they have a movement but slow one (vibration)

A17
Molecules [illegible] clustered + still close together

A18
The Molecules squeeze each other and water become too cold

A19
Molecules combine much closer but they are still vibrating

A20
The water freezes when they remain stay at fixed place for a long time.

A21
When liquid water freeze the water molecules stop vibrate

B1
The molecules only vibrate and they have fixed positions

B2
The three moves are not present. Only the vibrating one

B3
The water don't move Freely but they organize themselves

B4
The water molecules cling together

B5
The water molecules move slowliest while freezing the molecules in a structure where they are only vibrating

Response na tradisionele lesing

B6
Liquid water become solid the water molecules combined together

B7
The molecules come close together and attract each other with a strong binding force.

B8
The temperature for coldness is high. Then the ice crystals are formed by the bonded water molecules which undergoes vibration only.

B9
Molecule become closely packed and there is removement of translation

B10
Water molecule start to close to each others and form Chemical.

B11
Molecules loose the ability to rotate & to translate they only left with vibration.

B12
The molecules get re arranged and forms stronger bonds between them.

B13
Translation become slow
Rotation " "

B14

B15
The water move out from and vibrate & rotating

B16
The just contract and cling to each other.

B17

Response na rekenaarsimulasie

B6
The water molecules bonded together to form aligned.

B7
The molecules come close together to be arrange themselves into sequence and the space between them is small.

B8
Water molecules are vibrating less with a fixed position in space

B9
water molecule stop translating but they never stop to vibrate

B10
molecule come near to each others and form linkage between the line there is space and they can vibrate but not rotate or translate

B11
Because of the reduced temp molecules loses its ability to rotate & translate & they loose energy They can be bonded easily

B12
Molecules get closer together and stop forms bond and stop to rotate and translate

B13
The translation & Rotation of water molecules become less slow while still vibrating

B14
Molecules start to pack together

B15
Ea molecule come to contact to each other

B16
The movement is limited as the solid is formed and molecules are pack together.

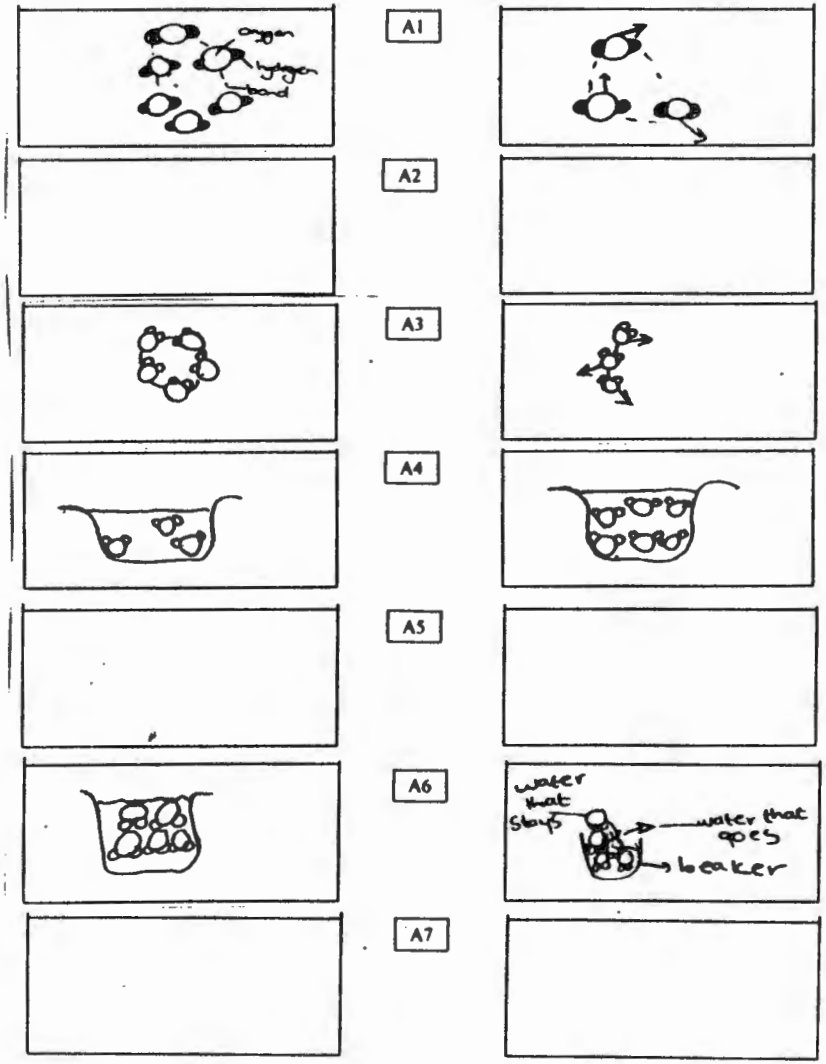
B17
Reduction of energy results in increasing attraction force causing a fixed state

Response na tradisionele lesing

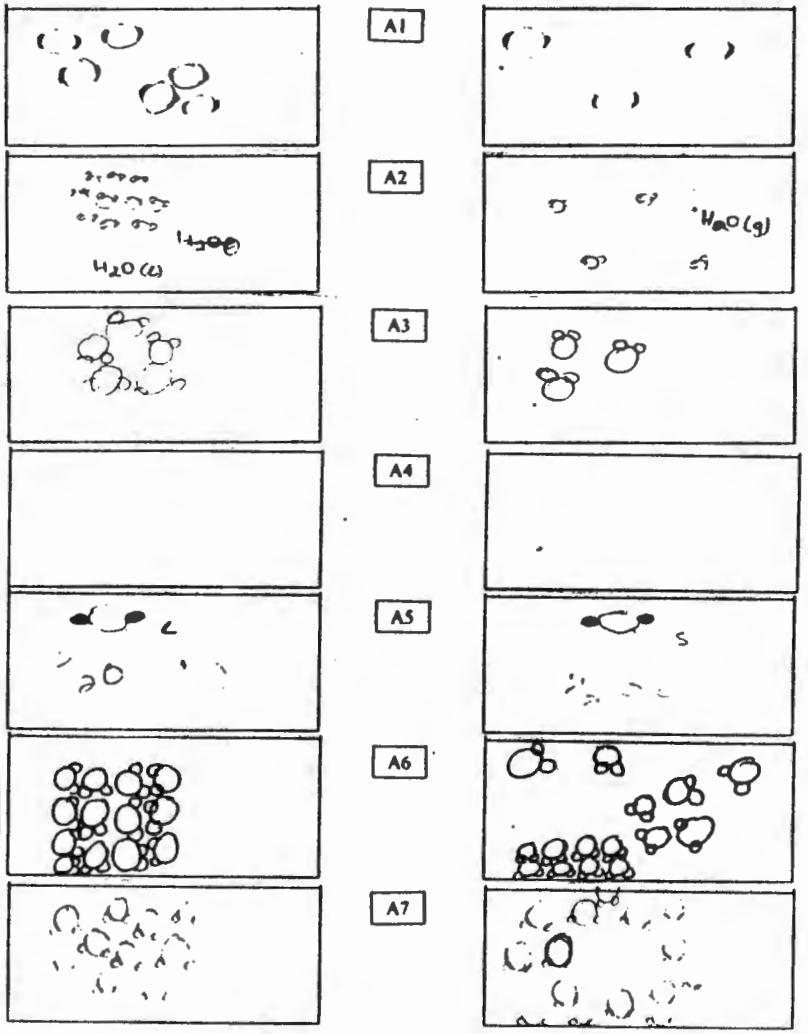
Vraag 16.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **vloeistof-water** op die molekulêre vlak voor te stel.

VERDAMPING →

Vraag 16.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **waterdamp (stoom)** op die molekulêre vlak voor te stel.



Response na rekenaarsimulasie



Response na tradisionele lesing

	A8	
	A9	
	A10	
	A11	
	A12	
	A13	$H_2O(g)$
	A14	

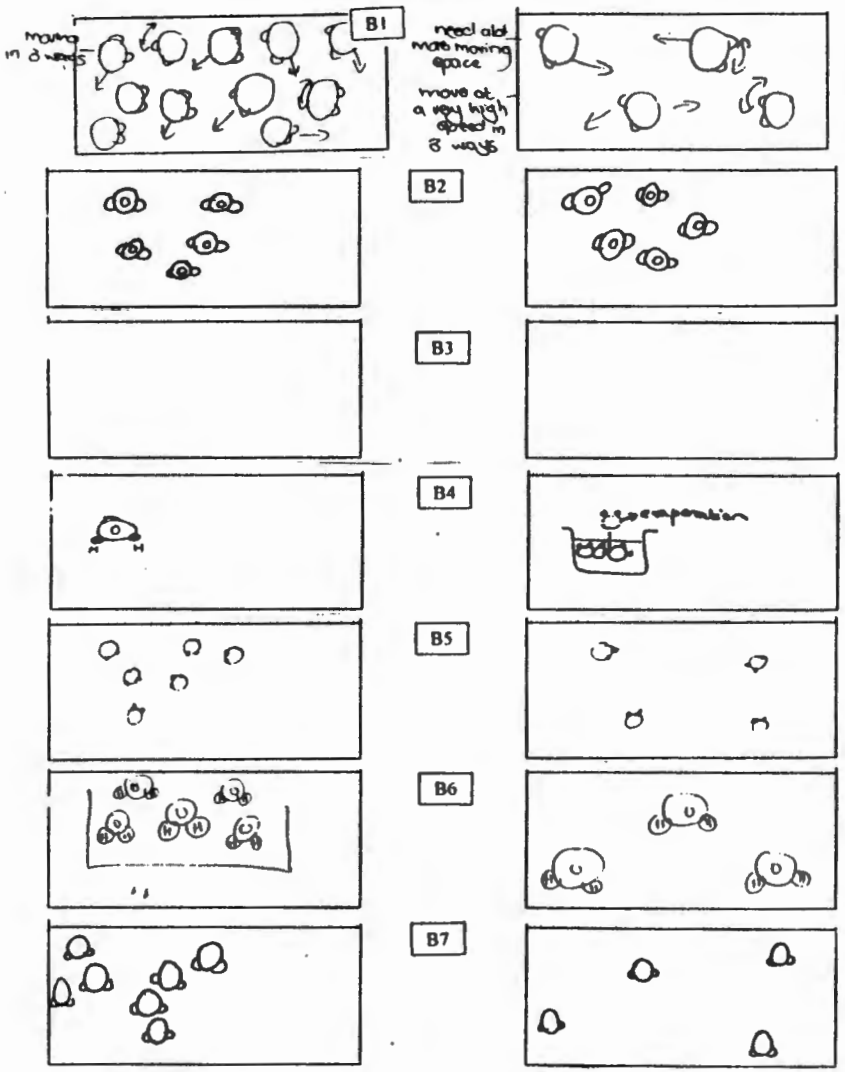
Response na rekenaarsimulasie

	A8	
	A9	
	A10	
	A11	
	A12	
	A13	
	A14	

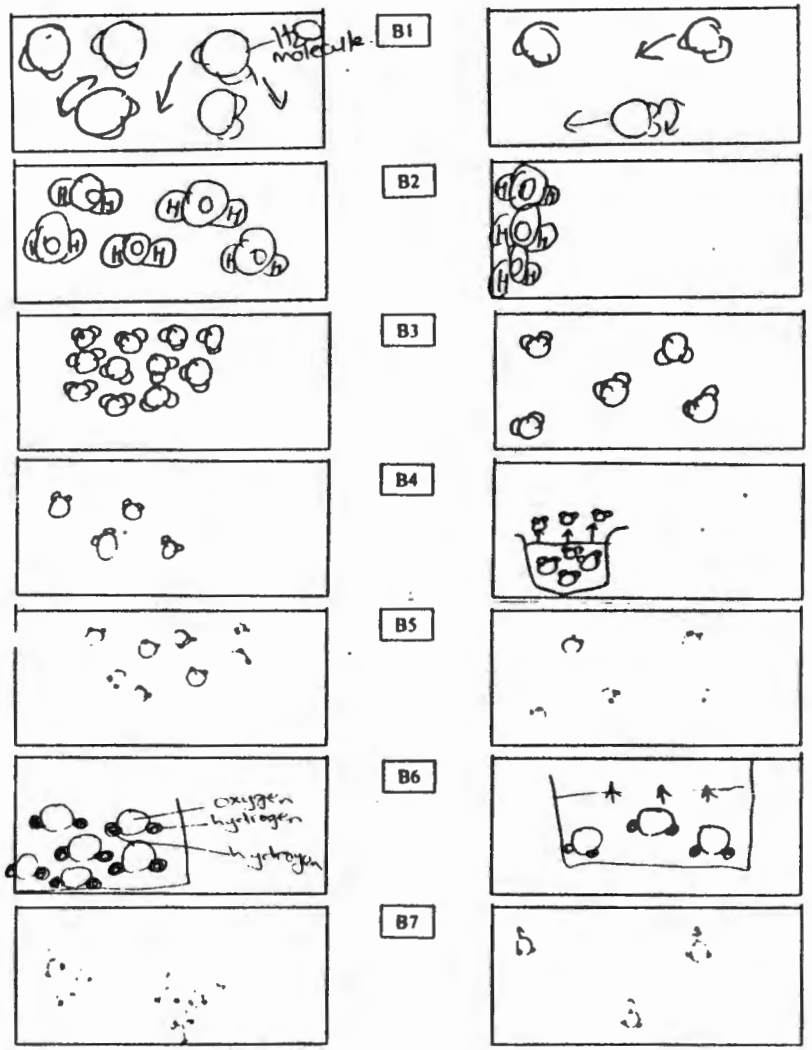
Response na tradisionele lesing

Response na rekenaarsimulasie

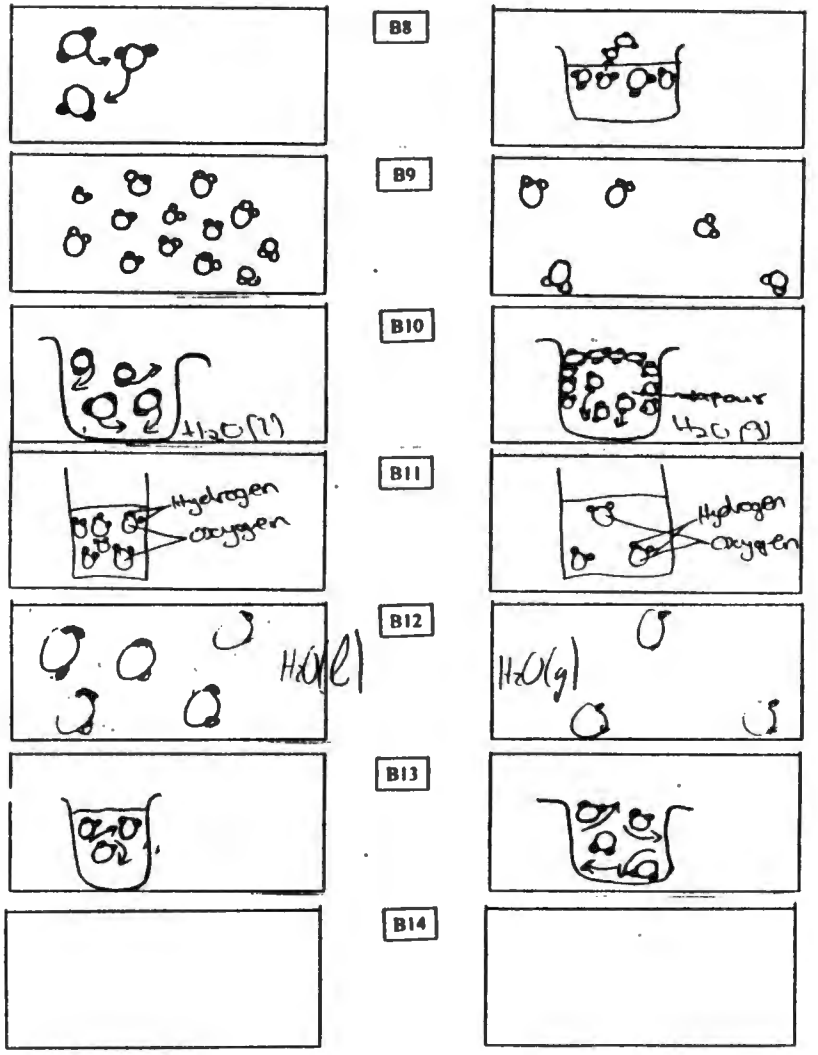
Response na tradisionele lesing



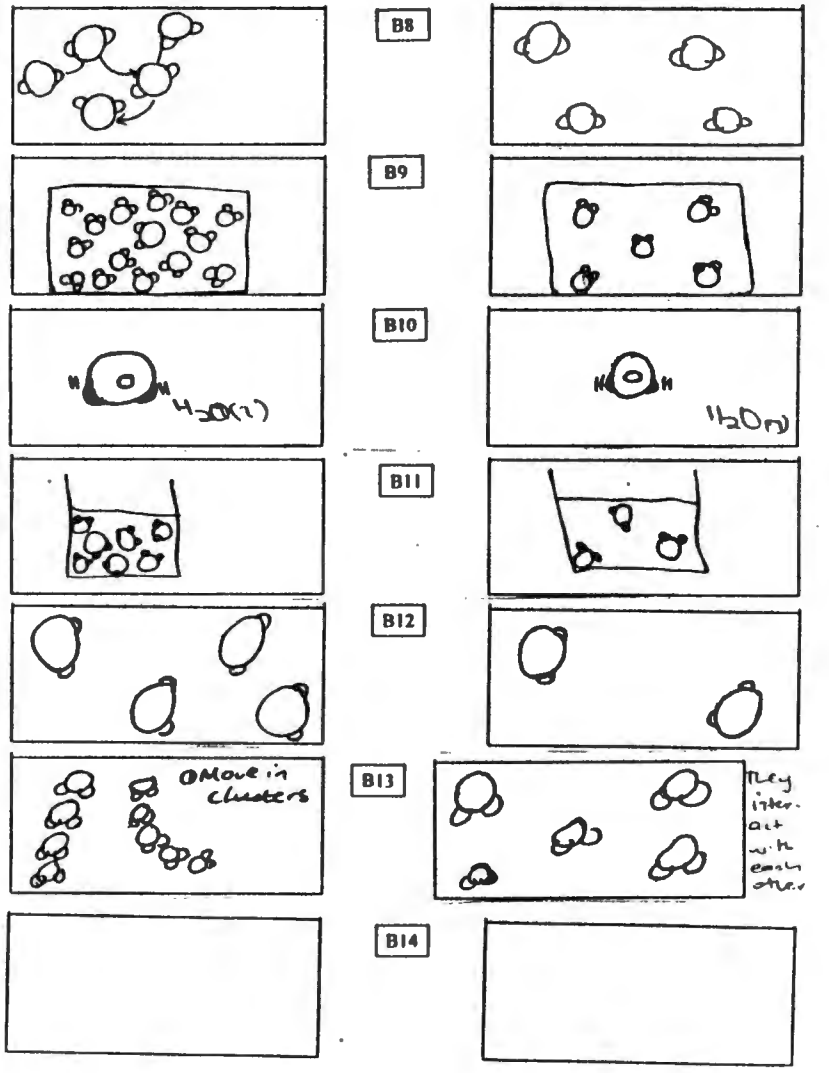
Response na rekenaarsimulasie



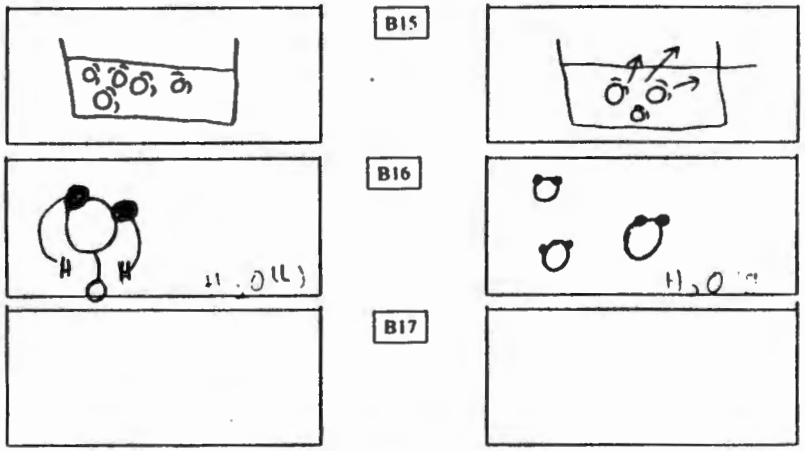
Response na tradisionele lesing



Response na rekenaarsimulasie



Response na tradisionele lesing



Vraag 17: Beskryf in u eie woorde wat gebeur as watervloeistof verdamp om waterdamp te vorm.

A1
The molecules collide and escape from the mixture.

A2
There are some molecules that are escaping and that's the form of gas.

A3
There will be less movement

A4
Water molecules bonds up from liquid and form again in the water vapour.

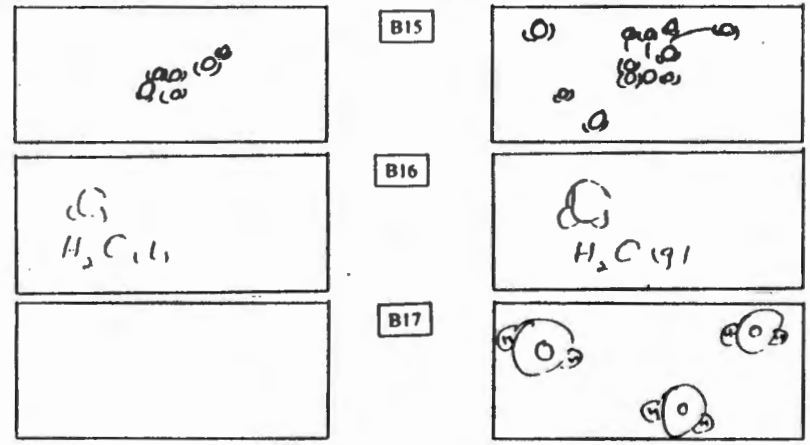
A5

A6

A7
They forms bubbles

A8

Response na rekenaarsimulasie



A1
They escape from their clusters. They move very fast and bump into each other.

A2
Molecules escapes and some of them dont return.

A3
Some water molecule breaks away

A4

A5

A6
They move faster and the molecules leave space.

A7
Molecules starts to move faster and they have much space in between.

A8

Response na tradisionele lesing

A9

they move very fast

A10

the water will evaporates when water boils and as they evaporate they will form water vapour

A11

The water is being heated it water moves faster it can explod

A12

It changes it form to a gas, the molecules move faster and no forces of attraction

A13

Some of water molecule escape, some goes back in container, thus temp increase the process

A14

Molecules move from the bottom of container to the cool side to the lid

A15

Is when the water change in to gas

A16

the molecules moves fast and when they don't have a place to come back to the evaporat...

A17

Water particles escapes into the atmosphere

A18

A19

Molecules starts bouncing into each other in a faster manner

A20

Response na rekenaarsimulasie

A9

The molecules goes on the surface and start to go up a little but the while it starts to boil the go very faster and also trans- late very far from each oth

A10

the water start doing like is melting

A11

the water condensed down, They move gradually into the surface

A12

The liquid water return to its liquid state.

A13

Molecules starts to move very fast, they are very active, if more collisions occur.

A14

The molecules start to escape and there is an empty space between them

A15

Because of boiling water, water molecule start to evaporate

A16

Some of the molecules are living but others are attracted back to the others

A17

Water molecule escapes

A18

The molecules are running away from the boiling pot so that they can escape

A19

The water molecules starts moving apart But first From the bottom to the top some do return (but very few) it goes away but

A20

Liquid water evapo rates when move from the top of stream

Response na tradisionele lesing

A21

B1
The surface tension is overcome The molecules with enough energy escapes from the liquid phase

B2
H_2O loses some water molecule through moisture

B3

B4
The water escapes

B5
the water molecule turns to steam which is trapped in a bubble and when it burst the steam goes out

B6
Water molecules move very fast. The water molecules are far apart not close together.

B7
The water starts to evaporate the molecules more far apart from each other causing collision also on the side of the container

B8
The water boils then water molecules move faster and they are apart and the bubbles are steam which pushes out to the wall.

B9
Water molecule becomes a steam and have large space unduely

B10
Water [illegible] boiling or nothing when the molecules are far apart

B11
Molecules starts to move more faster, they collide pushing other back and form a bubble, and inside is steam.

Response na rekenaarsimulasie

A21
They molecules of water separate to each other

B1
The H_2O-molecules with alot of energy escapes from the surface of the H_2O

B2
The molecules stops translating & rotating

B3
Water molecules escape and leave to the air but other are drawn back.

B4
It become droplets

B5
the water molecules on the surface escape from the others to become vapour

B6
The liquid water heated and evaporation takes place the liquid water molecules move faster than before

B7
Some of the molecules escape but some of them return back and the molecules start moving away from each other

B8
The air bubble are formed with water molecules inside & those water molecules forces other molecules away to form a bubble

B9
They change to the steam and molecule start to move far apart.

B10
Water molecule move very fast and when it reaches 100°C it forms steam.

B11
Because of the high temp the molecules starts to move more fast.

Response na tradisionele lesing

B12
some molecules have enough energy to escape from the liquid for it to vibrate fast faster.

B13
There are lot of bubbles which collided/bump into each other and eventually steam is formed.

B14

B15
They will move fastest will vibration move far from each other.

B16
Because of heat water expand and form bubble of which are water molecules and get into space.

B17

Vraag 18: Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in 'n watermolekuul los van mekaar as verdamping plaasvind?

A1 No A2 No. A3 NO A4 No. A5 /
A6 Yes A7 No A8 / A9 YES A10 NO
A11 YES A12 no. A13 Yes. A14 No A15 NO
A16 NO A17 No A18 /
A19 NO A20 / A21 Yes B1 No B2 Yes
B3 / B4 No B5 yes B6 No. B7 NO
B8 YES B9 No B10 NO B11 NO. B12 No
B13 No B14 / B15 N/A B16 No B17 /

Response na rekenaarsimulasie

B12
Molecules escape from liquid and move further apart and moving faster.

B13
The rotation, translation, vibrating action become very fast.

B14
They come in to droplets

B15
The molecular move from each move faster vibrate faster

B16
In the excretion of heat bubbles are formed at the bottom and jumps up one after the other.

B17
Highly energetic molecules broken the attraction force and escape

A1 No A2 [illegible] A3 NO A4 / A5 NO
A6 Yes A7 No A8 / A9 NO A10 No
A11 Yes A12 No A13 No A14 Yes. A15 NO
A16 No. A17 Hi. You are all doing [illegible] A18 Yes.
A19 / A20 NO A21 Yes B1 No B2 No.
B3 NO B4 NO B5 yes B6 No. B7 No
B8 NO. B9 No B10 NO B11 NO B12 No
B13 No B14 No. B15 N/A B16 NO B17 No

Response na tradisionele lesing

Vraag 19: Dink u dat waterstofgas en suurstofgas gevorm word as water kook? Hoekom wel, of hoekom nie?

A1
Yes It says in water form

A2
No because water is already Oxygen + Hydrogen.

A3
No they can't be formed when the water is still cold

A4
No The steam of boiling water affect the formation of hydrogen and oxygen

A5

A6

A7
They do not form when water boils only, they form when it evaporates

A8

A9
YES because water is formed with 2 Hydrogen and 1 Oxygen

A10
Yes, because oxygen and hydrogen gas go together to form water

A11
Yes because water contain hydrogen

A12
Yes, inside bubbles the is steam and steam is water but in a gas phase

Response na rekenaarsimulasie

A1
No They doesn't form when the water boils

A2
No, because these gases are already in water and they are the water themselves.

A3
No They can't be formed even if the water is not boiling

A4

A5
No they not formed when water boils

A6
Yes, because they formed the water. and in it there is 2 hydrogen and Oxygen.

A7
Yes, they can be Formed because hydrogen and oxygen atoms do not break, but it can be formed

A8

A9
No - because water molecules are formed by two hydrogen and one oxygen.

A10
Yes, because they always go together

A11
Yes only the molecules break apart

A12
Yes, Inside the bubble the is water but now it is in gas form

Response na tradisionele lesing

A13
No, already water is formed or made out of oxygen and hydrogen gas

A14

A15
NO, Because hydrogen gas and oxygen gas all are moving.

A16
No, because H_2O consists of the two molecules

A17
No. They break up

A18
yes? they are formed? because the molecules moves quick

A19
NO. The formular for water don does not change. That is why we talk of molecules of water

A20
yes it formed when it boil because the gas is taking place on the air

A21
Yes, because it evaporate

B1
Yes, the H_2O molecule change to the gas phase, so both types change to gas

B2
Yes they are attracted to each other. To form one atom

B3
Yes, because steam has high effect when you are burnt Ofcourse they are high

B4
NO - because they are always present in a water molecule before it can even be boiled.

B5
yes, The bonding is broken when bonds of molecule together, resulting in oxygen gas + hydrogen gas formation

Response na rekenaarsimulasie

A13
Yes, because it is a hydrogen & oxygen which reacts or which boils.

A14
yes

A15
Because hydrogen and Oxygen are one thing (water molecules)

A16
NO, because water is made out of the two atoms.

A17

A18
yes. they move every time whether is solid, liquid and gas.

A19
Yes. But it is H2 gas form the hydrogen & Oxygen atoms never breck up

A20
yes the water is very hot and then it forms a gas

A21
Yes, because the water molecules vibrate

B1
Yes, both Hydrogen and the oxygen evaporates

B2

B3
Yes, because the molecule change to a gas.

B4
NO - because they are always present they dont break up.

B5
yes, the molecules break up, not their bonds forms when they are gases

Response na tradisionele lesing

B6
Yes. When water boiling this liquid change into gas.

B7
No they are already formed so they seperate as gases escapes into the air

B8
YES. From the start the water molecules is formed by Hydrogen & Oxygen.

B9
Yes, because the air comes from atmosphere containing oxygen.

B10
No, Because they do not seperate during boiling or freezing they always like this H_2O

B11
No. Because when water Changes to ~~liquid~~ solid or to gas there is No molecules which must be breaked down.

B12
No, if it do happens it ~~not~~ ~~last~~ is not water vapour any more

B13
There is hydrogen & Oxygen already, so there is no need for new formation.

B14

B15
Yes because water consists of two elements

B16
No they just increas movement and get more light as energy is increased

B17

Response na rekenaarsimulasie

B6
No. The hydrogen bond and oxygen must have before water boils.

B7
No, because they are already present, they just arrange themselves again

B8
No. The water molecule obviously is made with this two ~~etc~~ gases. H and O.

B9
No, they are not form because form when the H_2O is formed

B10
No, because they do not brake when they boil or freeze.

B11
No, because when H_2O boils. The molecules does not brake.

B12
No, ~~the~~ if it happens you do not have H_2O anymore.

B13
No, Because even if the water does not boil or its ice we still water have Hydrogen & oxygen.

B14

B15
~~Yes~~ N/A because they are the atoms of water.

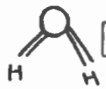
B16
No, they are already in water and they are there naturally.

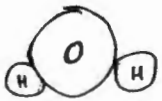
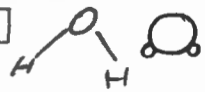
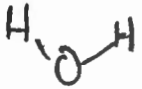
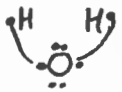
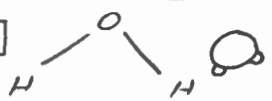
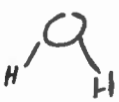
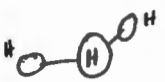
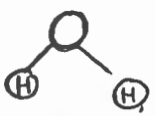
B17
No, because the molecules not dipoles apart not the atoms.)

Bylaag E

Response van Sediba onderwysers

Vraag 1: Teken 'n skets van 'n enkele watermolekuul.

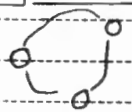
1 
2 
3 
4 
5 
6 
7 
8 —
9 
OR 
10 
11 

12 
13 
14 
15 
16 
17 
18 
19 
20 
21 
H-O-H
22 
23 
24 
25 
26 
27 

Vraag 2: Lys die maniere waarmee 'n watermolekuul kan beweeg.

1
All directions

2
All directions

3 

4
All directions

5
gas
solid

6
By attaching itself using O-side. By using the two positive H-atoms

7
1) Vibration eg ice
2) randomly eg gas
3) much shorter distance eg liquid

8
Water molecules interact with each other.

9
water molecules move freely.

10
Loosely inside the container.

11
they move randomly

12
Evaporation
Diffusion
Inhibition.

13 —

14
The water molecules, they over slide on each other

15
Through air
Through solid
Through liquid

16 —

17 —

18
1. disorderly
2. Slide
3.

19
random

20
liquid
solid
gas

21
Ionic bonding
Covalent banding

22
It can move other [illegible] when cooling down or freezing the water molecules

23 /

24
Osmosis
Diffusion

25
In a gas form
" " liquid form
" " solid "

26
They move randomly with different speeds in restricted areas.

27
- haphazard
- random

Vraag 3: Wat is die chemiese formule wat vir water gebruik word?

1 H_2O 2 H_2O 3 H_2O 4 H_2O 5 H_2O

6 H_2O 7 H_2O 8 H_2O 9 H_2O 10 H_2O

11 H_2O 12 H_2O 13 H_2O 14 H_2O 15 H_2O

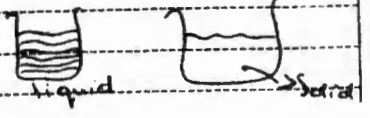
16 H_2O 17 H_2O 18 H_2O 19 H_2O 20 H_2O

21 H_2O 22 H_2O 23 H_2O 24 H_2O 25 H_2O

26 H_2O 27 H_2O

Vraag 4: Wat is die verskil in rangskikking van watermolekule in watervloeistof en soliede water (ys)?

1
Liquid molecules are further apart, solid molecules are closely packed

2


3


4
Liquid molecules are further apart, solid molecules are closely packed

5
In liquid there are spaces between molecules whilst in a solid ice there are no spaces in between the molecules/molecules tend to adhere to each other tightly.

6
The molecules in liquid have a small volume as compared to molecules in solid water or ice

7
In liquid loosely packed and in solid closely packed

8
In liquids the molecules are far apart than in solid

9
liquid: loosely packed
solid: closely packed

10
Molecules in liquid water are loosely packed and in ~~wat~~ solid water, the molecules are closely packed

11
in liquid molecules are far apart
in ~~liquid~~ ice molecules are closely packed.

12
Spaces between.
3 dimensions' volume
forces between molecules
Viscosity.

13
molecules in solid are ~~fixed~~ closely packed whilst in liquid are loose

14
- The molecules are aligned in a crystal form in ice
- The molecules in liquid water are haphazardly aligned.

15
liquid water → molecules are further apart on solid water - they are closely packed

16
The particles of solid water (ice) are closely packed and joined by forces which maintain the crystalline form i.e. whereas particles of liquid ice are loosely packed

17
In a solid the water molecules a very closely packed. In a liquid the water molecules are loosely packed and they can slide

18
In liquid loosely packed and solid closely packed.

19
In ice they are closely and orderly and in liquid water they are loosely and disorderly.

20
The ice molecules in solid are closely packed whereas in liquids are loosely packed.

21
molecules in liquid are loosely packed, more free to move. But in solid the molecules only move in fixed position, their movement is limited

22
In water liquid molecules are loose
In solid molecules are closely packed

23
In water the arrangement of is loosely packed and in solid they are closely packed
[illegible] vibration of molecules
liquid - molecules can't be apart

24
molecules are a little apart in liquid and ice close in solid

25
In liquid the water molecules are loosely packed and there are spaces in between whereas in solid the molecules are closely packed and spaces are tight

26
The molecules in the ice are closely packed whereas in the liquid water are a little bit far apart

27
Water ⇒ loosely packed
=
Solid water ⇒ closely packed

Vraag 5: Hoe kan water in die vloeistoftoestand van water in die vaststoftoestand onderskei word deur gebruik te maak van 'n chemiese formule?

1 Liquid(l) solid(s) 2 H_2O 3 H_2O

4 Liquid (l) solid (s) 5 H+O+H 6 $H_2O(l)$ and $H_2O(s)$

7 $H_2O(l)$ – liquid
$H_2O(s)$ – solid. 8 — 9 — 10 —

11 $H_2O(l)$, $H_2O(s)$ 12 $H_2O_{(g)}$ $H_2O_{(l)}$

13 $H_2O(l)$ & $H_2O(s)$ 14 H–O–H

15 It cannot be distinguished 16 liquid water is $H_2O(l)$
solid ice water $H_2O(s)$

17 [illegible] by using (s) for water (ice) & (l) for liquids (e.g. use subscript) 18 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$ 19 —

20 They have the same chemical formula 21 $H_2O(l)$ and $H_2O(s)$

22 Liquid water bond are weak while solid water are packed [illegible] 23 $H_2O(l)$ and $H_2O(s)$

24 $H_2O_{(l)}$ → liquid
$H_2O_{(s)}$ → solid 25 $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(s)}$ 26 $H_2O(l)$ $H_2O(s)$

27 —

Vraag 6: Wat gebeur wanneer ys smelt? Breek die watermolekule self op tydens die proses?

1
Molecules stretches
Yes

2
It forms steam outside the beaker
Yes

3
If form steam drop of water outside the Beaker
Yes

4
The molecules stretches

5
The solid state of ice changes to the liquid state. Water molecules themselves do not break up but only the bonds between molecules breake.

6
When ice melts it becomes a liquid. There is no break in H_2O molecules.

7
The forces between molecules becomes weaker than before and spaces exist between molecules.

8
The molecules start to move far apart from each other.

9
The bonds between the molecules are broken up

10
When ice melts the bonds break and the molecules do not break

11
No the molecules do not break

12
The inter molecular forces becomes weak. The spaces between is increased.

13
THE FORCES BECOME VERY WEAK AS THE RESULT THEY BREAK

14
The forces that hold the molecules togetherweeken and as a result there the less distance between the molecules become increased

15
The forces between water molecules break up.

16
When ice melts the forces between water molecules are broken by an increase in temperature

17
The ice molecules use energy to break the bonds between themselves These bonds are not completely broke The forces of attraction will be enough just to keep the liquid together

18
No only the force between the molecules is weakened

19
The particles gain kinetic energy and create large spaces between themselves No. The water molecules do not break up.

20
No. The spacing of the molecules changes. In gases they are scattered.

21
There will be free movement or increase in movement of the molecules. Water molecules break up they are no longer closely packed.

22
The distances between forces becomes longer as it is the molecule must break an area

23
Free movement of molecules. Strong forces of attraction decrease strength allowing molecules to move for separation as they

24
Water molecules gain energy and move apart from each other.

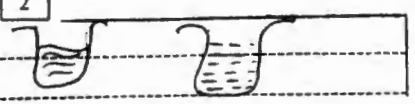
25
The phase changes very slowly whereby the other molecules vapour others are turned into liquid

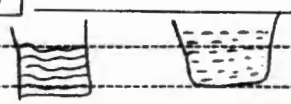
26
The bonds between the water molecules break up when ice melts

27
no, only the phase changes. in ice the molecules vibrate are (liquid in water are little bit loosend

Vraag 7: Wat is die verskil in die rangskikking van die watermolekule in watervloeistof en waterdamp (stoom)?

1
Liquid - molecules are close
Steam - molecules are further apart

2


3


4
Liquid - molecules are close
Steam - molecules are further apart

5
In the water vapour the molecules are free to move and they collide with each other - spaces are more and in liquid movement is constant but spaces

6
The liquid water molecules are closely packed but not tight whereas steam molecules are loosely packed

7
water molecules in liquid are closely packed as compared to water vapour (steam) which are in this case loosely packed

8
Water molecules are far apart in gas than in liquid

9
water: closely packed
water vapour: they move freely.

10

11
in liquid molecules are far apart than in steam.

12
The molecular forces of vapour are weak than of liquid
liquid can not be compressed but vapour can
also intermolecular spaces.

13
WATER VAPOUR MOLECULES ARE FAR APART AS COMPARED TO THE MOLECULES OF WATER

14
The water molecules are closely packed to each other in the liquid. The water molecules are not closely pact, they are loosely attracted

15
In liquid vapor they are closely packed
In water vapour they are farthert apart

16
The difference is that water molecules in steam are further apart from each other as compared to those in liquid water

17
The molecules in a liquid are loosely packed but the liquid doesn't have a definite shape. In steam molecules are free & random

18
In a liquid molecules are closely packed and in a steam molecules are loosely packed

19
The Arrangement of molecule in gas is very disorderly and in liquid water is less disorderly.

20 The spacing in liquids are far apart in gases are far apart.

21 Movement of water molecules in a water vapour is having a high speed as compared to the water (liquid)

22 In liquid water molecules are close to each other while in steam molecules are loosely arranged.

23 Gas molecules are randomly positioned, continue to move in rapid motion. In water the molecules have a little attraction to each other because of the presence of hydrogen bonds

24 Water molecules gains energy and move far apart from each other

25 Water Molecules are loosely packed whereas water vapour which is in a gas form

26 The molecules in the water vapour are placed far apart with big spaces between them. In the liquid the molecules are close

27

in water (ice vapour)	liquid
* close to one another	* close to one another
* far apart in	

Vraag 8: Wat word binne-in 'n borrel in kokende water aangetref?

1 air 2 Air 3 air 4 Air 5 Air/gas

6 H_2O gas 7 there is a gas 8 water molecules

9 air 10 Air 11 / 12 Pressure resulting from energy transfarence.

13 / 14 The water molecules are on inside 15 Air

16 A gas 17 gas 18 Oxygen 19 air

20 carbon dioxide 21 Air molecules

22 An empty space 23 Gas 24 Gas

25 Carbon dioxide 26 Air 27 vapour

Vraag 9.1: Teken 'n diagram met byskrifte om water in die vloeistoffase op die molekulêre vlak voor te stel.

Vraag 9.2: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die vloeistoffase verkeer.

1 

further apart

2 

They break into smaller particles

3 

They break into small particles.

4 /

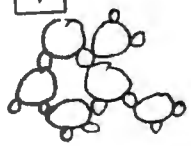
5 

They combine with each other to one hydrogen to one O

6 

Oxygen forms one molecule is attracted towards the H atom of the other molecule, and so on

7

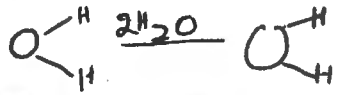


molecules move in definite pattern are attached to each other by Vander Jald forces.

8

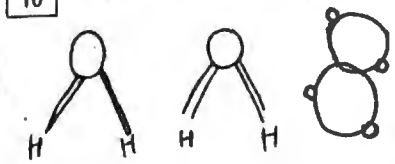
Water molecules can interact faster in liquids

9



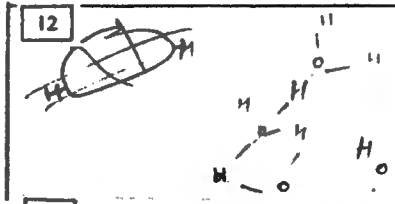
They arrange themselves in order as their chemical reaction

10



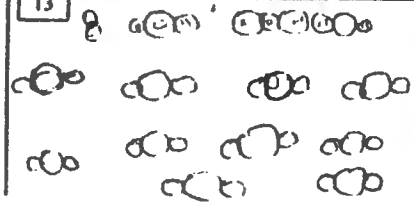
11

12



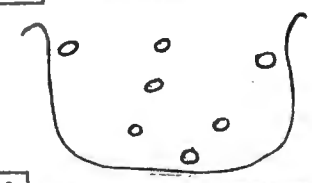
Spaces between are greater than at ices but less than of gas. Motion is molecule

13



THEY'S REACT WITH EACH OTHER WITH A WEAK ATTRACTION FORCES

14

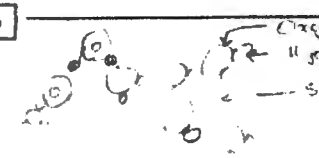


The hydrogen atom of one molecules attaches itself to the oxygen of another molecule

15

They move freely and collide with one another

16



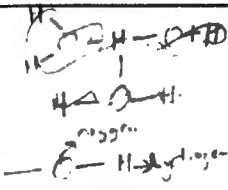
the molecules will pack in a way that the slightly positive side will attract the slightly negative side of another molecule to form a kind of chain in order to flow

17



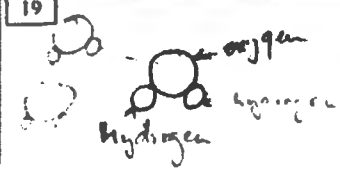
they collide inelastically with one another.
2. The motion of molecules is random and disorderly

18



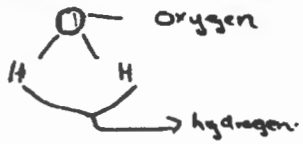
The water molecules are ever sliding or simply rubbing against one another

19



The oxygen atom in one ~~the~~ water molecule joins with the hydrogen atom in another molecule. There are weak bonds between molecules

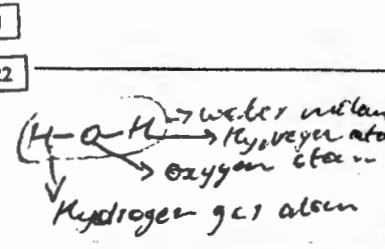
20



Water is a polar molecule the slightly positive end attract a slightly negative end.

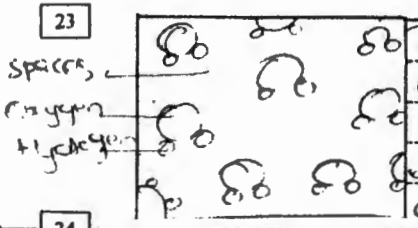
21

22



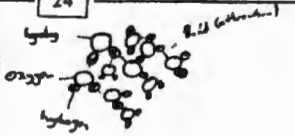
They glide over each other and intimately fasten with each other

23



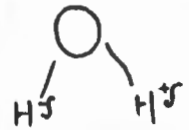
They slide over one another contained within the liquid Attract each other with force of attraction that each molecule is compared to solid.

24



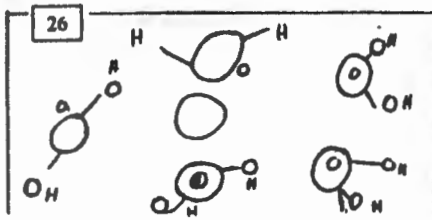
Water molecule is a dipole. The they attract each other. They are continuous in a random motion

25



Water molecules interact with each other by polarization.

26



The particles collide against each other hence the sliding of the molecules.

27

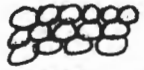


The +ve part is attracted to -ve part

Vraag 10.1: Teken 'n diagram met byskrifte om soliede water (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.

Vraag 10.1: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die soliede fase verkeer.

1



Closely

2



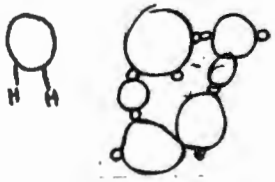
3



Water molecule is smallest particles that are moving

4

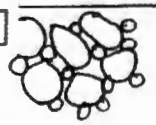
5



The two Hydrogens of each Oxygen bond with other Hydrogens of other Oxygen.

6

7



molecules vibrate at small distances colliding with each other with much stronger force than liquids.

8

They interact at a slow rate.

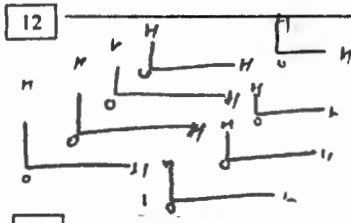
9

Here they occupy much space then when they are in a liquid form.

10 /

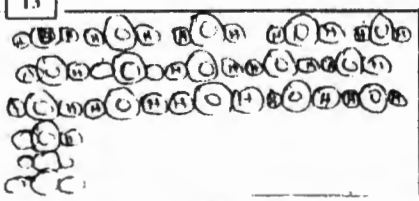
11 /

12



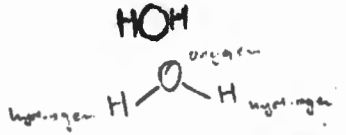
They are close to one another force of attraction is greater Intensity of movement is low.

13



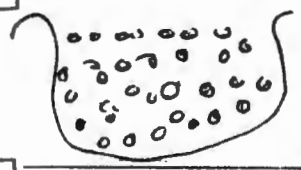
REACT WITH EACH OTHER WITH A STRONG ATTRACTION FORCE.

14



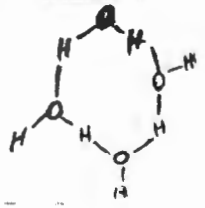
The water molecules are closely packed and are held together by strong forces stronger than that of water molecule in a liquid

15

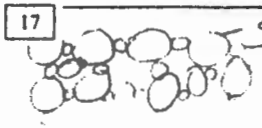


The forces between them are stronger

16



17



The molecules are closely packed and they cannot pass one another they can only vibrate in fixed position. The forces of attraction are very strong.

18



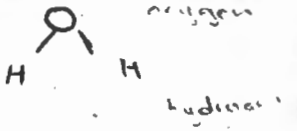
The motion of molecules is restricted to vibration due to low temperature

19



The molecules are closely packed. There are strong bonds between the molecules.

20



The particles in liquids move close to each other during a cooling process

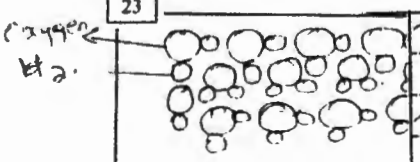
21 /

22



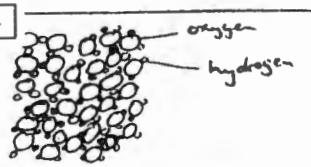
They do not mix with each other but they stay on side by side.

23



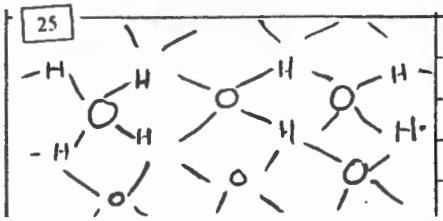
The molecule just vibrate closely to each other. They have strong forces of attraction so they can't move away from each other.

24



Molecules are too close to each other and they are only vibrating.

25

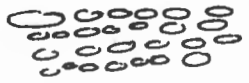


They interact with each other by ionization

26

They attract each other with weak or strong intermolecular forces

27

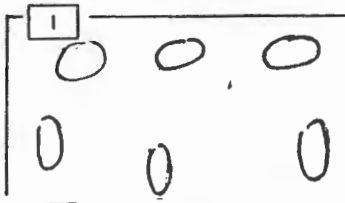


- they are closely packed, next to each other

Vraag 11.1: Teken 'n diagram met byskrifte om waterdamp op die molekulêre vlak voor te stel.

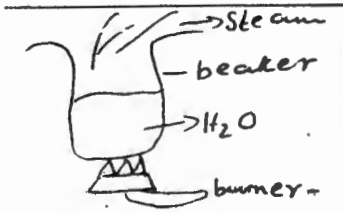
Vraag 11.2: Beskryf in u eie woorde die onderlinge interaksie tussen watermolekule wanneer hulle in die gasfase verkeer.

1

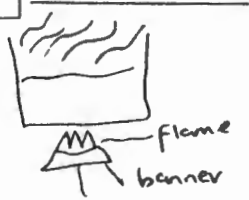


more further apart than liquid

2



3



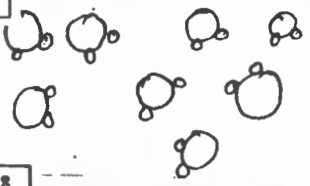
4

5

They tend to move freely each molecule of water breaks, the spaces become large they collide as they move and are activated by heat.

6

7



The movement of molecules is haphazard in all directions collide with one another and move further.

8

They interact very fast as compared to those in liquid and solids

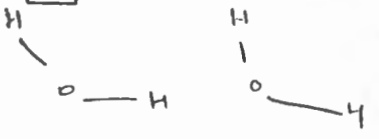
9

Here the molecules move in a very much manner.

10

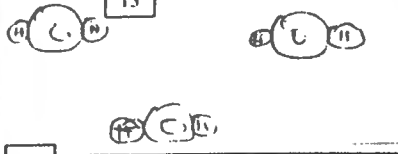
11

12



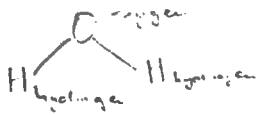
Only bonds stay intact. but intensity of motion and speed between increases

13



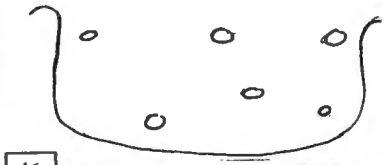
REACT WITH EACH OTHER WITH THE WEAKEST FORCE

14



The water molecules in gaseous phase are absolutely far apart from one another and forces between them very small or even absent

15

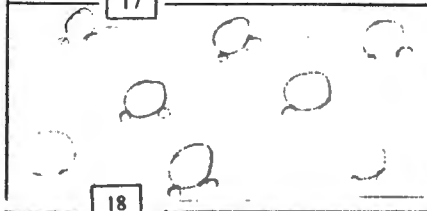


The force between the molecules are not very strong

16

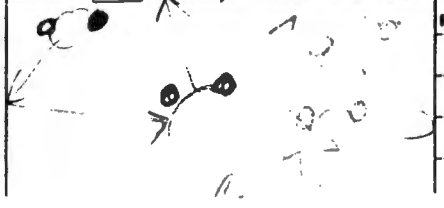
They move freely and in collide with one another in the gaseous

17



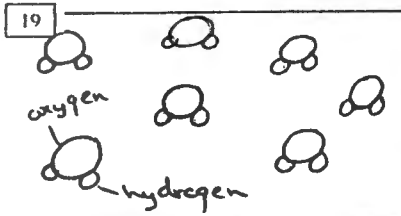
The molecules are far apart and their forces of attraction is very small. They are free to move

18



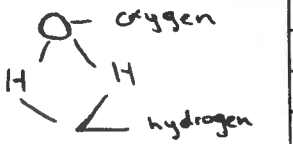
1. The motion of water vapour molecules is disorderly and random.

19



There are very weak inter-molecular forces.

20



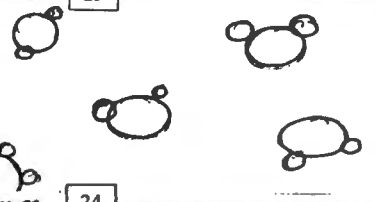
The space between them is reduced during condensation it forms water droplets.

21

22

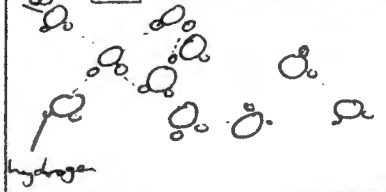
They move away and collide with each other and ultimately decrease their velocity

23



Molecules are widely separated, therefore no forces of attraction between them. Molecules are at condensed liquid motion

24



They are far apart from each other and continously in random motion. They collide and each with elastic collision

25



They are scattered

26

The molecules of gas are placed far apart.

27

- They are far apart
- move randomly

Vraag 12.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **soliede water** (ys) op die molekulêre vlak voor te stel.

SMELTING →

Vraag 12.2: Teken 'n diagram met byskrifte om **watervloeistof** op die molekulêre vlak voor te stel.

1

2

ice

melted ice (becomes liquid)

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

fixed pattern

13

14

closely packed

15

16

17

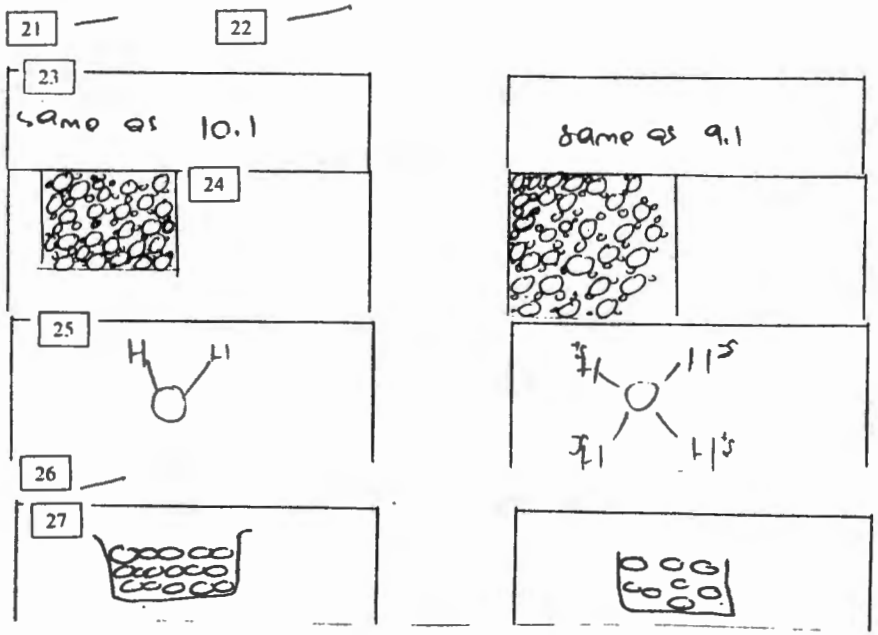
18

19

20

MELTING → heat

not fixed



Vraag 13: Beskryf in u eie woorde wat gebeur as soliede water smelt om watervloeistof te vorm.

1
When solid water melts the bonds in between breaks

2
it changes from one form to the other (from ice to liquid)

3
Change from solid to liquid.

4
When solid water melts the bonds in between break.

5
Where solid water - liquid & a melts temperature is high - then there is gaseous state then the temperature lessens - later of the liquid is formed by condensing steam.

6

7
Firstly the forces of consistes becomes weak and molecules move further distance than before.

8
When water melts from ice the molecules start to be a little bit active and a time goes on become more active and more forms.

9
there is a change in temperature from -ve to +ve.

10

11

12
It requires energy from surrounding. Spaces between molecules increases. Kinetic energy of particles increases. Transition changes.

13
THE FORCE IS WEAKER WHERE SOLID PHASE CHANGES TO CHEMICAL PHASE

14
the force that hold molecules close together in a solid weaken to the molecules is more apart / spreading value in a solid water / vibrating at distance.

15
The forces between the molecules weakened by

16
The solid water gains more energy (heat energy) and the force between its molecules is broken. The solid water's ~~loses its~~ volume is decreased

17
the energy is taken in and it is used to break the bonds so to loose the bonds between molecules. The molecules start to move from one place to another

18 The water molecules gains energy and thus breaking the forces which held in a solid phase.

19 The intermolecular force become weak and ice becomes liquid water.

20 The solid water absorb heat. The space between the molecules is increase the attraction bond are broke

21 The strong bonds between the solid water break and molls increase molecules are now free to move

22 /

23 The forces of attraction loncons

24 Molecular gain energy then they move apart from each other, thus increasing their volume while the number of molecules remains the same.

25 It changes in phase of heat which is called lag phase.

26 The intermolecular forces become weaker as the temp. of increases. As they become weaker, the solid water melts

27 /

Vraag 14: Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in die watermolekuul los van mekaar wanneer die smelting van ys plaasvind?

1 I do 2 Yes 3 Yes 4 No 5 the Yes

6 No 7 Not breaking apart, but only molecules. 8 No 9 No

10 / 11 / 12 No form of attraction is reduced. 13 no

14 No, what breaks is the force that hold molecules together 15 NO 16 NO

17 NO 18 NO 19 NO 20 NO 21 no

16 /

17 ~~energy~~ as the molecules become more closely packed, the forces of attraction become more and the spaces between molecule is minimized

18 The molecules loses ~~ene~~ energy

19 The intermolecular forces strengthen, reducing the spaces between the molecules.

20 The liquid water loses heat, the molecules move close to each other, they become closely pack.

21 Water molecules do not longer move free & bonds will be strong between molecules

22 /

23 The volume of water increases, expansion of water molecule.

24 Molecular loses ~~water~~ energy and then move closer to each other.

25 The phase of liquid form changes into solid again by lag phase.

26 The intermolecular forces become stronger as the molecule move closer.

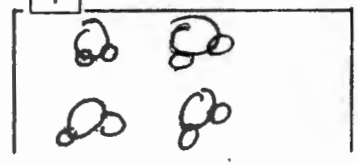
27 /

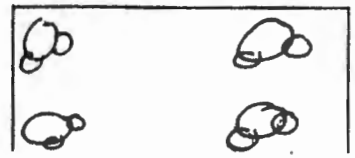
Vraag 16.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **vloeistof-water** op die molekulêre vlak voor te stel.

VERDAMPING →

Vraag 16.1: Teken 'n diagram met byskrifte om **waterdamp (stoom)** op die molekulêre vlak voor te stel.

1





22 /

23 No, only displacement of molecules, not chemical change

24 No

25 No

26 No. The molecules separate e.g. $H_2O(l)$

27 /

Vraag 15: Wat dink u gebeur wanneer watervloeistof vries?

1 Water molecules become closely

2 They form small particles of ice which are solid

3 they form small particle of ice which solid

4

5 liquid - temperature lowered - attraction forces high liquid becomes a solid - the

6

7 molecules come closer forces strength stronger and movement is restricted.

8 water molecules gradually move slower and slower.

9 There is the dropping in temperature.

10

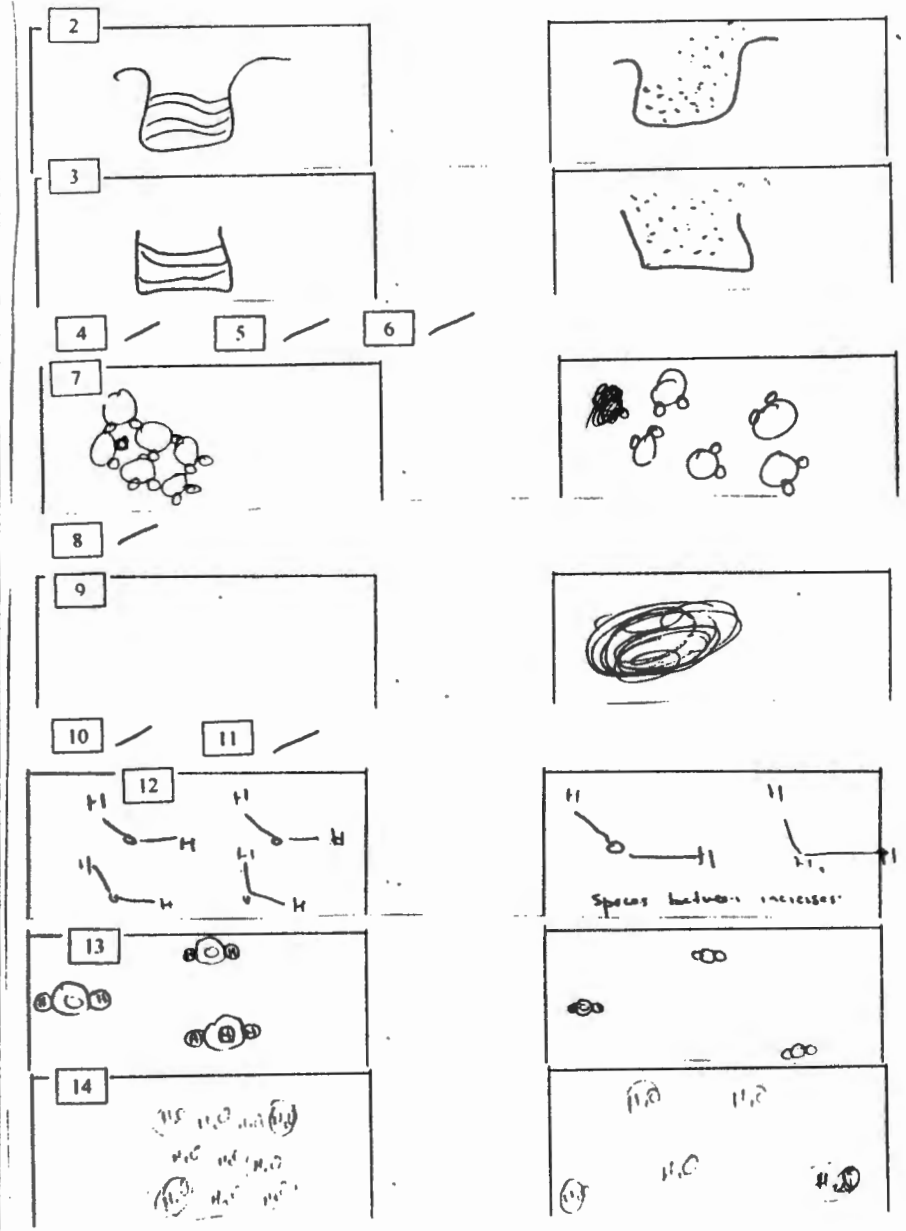
11

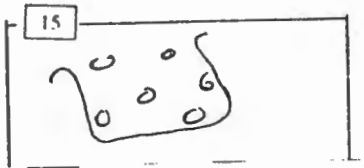
12 Kinetic energy is reduced. Particles arrange in a particular pattern (3 dimensions)

13 [illegible] come close to each with a strong force

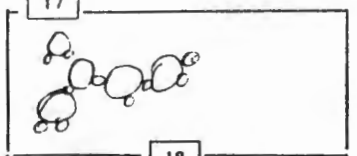
14 [illegible]

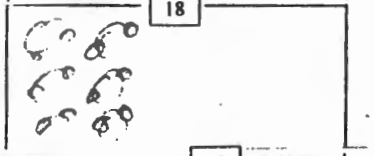
15 The force between [illegible]

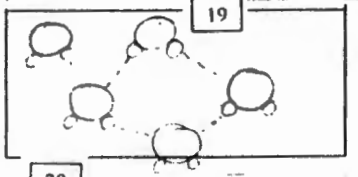


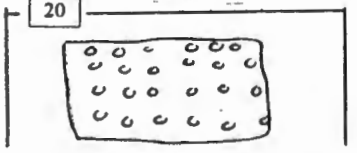
15 

16

17 

18 

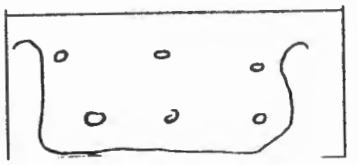
19 

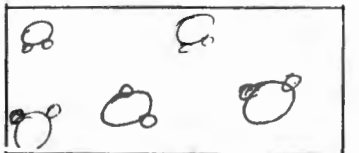
20 

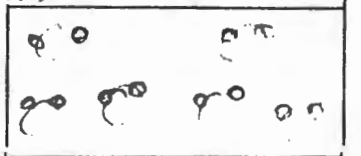
21 /

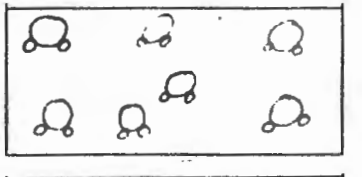
22

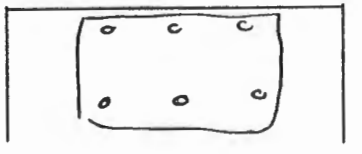
23 Same as 9.1



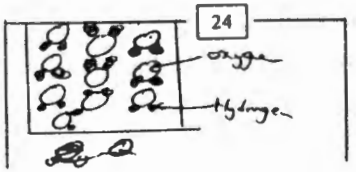








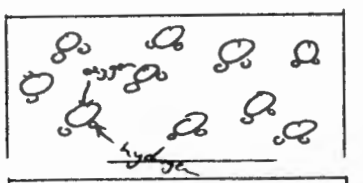
Same as 11.1

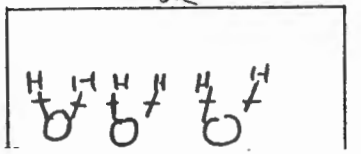
24 

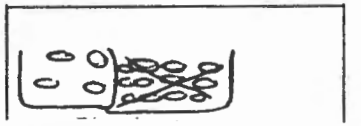
25 $H_2O \rightarrow$

26

27 







Vraag 17: Beskryf in u eie woorde wat gebeur as watervloeistof verdamp om waterdamp te vorm.

1 —

2 they form steam

3 when water is boiling the steam that comes out is the water vapour

4 —

5 the hydrogen and Oxygen atoms breaks.

6 —

7 The distance between molecules increases, forces becomes weaker and collision is less

8 Water molecules move faster and faster

9 Temperature change result in the change of face.

10 /

11 /

12 Molecules acquire kinetic energy and broken away from liquid due to intensity motion reduce force of attraction.

13 THE FORCES WEAKEN TO A CERTAIN DEGREE AT A

14
[illegible] forces that hold the molecules together as a liquid. May [illegible] so that molecules stay [illegible] apart from each other.

15
The bonds between [illegible] completely

16 /

17
energy is taken in and is used between to break the bonds totaly from water molecules. Molecules with higher energy will escape into the atmosphere

18
molecules gains more energy and these breaks the forces between the molecules. (adhesive forces)

19
The inter-molecular forces completely breaks of and particles move more freely.

20
there is a change of state from a liquid state to a gaseous state.

21 /

22 /

23
The molecules gains energy i.e. kinetic energy without temperature change. The more KE the speed of the movement

24
The molecules gain energy. Then when their energy is to high, they overcome the attractive forces and

25
The phase of liquid form changes into gas form by day phase

26
As temperature of the liquid increases, bonds become weaker and the water evaporates

27 /

Vraag 18: Breek die waterstof- en die suurstofatome binne-in 'n watermolekuul los van mekaar as verdamping plaasvind?

1 / 2 Yes 3 Yes 4 / 5 Yes 6 No

7 No breaking from each other 8 No 9 No 10 /

11 / 12 No, only inters only 13 Yes

14 No, only the molecules are separated or more the forces between the atom 15 NO 16 / 17 NO

18 NO 19 No 20 NO 21 / 22 NO

23 No, only rearrangement of molecule 24 No. 25 Yes

26 No. The molecule breaks e.g. H_2O gl 27 /

Vraag 19: Dink u dat waterstofgas en suurstofgas gevorm word as water kook? Hoekom wel, of hoekom nie?

1 /

2 Yes

3 / yes

4 /

5
No. They are already there it is only that they were in a form of a compound and the compound is broken by the heat

6 /

7
No separation there only molecules dissociate from the dissociation energy.

8
~~No~~ Yes because water is the combination of hydrogen and oxygen.

9
No, they are not formed as the vapour is still the water form.

10 / 11 /

12
No only those changes due to kinetic energy. Boiling is not the same as electrolysis of H_2O

13
No idea

14
No, Leave the bonds that hold the atoms together do not break. The molecules remain as molecules individually. No it remain as

15
No, because to get water in the form of gas (steam) energy is forced by combustion the dissociation of water molecule hydrogen and oxygen.

16 /

17
No because water vapour are waters molecules which is a gaseous phase. The only thing that change is the phase not

18
NO, the boiling point of Water is not the chemical change of water

19
No. Because when water boils, there is no any chemical change.

20
No. When water boils there is a change of state from liquid state to gaseous state there is no formation of H and O

21 /

22
No, because

23
No. Water as liquid is given by $H_2O_{(l)}$ and as gas it $H_2O_{(g)}$.

24
No, that doesn't involve chemical change. ie. H_2 do not break from O_2, only rearrangement.

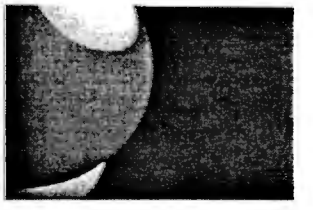
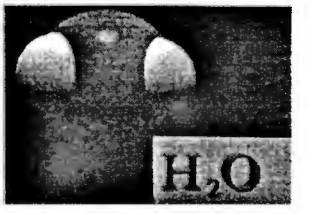
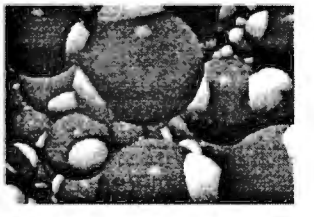
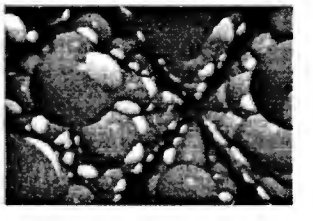
25
Yes, because oxygen and hydrogen are atoms or elements which are in the gas form.

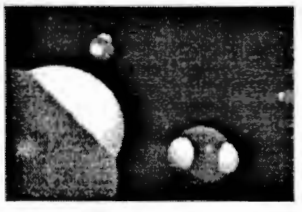
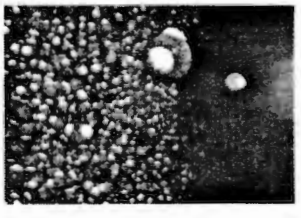
26 /

27 /

Bylaag F

Sinopsis van video

Segment en konsep	Kort beskrywing	Sleutelraampie
INLEIDING - DIE WATERMOLEKUUL 'n Molekuul het verskillende vorme van energie.	***Naby skoot van 'n watermolekuul*** Die translasie-, rotasie- en vibrasiebewegings van die watermolekuul.	
VOORSTELLING VAN DIE MOLEKUUL MET 'N CHEMIESE FORMULE Die verskil tussen een molekuul en die substansie.	***H_2O formule*** Nadat aangetoon is hoe die H_2O formule afgelei word vir die molekuul, word die betekenis van $H_2O(l)$ geïllustreer.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN VLOEISTOFWATER Die watermolekules beweeg nie onafhanklik nie.	***Vloeistofwater*** Watermolekules, saamgebind deur waterstofbinding, sommige in groepies, beweeg rond.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN YS Kanale bestaan tussen die vibrerende watermolekules in vaste posisies.	***Ys*** Daar word in een van die kanale van die ysstruktuur inbeweeg, rondgekyk na die vibrerende molekules en dan weer uitbeweeg.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN SMELTENDE YS As die temperatuur toeneem, neem die kinetiese energie toe. Geen verandering in molekulêre grootte of samestelling gedurende faseverandering.	***Smeltende ys*** Beginnende binne-in die ysstruktuur, beweeg die kamera af na die molekules op die laer oppervlak voor smelting. Soos die temperatuur toeneem, neem die kinetiese energie toe totdat die struktuur verval in die vloeistoftoestand.	

Segment en konsep	Kort beskrywing	Sleutelraampie
DISTILLASIE VAN WATER	***'n Eenvoudige distillasie-apparaat*** Daar word deur die apparaat beweeg en gelet op die veranderinge in toestand langs die pad.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN WATERDAMP Molekules in die gastoestand is ver verwyder van mekaar en beweeg met Botzman verspreiding snelhede.	***Water in die gastoestand*** Watermolekules beweeg vinnig in die ruimte met 'n reeks van snelhede en met botsings af en toe.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN VERDAMPENDE WATER Die molekules word deur mekaar aangetrek.	***Verdamping*** Beginnende binne-in die vloeistof, beweeg die kamera ne die oppervlak toe. Molekules breek weg, sommige met moeite en ander keer terug. Meer gaan weg as wat terugkeer.	
'N MOLEKULÊRE MODEL VAN DIE BINNEKANT VAN 'N BORREL GEDURENDE KOKING 'n Borrel in kookwater bevat H_2O molekule, nie H_2, O_2, of lug nie. (Algemene wanopvattings.)	***Inbreek in 'n borrel.*** Na beweging deur die watermolekule in die vloeistof-borrelwand, word daar deurgebreek na die gasagtige binnekant van die borrel. 'n Deel van die borrelwand kan in die agtergrond gesien word.	
OPSOMMING EN DINKVRAAG	*Hoekom is soliede water minder dig as vloeistofwater? Dit is 'n teenstrydigheid in chemie.*	