

# Effectief formatief evalueren

Verslag Onderzoek van Onderwijs (10 EC)



|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| Auteur:             | Myron Plugge         |
| Studentnummer:      | S1355619             |
| Vak:                | Scheikunde           |
| Hoofdbegeleider:    | Talitha C. Visser    |
| Tweede begeleider:  | Leontine A. de Graaf |
| Externe begeleider: | Hannie J. Lensink    |

## 1. Abstract

Met behulp van theorie (Gulikers & Baartman, 2017) en ontwerpdoelen uit de literatuur (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006) is een formatieve evaluatie (FE) cyclus ontworpen voor het onderwerp 'Bouwstenen van stoffen' (scheikunde, leerjaar 3). Hierbij kregen deelnemende klassen in een week tijd twee formatieve toetsen voorgelegd, en oefenden de testgroepen tussentijds met oefenpakketten.

In absolute zin is er laag gescoord op deze twee toetsen, en is er een gemiddelde daling van score te zien tussen de twee toetsen. Uitzondering hierop zijn resultaten met betrekking tot paragraaf 3.3 (formuletaal en massaberekeningen). Dit wordt toegerekend aan de duidelijke opbouw van de ontworpen stof. Daarnaast lijken leerlingen de FE-cyclus als nuttig te ervaren. Zij zijn overwegend positief erover, ondanks dat het niet altijd positieve resultaten opleverde.

De opzet van dit onderzoek heeft potentie om effectief te zijn, en daarom luidt het advies om dit project te herhalen, en de aanbevelingen daarin te verwerken.

## Inhoudsopgave

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 1. Abstract.....                                 | 2  |
| 2. Introductie en probleemstelling .....         | 4  |
| 3. Theoretische inbedding .....                  | 5  |
| 3.1 Ontwerpeisen binnen formatief evalueren..... | 5  |
| 4. Methode .....                                 | 9  |
| 4.1 Deelnemers en context .....                  | 9  |
| 4.2 Opzet.....                                   | 9  |
| 4.3 Ontwerpprocedure .....                       | 10 |
| 4.4 Instrumenten .....                           | 12 |
| 4.5 Analyse.....                                 | 14 |
| 4.6 Ethische overwegingen .....                  | 15 |
| 5. Resultaten .....                              | 17 |
| 5.1 Deelvraag 1 .....                            | 17 |
| 5.2 Deelvraag 2 .....                            | 18 |
| 5.3 Deelvraag 3 .....                            | 19 |
| 6. Discussie .....                               | 20 |
| 6.1 Opening.....                                 | 20 |
| 6.2 Paragraaf 3.1 .....                          | 21 |
| 6.3 Paragraaf 3.2 .....                          | 21 |
| 6.4 Paragraaf 3.3 .....                          | 22 |
| 6.5 Paragraaf 3.4 .....                          | 22 |
| 6.6 Resultaten summatieve toets .....            | 23 |
| 6.7 Leerlingreacties.....                        | 23 |
| 7. Conclusie.....                                | 25 |
| 8. Aanbevelingen .....                           | 27 |
| 9. Bronnen.....                                  | 29 |
| Appendix A: Opgestelde leerdoelen .....          | 31 |
| Appendix B: Toetsmoment 1 .....                  | 34 |
| Appendix C: Toetsmoment 2 .....                  | 38 |
| Appendix D: Oefenpakket 3.1 .....                | 43 |
| Appendix E: Oefenpakket 3.2.....                 | 46 |
| Appendix F: Oefenpakket 3.3.....                 | 49 |
| Appendix G: Oefenpakket 3.4 .....                | 53 |

## 2. Introductie en probleemstelling

Iedereen die in het voortgezet onderwijs werkt heeft sinds de opkomst van Covid-19 (maart 2020) te maken met lesgeven vanuit een online omgeving. De pandemie heeft scholen geforceerd om online- of hybrideonderwijs aan te bieden, met alle gevolgen van dien. Er is menig onderzoek gedaan naar de negatieve gevolgen voor de ontwikkeling van de leerlingen, die zich manifesteren in de vorm van overmatige stress, gevoelens van eenzaamheid, angst en depressie (Araújo, de Lima, Cidade, Nobre, & Neto, 2020; Le Vigouroux, Goncalves, & Charbonnier, 2021; Villani et al., 2021). Niet alleen onderzoekers erkennen dit probleem, ook ervaringsdeskundigen in de pedagogie trekken aan de bel (Enthoven, 2020).

Tegenwoordig (februari 2022) zijn de leerlingen weer allemaal fysiek op school. Echter, zowel leerlingen als docenten maken zich zorgen om de kennisretentie met betrekking tot onderwerpen die langsgesproken zijn toen onderwijs online aangeboden werd (Nagy, Hall, & Charrois, 2021; Shehab, 2020). Tijdens de online lessen pakten leerlingen het leerproces op andere manieren aan, met vooral de focus op de korte termijn opbrengst (Nagy et al., 2021). Daarnaast was het voor de docent ook lastiger om het leerproces van de leerlingen thuis goed te volgen (Choi, Song, & Zaman, 2020). Om het lesprogramma goed aan te laten aansluiten bij het huidige niveau van leerlingen is het van belang om zicht te krijgen op hun huidige kennisniveau.

Met behulp van formatief evalueren kan hier inzicht in verkregen worden (Sluijsmans, Joosten-Ten Brinke, & Van der Vleuten, 2013). Door eerst het beginniveau van de leerlingen in kaart te brengen aan de hand van een diagnostisch toetsmoment kunnen er vervolgens stappen genomen worden naar aanleiding van de resultaten. Leerlingen moeten inzicht krijgen in hun alternatieve concepties en hiaten in hun kennis, om deze vervolgens gericht weg te kunnen werken. Hierdoor kunnen ze met een betere scheikundige basis hun verdere middelbare schoolcarrière doorlopen.

Het doel van dit onderzoek is om aan de hand van formatieve evaluaties middelbare scholieren uit leerjaar 3 te ondersteunen in hun eigen leerproces om de negatieve gevolgen van de pandemie te verminderen voor het vak scheikunde. De hoofdvraag van dit ontwerponderzoek wordt daarom als volgt gedefinieerd, met drie deelvragen:

*Hoe wordt een zelfontworpen, effectieve formatieve evaluatie cyclus over het onderwerp 'Bouwstenen van stoffen' geëvalueerd binnen scheikunde?*

1. *Hoe scoren de leerlingen op een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus?*
2. *Welk resultaat heeft een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus op verdere prestaties van leerlingen?*
3. *Hoe kan een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus zodanig opgezet worden dat leerlingen deze als nuttig ervaren?*

Binnen deze vraag wordt effectiviteit gedefinieerd als het hebben van een positief resultaat op zowel kwantitatief vlak (de prestaties van de leerlingen verbeteren zichtbaar, zie deelvragen 1 en 2) als op kwalitatief vlak (de leerlingen ervaren het als nuttig, zie deelvraag 3).

Er wordt verwacht dat als er een formatieve evaluatie (FE)-cyclus opgesteld wordt die goed aansluit bij het kennen en kunnen van leerlingen, dat dit een positief effect heeft op de prestaties van leerlingen. Als ze daarnaast het nut ervan in kunnen zien is de verwachting dat ze gemotiveerd zullen zijn om met de stof aan de slag te gaan.

Binnen de hoofdvraag wordt er gerefereerd naar het onderwerp 'Bouwstenen van stoffen.' Dit is hoofdstuk 3 uit de methode 'Chemie Overal' van leerjaar 3 voor zowel HAVO als VWO, en betreft de basis van de chemie: micro/macroniveau, atoombouw, naamgeving van elementen, correct gebruik van het periodiek systeem en het bepalen van atoommassa's in u. Dit onderwerp is gekozen naar aanleiding van de stof die behandeld zou worden binnen de beschikbaar gestelde klassen ten tijde van de uitvoer van dit onderzoek.

### 3. Theoretische inbedding

Binnen het onderwijs zijn er twee manieren om te testen of leerlingen stof beheersen. Dit gaat om summatieve en formatieve evaluaties. Het verschil tussen de twee, is dat summatief evalueren een toetsmoment (in de breedste zin van het woord) betreft aan het eind van het leerproces, en waar vaak een cijfer aan gegeven wordt als eindresultaat. Daarentegen betreft formatief evalueren een feedbackproces tijdens het leerproces. Vaak wordt er aan de hand van een toetsmoment (in de breedste zin van het woord) een inventarisatie gemaakt van de huidige situatie, wat als startpunt dient van het proces. Dit, in combinatie met het helder voor ogen hebben wat het doel is en het weten welke stappen er nog gezet moeten worden, staat aan de basis van formatieve evaluatie.

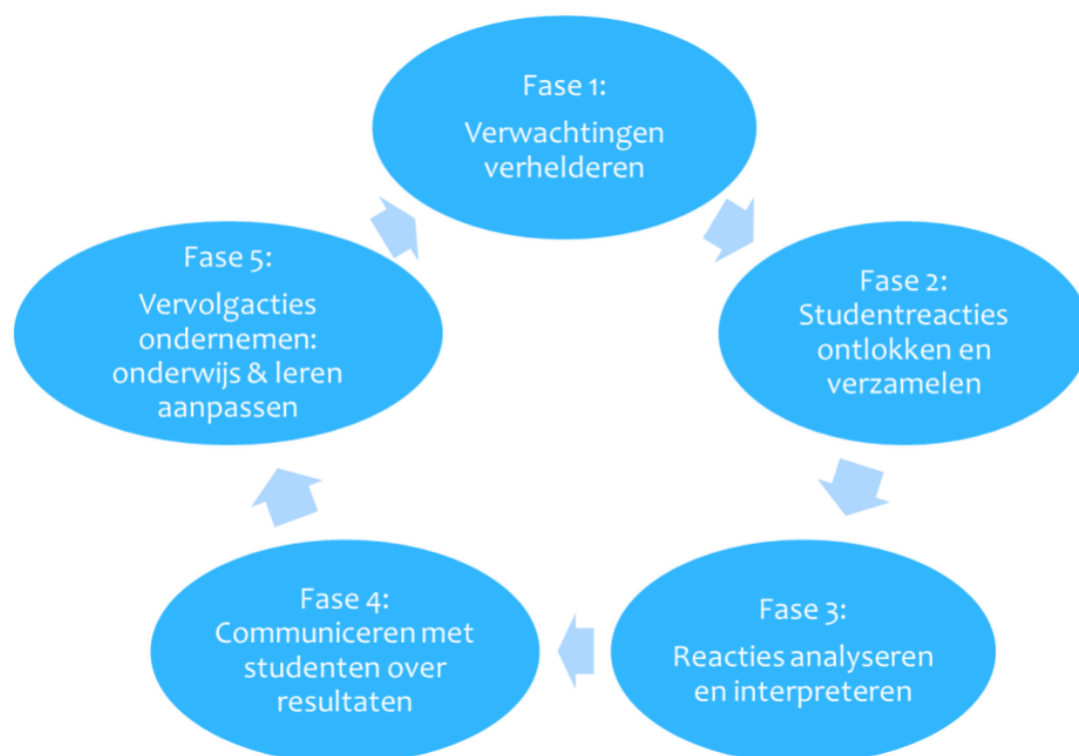
Met oog op de aanleiding van dit onderzoek (zie introductie) wordt het formatief evalueren verder geanalyseerd.

#### 3.1 Ontwerpeisen binnen formatief evalueren

Samengevat heeft formatief evalueren drie belangrijke kenmerken, namelijk:

1. De docent weet wat hij de leerlingen wil laten leren, en leerlingen weten dat ook.
2. De docent peilt voortdurend wat de leerlingen al weten en begrijpen.
3. De feiten uit stappen 1 en 2 worden gebruikt om de leerlingen verder te helpen in hun leerproces.

Gulikers en Baartman (Gulikers & Baartman, 2017) hebben hier een formatieve evaluatie cyclus (FE-cyclus) met vijf fasen voor ontwikkeld, zie afbeelding 1.



*Figuur 1: De FE-cyclus van Gulikers en Baartman (Gulikers & Baartman, 2017), omschreven vanuit het perspectief van de docent.*

Deze vijf fasen beschrijven concreet wat de docent doet in de klas wanneer het proces van formatief evalueren vormgegeven wordt. De docent is namelijk een belangrijke factor in het vormgeven van

het proces van formatief evalueren, maar docenten vinden het soms lastig om dit concreet te maken in hun eigen klas (Kippers, Wolterinck, Schildkamp, Poortman, & Visscher, 2018; Sluismans et al., 2013).

In dit onderzoek wordt er een FE-cyclus ontworpen die leerlingen stap voor stap meeneemt in het leerproces voor het onderwerp 'bouwstenen van stoffen' aan de hand van deze literatuur. De literatuur benoemt vijf concrete fasen die handvatten biedt over hoe formatief evalueren neergezet kan worden in de klas. Daarnaast is er verschillende literatuur te vinden over waar effectieve formatieve evaluatie aan moeten voldoen. Een artikel van Nicol en MacFarlane-Dick (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006) omschrijft 7 eisen kenmerkend voor effectieve formatieve evaluatie, die onderstreept worden door twee recentere reviews (Gikandi, Morrow, & Davis, 2011; Solaiman, Barney, & Smith, 2017). Deze zijn als volgt, en worden direct toegelicht binnen hetzelfde artikel van Nicol en MacFarlane-Dick (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006):

1. De formatieve evaluatie verheldert de leerdoelen en definieert binnen deze doelen wat 'goed' is.

Binnen het onderwijs bestaat het probleem van het niet overeenkomen van verwachtingen van leerlingen en docenten. Het simpelweg delen van de leerdoelen kan helpen, maar wil ook niet altijd voldoende zijn. Leerdoelen moeten goed gedefinieerde criteria hebben, en hebben waar nodig subdoelen (succescriteria) nodig.

Verder kan het helpen om een discussie te voeren met de klas van tevoren over deze criteria, en leerlingen meenemen in het beoordelen van elkaars werk wordt als bevorderlijk ervaren voor het vaardig worden binnen de context van de lesdoelen. Op deze manier kan een gezonde manier van feedup gewaarborgd worden, en kan een leerling een duidelijk beeld krijgen van wat er van hem verwacht wordt. Dit punt komt tevens overeen met fase 1 (Verwachtingen verhelderen van de FE-cyclus), te zien in figuur 1.

2. De formatieve evaluatie geeft de leerling informatie/feedback van hoge kwaliteit omtrent hun leerproces.

Feedback van goede kwaliteit is gedefinieerd als informatie die leerlingen kan helpen om zelfstandig de discrepantie tussen hun huidige kennisniveau en het gewenste resultaat te overbruggen. Deze informatie wordt duidelijk tijdens de afname van de formatieve evaluatie, waarbij de leerling de eigen uitwerking moet kunnen controleren. Met behulp van de daaruit volgende informatie beschikt de leerling over genoeg informatie om het verschil tussen hun niveau en het gewenste niveau te dichten (feedforward). Dit is terug te vinden in fasen 2 (Studentreacties uitlokken en verzamelen) en 3 (Reacties analyseren en interpreteren) van de FE-cyclus (zie figuur 1).

3. De formatieve evaluatie geeft de mogelijkheid aan leerlingen om het gat tussen hun huidige niveau en het gewenste niveau te dichten.

Dit onderdeel kan bereikt worden door leerlingen een kans te geven om op eerder werk verbeteringen door te voeren. Zodra zij feedback hebben gekregen moet er een kans zijn om dit in de praktijk te brengen. Het merendeel van de genoemde strategieën hiervoor splitst de formatieve evaluatie in twee stukken, om zo tijdens het tweede deel de feedback mee te nemen.

In dit geval betekent dit dat de FE-cyclus minstens twee keer doorlopen moet worden, waarbij dit punt tijdens fase 2 (Studentreacties uitlokken en verzamelen) van de tweede cyclus aan bod komt.

#### 4. De formatieve evaluatie faciliteert reflecteren in het leerproces.

Reflecteren komt het leerproces ten goede. Met behulp van duidelijke leerdoelen zal een leerling beter in staat zijn om zijn of haar eigen kunnen in verhouding te kunnen zetten met de leerdoelen, en kunnen ze zo stappen zetten om het beoogde leerdoel te behalen. Deze leerdoelen worden tijdens fase 1 (Verwachtingen verhelderen) gedeeld.

#### 5. De formatieve evaluatie moedigt de discussie tussen medeleerlingen en de docent aan.

Feedback geven hoort geen eenrichtingsverkeer zijn. Een leerling moet vragen kunnen stellen over geleverde feedback. Daarnaast wordt het als nuttig ervaren om de discussie aan te gaan over geleverde opdrachten en feedback, en om dit te doen met zowel de docent als met medeleerlingen.

Dit is tevens onderdeel van fase 4 (Communiceren met studenten over resultaten) van de FE-cyclus in figuur 1.

#### 6. De formatieve evaluatie moedigt het zelfvertrouwen van de leerling aan, en bevordert positieve werkhoudingen.

Nicol en MacFarlane wijzen op verschillende elementen die een positieve werksfeer kunnen bevorderen of tegenwerken, en onderbouwen deze punten. Deze punten worden hieronder toegelicht aan de hand van de bronnen die zij aanhalen.

#### **Bevorderen positiviteit**

Een toetsmoment kan op verscheidene manieren op positievere wijze voor leerlingen opgezet worden. Deze worden omschreven in het onderzoek van Harlen en Deakin Crick (Harlen & Deakin Crick, 2003), en zijn als volgt:

- a. Hetgeen dat gevraagd wordt tijdens de toets moet overeenkomen met de verwachtingen van de docenten en de capaciteiten van de leerlingen.
- b. Door het ontwikkelen van de zelfreflectievaardigheden van de leerling en het actief gebruik van leren in tegenstelling tot het gebruik van prestatiecriteria.
- c. Door toetsen te gebruiken om progressie inzichtelijk te maken voor leerlingen.
- d. Door de zelfredzaamheid van zwakkere leerlingen te bevorderen door leerdoelen expliciet te geven, en ze direct te laten zien hoe ze (ervoor) moeten leren.
- e. Door een schoolomgeving te creëren waar zelf-gereguleerd leren aangemoedigd wordt.
- f. Door leerlingen te betrekken bij besluiten omtrent het toetsen.
- g. Door een constructieve en ondersteunende omgeving te creëren binnen de onderwijsomgeving.

In dit onderzoek worden punten a, b, c, en d meegenomen in het design van de formatieve evaluatie. De resterende punten hebben betrekking tot de school in zijn geheel, en liggen zo niet binnen de omvang van dit ontwerponderzoek.

#### **Verminderen negativiteit**

Daarnaast is het verstandig om de negatieve impact op het zelfvertrouwen van leerlingen te analyseren. Het geven van een cijfer wordt door meerdere onderzoeken (Craven, Marsh, & Debus, 1991; Harlen & Deakin Crick, 2003) aangemerkt als een negatieve invloed op het zelfvertrouwen van leerlingen, specifiek die van zwakkere. Leerlingen zijn met cijfers vaker geneigd om zichzelf te vergelijken met andere leerlingen, terwijl het leerproces iets individueels is. Er zal dus geen cijfer aan de formatieve evaluatie gegeven worden, het is immers bedoeld om het individuele leerproces te bevorderen.

7. De formatieve evaluatie geeft informatie aan de docent om zo verdere lessen vorm te geven.

Zolang een docent niet weet hoe de leerlingen er precies voor staan, dan zal de opvolgende les minder effectief zijn (de leerlingen weten het al/zijn nog niet zover). Het doel is dat informatie uit deze formatieve evaluaties zal helpen om vervollessen vorm te geven, of om minstens aandachtspunten te formuleren die de volgende keer dat het onderwerp gegeven wordt gebruikt kunnen worden.

Dit punt komt overeen met fase 5 (Vervolgacties ondernemen: onderwijs en leren aanpassen) van de FE-cyclus in figuur 1.

## 4. Methode

### 4.1 Deelnemers en context

De klassen die meegedaan hebben aan het onderzoek staan in de onderstaande tabel. Verdere informatie over de context is te vinden in tabel 1. De context waarin deze FE-cyclus gemaakt is, is het vak scheikunde, voor het hoofdstuk 'Bouwstenen van stoffen' in leerjaar 3. Hierin hebben alle vier klassen de toetsmomenten uitgevoerd (twee controlemomenten), en hebben twee klassen daarvan uit beide niveaus tussentijds geoefend met oefenpakketten bovenop het normale programma. Deze twee klassen zijn de testgroep.

Tabel 1: Overzicht van de deelnemers en de context van dit ontwerponderzoek.

|                                 |                                                                                                                  |                                                                                                                  |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| School:                         | Het Marianum te Groenlo                                                                                          |                                                                                                                  |
| Vak:                            | Scheikunde                                                                                                       |                                                                                                                  |
| Uren per week:                  | 2                                                                                                                |                                                                                                                  |
| Gebruikte methode:              | Chemie Overal                                                                                                    |                                                                                                                  |
| Stroming (leerjaar):            | 3 HAVO                                                                                                           | 3 VWO                                                                                                            |
| Aantal leerlingen:              | 74                                                                                                               | 44                                                                                                               |
| Behandelde lesstof (onderwerp): | Bouwstenen van stoffen<br>3.1 Macro- en microniveau<br>3.2 Periodiek systeem<br>3.3 Formuletaal<br>3.4 Atoombouw | Bouwstenen van stoffen<br>3.1 Macro- en microniveau<br>3.2 Periodiek systeem<br>3.3 Formuletaal<br>3.4 Atoombouw |

Omdat er nagenoeg volledige overlap is tussen de havo- en de vwo-groep qua lesstof hebben alle groepen hetzelfde materiaal gekregen. Resultaten werden afzonderlijk van elkaar geïnterpreteerd. De klassen werden als volgt ingedeeld:

Tabel 2: De gebruikte onderverdeling van de klassen binnen dit onderzoek. De helft van de 3 HAVO/VWO klas behoort tot HAVO, de andere helft tot VWO.

| Groep             | Controlegroep |            | Testgroep |       |
|-------------------|---------------|------------|-----------|-------|
| Stroming          | 3 HAVO        | 3 HAVO/VWO | 3 HAVO    | 3 VWO |
| Codering          | H-C           | HV-C       | H-T       | V-T   |
| Aantal leerlingen | 29            | 30         | 30        | 29    |

### 4.2 Opzet

Er is een FE-cyclus opgezet aan de hand van de literatuur van Gulikers en Baartman (Gulikers & Baartman, 2017) en van Nicol en MacFarlane-Dick (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006), rekening houdende met de onderstaande opgestelde ontwerpeisen:

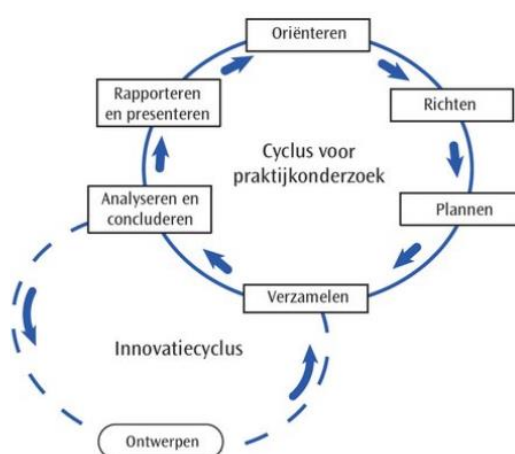
1. Verhelderen leerdoelen: De FE-cyclus verheldert de leerdoelen en definieert binnen deze doelen wat 'goed' is.
2. Geeft feedback: De FE-cyclus geeft de leerling informatie/feedback van hoge kwaliteit omtrent hun leerproces.
3. Verbeterkans: De FE-cyclus geeft de mogelijkheid aan leerlingen om het gat tussen hun huidige niveau en het gewenste niveau te dichten.
4. Reflectiemogelijkheid: De FE-cyclus faciliteert reflecteren in het leerproces.
5. Discussiemogelijkheid: De FE-cyclus moedigt de discussie tussen medeleerlingen en de docent aan.

6. Positieve sfeer: De FE-cyclus moedigt het zelfvertrouwen van de leerling aan, en bevordert positieve werkhoudingen.
7. Toekomstige lesvorming: De formatieve evaluatie geeft informatie aan de docent om zo verdere lessen vorm te geven.

Verder zijn er nog randvoorwaarden waar bij het ontwerp van de FE-cyclus rekening mee gehouden moest worden. De FE-cyclus is uitgevoerd op de middelbare school 'het Marianum,' waar gewerkt wordt met lessen van 50 minuten. Hier waren drie lessen beschikbaar van 50 minuten per stuk voor de uitvoer van dit project. Les 1 en les 3 werden gebruikt voor het afnemen van de toetsmomenten, les 2 werd gebruikt voor het oefenen met de oefenpakketten binnen de testgroepen. De controlegroepen volgden bij les 2 het normale programma.

### 4.3 Ontwerpprocedure

Voor het opstellen van een effectieve FE-cyclus is de cyclus van praktijkonderzoek aangehouden, zoals omschreven is in het boek 'Praktijkonderzoek in de school' (Donk & Lanen, 2020). Zie ook het onderstaande figuur.



Figuur 2: De cyclus voor praktijkonderzoek, zoals te zien is in het boek 'Praktijkonderzoek in de school.' Er wordt begonnen met oriënteren, waarna de figuur gevolgd wordt tot analyseren en concluderen. Daarna wordt tweemaal de innovatiecyclus doorlopen, met als eind de tweede verzamel fase. Sommige fasen komen dus meermaals voor, welke aan de hand van nummering van elkaar onderscheiden worden.

#### Oriënteren en richten

Er werd gestart met een analyse van de behandelde stof voor het onderwerp 'bouwstenen van stoffen.' Hiervoor werden de relevante paragrafen en bijbehorende opdrachten uit de methode doorgenomen, met de ontwerpeisen uit de literatuur in het achterhoofd houdende. Dit gaat om paragrafen 3.1 tot en met 3.4 en de zogenaamde afsluiting van hoofdstuk 3 uit Chemie Overal voor 3 HAVO/VWO.

#### Plannen en verzamelen

De leerdoelen werden systematisch gedestilleerd uit de behandelde stof door de auteur. De samenvattingen aan het begin en het eind van iedere paragraaf uit de methode, gezamenlijk met bijbehorende belangrijke concepten zoals aangegeven door de methode werden hier als leidraad voor gebruikt.

#### Analyseren en concluderen (1)

De leerdoelen werden voorzien van succescriteria waar relevant. Het eindresultaat van dit proces was een lijst met leerdoelen en bijbehorende succescriteria per paragraaf van de behandelde stof,

wat aan de basis stond van de eerste ontwerpfase. De resultaten hiervan zijn te vinden in appendix A: Opgestelde leerdoelen.

### Ontwerpen (1)

Met behulp van de lijst met leerdoelen uit de vorige alinea zijn er twee toetsmomenten ontworpen (T1 en T2), gezamenlijk met een oefenpakket aan vragen per paragraaf. Het ontwerpdoel van de oefenpakketten was om alle leerdoelen te omvatten van de leerdoelenlijst van de desbetreffende paragraaf. Het ontwerpdoel van de toetsmomenten was om in de opgestelde vragen een realistisch aantal leerdoelen aan bod te laten komen in de beschikbare tijd. Aan de hand van deze ontwerpdoelen werd de volgende structuur ontworpen voor de FE-cyclus:

1. Het eerste toetsmoment ter inventarisatie van de huidige situatie (controlegroepen + testgroepen). In dit onderzoek wordt er naar dit moment gerefereerd als T1, en de inhoud ervan is te vinden in appendix B.
2. Gericht aan de slag met de leerdoelen waar laag op gescoord werd door middel van de oefenpakketten (alleen testgroepen). Het oefenen gaat aan de hand van opgestelde oefenpakketten (inclusief bijbehorende leerdoelen uit appendix A), en deze zijn te vinden in appendices D – G. Leerlingen kiezen hier zelf met welk(e) oefenpakket(ten) zij oefenen.
3. Het tweede toetsmoment om progressie van de leerlingen inzichtelijk te maken (controlegroepen + testgroepen). In dit onderzoek wordt er naar dit moment gerefereerd als T2, en de inhoud ervan is te vinden in appendix C.
4. Afname van de summatieve toets. In dit onderzoek wordt er naar dit moment gerefereerd als T3.

Voor het ontwerpen van de vragen zijn de leerdoelen over ‘Bouwstenen van stoffen’ als leidraad gebruikt, met de daarbij horende succescriteria (zie appendix A). Er is bij het ontwerpen van vragen een combinatie gebruikt van volledig nieuwe vragen zelf bedenken en van variaties op te stellen van bestaande huiswerkopgaven uit de methode. Vooral de laatste optie was erg nuttig: dit garandeerde dat de ontworpen opgaves niet (veel) te lastig zijn.

Omdat niet alle leerdoelen aan bod konden komen binnen ieder individueel toetsmoment moesten er keuzes gemaakt worden over wat wel en niet aan bod zou komen. Er is gekozen om alle leerdoelen aan bod te laten komen binnen T1 en T2. In de praktijk betekent dit dat er binnen T1 en T2 verschillende nadrukken gelegd worden op bepaalde paragrafen. In het geval van T1 ligt de nadruk op paragraaf 3.2 met een rekenopgave, in T2 ligt de nadruk op paragraaf 3.4 met verdiepende vragen met betrekking tot het atoommodel van Rutherford.

Het nadeel van deze opzet is dat T1 en T2 niet een op een met elkaar te vergelijken zullen zijn. Echter, het brengt als voordeel met zich mee dat T1 en T2 gezamenlijk een goed beeld geven van het huidige kennisniveau van de leerlingen. Daarnaast zijn er een aantal vragen die wel een op een met elkaar te vergelijken zijn, waardoor er verwacht wordt dat er alsnog een opwaartse trend te zien zal zijn tussen T1 en T2. Dit moet in het achterhoofd gehouden worden tijdens het interpreteren van de resultaten.

### Verzamelen (1)

Om de kwaliteit van de FE-cyclus te waarborgen zijn vier experts ingeschakeld om de FE-cyclus te analyseren. Dit zijn twee vakdocenten aan de middelbare school (1 lesgevend, 1 voormalig), en 2 studenten van een docentenopleiding. Zij hebben de 7 eisen te zien gekregen, samen met de ontwerpintenties (zie vorige alinea) per onderdeel. Hierop is schriftelijk feedback gegeven.

## Analyseren en concluderen (2)

Gegeven feedback van de experts is in deze ronde verzameld en overzichtelijk in kaart gebracht.

## Ontwerpen (2)

De feedback van experts zijn in deze ronde aangepast in de toetsmomenten en in de oefenpakketten voor leerlingen.

## Verzamelen (2)

Hierna werd de FE-cyclus uitgevoerd door de leerlingen. Dit is gegaan zoals aangegeven in tabel 3.

*Tabel 3: Samengevatte uitvoer van het onderzoek. Indien leerlingen eerder klaar waren met de oefenpakketten, dan werkten zij verder aan het huiswerk.*

|       | Controlegroep           | Testgroep                 |
|-------|-------------------------|---------------------------|
| Les 1 | T1                      | T1                        |
| Les 2 | Standaard voorbereiding | Werken met oefenpakketten |
| Les 3 | T2                      | T2                        |

De standaard voorbereiding betrof een aantal vragen onderverdeeld in de categorieën 'kennen' en 'kunnen,' waarin stof verwerkt is uit alle vier de paragrafen. Na het klassikaal nakijken van deze vragen was er, net als tijdens de oefenpakket-lessen, ruimte om te werken aan huiswerk.

Ondanks dat de leerlingen hun eigen werk van de toetsmomenten na zouden kijken is het werk nogmaals nagekeken door de auteur ter controle.

## 4.4 Instrumenten

Om de bovenstaande procedures te kunnen doorlopen en te controleren zijn er een aantal instrumenten nodig, die hieronder omschreven zijn. Met behulp van zowel een kwantitatieve analyse (zie toetsmomenten) en een kwalitatieve analyse (zie enquête) werd er een poging gedaan om de onderzoeksvraag op betrouwbare wijze te beantwoorden (zogenoemde methodische triangulatie).

Tijdens het gebruik van de onderstaande instrumenten is er voor zo min mogelijk contact gezorgd tussen de auteur van dit onderzoek en de leerlingen, om op deze manier een zo betrouwbaar mogelijk resultaat te verkrijgen. De activiteiten van de auteur in het klaslokaal besloegen de volgende acties:

- Het uitdelen en innemen van het benodigde materiaal voor de leerlingen om aan de slag te gaan (T1/T2, notitieblad, periodiek systeem der elementen, uitwerkingen, enquête).
- Observeren en aantekeningen maken van de situatie.
- Beantwoorden van vragen tijdens de toetsmomenten indien de docent niet in staat was om te helpen.

De lessen zijn hoofdzakelijk gegeven door de docent van deze klassen. Alleen les 3 van HV-C en V-T zijn door een stagiaire gegeven onder toezicht van de docent. Er is voor deze structuur gekozen om voor de leerlingen zoveel als mogelijk hetzelfde te houden, om zo enige effecten van het introduceren van een nieuwe docent (de auteur in dit geval) tegen te gaan.

## Toetsmomenten

Voor de toetsmomenten zijn er twee toetsen ontwikkeld, zie hiervoor appendices B en C. Deze zijn ontworpen vanuit de volgende structuur:

- Ieder paragraaf heeft zijn eigen sectie binnen het toetsmoment.
- Ieder paragraaf heeft twee opgaves (met subopgaves) om leerdoelen in te testen.
  - o Uitzondering is paragraaf 3.3: het was mogelijk om alle leerdoelen te verpakken in een overzichtelijke, allesomvattende opgave.

Aan het begin van de T1/T2 lessen werd kort uitgelegd wat de bedoeling is van de uitgedeelde toetsen. In het geval van T1 mochten leerlingen na voltooiing van de toets huiswerkopgaven maken, en werd er na een half uur van het begin van de les klassikaal nagekeken. In het geval van T2 mochten leerlingen na voltooiing zelf de uitwerkingen ophalen en hun eigen werk nakijken. Na beide nakijkmomenten werd er nog gewerkt aan huiswerkopgaven totdat de les voorbij was.

In de uitwerkingen staan hoeveel punten er verdiend konden worden per opgave. Met oog op de ontwerpeisen van de literatuur waren deze puntenaantallen in eerste instantie niet beschikbaar voor de leerlingen zelf.

Ongeveer twee weken na de uitvoer van de FE-cyclus werd er een summatieve toets (T3) afgenomen bij de leerlingen. De inhoud relevant voor dit onderzoek is te zien in de onderstaande tabel:

*Tabel 4: Inhoud van de T3, met alleen de data relevant voor dit onderzoek.*

| Paragraaf                 | Onderdeel 'Kennen' |               | Onderdeel 'Kunnen' |               |
|---------------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                           | Aantal vragen      | Aantal punten | Aantal vragen      | Aantal punten |
| 3.1 Macro- en microniveau | 1                  | 2             | 1                  | 1             |
| 3.2 Periodiek systeem     | 0                  | 0             | 1                  | 1             |
| 3.3 Formuletaal           | 2                  | 4             | 2                  | 4,5           |
| 3.4 Atoombouw             | 4                  | 11            | 0                  | 0             |

## Enquête

Na afronding van T2 is er een enquête afgenomen onder de leerlingen. De leerlingen werden een aantal stellingen voorgelegd over de toetsmomenten (en de oefenpakketten, indien van toepassing), en konden hierop reageren aan de hand van een Likert schaal (1 (helemaal niet mee eens) tot 5 (helemaal mee eens)). De term formatieve evaluatie slaat hier op de toetsmomenten T1 en T2. De volgende zes vragen werden gesteld voor beide onderdelen:

1. De formatieve evaluaties/oefenpakketten waren nuttig.
2. Het was duidelijk wat er van mij verwacht werd.
3. De formatieve evaluaties/oefenpakketten hielpen mij met leren.
4. De formatieve evaluaties/oefenpakketten waren van het juiste niveau.
5. Ik heb dingen die ik wilde vragen kunnen vragen.
6. Ik vond dit een prettige manier van voorbereiden op de toets.

Deze stellingen zijn gebaseerd op de 7 aandachtspunten voor formatieve evaluatie, onttrokken uit het artikel van Nicol en MacFarlane-Dick (Nicol & MacFarlane-Dick, 2006). Hierbij is gelet op het presenteren van deze stellingen in begrijpelijke taal. Hierdoor zijn de vragen los gebaseerd op deze eisen, zoals aangegeven in tabel 5. Punt 7 komt hier niet in terug, gezien dit een eis is die op acties van de docent slaat na afname van dit onderzoek.

Tabel 5: Koppeling tussen de enquêtevragen en de aandachtspunten uit de literatuur. De term *formatieve evaluatie* slaat op de toetsmomenten T1 en T2.

| Stelling                                                             | Ontwerpeis(en) uit de literatuur                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| De formatieve evaluaties/oefenpakketten waren nuttig.                | (Overkoepelend oordeel)                                                                                                                                                                        |
| Het was duidelijk wat er van mij verwacht werd.                      | Punt 1: De formatieve evaluatie verheldert de leerdoelen en definieert binnen deze doelen wat 'goed' is.                                                                                       |
| De formatieve evaluaties/oefenpakketten hielpen mij met leren.       | Punt 2: De formatieve evaluatie geeft de leerling informatie/feedback van hoge kwaliteit omtrent hun leerproces.<br>Punt 4: De formatieve evaluatie faciliteert reflecteren in het leerproces. |
| De formatieve evaluaties/oefenpakketten waren van het juiste niveau. | Punt 3: De formatieve evaluatie geeft de mogelijkheid aan leerlingen om het gat tussen hun huidige niveau en het gewenste niveau te dichten.                                                   |
| Ik heb dingen die ik wilde vragen kunnen vragen.                     | Punt 5: De formatieve evaluatie moedigt de discussie tussen medeleerlingen en de docent aan.                                                                                                   |
| Ik vond dit een prettige manier van voorbereiden op de toets.        | Punt 6: De formatieve evaluatie moedigt het zelfvertrouwen van de leerling aan, en bevordert positieve werkhoudingen.                                                                          |

De resultaten van deze enquête laten zien wat de leerlingen van het gehele proces vonden, en of zij tot op zekere hoogte de aandachtspunten vanuit de literatuur ervaren hebben in het ontworpen materiaal. Aan de hand hiervan is er op kwalitatieve wijze een uitspraak gedaan over de effectiviteit van de opgezette FE-cyclus.

#### 4.5 Analyse

Scores van de toetsmomenten zijn berekend als een percentage van het geheel. Deze percentages zijn verder verwerkt aan de hand van een t-toets, waarbij 95% als grenswaarde aangehouden is. Specifiek is een gepaarde t-toets ingezet: van de individuele resultaten van de toetsmomenten kan namelijk niet plausibel aangenomen worden dat deze normaal verdeeld zijn, maar van de verschilscore tussen de twee toetsmomenten wel. Om dit te analyseren zijn de volgende formules gebruikt:

$$t = \frac{(X_{gem} + \mu)\sqrt{n}}{S}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{gem} - X_i)^2}$$

$$X_i = R_{T2,i} - R_{T1,i}$$

$$v = n - 1$$

Waarin geldt:

- t: De bepaalde t-waarde aan de hand van resultaten uit de praktijk.
- $X_{\text{gem}}$ : Gemiddelde verschijscore van de onderzochte groep.
- $\mu$ : Verwachtingswaarde van het onderzoek (zie de onderstaande hypothesen).
- n: Aantal kandidaten binnen de onderzochte groep.
- S: De standaardafwijking binnen de onderzochte groep.
- $X_i$ : Verschijscore van kandidaat nummer i.
- $R_{T(1/2),i}$ : De score van kandidaat nummer i voor het eerste en tweede toetsmoment, respectievelijk, in procenten.
- v: Het aantal vrijheidsgraden binnen de onderzochte groep.

Om hiermee te helpen zijn twee hypothesen opgesteld, namelijk de nulhypothese ( $H_0$ ) en de alternatieve hypothese ( $H_1$ ). Deze zijn als volgt gedefinieerd:

$H_0: \mu = 0$

Wat inhoudt dat de toetsmomenten (en oefenpakketten indien van toepassing) geen effect hebben.

$H_1: \mu \neq 0$

Wat inhoudt dat de toetsmomenten (en oefenpakketten indien van toepassing) een meetbaar effect hebben.

Uitgaande van de nulhypothese is t bepaald aan de hand van de verschijscores. Deze berekende t waardes zijn vergeleken met de bijbehorende T waardes (horende bij 95% betrouwbaarheid en het juiste aantal vrijheidsgraden), te berekenen in Microsoft Excel aan de hand van de volgende prompt:

$$=T.INV(k;v)$$

Waarin geldt:

- k: De kans die als graadmeter zal dienen of een uitkomst statistisch significant is. Deze staat op 0,95.
- v: Het aantal vrijheidsgraden binnen de onderzochte groep.

Concreet betekent dit dat als de t-waarde afkomstig uit de meetresultaten (bepaald aan de hand van de nulhypothese) gelijk is aan de T-waarde die in die situatie hoort bij een 95% zekerheid, dat er een statistische kans van 5% is dat de gemeten resultaten puur toeval zijn in combinatie met de aanname dat de nulhypothese juist is. Als de t-waarde de T-waarde overschrijdt, dan wordt de kans dat resultaten puur toeval zijn kleiner, waarbij grotere t-waardes een grotere mate van statistische zekerheid met zich meebrengen. In het geval dat de t-waarde groter is dan de T-waarde, dan wordt de nulhypothese verworpen. Als de nulhypothese (het onderzoek heeft geen effect) verworpen wordt, dan wordt ervanuit gegaan dat de alternatieve hypothese waar is. Deze zegt dat het onderzoek wel degelijk effect heeft, en het resultaat wordt als statistisch significant bestempeld.

Dit geldt tevens ook voor negatieve resultaten. In sommige gevallen is er een negatieve t-waarde bepaald. Wanneer de absolute t-waarde de T-waarde overschrijdt, dan is er een statistisch significant effect te zien, zij het in positieve zin, zij het in negatieve zin.

#### 4.6 Ethische overwegingen

Conform de procedure omtrent onderzoek in het onderwijs is dit voorstel voorgelegd aan de ethische commissie van de Universiteit Twente. De klassen van de externe begeleider werden beschikbaar gesteld voor dit onderzoek, waarna de deelnemers geïnformeerd werden over het onderzoek aan de hand van een brief.

Voor dit onderzoek is voor zogenoemde 'passive informed consent' gekozen, wat inhoudt dat deelnemers automatisch meedoen, en op de hoogte gesteld worden over de inhoud van het onderzoek. Zij zullen dus, indien zij geen bezwaar maken, meedoen aan het onderzoek. Deze optie is mogelijk wanneer het zeer onpraktisch is om van iedere deelnemer van tevoren toestemming te krijgen, in combinatie met een ethisch verantwoord onderzoeksplan. Dit onderzoek heeft aan beide voorwaarden voldaan, en heeft aldus de deelnemers op de bovenstaande wijze geïnformeerd over dit onderzoek.

In dit onderzoek wordt een poging gedaan om het leren van leerlingen efficiënter te laten verlopen, zonder dat er een buitenproportionele hoeveelheid werk in het vooruitzicht gesteld wordt. De toetsmomenten en de oefenpakketlessen vinden allen plaats in een periode waarin er voor de summatieve toets voorbereid wordt. Leerlingen zijn dus geen extra tijd kwijt aan dit onderzoek, en krijgen handvatten aangereikt om voor te bereiden op de summatieve toets. Daarom werd er niet verwacht dat er ethische bezwaren zijn tegen deze opzet. De ethische commissie was het hiermee eens, en heeft toestemming voor dit onderzoek gegeven.

## 5. Resultaten

De volgende resultaten zijn verkregen uit het onderzoek. Alle gegeven scores zijn procenten of verandering van het percentage. Hierin moet rekening gehouden worden met dat er een aantal leerlingen zijn geweest in alle groepen die slechts alleen het eerste toetsmoment hebben gemaakt, of alleen het tweede. Deze leerlingen kunnen niet betrokken worden bij het bepalen van de vershilscores, maar wel in het klassengemiddelde van dat specifieke toetsmoment.

Bij iedere vershilscore is bepaald of het resultaat statistisch significant is. Als dit het geval is, dan is het zeer aannemelijk dat het ontworpen materiaal invloed heeft gehad op het resultaat, zij het in positieve zin, zij het in negatieve zin.

### 5.1 Deelvraag 1

De volgende resultaten hebben betrekking tot de eerste deelvraag:

*Hoe scoren de leerlingen op een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus?*

*Tabel 6: De gemiddelde testscores van alle groepen. De marge in de testscores betreft de standaardafwijking, de marge in de gemiddelde vershilscore betreft het 95% betrouwbaarheidsinterval. De leerlingaantallen hebben betrekking tot de resultaten in de rij erboven. Voorbeeld: In H-C hebben 27 leerlingen T1 afgerond, 24 leerlingen hebben T2 afgerond, en 22 leerlingen hebben zowel T1 als T2 afgerond om zo een vershilscore te kunnen berekenen.*

| Groep                                    | H-C           | HV-C          | H-T          | V-T           |
|------------------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>T1</b>                                | 38,5% ± 12,7  | 42,4% ± 17,1  | 36,7% ± 16,4 | 64,2 ± 19,3   |
| <b>Aantal leerlingen</b>                 | 27            | 26            | 26           | 26            |
| <b>T2</b>                                | 39,3% ± 10,1  | 32,4% ± 14,6  | 32,7% ± 8,1  | 50,5% ± 13,7  |
| <b>Aantal leerlingen</b>                 | 24            | 22            | 18           | 29            |
| <b>Gemiddelde vershilscore</b>           | +1,88 % ± 4,7 | -8,70% ± 6,3  | -5,26% ± 6,8 | -14,4% ± 5,4  |
| <b>Statistisch significant verschil?</b> | Nee           | Ja (negatief) | Nee          | Ja (negatief) |
| <b>Aantal leerlingen</b>                 | 22            | 18            | 16           | 25            |

In tabel 6 is te zien dat de T1 scores aan de lage kant zijn. De T2 scores zijn over het algemeen lager dan de T1 scores, waarbij de veranderingen bij de HV-C en de V-T klassen statistisch significant zijn op negatieve wijze. Verder zijn deze resultaten verder opgesplitst per behandelde paragraaf. Zie de onderstaande tabel.

*Tabel 7: De gemiddelde vershilscores van alle groepen, uitgesplitst per paragraaf. De marge in deze scores betreft het 95% betrouwbaarheidsinterval.*

| Groep                                                     | H-C           | HV-C          | H-T            | V-T           |
|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>Vershilscore paragraaf 3.1 (Macro- en microniveau)</b> | +10,9% ± 11,0 | +11,9% ± 11,7 | -0,9% ± 13,0   | -16,6% ± 9,8  |
| <b>Statistisch significant?</b>                           | Nee           | Ja (positief) | Nee            | Ja (negatief) |
| <b>Vershilscore paragraaf 3.2 (Periodiek systeem)</b>     | +2,6% ± 8,6   | -19,0% ± 9,3  | -4,9% ± 10,5   | -17,4% ± 8,5  |
| <b>Statistisch significant?</b>                           | Nee           | Ja (negatief) | Nee            | Ja (negatief) |
| <b>Vershilscore paragraaf 3.3 (Formuletaal)</b>           | +15,2% ± 9,1  | +16,0% ± 12,3 | +29,7% ± 10,6  | +47,5% ± 12,9 |
| <b>Statistisch significant?</b>                           | Ja (positief) | Ja (positief) | Ja (positief)  | Ja (positief) |
| <b>Vershilscore paragraaf 3.4 (Atoombouw)</b>             | -14,5% ± 9,2  | -29,3% ± 12,5 | -28,75% ± 13,9 | -44,7% ± 13,0 |
| <b>Statistisch significant?</b>                           | Ja (negatief) | Ja (negatief) | Ja (negatief)  | Ja (negatief) |

In tabel 7 is te zien dat er tussen de paragrafen verschillende trends te zien zijn. Deze zijn het duidelijkst voor paragraaf 3.3 in positieve zin. Paragraaf 3.4 is hier een negatief voorbeeld van, net als paragraaf 3.2 in iets mindere mate. Voor paragraaf 3.1 is het bijzonder om te zien dat de controlegroepen beter scoren dan de testgroepen.

Het is belangrijk om hier te vermelden dat leerlingen na T1 aangaven dat ze erg geïnteresseerd waren in het cijfer dat ze hiervoor gehaald hadden. In eerste instantie leek het geen goed idee om hierin mee te gaan, omdat dit ingaat tegen een van de ontwerpeisen gedestilleerd uit de review van Nicol en MacFarlane-Dick, en omdat de cijfers laag waren. Tijdens het nakijken van T1 waren er veel leerlingen die bij een aantal vragen niets ingevuld hadden. Daarom, mede op aanraden van de docent, hebben leerlingen tijdens T2 inzicht gekregen in de puntentelling, in een poging om ze te motiveren om zoveel mogelijk antwoorden te geven.

## 5.2 Deelvraag 2

Vervolgens is er een summatieve toets (T3) digitaal afgenomen (zie tabel 8 voor de precieze deelnemersaantallen). Dit gebeurde twee weken na het afronden van de FE-cyclus, en de resultaten hiervan zijn gebruikt om de tweede deelvraag te beantwoorden:

*Welk resultaat heeft een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus op verdere prestaties van leerlingen?*

Deze toets is geanalyseerd met betrekking tot vragen over de behandelde stof binnen dit onderzoek. Voor paragrafen 3.2 en 3.4 zijn de resultaten van T1 als vergelijkingsmateriaal gebruikt. De corresponderende resultaten van T2 zijn erg laag uitgevallen vanwege een aantal factoren die verder uitgewerkt zijn in de discussie (hoofdstuk 6.3 en 6.5). Er wordt daar beargumenteerd dat dit geen representatieve resultaten zijn van het kennen en kunnen van de leerlingen, en dat de resultaten van T1 daarom beter vergelijkingsmateriaal zullen zijn. Tot slot mist de H-C groep binnen deze resultaten vanwege ongeregelde tijden tijdens de toetsafname.

*Tabel 8: De gemiddelde testcores van alle groepen voor de summatieve toets (T3, alleen vragen met betrekking tot het behandelde hoofdstuk). De marge in de testcores betreft de standaardafwijking, de marge in de gemiddelde verschilscore betreft het 95% betrouwbaarheidsinterval.*

| Groep                                      | HV-C          | H-T           | V-T           |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>T3</b>                                  | 59,9% ± 27,0  | 50,6% ± 22,0  | 76,6% ± 14,4  |
| <b>Aantal leerlingen</b>                   | 28            | 25            | 29            |
| <b>Versilscore paragraaf 3.1 (T2 – T3)</b> | +17,8% ± 12,7 | +17,8% ± 21,9 | +20,3% ± 29,8 |
| <b>Statistisch significant?</b>            | Ja (positief) | Nee           | Nee           |
| <b>Versilscore paragraaf 3.2 (T1 – T3)</b> | -36,6% ± 28,2 | -49,0% ± 43,3 | -58,0% ± 16,0 |
| <b>Statistisch significant?</b>            | Ja (negatief) | Ja (negatief) | Ja (negatief) |
| <b>Versilscore paragraaf 3.3 (T2 – T3)</b> | +25,0% ± 10,6 | +20,2% ± 17,8 | -3,2% ± 21,2  |
| <b>Statistisch significant?</b>            | Ja (positief) | Ja (positief) | Nee           |
| <b>Versilscore paragraaf 3.4 (T1 – T3)</b> | +30,6% ± 19,0 | 28,5% ± 12,9  | +21,9% ± 30,7 |
| <b>Statistisch significant?</b>            | Ja (positief) | Ja (positief) | Nee           |
| <b>Aantal leerlingen</b>                   | 17            | 15            | 25            |

Er zijn tussen HV-C en H-T vergelijkbare trends te zien. Voor alle paragrafen (met uitzondering van 3.2) wordt er beter gescoord. De V-T groep wijkt hiervan af. In grote lijnen scoren zij ook beter (met uitzondering van 3.2), maar niet zoveel als de andere twee groepen.

### 5.3 Deelvraag 3

Tot slot is er een enquête afgenomen onder de leerlingen in een poging om een antwoord te krijgen op de derde deelvraag, namelijk:

*Hoe kan een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus zodanig opgezet worden dat leerlingen deze als nuttig ervaren?*

De resultaten hiervan zijn opgesplitst tussen de toetsmomenten en de oefenpakketten, en zijn hieronder te vinden. Hier is een Likert schaal aangehouden, waarbij leerlingen konden reageren met een score tussen 1 (helemaal niet mee eens) en 5 (helemaal mee eens). De volledig uitgewerkte stellingen zijn te vinden in hoofdstuk 4.4 (Instrumenten).

*Tabel 9: De enquêteresultaten met betrekking tot de toetsmomenten. De marge betreft de standaardafwijking van de bepaalde gemiddeldes.*

| Vraag              | H-C       | HV-C      | H-T       | V-T       | Gemiddelde |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 (Nuttig)         | 3,6 ± 0,7 | 3,7 ± 0,8 | 4,1 ± 0,5 | 3,6 ± 0,9 | 3,7 ± 0,8  |
| 2 (Verwachting)    | 3,6 ± 1,1 | 3,7 ± 0,8 | 3,8 ± 0,8 | 3,2 ± 0,9 | 3,6 ± 0,9  |
| 3 (Hulp bij leren) | 2,9 ± 1,1 | 3,5 ± 1,1 | 3,6 ± 0,9 | 3,3 ± 1,0 | 3,2 ± 1,0  |
| 4 (Juiste niveau)  | 3,4 ± 1,1 | 3,5 ± 0,9 | 3,6 ± 0,9 | 3,5 ± 1,0 | 3,5 ± 1,0  |
| 5 (Vragen stellen) | 3,3 ± 1,0 | 3,3 ± 1,0 | 4,1 ± 0,9 | 3,5 ± 0,9 | 3,5 ± 0,9  |
| 6 (Prettig)        | 3,2 ± 1,1 | 3,4 ± 1,0 | 4,1 ± 0,7 | 3,5 ± 1,1 | 3,5 ± 1,0  |

*Tabel 10: De enquêteresultaten met betrekking tot de oefenpakketten. De marge betreft de standaardafwijking van de bepaalde gemiddeldes.*

| Vraag              | H-T       | V-T       | Gemiddeld |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 (Nuttig)         | 3,9 ± 0,7 | 3,8 ± 0,8 | 3,8 ± 0,7 |
| 2 (Verwachting)    | 3,8 ± 0,6 | 3,5 ± 0,7 | 3,6 ± 0,6 |
| 3 (Hulp bij leren) | 3,9 ± 0,7 | 3,7 ± 0,8 | 3,8 ± 0,8 |
| 4 (Juiste niveau)  | 3,9 ± 0,5 | 3,9 ± 0,7 | 3,9 ± 0,6 |
| 5 (Vragen stellen) | 3,9 ± 0,6 | 3,5 ± 0,8 | 3,6 ± 0,7 |
| 6 (Prettig)        | 4,2 ± 0,8 | 3,8 ± 0,8 | 4,0 ± 0,8 |

Het gemiddelde van bijna alle enquêteresultaten is boven de 3, waarbij de scores voor de oefenpakketten ietwat hoger liggen dan voor de scores van de toetsmomenten.

## 6. Discussie

### 6.1 Opening

De discussie zal per paragraaf behandeld worden. Echter, er zijn een aantal aspecten die van tevoren benoemd moeten worden.

#### 1. Suboptimale aansluiting op voorkennis

Ten eerste is al het materiaal ontworpen op basis van de aangeleverde lesmethode. De paragrafen zijn stuk voor stuk geanalyseerd op de lesdoelen die zij bevatten, en op basis daarvan zijn vragen opgesteld. Hierbij is geen rekening gehouden met nadrukken die in eerdere lessen gegeven zijn. Sommige van de geïsoleerde lesdoelen zullen als minder belangrijk bestempeld zijn, en zijn zo minder sterk tijdens de voorgaande lessen naar voren gekomen dan andere lesdoelen. Zowel de leerlingen als de docent hebben aangegeven dat sommige onderdelen niet (uitvoerig) behandeld zijn, wat de effectiviteit van een aantal vragen vermindert (zie hiervoor vraag 5a en 5b (T1) en 5a (T2)).

#### 2. Niet afgemaakte toetsen

Ten tweede moet er rekening gehouden worden met hoe serieus de toetsmomenten genomen worden door de leerlingen. Het overgrote merendeel van de 0 scores bij individuele vragen komt namelijk voort uit het feit dat er überhaupt niks ingevuld is. Dit kan zijn vanwege het niet snappen van de opgave, niet door willen/hoeven zetten omdat het toetsmoment niet voor een echt cijfer is, of omdat ze er simpelweg geen zin in hebben. Vooral het laatste aspect speelt vermoedelijk een grotere rol bij T2, gezien veel leerlingen direct bij binnenkomst begonnen te klagen over dat er weer een toets voor ze klaarlag. Dit is in meer of mindere mate gezien bij alle groepen binnen dit onderzoek, en bevestigt dat leerlingen over het algemeen liever minder dan meer doen voor school (Buijs & Admiraal, 2013).

#### 3. Aanname van niet oefenen van leerlingen

Ten derde is het zeer aannemelijk dat leerlingen binnen deze lessenreeks buiten hun normale huiswerk om niet extra geoefend hebben met de stof, of hiervoor geleerd hebben. Dit onderzoek werd twee weken voor de summatieve toets afgerond. De doorsnee middelbare scholier kennende zullen zij 2 weken voor de toets nog niet actief bezig zijn met oefenen en leren, dit is iets wat normaliter pas een stuk dichterbij de toets zal gebeuren. Dit vermoeden werd verder versterkt nadat leerlingen een aantal zeer vergelijkbare vragen tussen T1 en T2 tweemaal fout hadden, terwijl ze gezegd was dat T2 wat sommige vragen betreft veel op T1 zou lijken bij het nakijken. Dit komt vooral sterk terug bij vraag 3b (T1 en T2).

#### 4. Moeilijkheidsgraad

Ten vierde is de moeilijkheidsgraad van de vragen in sommige gevallen te hoog. Na vergelijking van opgaven tussen de summatieve toets en de toetsmomenten/oefenpakketten bleek dat er te hoog ingezet is op een aantal vragen. Dit speelt vooral een rol bij vraag 4 (T2) en vragen 6 en 7 (T2), en is de hoofdoorzaak van de lage scores bij deze onderdelen. Na het oefenen zouden leerlingen in staat moeten zijn om de test zelfstandig aan te kunnen. Het oefenmateriaal en het eindniveau sloten niet goed op elkaar aan, wat tegen het concept van de zone van naaste ontwikkeling in gaat (Vygotsky, 1990).

#### 5. Formuleren van vragen

Verder is het van belang dat vragen ondubbelzinnig geformuleerd zijn. Met behulp van de feedback van de experts is hier veel vooruitgang in geboekt, maar het is niet uit te sluiten dat dit geen rol gespeeld heeft in het begrijpen van de gestelde vragen. De wijze van presenteren en formuleren van

een vraag heeft invloed op de resultaten van de leerlingen (Ergin, Comert, & Sari, 2012), dus het is van belang om hier bewust van te zijn.

## 6.2 Paragraaf 3.1

Deze paragraaf ging vooral over de micro/macroschaal en het gebruik van modellen binnen scheikunde.

Vragen 1 en 2 (T1) en vraag 1 (T2) hebben allen betrekking tot het micro/macroniveau, waarbij vraag 2 (T2) het een stapje verder neemt. Het maken van modeltekeningen op microniveau is langsgesproken zowel in de huiswerkopgaven als in oefenpakket 3.1. Echter, oefenpakket 3.1 was binnen de testgroep het minst populair, waardoor er in dit geval nauwelijks effect verwacht wordt ten opzichte van de controlegroepen.

Het is bijzonder om te zien dat de twee controlegroepen binnen deze paragraaf beter scoren dan de testgroepen. Hierbij moet vermeld worden dat de H-C groep erg dicht bij een statistisch significant resultaat aan zat, maar dit niet als zodanig bestempeld mag worden gezien de gekozen definitie daarvan. De controlegroepen hebben tijdens de les tussen T1 en T2 een algemenere voorbereiding gehad, waardoor zij alsnog actief met stof van paragraaf 3.1 geoefend hebben.

De V-T klas scoorde significant lager binnen deze paragraaf. Dit kan verklaard worden door een uitermate hoge score na T1 (gemiddeld 87,5% van de punten van paragraaf 3.1 behaald in T1, ten opzichte van 69,0% in T2), waardoor deze score hooghouden op zichzelf al een uitdaging wordt. Dit, in combinatie met het feit dat er nauwelijks geoefend is met het oefenpakket van paragraaf 3.1, creëert het vermoeden dat de twee klassen uit de testgroep paragraaf 3.1 onderschat hebben.

Concluderend lijken de twee toetsmomenten in combinatie met de reguliere voorbereiding tussendoor een positief effect te hebben. Er kan niks gezegd worden over de effectiviteit van oefenpakket 3.1, gezien deze niet tot nauwelijks gebruikt is. De focus van leerlingen lijkt zich te verleggen naar paragrafen die zij moeilijker achten, waardoor een paragraaf als deze niet de aandacht krijgt die het hoort te krijgen binnen de oefenpakketlessen.

## 6.3 Paragraaf 3.2

Deze paragraaf ging voornamelijk over het gebruik van het periodiek systeem der elementen en de trends die daarin te vinden zijn.

De verschillen liggen hier vooral tussen vraag 4 (T1) en vraag 4 (T2), gezien alle groepen hoog scoorden op vraag 3a (T1 en T2). Het hoog scoren op vraag 3a heeft twee hoofdoorzaken:

1. Dit was relatief simpel leerwerk, en elementnotaties komen geregeld terug tijdens de les.
2. De leerlingen hadden een periodiek systeem der elementen tot hun beschikking, waarin ze de antwoorden hadden kunnen opzoeken.

Vraag 3b (T1 en T2) werd daarentegen in beide gevallen slecht gemaakt. Tijdens het klassikaal nakijken van T1 werd benadrukt door de docent dat de leerlingen dit moesten weten, en dat er een vergelijkbare vraag in het volgende toetsmoment gesteld zou worden. Dit advies is klaarblijkelijk niet ter harte genomen, want op vraag 3b (T2) werd ook slecht gescoord. Het resultaat hiervan is waarschijnlijk te herleiden naar het tweede punt (leerlingen nemen het toetsmoment niet serieus) en derde punt (leerlingen leren niet actief in de tussentijd) in de openingsdiscussie.

Vraag 4 (T1) is een rekenopgave. Na het nakijken werd duidelijk dat leerlingen hier moeite mee hadden, maar er waren wel een aantal leerlingen die dit door hadden en op de juiste manier uitgewerkt hadden.

Voor vraag 4 (T2) werd er een stapje verder gegaan in het OBIT-systeem, en werden leerlingen geconfronteerd met een inzichtsvraag. Dit was geen groot succes, want de scores van vraag 4 in T2 kelderden als gevolg. Leerlingen beantwoordden deze vraag geregeld met een enkel woord, ondanks dat de vraag duidelijk een langer antwoord verwachtte. Ook hier bestaat het vermoeden dat punten 2, 3, en 4 uit de openingsdiscussie hier een grote rol spelen. Gezien vraag 4 (T2) geen rekenopgave is, moeten de resultaten afzonderlijk van elkaar geïnterpreteerd worden.

Verder was ook het oefenpakket van paragraaf 3.2 niet populair, waardoor er weinig gezegd kan worden over de effectiviteit van deze pakketten.

Concluderend kan er helaas weinig gezegd worden over de effectiviteit van zowel de oefenpakketten als de toetsmomenten. De oefenpakketten werden niet gebruikt, en de vragen op de toetsmomenten waren of te gemakkelijk, of sloten niet goed aan bij het niveau van de leerlingen op dat moment. Ook hier lijkt het erop dat leerlingen de oefenpakketten gekozen hebben van paragrafen waarvan ze dachten dat deze lastig zouden zijn, met als gevolg dat er minder dan gewenst geoefend is met de stof van deze paragraaf binnen de testgroepen.

#### 6.4 Paragraaf 3.3

Deze paragraaf ging over het correct gebruik van chemische formuletaal, het bepalen van molecuulmassa's in u, en het bepalen van relatieve massapercentages per element in een molecuul.

Paragraaf 3.3 is de enige paragraaf waarbij louter positieve resultaten behaald zijn. Dit is een positieve samenloop van omstandigheden, startende met dat de leerdoelen van paragraaf 3.3 zich relatief gemakkelijk vertaalden naar een enkele, allesomvattende opgave. Er is zulk een opgave gemaakt voor beide toetsmomenten. Het klassikaal nakijken van T1 heeft in dit geval klaarblijkelijk geholpen, want beide controlegroepen laten een significante toename van hun score zien.

De scoretoename van de testgroepen is nog groter dan bij de controlegroepen. Oefenpakket 3.3 was erg gewild tijdens de oefenles tussen T1 en T2 in beide testgroepen. Dit pakket bevatte 4 opgaven die sterk focusten op het rekenonderdeel van dit hoofdstuk. Deze opgaven hadden dezelfde structuur als de laatste twee subopgaven van vraag 5 in beide toetsmomenten. Door hier goed mee te oefenen waren de twee testgroepen goed voorbereid op de vraag die zou komen in T2.

De verwachtingen binnen dit hoofdstuk waren duidelijk, en hier is een voorspelbare structuur omheen gebouwd. In dit geval hebben de leerlingen uit zowel de controlegroepen als de testgroepen dit aangegrepen en zijn ze ermee aan de slag gegaan, en met goed resultaat.

Concluderend kan er gezegd worden dat de combinatie van de ontworpen vragen op beide toetsmomenten en de oefenpakketten een effectief geheel vormen. Het oefenpakket van deze paragraaf werd goed gebruikt, waardoor het ontworpen materiaal voor deze paragraaf als positief voorbeeld gebruikt moet worden mocht er verder gegaan worden met dit onderzoek.

#### 6.5 Paragraaf 3.4

Deze paragraaf besloeg het atoommodel van Rutherford en het bestaan van isotopen.

Dit is de paragraaf waar het eerste punt uit de openingsdiscussie een sterke rol in speelt. Veel leerlingen zeiden dat ze het atoommodel van Rutherford niet kenden, waardoor een groot deel van

de leerlingen deze opgaven heeft laten liggen. Na een kort overleg met de docent werd duidelijk dat de leerlingen het atoommodel van Rutherford wel degelijk kennen, maar dat ze dit model niet sterk gekoppeld hebben met de bijbehorende naam. Dit, in combinatie met punten 2, 3, en 4 uit de openingsdiscussie, hebben vermoedelijk tot deze resultaten geleid. Geen enkele andere vragenset van andere paragrafen had in T2 zoveel lege antwoorden. Punt 5 uit de openingsdiscussie heeft hier vermoedelijk geen of een zeer beperkte rol gespeeld: alle opgestelde vragen voor T1 en T2 zijn gebaseerd op huiswerkopgaven uit het boek, en de vraagstelling in het boek is zo veel als mogelijk gevolgd.

Daarnaast zat er in het oefenpakket van 3.4 een vraag vergelijkbaar met vraag 6 (T2). Deze werd toen al als moeilijk ervaren, en is mede daarom klassikaal behandeld tijdens de oefenpakket les van de testgroepen (de andere reden was dat dit als een goede toetsvraag gezien werd). Tijdens de klassikale uitwerking van de opgave leken leerlingen op te letten en stelden ze actief vragen, waardoor de verwachting gecreëerd werd dat ze de volgende keer beter zouden scoren.

De vragen van paragraaf 3.4 in T2 zijn pittig, maar zijn wel gebaseerd op huiswerkopgaven die ze in principe eerder hadden moeten maken. Daarom was dit sterk negatieve resultaat verrassend. Wat hier goed had kunnen helpen waren meer van dit type opgaven in het oefenpakket van 3.4. Niet alleen van het eindniveau zoals te zien is in T2, maar ook eenvoudigere opgaven die hiernaartoe opbouwen. De resultaten van paragraaf 3.3 laten zien dat een vorm van herhaling binnen voorspelbare structuren goede resultaten oplevert. Deze herhaling is in principe aangebracht, maar op vragen zoals vraag 7 (T1), waar niet veel diepgang in te vinden is. Als hier beter gebruik van was gemaakt binnen deze paragraaf, samen met het voorkomen van de miscommunicatie rondom het atoommodel van Rutherford, zouden deze resultaten waarschijnlijk een stuk beter zijn geweest voor alle groepen.

## 6.6 Resultaten summatieve toets

Een van de belangrijkste aannames aan het begin van de discussie houdt geen stand bij het analyseren van de summatieve toetsresultaten. Er kan namelijk niet meer aangenomen worden dat leerlingen zich niet zelfstandig voorbereid hebben in de tussentijd, dus elk positief statistisch significant effect dat te zien is in tabel 8 zal vertroebeld zijn vanwege de getroffen voorbereidingen voor de toets. Dit maakt het lastig om uit deze gegevens harde conclusies te trekken.

De extreme waarden bij paragraaf 3.2 zijn te verklaren aan de hand van het feit dat er maar een vraag was die betrekking had op dit hoofdstuk (Geef in symbolentaal lucht weer – vergeet niet de juiste toestanden te vermelden), waar maar 1 punt verdiend kon worden. Gezien dat er naast de vraag inhoudelijk beantwoorden ook een hoop mis kon gaan bij het noteren ervan is het geen verrassing dat er relatief laag gescoord is bij deze vraag.

De enige trendbreuk is te zien bij de V-T groep bij paragraaf 3.3. Ten opzichte van de resultaten van T2 is er een lichte, statistisch insignificante daling te zien van de score. Tussen T1 en T2 is er namelijk een zeer sterke verbetering gezien in score, vooral bij de H-T en de V-T groepen. Het opvolgende resultaat in de summatieve toets laat zien dat de V-T groep deze hoge scores heeft kunnen vasthouden. Leren zal geholpen hebben met het onderhouden van deze kennis, maar het ziet ernaar uit dat de basis van deze goede score gelegd is tijdens de FE-cyclus.

## 6.7 Leerlingreacties

Na het voltooien van T2 kregen alle leerlingen een enquête over de toetsmomenten. De testgroepen kregen een uitgebreidere variant, met daarin extra vragen met betrekking tot de oefenpakketten.

Ten eerste moet er hier vermeld worden dat gewenst gedrag een rol speelt. Er waren een aantal enquêtes op verdachte wijze ingevuld, met het toppunt dat iemand op alle stellingen gereageerd had met een score van 5 (deze score is niet meegerekend). Verder was niet toegelicht waarom dit onderzoek volgens deze leerling zo uitstekend was. Het is echter onbekend hoe sterk dit effect op de gemiddelde scores is.

In de resultaten is te zien dat de controlegroepen en de V-T groep een vergelijkbare mening delen over de toetsmomenten, en dat de H-T groep dit iets meer lijkt te waarderen over het geheel gezien. Het verschil tussen de controlegroep en de testgroep is goed te zien aan de hand van de enquêteresultaten van de oefenpakketten.

Het concept van de oefenpakketten wordt beter gewaardeerd dan dat van de toetsmomenten. Aanvullend hierop hebben leerlingen uit de testgroep aangegeven dat ze de keuze tussen de pakketten prettig vonden. Het bevordert het eigenaarschap van het leren, wat leerlingen kan stimuleren in het leerproces (Chan, Graham-Day, Ressa, Peters, & Konrad, 2014). De reactie van de leerlingen hierop in de praktijk bevestigt de beweringen in de literatuur.

Deze scores doen suggereren dat de leerlingen de ontwerpisen hebben meegekregen binnen dit project. Het klopt dat de vragen en de eisen zich niet een op een laten vertalen, maar over praktisch de gehele linie hebben de leerlingen aangegeven dat ze de opzet van deze methode fijn vonden. Dit is op zichzelf al wat waard. Het is gezegd over een onderzoek wat voor paragrafen 3.2 en 3.4 te lastige en/of suboptimaal aansluitende opgaven bevatte. Indien de aandachtspunten van dit onderzoek ter harte genomen worden, dan kan er in het vervolg iets sterkers staan met betere kwantitatieve resultaten. Een verbeterde inhoud kan helpen om bestaande frustraties van leerlingen binnen dit onderzoek weg te nemen. Zo kan ervoor gezorgd worden dat de aandachtspunten uit de literatuur nog beter uit de verf komen, en dat leerlingen het hopelijk beter kunnen waarderen dan dat ze het al deden.

## 7. Conclusie

Tijdens dit onderzoek is er een poging gedaan om de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden, met drie deelvragen:

*Hoe wordt een zelfontworpen, effectieve formatieve evaluatie cyclus over het onderwerp 'Bouwstenen van stoffen' geëvalueerd binnen scheikunde?*

1. *Hoe scoren de leerlingen op een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus?*
2. *Welk resultaat heeft een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus op verdere prestaties van leerlingen?*
3. *Hoe kan een zelfontworpen, formatieve evaluatie cyclus zodanig opgezet worden dat leerlingen deze als nuttig ervaren?*

Hiervoor is op basis van een literatuurstudie een opzet ontworpen voor een FE-cyclus met een focus op het zelfstandig kiezen van oefenmateriaal aan de hand van oefenpakketten. Het bestaat uit twee toetsmomenten, waartussen de testgroep aan de hand van de oefenpakketten zelf heeft kunnen kiezen met wat ze oefenen. Resultaten laten zien dat leerlingen met de FE-cyclus kunnen werken met goed gevolg, wat het best geïllustreerd wordt door de resultaten omtrent paragraaf 3.3 uit het hoofdstuk 'Bouwstenen van stoffen.' Echter, oefenen met stof van makkelijker geachte paragrafen lijkt achtergesteld te worden, wat binnen de testgroepen tegenvallende resultaten opleverde met betrekking tot deze paragrafen.

Om de eerste deelvraag te beantwoorden zijn de scores van de leerlingen in kaart gebracht aan de hand van een percentage. In absolute zin is er tweemaal laag gescoord, met gemiddeldes variërend van  $36,7\% \pm 16,4$  tot  $64,2\% \pm 19,3$  voor T1, waar de V-T klas de uitschieter naar boven vormt. Voor T2 variëren de scores van  $32,4\% \pm 14,6$  tot  $50,5\% \pm 13,7$ , waar V-T nogmaals verantwoordelijk is voor de uitschieter naar boven. Tussen de twee toetsmomenten is er een op een breed vlak een daling van score geobserveerd. Er wordt dus op deze zelfontworpen FE-cyclus in absolute zin laag gescoord, en er is een daling van score te zien tussen de twee toetsmomenten. De oorzaak hiervan wordt toegewezen aan de moeilijkheidsgraad van een aantal vragen van T2, met daarnaast een suboptimale aansluiting op bestaande voorkennis.

Er moet hier wel vermeld worden dat de resultaten rondom paragraaf 3.3 juist positieve resultaten opgeleverd heeft. Dit wordt toegeschreven aan de terugkerende vraagstructuur binnen T1, T2, en het oefenpakket voor paragraaf 3.3, waardoor leerlingen gestructureerd voorbereid werden op T2.

Om de tweede deelvraag te beantwoorden zijn de resultaten van T3 geanalyseerd in vergelijking met eerdere prestaties tijdens T1 en T2. Over praktisch de gehele linie wordt er beter gescoord, en liggen de gemiddelde scores in absolute zin 20 – 30 % hoger in vergelijking met T1 en T2. Dit wordt De enige uitzondering hierop zijn de scores van V-T met betrekking tot paragraaf 3.3. V-T liet een sterke scoreverbetering zien tussen T1 en T2, en dit hoge niveau hebben zij weten te handhaven. Dit wekt de indruk dat de basis hiervan tijdens de FE-cyclus gelegd is, wat impliceert dat dit deel van de zelfontworpen FE-cyclus een positief resultaat heeft op verdere prestaties van de leerlingen.

Om de derde deelvraag te beantwoorden is er een enquête afgenomen onder de leerlingen. De leerlingen zijn gemiddeld positief over zowel de toetsmomenten als de oefenpakketten binnen de FE-cyclus, met gemiddelde scores van  $3,7 \pm 0,8$  en  $3,8 \pm 0,7$  respectievelijk (op een schaal van 1 tot 5) met betrekking tot nuttigheid. Dit impliceert dat leerlingen over het algemeen het nut van de FE-cyclus ervaren. Gezien deze scores gegeven zijn met betrekking tot een FE-cyclus wat gemiddeld tot een daling van score heeft geleid, wordt de indruk gewekt dat deze score kan verbeteren wanneer de FE-cyclus in een volgende iteratie de genoemde punten in de aanbevelingen (hoofdstuk 8) meeneemt.

Het antwoord op deze drie deelvragen vormt het antwoord op de hoofdvraag. Er is veel ruimte voor verbetering in de huidige FE-cyclus, maar zelfs in de huidige vorm wordt de FE-cyclus als nuttig ervaren door de leerlingen. Daarom luidt het advies om de aanbevelingen over te nemen, en het project een nieuwe iteratie te laten doorlopen. De verwachting zal zijn dat er dan verbeteringen te zien zullen zijn met betrekking tot zowel de leerlingprestaties als de waarderingsscores voor de FE-cyclus.

## 8. Aanbevelingen

Mocht dit onderzoek op een later moment herhaald worden, dan wordt er geadviseerd om met de volgende punten rekening te houden tijdens het ontwerp:

### 1. Communiceer met de docent over de inhoud.

Het boek is een goed uitgangspunt om opgaves mee te maken, maar iedere docent zal zijn eigen nadrukken leggen binnen het curriculum. Niet ieder leerdoel dat uit het boek naar voren komt zal dus evenveel, of soms zelfs überhaupt, aandacht gehad hebben. Bespreek dus van tevoren met de docent waar deze nadrukken liggen, en neem dit mee in het ontwerpproces.

### 2. Ontwerp met een voorspelbare structuur.

Elementen die terugkeren binnen een net wat andere context, maar wel binnen dezelfde structuur, helpen leerlingen met het beheersen van de stof. Belangrijk hierin is dat de oefenopgaven vergelijkbaar zijn met wat er op een toetsmoment gevraagd zal worden. Dit leverde goede resultaten op binnen de ontworpen stof van paragraaf 3.3, en het wordt aangeraden om dit voort te zetten.

### 3. Zet oefenmomenten anders in

Experimenteer met de hoeveelheid en de plaatsing van de oefen- en testmomenten ten opzichte van de 'normale' lessen. Er zijn andere structuren denkbaar die een positieve invloed kunnen hebben op kennisretentie op de lange termijn (Custers, 2010). Ondanks dat dit onderzoek hoger onderwijs betreft zijn er een aantal aanbevelingen die vertaald kunnen worden naar het middelbaar onderwijs, zoals het regelmatig inplannen van oefenmomenten ten opzichte van lessen die nieuwe theorie behandelen. Houd er wel rekening mee dat het praktijkonderdeel langer gaat duren dan in de huidige opzet mocht dit onderzoek als uitgangspunt gebruikt worden voor het vervolg.

### 4. Zorg voor voldoende herhaling bij moeilijke onderwerpen binnen pakketten.

Een enkele opgave in een oefenpakket is niet afdoende voor een leerling om zelfstandig eenzelfde type opgave met succes af te ronden op een volgend toetsmoment. Vooral bij opgaven waarbij er een verwachting is dat leerlingen deze lastig zullen vinden is het van belang om hier richting 4 oefenopgaven te gaan van oplopende complexiteit, inclusief uitwerkingen. Dit zou het oefenpakket van paragraaf 3.4 veel goed gedaan kunnen hebben.

### 5. Let op de moeilijkheidsgraad.

Het is zeer belangrijk om bewust te zijn van de moeilijkheidsgraad van bepaalde opgaven. Zie de opkomende summatieve toets in om een beeld te krijgen van het niveau waar de leerlingen naartoe werken. Door dit in het achterhoofd te houden bij het ontwerp van de toetsmomenten/ oefenpakketten kan ervoor gezorgd worden dat leerlingen niet zomaar opgeven omdat ze het niet snappen. Opgaven moeten op de juiste manier uitdagend zijn. Dit ging vooral fout bij vragen 6 en 7 uit T2, en hier had extra aandacht voor geweest moeten zijn tijdens de ontwerpfase.

### 6. Formuleer vragen ondubbelzinnig.

Het ondubbelzinnig interpreteren van een vraag is van groot belang om deze goed te beantwoorden. Zelfs als het boek letter voor letter aangehouden wordt is het aan te raden om samen met iemand buiten het project te zitten over de opgestelde vragen. Is het duidelijk wat er van de leerlingen verwacht wordt? Is het duidelijk hoe ze antwoord moeten geven? Als hier zo min mogelijk hobbels in zitten voor leerlingen, dan zullen zij minder snel geneigd zijn om het antwoord fout in te vullen, of om het zelfs leeg te laten.

Naar aanleiding van deze verbeterpunten en de opgedane ervaringen binnen dit onderzoek was het idee om alle leerdoelen langs te laten komen over de combinatie van T1 en T2 niet handig om te

volgen. Het was beter geweest om prioriteit te geven aan de structuur regelmatig houden (bijvoorbeeld vraag 4 als rekenvraag bij T1 en T2), zodat het vergelijken tussen T1 en T2 makkelijker zou worden. Ook zouden de leerlingen dan geconfronteerd worden met een regelmatigere structuur (zie punt 2), wat vermoedelijk tot betere resultaten zou hebben geleid.

#### **7. Zorg dat er met alles geoefend wordt.**

Leerlingen lijken de keuze tijdens het voorbereiden van de summatieve toets te kunnen waarderen. Echter, er moet wel opgelet worden dat makkelijker geachte paragrafen ook tot op zekere hoogte aan bod komen. De oefenpakketten van paragrafen 3.1 en 3.2 zijn nauwelijks gebruikt, en de testgroepen scoorden vervolgens minder goed dan de controlegroepen (die hier wel mee geoefend hadden). Het combineren van deze methode met een manier om minder 'populaire' onderwerpen aan bod te laten komen wordt geadviseerd. Het voorleggen van alle oefenpakketten kan hier een oplossing voor zijn, alhoewel dit wel het keuze-element uit deze opzet weghaalt en de opzet zo erg lijkt op de standaardvoorbereiding.

## 9. Bronnen

- Araújo, F. J. D. O., de Lima, L. S. A., Cidade, P. I. M., Nobre, C. B., & Neto, M. L. R. (2020). Impact Of Sars-Cov-2 And Its Reverberation In Global Higher Education And Mental Health. *Psychiatry Research*, 288. doi:10.1016/j.psychres.2020.112977
- Buijs, M., & Admiraal, W. (2013). Homework assignments to enhance student engagement in secondary education. *European Journal of Psychology of Education*, 28(3), 767-779. doi:10.1007/s10212-012-0139-0
- Chan, P. E., Graham-Day, K. J., Ressa, V. A., Peters, M. T., & Konrad, M. (2014). Beyond Involvement: Promoting Student Ownership of Learning in Classrooms. *Intervention in School and Clinic*, 50(2), 105-113. doi:10.1177/1053451214536039
- Choi, B. Y., Song, S., & Zaman, R. (2020). *Smart Education: Opportunities and Challenges Induced by COVID-19 Pandemic : d Study*. Paper presented at the 2020 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2020.
- Craven, R. G., Marsh, H. W., & Debus, R. L. (1991). Effects of Internally Focused Feedback and Attributional Feedback on Enhancement of Academic Self-Concept. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 17-27. doi:10.1037/0022-0663.83.1.17
- Custers, E. J. F. M. (2010). Long-term retention of basic science knowledge: A review study. *Advances in Health Sciences Education*, 15(1), 109-128. doi:10.1007/s10459-008-9101-y
- Donk, C. v. d., & Lanen, B. v. (2020). *Praktijkonderzoek in de school*: Coutinho.
- Enthoven, M. (2020). Weer samen naar school? Een pedagogisch perspectief. *Van Twaalf tot Achttien*, 2.
- Ergin, I., Comert, R., & Sari, M. (2012). The differences that result from different ways of phrasing questions in the electric field to measure students' achievement in physics. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(3), 1563-1572.
- Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. *Computers and Education*, 57(4), 2333-2351. doi:10.1016/j.compedu.2011.06.004
- Gulikers, J. T. M., & Baartman, L. (2017). *Doelgericht professionaliseren. Formatief toetsen met effect! Wat DOET de docent in de klas? Eindrapport NRO-PPO overzichtsstudie dossiernummer 405-15-722*. Den Haag: NRO.
- Eindrapport NRO-PPO overzichtsstudie dossiernummer 405-15-722*. Den Haag: NRO.
- Harlen, W., & Deakin Crick, R. (2003). Testing and motivation for learning. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 10(2), 169-207. doi:10.1080/0969594032000121270
- Kippers, W. B., Wolterinck, C. H. D., Schildkamp, K., Poortman, C. L., & Visscher, A. J. (2018). Teachers' views on the use of assessment for learning and data-based decision making in classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 75, 199-213. doi:10.1016/j.tate.2018.06.015
- Le Vigouroux, S., Goncalves, A., & Charbonnier, E. (2021). The Psychological Vulnerability of French University Students to the COVID-19 Confinement. *Health Education and Behavior*, 48(2), 123-131. doi:10.1177/1090198120987128
- Nagy, D. K., Hall, J. J., & Charrois, T. L. (2021). The impact of the COVID-19 pandemic on pharmacy students' personal and professional learning. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cptl.2021.07.014>
- Nicol, D., & MacFarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and selfregulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218. doi:10.1080/03075070600572090
- Shehab, N. A. (2020). *How to increase knowledge retention in elearning during Covid-19 pandemic?* Paper presented at the Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL.

- Sluijsmans, D., Joosten-Ten Brinke, D., & Van der Vleuten, C. P. M. (2013). Toetsen met leerwaarde. Een reviewstudie naar effectieve kenmerken van formatief toetsen. *NWO-PROO*, 411-11-697.
- Solaiman, E., Barney, J., & Smith, M. (2017). *Building a formative assessment system that is easy to adopt yet supports long-term improvement: A review of the literature and design recommendations*. Paper presented at the CSEDU 2017 - Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education.
- Villani, L., Pastorino, R., Molinari, E., Anelli, F., Ricciardi, W., Graffigna, G., & Boccia, S. (2021). Impact of the COVID-19 pandemic on psychological well-being of students in an Italian university: a web-based cross-sectional survey. *Globalization and Health*, 17(1). doi:10.1186/s12992-021-00680-w
- Vygotsky, L. S. (1990). *Vygotsky and Education: Instructional Implications and Applications of Sociocultural Psychology* (L. C. Moll Ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

## Appendix A: Opgestelde leerdoelen

### Paragraaf 3.1

- De leerling kan kloppend het micro- en macroniveau omschrijven (**T1: Vraag 1. T2: Vraag 1**).
  - Inzicht microniveau: Het microniveau behelst het allerkleinste niveau van een stof.
  - Inzicht macroniveau: Het macroniveau behelst alles wat je direct kan waarnemen.
- De leerling kan binnen de context van fasen een kloppende koppeling maken tussen het micro- en macroniveau (**T1: Vraag 2. T2: Vraag 2a, 2b, 2c**).
  - Inzicht vast: In de vaste fase kunnen moleculen trillen, maar blijven ze op een vaste plek zitten. Moleculen zitten dicht op elkaar.
  - Inzicht vloeibaar: In de vloeibare fase bewegen moleculen wel ten opzichte van elkaar, en staan ze iets verder van elkaar dan in de vaste fase.
  - Inzicht gas: In de gasfase bewegen moleculen ver van elkaar.
  - Inzicht microniveau: Een enkel molecuul heeft geen fase, meerdere moleculen samen wel.
- De leerling kan het belang van modellen binnen de scheikunde benoemen
  - Inzicht formaat: Een molecuul is zodanig klein dat het onmogelijk is om ze individueel te bekijken en te manipuleren.
  - Inzicht model: Via een model kan er handiger gewerkt worden met kleine hoeveelheden moleculen. Is echter wel een benadering, en dus worden er bepaalde aspecten weggelaten of versimpeld.

### Paragraaf 3.2

- De leerling kan het symbool van een aantal atoomsoorten geven als de naam is gegeven, en vice versa (**T1: Vraag 3a. T2: Vraag 3a**).

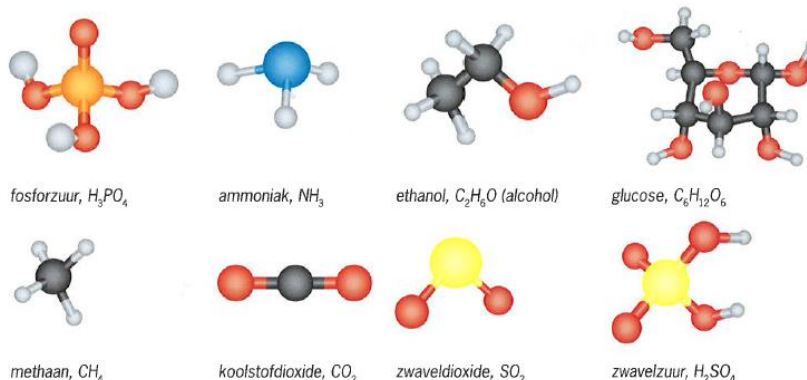
| atoomsoorten |         |          |              |           |         |
|--------------|---------|----------|--------------|-----------|---------|
| metalen      |         |          | niet-metalen |           |         |
| naam         | symbool | naam     | symbool      | naam      | symbool |
| aluminium    | Al      | platina  | Pt           | argon     | Ar      |
| barium       | Ba      | radium   | Ra           | broom     | Br      |
| calcium      | Ca      | tin      | Sn           | chloor    | Cl      |
| chromium     | Cr      | titaan   | Ti           | fluor     | F       |
| goud         | Au      | uraan    | U            | fosfor    | P       |
| kalium       | K       | wolfraam | W            | helium    | He      |
| kobalt       | Co      | ijzer    | Fe           | jood      | I       |
| koper        | Cu      | zilver   | Ag           | koolstof  | C       |
| kwik         | Hg      | zink     | Zn           | neon      | Ne      |
| lood         | Pb      |          |              | silicium  | Si      |
| magnesium    | Mg      |          |              | stikstof  | N       |
| mangaan      | Mn      |          |              | waterstof | H       |
| natrium      | Na      |          |              | zuurstof  | O       |
| nikkel       | Ni      |          |              | zwavel    | S       |

- Reproduceren:
- De leerling kan een aantal groepen uit het periodiek systeem benoemen (**T1: Vraag 3b. T2: Vraag 3b**).
    - Reproduceren: Alkalimetalen
    - Reproduceren: Aardalkalimetalen
    - Reproduceren: Halogenen
    - Reproduceren: Edelgassen
  - De leerling kan het verschil uitleggen tussen metalen en niet-metalen en aangeven waar ze staan in het periodiek systeem (**T2: Vraag 4a**)
    - Inzicht: metalen hebben wel overeenkomstige eigenschappen, niet-metalen niet.
      - Metalen zijn in zuivere vorm glanzend.
      - Metalen zijn (redelijk) vervormbaar.
      - Metalen geleiden warmte en elektrische stroom.
      - Metalen kunnen in gesmolten toestand met elkaar gemengd worden.

- b. Reproducieren: Alles links van de metalloïden-lijn zijn metalen (uitzondering van waterstof), alles rechts van de metalloïden-lijn zijn niet-metalen.
4. De leerling kan metalen correct onderverdelen onder een aantal edelheidscategorieën en toelichten waarom (**T2: Vraag 4b**).
  - a. Repr. + Inz.: Edelmetaal, reageert niet met zuurstof in de lucht.
  - b. Repr. + Inz.: Half edelmetaal, reageert moeizaam met zuurstof.
  - c. Repr. + Inz.: Onedele metalen, reageert goed met zuurstof in de lucht.
  - d. Repr. + Inz.: Zeer onedele metalen, reageren snel en heftig met zuurstof en water in de lucht.
5. Het verschil tussen elementen en verbindingen aangeven met behulp van het begrip atoomsoort.
  - a. Inzicht: Een verbinding is een molecuul dat bestaat uit meerdere atoomsoorten.
  - b. Inzicht: Een element is een molecuul dat bestaat uit maar één atoomsoort.
6. De leerling kan een legering herkennen (**T1: Vraag 4a**)
  - a. Reproducieren: Een mengsel van twee metalen.

### Paragraaf 3.3

1. De leerling kan de formule van een stof afleiden uit de molecuultekening (**T1: Vraag 5b. T2: Vraag 5a**).
  - a. Inzicht: Tel en categoriseer ieder element binnen de tekening
    - i. Reproducieren: De leerling weet welke kleur bij welk element hoort.
2. De leerling kan formules van elementen geven
  - a. Reproducieren: Elementen van ezelsbrug komen met 2 voor (Franse voetbalclub FCI BriHON, HONHalogenen kan ook, net als HBRONClIF), de rest komt in enkele vorm voor.
3. De leerling kan de formules van een aantal verbindingen opschrijven als de naam is gegeven, en vice versa.
  - a. Reproducieren (**T1: Vraag 5a. T2: Vraag 5a**).



4. De leerling kan de molecuulmassa van een molecuul bepalen, uitgedrukt in u (**T1: Vraag 5c. T2: Vraag 5b**).
  - a. Reproducieren:  $1,00 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

| atoommassa's |           |
|--------------|-----------|
| atoomsoort   | massa (u) |
| waterstof    | 1,0       |
| koolstof     | 12,0      |
| stikstof     | 14,0      |
| zuurstof     | 16,0      |
| fosfor       | 31,0      |
| zwavel       | 32,1      |
| chloor       | 35,5      |

- b. Reproducieren (aan de hand van periodiek systeem):
  - c. Inzicht: Categoriseer en tel ieder element in het molecuul

- d. Inzicht: Tel alle atomen van hetzelfde atoomtype, en vermenigvuldig dit met het juiste aantal u. Doe dit voor alle atoomtypes, en tel alles bij elkaar op om de molecuulmassa te krijgen.
5. De leerling kan het massapercentage van een atoomsoort in een verbinding berekenen (**T1: Vraag 4b, 5d. T2: Vraag 5c**).
  - a. Reproducieren: De leerling weet de juiste formule te produceren en toe te passen.  

$$\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$$
  - b. Toepassen: inventarisatie van elementen in het molecuul
  - c. Toepassen: vermenigvuldig het element met de juiste hoeveelheid u

### Paragraaf 3.4

1. De leerling kan met behulp van het atoommodel van Rutherford de bouw van een atoom omschrijven (**T2: Vraag 6a, 7a, 7c, 7d**).
  - a. Reproducieren: Proton (lading 1+) in kern (aantal afhankelijk van element)
  - b. Reproducieren: Neutron (lading 0) in kern (aantal afhankelijk van isotoop)
  - c. Reproducieren: Elektron (lading 1-) om de kern (aantal afhankelijk van element)
2. De leerling kan een element identificeren aan de hand van het atoomnummer en vice versa (**T1: Vraag 6. T2: Vraag 7b, 7c, 7d**).
  - a. Inzicht: Atoomnummer = aantal protonen = uniek per element.
3. De leerling kan op correcte wijze uitleggen wat het massagetal is.
  - a. Reproducieren: Het gewicht van alle atomaire deeltjes samen.
  - b. Inzicht: Elektronen wegen verwaarloosbaar weinig.
4. De leerling kan op correcte wijze uitleggen wat een isotoop is (**T2: Vraag 6b**).
  - a. Reproducieren: Isotopen zijn deeltjes van hetzelfde element en hebben dus hetzelfde aantal protonen, maar hebben een verschillend aantal neutronen.
5. De leerling kan uitleggen waarom er met gemiddelde atoommassa's gewerkt wordt (**T1: Vraag 7**).

Inzicht: Isotoopverhoudingen in de natuur.

## Appendix B: Toetsmoment 1

Deze formatieve evaluatie bestaat uit 7 vragen. Succes!

### Paragraaf 3.1

Vraag 1: (2 pt) Onderverdeel de volgende termen onder het juiste niveau (micro/macro).

Watermolecuul, glas water, blok hout, element, geur, glans

| Microniveau | Macroniveau |
|-------------|-------------|
|             |             |

Vraag 2: (2 pt) Peter beweert dat moleculen dicht opeengestapeld zijn in een vloeistof, en dat ze vastzitten in een rooster. Geeft Peter een correcte omschrijving van een vloeistof op microniveau? Leg uit of Peter gelijk heeft.

### Paragraaf 3.2

Vraag 3: Gegeven is de onderstaande tabel, waar enkele namen en symbolen van elementen missen.

- (3 pt) Vul de onderstaande tabel in.
- (1 pt) Tot welke groep behoren de vetgedrukte namen/symbolen?

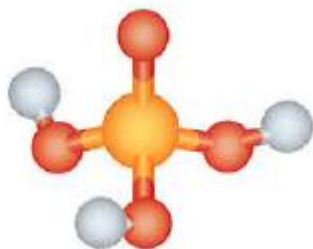
| Naam         | Symbool   |
|--------------|-----------|
| Titaan       |           |
| Kwik         |           |
| Jood         |           |
| <b>Argon</b> |           |
| Tin          |           |
|              | Ra        |
|              | <b>Ne</b> |
|              | Ba        |
|              | N         |
|              | Zn        |

Vraag 4: Soldeertin bestaat tegenwoordig uit een mengsel van zilver (massapercentage 3,5%), koper (massapercentage 0,5%) en tin (massapercentage 96 %). Het bijzondere van dit mengsel is dat het smeltpunt van het geheel lager ligt dan dat van de metalen afzonderlijk.

- (1 pt) Geef de naam van een dergelijk mengsel.
- (2 pt) Bereken hoeveel gram zilver er in 2,5 kg soldeertin zit.

### Paragraaf 3.3

Vraag 5: Hieronder staat een molecuul weergegeven.



- (1 pt) Hoe heet dit molecuul?
- (1 pt) Wat is de molecuulformule van dit molecuul?
- (2 pt) Wat is het gewicht van dit molecuul, uitgedrukt in u? Als je vraag a niet weet, ga dan uit van  $\text{Na}_3\text{O}_4\text{Si}$ .
- (1 pt) Wat is het massapercentage zuurstof in dit molecuul?

### Paragraaf 3.4

Vraag 6: (3 pt) Vul de onderstaande tabel aan. Neem aan dat alle deeltjes neutraal zijn.

|                   |   |    |    |
|-------------------|---|----|----|
| Atoomsoort        |   |    | Ca |
| Massagetal        |   | 26 |    |
| Atoomnummer       |   |    |    |
| Aantal protonen   | 6 |    |    |
| Aantal neutronen  | 7 |    | 23 |
| Aantal elektronen |   | 12 |    |

Vraag 7: (2 pt) Koper heeft twee stabiele isotopen, namelijk Cu-63 en Cu-65. De gemiddelde atoommassa van koper is 63,55 u. Leg uit welke van de twee isotopen het meest voorkomt in de natuur.

## Uitwerkingen

### Paragraaf 3.1

Vraag 1 (2 pt, -1 per fout)

| Microniveau   | Macroniveau |
|---------------|-------------|
| Watermolecuul | Glas water  |
| Element       | Blok hout   |
|               | Geur        |
|               | Glans       |

Vraag 2 (2 pt, 1 pt voor juiste antwoord, 1 pt voor juiste uitleg)

Nee, hij omschrijft hier een vaste stof. Moleculen zitten dicht op elkaar in een vloeistof, maar kunnen wel langs elkaar heen bewegen.

### Paragraaf 3.2

Vraag 3

3.a (3 pt, -1 per fout, -0,5 (max 1) per notatiefout)

| Naam         | Symbool   |
|--------------|-----------|
| Titaan       | Ti        |
| Kwik         | Hg        |
| Jood         | I         |
| <u>Argon</u> | Ar        |
| Tin          | Sn        |
| Radium       | Ra        |
| Neon         | <u>Ne</u> |
| Barium       | Ba        |
| Stikstof     | N         |
| Tin          | Zn        |

3.b (1 pt)

Edelgassen

Vraag 4

a. 1 pt

Dit is een legering, een mengsel van minstens twee metalen

b. 2 pt (1 pt omzetting kg -> g, 1 pt voor berekening/kruistabel)

$2500 / 100\% = 1\%$ .  $1\% \times 3,5 = 3,5\%$ . Aldus:  $2500 / 100 = 25 \text{ g} = 1\%$ .  $25 \times 3,5 = 87,5 \text{ g} = 3,5\% =$  de hoeveelheid gram zilver in 2,5 kg soldeertin.

### Paragraaf 3.3

Vraag 5

a. 1 pt



b. 1 pt

Fosforzuur

c. 2 pt (1 pt voor koppeling element + juiste hoeveelheid u, 1 pt voor juiste opsomming)

$$\begin{array}{lll} \text{P} = 30,97 \text{ u} \rightarrow \times 1 = & 30,97 \text{ u} & \text{alternatief: Si} = 28,09 \text{ u} \rightarrow \times 1 = 28,09 \text{ u} \\ \text{H} = 1,008 \text{ u} \rightarrow \times 3 = & 3,024 \text{ u} & \text{Na} = 22,99 \text{ u} \rightarrow \times 3 = 68,97 \text{ u} \\ \text{O} = 16,00 \text{ u} \rightarrow \times 4 = & \underline{64,00 \text{ u} +} & \text{O} = 16,00 \text{ u} \rightarrow \times 4 = \underline{64,00 \text{ u} +} \\ & 97,994 \text{ u} & 161,06 \text{ u} \end{array}$$

d. 1 pt (1 rekenstap)

Totaalgewicht zuurstof in fosforzuur: 64,00 u

Totaalgewicht fosforzuur: 97,994 u

Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$

$$\text{Aldus: } \frac{64,00}{97,994} \times 100\% = 65,31\%$$

Alternatief: Totaalgewicht zuurstof in alternatief: 64,00 u

Totaalgewicht alternatief: 161,06 u

Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$

$$\text{Aldus: } \frac{64,00}{161,06} \times 100\% = 39,74\%$$

### Paragraaf 3.4

Vraag 6

3 pt (-1 pt per fout)

| Atoomsoort        | C  | Mg | Ca |
|-------------------|----|----|----|
| Massagetal        | 13 | 26 | 43 |
| Atoomnummer       | 6  | 12 | 20 |
| Aantal protonen   | 6  | 12 | 20 |
| Aantal neutronen  | 7  | 14 | 23 |
| Aantal elektronen | 6  | 12 | 20 |

Vraag 7

2 pt (1 pt voor antwoord, 1 pt voor uitleg)

Cu-63, want de gemiddelde atoommassa ligt dicht bij 63 u dan bij 65 u.

Totaal te behalen punten: 21

Per paragraaf:

3.1 – 4

3.2 – 7

3.3 – 5

3.4 – 5

## Appendix C: Toetsmoment 2

Deze formatieve evaluatie bestaat uit 7 vragen, waarvoor 24 punten zijn te verdienen. Succes!

### Paragraaf 3.1

Vraag 1 (1 pt): Welke van de onderstaande uitspraken klopt niet?

- A. Jouw ontbijt valt onder het macroniveau.
- B. Een ijzeren spijker valt onder het microniveau.
- C. Water in een vijver valt onder het macroniveau.
- D. Een watermolecuul in een vijver valt onder het microniveau.

Vraag 2: Aceton wordt vaak gebruikt als nagellakremover. Het heeft een kookpunt van  $57^{\circ}\text{C}$ , en tijdens het koken verspreidt het een kenmerkende geur.

- a. (1 pt) Laat door middel van een modeltekening zien in welke fase aceton verkeert op  $25^{\circ}\text{C}$ .
- b. (1 pt) Laat door middel van een modeltekening zien in welke fase aceton verkeert op  $75^{\circ}\text{C}$ .

Ook op kamertemperatuur is aceton goed te ruiken.

- c. (2 pt) Verandert deze waarneming iets aan de modeltekening van opdracht 2a? Leg uit waarom.

### Paragraaf 3.2

Vraag 3: Gegeven is de onderstaande tabel

- a. (3 pt) Geef de naam van het element als het symbool is gegeven, en geef het symbool van het element als de naam is gegeven.
- b. (1 pt) Tot welke groep behoren de vetgedrukte namen/symbolen?

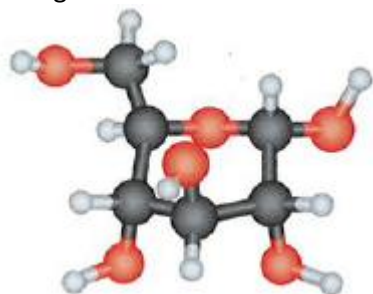
| Naam          | Symbool   |
|---------------|-----------|
| Chroom        |           |
| Helium        |           |
| Zwavel        |           |
| <b>Kalium</b> |           |
| Koper         |           |
|               | U         |
|               | C         |
|               | O         |
|               | <b>Na</b> |
|               | W         |

Vraag 4: Sarah heeft een blok materiaal in een afgesloten pot zitten. Ze wil weten of dit een metaal is.

- a. (2 pt) Omschrijf een experiment waarmee Sarah kan testen of dit een metaal is.
- b. (1 pt) Na het testen laat Sarah het metaal voor een dag liggen. Wanneer ze erachter komt dat ze het niet heeft opgeruimd ziet ze dat het metaal verkleurd is. Leg uit tot welke edelheidscategorie dit metaal behoort.

### Paragraaf 3.3

Vraag 5: Hieronder staat een molecuul weergegeven.



- (1 pt) Hoe heet dit molecuul, en wat is de bijbehorende formule?
- (2 pt) Wat is het gewicht van dit molecuul, uitgedrukt in u? Als je vraag a niet weet, ga dan uit van  $C_6Na_{12}O_6$ .
- (1 pt) Wat is het massapercentage koolstof in dit molecuul?

### Paragraaf 3.4

Vraag 6: Deuterium is een van de weinige isotopen die een eigen symbool heeft (D). Het is een isotoop van waterstof, en heeft 1 extra neutron in de kern.

- (1 pt) Teken een deuteriumatoom volgens het model van Rutherford, en geef de isotoopnotatie van deuterium.

Door in een kernreactor nog een neutron op een deuteriumatoom te schieten kunnen deze fuseren en vormt er een tritiumatoom.

- (1 pt) Geef de isotoopnotatie van tritium.
- (2 pt) Beredeneer voor zowel het massagetal van tritium als voor het atoomnummer van tritium of deze veranderen ten opzichte van deuterium.

Tritium is radioactief, en zal na verloop van tijd een van zijn neutronen omzetten in een proton en een elektron.

- (2 pt) Geef de isotoopnotatie van het atoom dat ontstaat. Beredeneer voor zowel het massagetal als voor het atoomnummer of deze veranderen ten opzichte van tritium.

Vraag 7: Technetium is het eerste kunstmatig geproduceerde element, en alle isotopen ervan zijn radioactief.

- (1 pt) Teken een Tc-99 atoom volgens het model van Rutherford.
- (1 pt) Tc-99 atomen zullen na verloop van tijd een neutron in hun kern omzetten in een proton. Welk element ontstaat er na deze omzetting?

## Uitwerkingen

### Paragraaf 3.1

#### Vraag 1

Antwoord: B (Een ijzeren spijker valt onder het microniveau)

Een spijker kan geobserveerd en gehanteerd worden, en is dus een voorbeeld van een object op macroniveau.

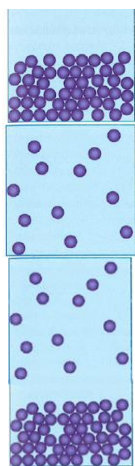
1 pt voor een correct antwoord.

#### Vraag 2

a.

b.

c. Ja, namelijk:



Zonder acetonmoleculen in de lucht kan je het niet ruiken.

1 pt per correcte tekening/uitspraak over wat er verandert, 1 pt voor beredenering bij c.

### Paragraaf 3.2

#### Vraag 3

##### 3.a

| Naam          | Symbool   |
|---------------|-----------|
| Chroom        | Cr        |
| Helium        | He        |
| Zwavel        | S         |
| <b>Kalium</b> | K         |
| Koper         | Cu        |
| Uraan         | U         |
| Koolstof      | C         |
| Zuurstof      | O         |
| Natrium       | <b>Na</b> |
| Wolfraam      | W         |

3 pt voor het hele tabel goed, -1 pt per fout, -0,5 per notatiefout (max -1 pt)

##### 3.b

Alkalimetalen

1pt indien correct.

#### Vraag 4

a. Meting: Geleidt het stroom? Dan kan het een metaal zijn (sterkste test)

1 pt voor het benoemen van een juiste metaaleigenschap om te testen, 1 pt voor een logisch volgende conclusie.

- b. Het is een onedel metaal. Het reageert namelijk goed met zuurstof uit de lucht, maar niet op extreme wijze.

1 pt voor het juiste antwoord met toelichting.

### Paragraaf 3.3

Vraag 5

- a. Glucose,  $C_6H_{12}O_6$

1 pt voor het juiste antwoord.

- |    |                                               |                  |              |                                                |                  |
|----|-----------------------------------------------|------------------|--------------|------------------------------------------------|------------------|
| b. | $C = 12,01 \text{ u} \rightarrow \times 6 =$  | 72,06 u          | alternatief: | $C = 12,01 \text{ u} \rightarrow \times 6 =$   | 72,06 u          |
|    | $H = 1,008 \text{ u} \rightarrow \times 12 =$ | 12,096 u         |              | $Na = 22,99 \text{ u} \rightarrow \times 12 =$ | 275,88 u         |
|    | $O = 16,00 \text{ u} \rightarrow \times 6 =$  | <u>96,00 u</u> + |              | $O = 16,00 \text{ u} \rightarrow \times 6 =$   | <u>96,00 u</u> + |
|    |                                               | 180,156 u        |              |                                                | 443,94 u         |

1 pt voor het juiste lijstje met hoeveelheid u's per element, 1pt voor het correct optellen van alle u's.

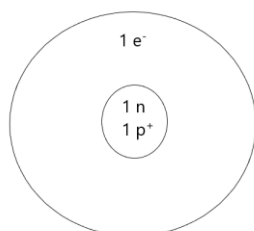
- c. Totaalgewicht koolstof in glucose: 72,06 u  
 Totaalgewicht glucose: 180,156 u  
 Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
 Aldus:  $\frac{72,06}{180,156} \times 100\% = 40,00\%C$

Alternatief: Totaalgewicht koolstof in alternatief: 72,06 u  
 Totaalgewicht alternatief: 443,94 u  
 Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
 Aldus:  $\frac{72,06}{443,94} \times 100\% = 16,23\%O$

1 pt voor het juiste antwoord inclusief berekening.

### Paragraaf 3.4

Vraag 6



- a.  ${}^7_3\text{Li}$

1 pt voor het juiste antwoord.

- b.  ${}^3_1\text{H}$

1 pt voor het juiste antwoord.

- c. Een neutron heeft geen lading, maar wel massa. Het aantal protonen van deuterium verandert niet door een neutron toe te voegen, dus tritium is nog steeds (net als deuterium) een waterstofisotoop. Samenvattend: massagetal verandert wel, atoomnummer verandert niet.

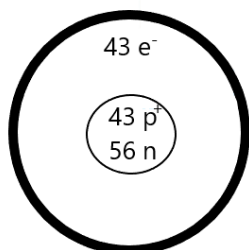
1 pt voor correcte beredenering rondom het massagetal, 1 pt voor correcte beredenering rondom het atoomnummer.

- d.  ${}^3_2\text{He}$  of  $\text{He} - 3$

Gegeven is dat een neutron uit tritium omgezet wordt in een proton en een neutron. Gezien een neutron en een proton evenveel wegen, zal het massagetal niet veranderen. Echter, het aantal protonen in de kern verandert wel, dus het atoomnummer is veranderd (is ook te zien aan het nieuwe element dat ontstaan is, dit is geen waterstof meer, maar helium). Samenvattend: massagetal verandert niet, atoomnummer verandert wel.

1 pt voor juiste isotoopnotatie van de heliumisotoop dat ontstaat, 1 pt voor correcte beredenering rondom het massagetal en het atoomnummer.

Vraag 7



a.

1 pt voor een correcte representatie (juiste hoeveelheid protonen en neutronen in kern, en juist hoeveelheid elektronen in de wolk).

- b. Ruthenium (Ru). Er ontstaat een extra proton in de kern, en dus verandert het atoomnummer met 1 naar boven.

1 pt voor het juiste antwoord inclusief beredenering.

## Appendix D: Oefenpakket 3.1

### Leerdoelen met succescriteria

Welkom bij het oefenpakket voor paragraaf 3.1! Hieronder staat een lijstje met de leerdoelen van deze paragraaf. Hier staan ook de zogenoemde succescriteria bij vermeld, zodat je weet wat je moet kennen en kunnen om het leerdoel te kunnen behalen.

4. Je kan op de juiste manier het micro- en macroniveau omschrijven.
  - a. Inzicht microniveau: Het microniveau gaat over het allerkleinste niveau van een stof.
  - b. Inzicht macroniveau: Het macroniveau gaat over alles wat je direct kan waarnemen.
5. Je kan binnen de context van fasen een correcte koppeling maken tussen het micro- en macroniveau.
  - a. Inzicht vast: In de vaste fase kunnen moleculen trillen, maar blijven ze op een vaste plek zitten. Moleculen zitten dicht op elkaar.
  - b. Inzicht vloeibaar: In de vloeibare fase bewegen moleculen wel ten opzichte van elkaar, en staan ze iets verder van elkaar dan in de vaste fase.
  - c. Inzicht gas: In de gasfase bewegen moleculen ver van elkaar.
  - d. Inzicht microniveau: Een enkel molecuul heeft geen fase, meerdere moleculen samen wel.
6. Je kan het belang van modellen binnen de scheikunde benoemen
  - a. Inzicht formaat: Een molecuul is zodanig klein dat het onmogelijk is om ze individueel te bekijken en te manipuleren.
  - b. Inzicht model: Via een model kan er handiger gewerkt worden met kleine hoeveelheden moleculen. Is echter wel een benadering, en dus worden er bepaalde aspecten weggelaten of versimpeld.

De onderstaande vragen zijn gericht op het oefenen met deze leerdoelen, gerangschikt op moeilijkheidsgraad van makkelijker naar moeilijker. Succes met oefenen!

### **Vragen – Paragraaf 3.1**

**Vraag 1:** Wat is het verschil tussen de drie fasen op microniveau?

**Vraag 2:** Welke van de drie fasen is het gemakkelijkst samen te persen? Waarom?

**Vraag 3:** Geef van de onderstaande uitspraken aan of ze waar of niet waar zijn.

- a. In de vaste fase staan moleculen volledig stil.
- b. In de vaste fase zitten moleculen vast in een rooster.
- c. In de vloeibare fase kunnen moleculen vrij langs elkaar heen bewegen.
- d. In de vloeibare fase bewegen moleculen snel langs elkaar heen, en op grote afstand van elkaar.
- e. In de gasfase kunnen moleculen vrij langs elkaar heen bewegen.
- f. In de gasfase zit er veel loze ruimte tussen moleculen.

**Vraag 4:** Leg uit waarom er binnen de scheikunde modellen gebruikt worden.

**Vraag 5:** Op een hete zomerdag is het lekker om water te drinken met ijsklontjes erin.

- a. Maak een modeltekening van watermoleculen in de ijsklontjes.
- b. Maak een modeltekening van de watermoleculen in het vloeibare water.
- c. Als je het glas een uur laat staan, dan zullen de hoeveelheid watermoleculen in beide fasen veranderen. Leg uit in welke fase de watermoleculen zich zullen bevinden na dit uur.

**Vraag 6:** Naftaleen is een stof die vroeger gebruikt werd in mottenballen, en tegenwoordig nog steeds in pesticiden en schoonmaakmiddelen. Op kamertemperatuur zal vast naftaleen sublimeren, en verspreidt het een karakteristiek teerachtige geur. Teken een modelvoorstelling van naftaleenmoleculen op het sublimatiepunt.

### Uitwerkingen – Vragen paragraaf 3.1

#### **Vraag 1**

Kort antwoord: Hoe de moleculen bewegen ten opzichte van elkaar verschilt tussen de drie fasen.

Toelichting: In de vaste fase staan moleculen stil, en kunnen ze alleen trillen. In de vloeibare fase bewegen moleculen, maar zitten ze nog steeds dicht op elkaar. In de gasfase staan de moleculen ver van elkaar af, en bewegen ze vrijelijk door de ruimte heen. Het enige wezenlijke verschil tussen de fasen is dus hoe de moleculen bewegen ten opzichte van elkaar.

#### **Vraag 2**

De gasfase is het gemakkelijkst samen te persen. Hier zit veel ruimte tussen de afzonderlijke moleculen, wat kleiner gemaakt kan worden.

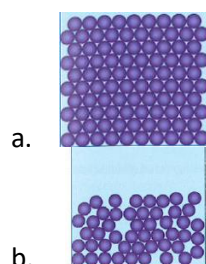
#### **Vraag 3**

- a. Niet waar (ze kunnen nog trillen)
- b. Waar
- c. Waar
- d. Niet waar (moleculen zitten in vloeibare fase nog steeds dicht op elkaar)
- e. Waar
- f. Waar

#### **Vraag 4**

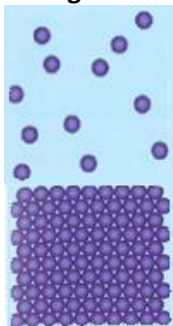
Modellen maken het microniveau voorstelbaar, zodat we met behulp van een versimpelde werkelijkheid alsnog nauwkeurige voorspellingen kunnen maken.

#### **Vraag 5**



- a.
- b.
- c. De meeste watermoleculen zullen zich in de vloeibare fase bevinden. Ijs smelt immers in drankjes op hete zomerdagen.

#### **Vraag 6**



Boven: Gasvormig. Onder: Vast

## Appendix E: Oefenpakket 3.2

### Leerdoelen met succescriteria

Welkom bij het oefenpakket voor paragraaf 3.2! Hieronder staat een lijstje met de leerdoelen van deze paragraaf. Hier staan ook de zogenoemde succescriteria bij vermeld, zodat je weet wat je moet kennen en kunnen om het leerdoel te kunnen behalen.

1. Je kan het symbool van een aantal atoomsoorten geven als de naam is gegeven, en andersom.

| atoomsoorten |         |         |              |           |         |
|--------------|---------|---------|--------------|-----------|---------|
| metalen      |         |         | niet-metalen |           |         |
| naam         | symbool | naam    | symbool      | naam      | symbool |
| aluminium    | Al      | platina | Pt           | argon     | Ar      |
| barium       | Ba      | radium  | Ra           | broom     | Br      |
| calcium      | Ca      | tin     | Sn           | chloor    | Cl      |
| chromium     | Cr      | titaan  | Ti           | fluor     | F       |
| goud         | Au      | uraan   | U            | fosfor    | P       |
| kalium       | K       | wolfram | W            | helium    | He      |
| kobalt       | Co      | ijzer   | Fe           | jood      | I       |
| koper        | Cu      | zilver  | Ag           | koolstof  | C       |
| kwik         | Hg      | zink    | Zn           | neon      | Ne      |
| lood         | Pb      |         |              | silicium  | Si      |
| magnesium    | Mg      |         |              | stikstof  | N       |
| mangaan      | Mn      |         |              | waterstof | H       |
| natrium      | Na      |         |              | zuurstof  | O       |
| nikkel       | Ni      |         |              | zwavel    | S       |

- b. Reproducieren:
2. Je kan een aantal groepen uit het periodiek systeem benoemen.
    - a. Reproducieren: Alkalimetalen
    - b. Reproducieren: Aardalkalimetalen
    - c. Reproducieren: Halogenen
    - d. Reproducieren: Edelgassen
  3. Je kan het verschil uitleggen tussen metalen en niet-metalen en aangeven waar ze staan in het periodiek systeem.
    - a. Inzicht: metalen hebben wel overeenkomstige eigenschappen, niet-metalen niet.
      - i. Metalen zijn in zuivere vorm glanzend.
      - ii. Metalen zijn (redelijk) vervormbaar.
      - iii. Metalen geleiden warmte en elektrische stroom.
      - iv. Metalen kunnen in gesmolten toestand met elkaar gemengd worden.
    - b. Reproducieren: Alles links van de metalloïden-lijn zijn metalen (uitzondering van waterstof), alles rechts van de metalloïden-lijn zijn niet-metalen.
  4. Je kan metalen correct onderverdelen onder een aantal edelheids categorieën en toelichten waarom.
    - a. Repr. + Inz.: Edelmetaal, reageert niet met zuurstof in de lucht.
    - b. Repr. + Inz.: Half edelmetaal, reageert moeizaam met zuurstof.
    - c. Repr. + Inz.: Onedele metalen, reageert goed met zuurstof in de lucht.
    - d. Repr. + Inz.: Zeer onedele metalen, reageren snel en heftig met zuurstof en water in de lucht.
  5. Je kan het verschil tussen elementen en verbindingen aangeven met behulp van het begrip atoomsoort.
    - a. Inzicht: Een verbinding is een molecuul dat bestaat uit meerdere atoomsoorten.
    - b. Inzicht: Een element is een molecuul dat bestaat uit maar één atoomsoort.
  6. Je kan een legering herkennen.
    - a. Reproducieren: Een mengsel van twee of meer metalen.

De onderstaande vragen zijn gericht op het oefenen met deze leerdoelen, gerangschikt op moeilijkheidsgraad van makkelijker naar moeilijker. Succes met oefenen!

### Vragen 3.2

**Vraag 1:** Gegeven is de onderstaande tabel.

- Geef de naam van het element als het symbool is gegeven, en geef het symbool van het element als de naam is gegeven.
- Tot welke groep behoren de vetgedrukte namen/symbolen?

| Naam         | Symbool   |
|--------------|-----------|
| Calcium      |           |
| Kobalt       |           |
| Goud         |           |
| <b>Fluor</b> |           |
| Ijzer        |           |
|              | Pb        |
|              | Mn        |
|              | P         |
|              | <b>Br</b> |
|              | Si        |

**Vraag 2:** Koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) kan voor allerlei doeleinden gebruikt worden, maar het staat bekend om zijn rol binnen klimaatverandering.

- Maak een modeltekening van een koolstofdioxidemolecuul.
- Leg uit of dit een element of een verbinding is.

**Vraag 3:** Het hoofdonderdeel van aardgas is methaan ( $\text{CH}_4$ ).

- Maak een modeltekening van een methaanmolecuul.
- Leg uit of dit een element of een verbinding is.

**Vraag 4:** Waterstofgas ( $\text{H}_2$ ) wordt gezien als een veelbelovende duurzame brandstof.

- Maak een modeltekening van een waterstofmolecuul.
- Leg uit of dit een element of een verbinding is.

**Vraag 5:** Computerchips bevatten een aantal onderdelen die elektriciteit moeten geleiden.

- Wat voor type metaal zou hier (qua edelheid) het meest geschikt voor zijn? Noem een metaal dat onder deze categorie valt.
- Bedenk een goede reden waarom er gezocht wordt naar alternatieven voor jouw antwoord op de vorige vraag.

## Uitwerkingen – Vragen paragraaf 3.2

### Vraag 1

a.

| Naam         | Symbool   |
|--------------|-----------|
| Calcium      | Ca        |
| Kobalt       | Co        |
| Goud         | Au        |
| <b>Fluor</b> | F         |
| IJzer        | Fe        |
| Lood         | Pb        |
| Mangaan      | Mn        |
| Fosfor       | P         |
| Broom        | <b>Br</b> |
| Silicium     | Si        |

b. Dit zijn halogenen.

### Vraag 2



- a. (Zonder kleur zijn cirkels met het juiste symbool erop ook goed)
- b. Dit is een verbinding, want het bestaat uit verschillende niet-metalen.

### Vraag 3

Antwoorden:



- a. (Zonder kleur zijn cirkels met het juiste symbool erop ook goed)
- b. Dit is een verbinding, want het bestaat uit verschillende niet-metalen.

### Vraag 4



- a.
- b. Dit is een element, want er is maar 1 element te vinden in deze verbinding.

### Vraag 5

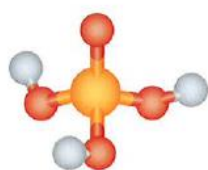
- a. Edelmetalen, zoals goud. Zolang het niet reageert zal het stroom blijven geleiden.
- b. Edelmetalen zijn zeldzaam/duur.

## Appendix F: Oefenpakket 3.3

### Leerdoelen met succescriteria

Welkom bij het oefenpakket voor paragraaf 3.3! Hieronder staat een lijstje met de leerdoelen van deze paragraaf. Hier staan ook de zogenoemde succescriteria bij vermeld, zodat je weet wat je moet kennen en kunnen om het leerdoel te kunnen behalen.

1. Je kan de formule van een stof afleiden uit de molecuultekening.
  - d. Inzicht: Tel en categoriseer ieder element binnen de tekening
  - i. Reproducieren: De leerling weet welke kleur bij welk element hoort.
2. Je kan formules van elementen geven
  - a. Reproducieren: Elementen van ezelsbrug komen met 2 voor (Franse voetbalclub FCI BriHON, HONHalogenen en HBRONCIIF kan ook), de rest komt in enkele vorm voor.
3. Je kan de formules van de onderstaande verbindingen opschrijven als de naam is gegeven, en andersom.
  - a. Reproducieren



fosforzuur,  $H_3PO_4$



ammoniak,  $NH_3$



ethanol,  $C_2H_5O$  (alcohol)



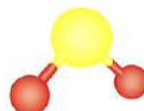
glucose,  $C_6H_{12}O_6$



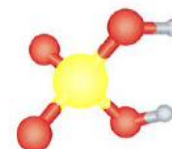
methaan,  $CH_4$



koolstofdioxide,  $CO_2$



zwaveldioxide,  $SO_2$



zwavelzuur,  $H_2SO_4$

4. Je kent de definitie van u, en kan de molecuulmassa van een molecuul daarin uitdrukken.
  - a. Reproducieren:  $1,00 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

| atoommassa's |           |
|--------------|-----------|
| atoomsoort   | massa (u) |
| waterstof    | 1,0       |
| koolstof     | 12,0      |
| stikstof     | 14,0      |
| zuurstof     | 16,0      |
| fosfor       | 31,0      |
| zwavel       | 32,1      |
| chloor       | 35,5      |

- b. Reproducieren (aan de hand van periodiek systeem):
  - c. Inzicht: Categoriseer en tel ieder element in het molecuul
  - d. Inzicht: Tel alle atomen van hetzelfde atoomtype, en vermenigvuldig dit met het juiste aantal u. Doe dit voor alle atoomtypes, en tel alles bij elkaar op om de molecuulmassa te krijgen.
5. Je kan het massapercentage van een atoomsoort in een verbinding berekenen.
    - a. Reproducieren: De leerling weet de juiste formule te produceren en toe te passen.
$$\frac{\text{massa atoomsoort}}{\text{massa molecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$$
    - b. Toepassen: inventarisatie van elementen in het molecuul
    - c. Toepassen: vermenigvuldig het element met de juiste hoeveelheid u

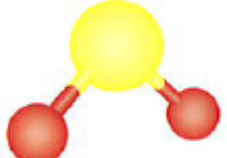
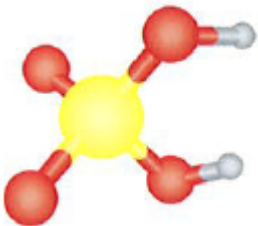
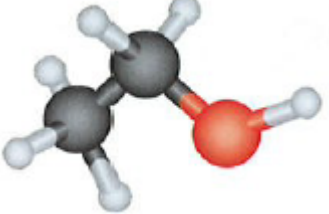
De onderstaande vragen zijn gericht op het oefenen met deze leerdoelen, gerangschikt op moeilijkheidsgraad van makkelijker naar moeilijker. Succes met oefenen!

### Vragen – Paragraaf 3.3

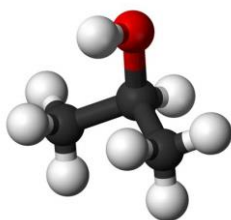
**Vraag 1:** Gegeven zijn een aantal namen van elementen. Geef het symbool, en geef waar nodig aan met behulp van een index dat ze twee-atomig zijn (voorbeeld: H<sub>2</sub> voor waterstof).

- a. Barium
- b. Fluor
- c. Stikstof
- d. Koolstof
- e. Helium
- f. Natrium
- g. Goud
- h. Titanium
- i. Chloor
- j. Zuurstof
- k. Neon
- l. IJzer

**Vraag 2:** Hieronder staan een aantal moleculen weergegeven. Hoe heten deze moleculen, en wat is de bijbehorende formule?

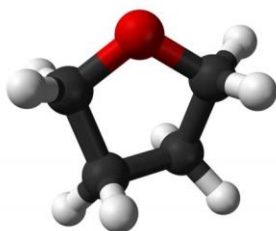
- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 
- f. 

**Vraag 3:** Hieronder is een molecuul propanol weergegeven.



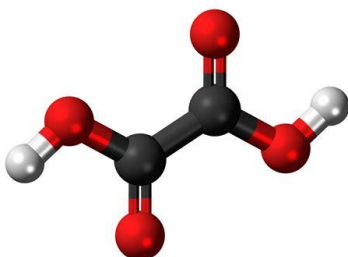
- Wat is de formule van propanol?
- Wat is het gewicht van een molecuul propanol, uitgedrukt in u?
- Wat is het massapercentage koolstof in propanol?

**Vraag 4:** Hieronder is een molecuul THF weergegeven.



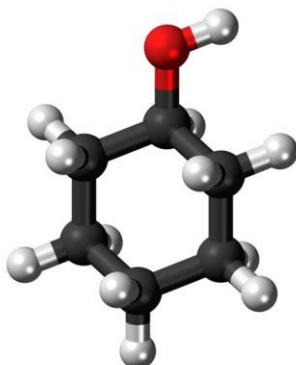
- Wat is de formule van THF?
- Wat is het gewicht van een molecuul THF, uitgedrukt in u?
- Wat is het massapercentage waterstof in THF?

**Vraag 5:** Hieronder is een molecuul oxaalzuur weergegeven.



- Wat is de formule van oxaalzuur?
  - Wat is het gewicht van een molecuul oxaalzuur, uitgedrukt in u?
- Wat is het massapercentage zuurstof in oxaalzuur?

**Vraag 6:** Hieronder is een molecuul cyclohexanol weergegeven.



- Wat is de formule van cyclohexanol?
  - Wat is het gewicht van een molecuul cyclohexanol, uitgedrukt in u?
- Wat is het massapercentage zuurstof in cyclohexanol?

### Uitwerkingen – Vragen paragraaf 3.3

#### Vraag 1

- |                   |       |                    |                   |
|-------------------|-------|--------------------|-------------------|
| a. Ba             | d. C  | g. Au              | j. O <sub>2</sub> |
| b. F <sub>2</sub> | e. He | h. Ti              | k. Ne             |
| c. N <sub>2</sub> | f. Na | i. Cl <sub>2</sub> | l. Fe             |

#### Vraag 2

- |                                   |                                               |                                             |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| a. Ammoniak, NH <sub>3</sub>      | c. Zwavelzuur, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | e. Methaan, CH <sub>4</sub>                 |
| b. Zwaveldioxide, SO <sub>2</sub> | d. Koolstofdioxide, CO <sub>2</sub>           | f. Ethanol, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O |

#### Vraag 3

- a. Tellen: 3x C, 8x H, 1x O. Dus: C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O
- b. C = 12,01 u → x 3 = 36,03 u  
H = 1,008 u → x 8 = 8,064 u  
O = 16,00 u → x 1 = 16,00 u +  
60,094 u
- c. Totaalgewicht koolstof in propanol: 36,03 u  
Totaalgewicht propanol: 60,094 u  
Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
Aldus:  $\frac{36,03}{60,094} \times 100\% = 59,96\%C$

#### Vraag 4

- a. Tellen: 4x C, 8x H, 1x O. Dus: C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O
- b. C = 12,01 u → x 4 = 48,04 u  
H = 1,008 u → x 8 = 8,064 u  
O = 16,00 u → x 1 = 16,00 u +  
72,104 u
- c. Totaalgewicht waterstof in THF: 8,064 u  
Totaalgewicht THF: 72,104 u  
Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
Aldus:  $\frac{8,064}{72,104} \times 100\% = 11,18\%H$

#### Vraag 5

- a. Tellen: 2x C, 2x H, 4x O. Dus: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- b. C = 12,01 u → x 2 = 24,02 u  
H = 1,008 u → x 2 = 2,016 u  
O = 16,00 u → x 4 = 64,00 u +  
90,018 u
- c. Totaalgewicht zuurstof in oxaalzuur: 64,00 u  
Totaalgewicht oxaalzuur: 90,018 u  
Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
Aldus:  $\frac{64,00}{90,018} \times 100\% = 71,10\%O$

#### Vraag 6:

- a. Tellen: 6x C, 12x H, 1x O. Dus: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O
- b. C = 12,01 u → x 6 = 72,06 u  
H = 1,008 u → x 12 = 12,096 u  
O = 16,00 u → x 1 = 16,00 u +  
100,156 u
- c. Totaalgewicht zuurstof in cyclohexanol: 16,00 u  
Totaalgewicht oxaalzuur: 100,156 u  
Formule:  $\frac{\text{massaelement}}{\text{massamolecuul}} \times 100\% = \text{massapercentage}$   
Aldus:  $\frac{16,00}{100,156} \times 100\% = 15,98\%O$

## Appendix G: Oefenpakket 3.4

### Leerdoelen met succescriteria

Welkom bij het oefenpakket voor paragraaf 3.4! Hieronder staat een lijstje met de leerdoelen van deze paragraaf. Hier staan ook de zogenoemde succescriteria bij vermeld, zodat je weet wat je moet kennen en kunnen om het leerdoel te kunnen behalen.

1. Je kan met behulp van het atoommodel van Rutherford de bouw van een atoom omschrijven.
  - a. Reproducieren: Proton (lading 1+) in kern (aantal afhankelijk van element)
  - b. Reproducieren: Neutron (lading 0) in kern (aantal afhankelijk van isotoop)
  - c. Reproducieren: Elektron (lading 1-) om de kern (aantal afhankelijk van element)
2. Je kan een element identificeren aan de hand van het atoomnummer en andersom.
  - a. Toepassen: Atoomnummer = aantal protonen = uniek per element.
3. Je kan op correcte wijze uitleggen wat het massagetal is.
  - a. Reproducieren: Het gewicht van alle atomaire deeltjes samen.
  - b. Inzicht: Elektronen wegen verwaarloosbaar weinig.
4. Je kan op correcte wijze uitleggen wat een isotoop is.
  - a. Reproducieren: Isotopen zijn deeltjes van hetzelfde element en hebben dus hetzelfde aantal protonen, maar hebben een verschillend aantal neutronen.
5. Je kan uitleggen waarom er met gemiddelde atoommassa's gewerkt wordt.
  - a. Inzicht: Isotoopverhoudingen in de natuur.

De onderstaande vragen zijn gericht op het oefenen met deze leerdoelen, gerangschikt op moeilijkheidsgraad van makkelijker naar moeilijker. Succes met oefenen!

### Vragen – Paragraaf 3.4

**Vraag 1:** Vul de onderstaande tabel aan. Neem aan dat alle deeltjes neutraal van lading zijn.

|                   |    |    |    |    |
|-------------------|----|----|----|----|
| Atoomsoort        | F  |    |    |    |
| Massagetal        | 19 | 79 | 36 |    |
| Atoomnummer       |    | 35 |    |    |
| Aantal protonen   |    |    |    | 28 |
| Aantal neutronen  |    |    | 20 | 32 |
| Aantal elektronen |    |    |    |    |

**Vraag 2:** Chloor heeft twee stabiele isotopen, namelijk Cl-35 en Cl-37. De gemiddelde atoommassa van chloor is 35,45 u. Welke van deze twee isotopen komt het meest voor in de natuur?

**Vraag 3:** Kalium heeft twee stabiele isotopen, namelijk K-39 en K-41. De gemiddelde atoommassa van kalium is 39,10 u. Welke van deze twee isotopen komt het meest voor in de natuur?

**Vraag 4:** Zilver heeft twee stabiele isotopen, namelijk Ag-107 en Ag-109. De gemiddelde atoommassa van zilver is 107,9 u. Welke van deze twee isotopen komt het meest voor in de natuur?

**Vraag 5:** Uranium wordt gebruikt om energie op te wekken in kernreactoren. Echter, niet ieder isotoop van uranium is hier geschikt voor, want alleen  $^{235}_{92}\text{U}$  kan hiervoor gebruikt worden. In een kernreactor wordt  $^{235}_{92}\text{U}$  met neutronen gebombardeerd, en er kunnen vervolgens twee dingen gebeuren: het  $^{235}_{92}\text{U}$  neemt een neutron op, of het splitst, en levert dan energie op.

- Welk deeltje ontstaat er als  $^{235}_{92}\text{U}$  een neutron opneemt? Beredeneer voor zowel het massagetal als voor het atoomnummer of deze veranderen ten opzichte van  $^{235}_{92}\text{U}$ .
- Als het  $^{235}_{92}\text{U}$  splitst, dan gebeurt dit op verschillende manieren. Bij een van deze manieren splitst het zich op in  $^{141}_{56}\text{Ba}$  en  $^{92}_{36}\text{Kr}$ . Daarnaast komen er ook nog een aantal losse neutronen vrij. Hoeveel neutronen komen er hier precies bij vrij?

### Uitwerkingen – Vragen paragraaf 3.4

#### Vraag 1

| Atoomsoort        | F  | Br | S  | Ni |
|-------------------|----|----|----|----|
| Massagetal        | 19 | 79 | 36 | 60 |
| Atoomnummer       | 9  | 35 | 16 | 28 |
| Aantal protonen   | 9  | 35 | 16 | 28 |
| Aantal neutronen  | 10 | 44 | 20 | 32 |
| Aantal elektronen | 9  | 35 | 16 | 28 |

#### Vraag 2

Cl-35, want de gemiddelde atoommassa ligt dichterbij 35 u dan bij 37 u.

#### Vraag 3

K-39, want de gemiddelde atoommassa ligt dichterbij 39 u dan bij 41 u.

#### Vraag 4

Ag-107, want de gemiddelde atoommassa ligt dichterbij 107 u dan bij 109 u.

#### Vraag 5:

- Er ontstaat  ${}^{236}_{92}\text{U}$  (of U-236). Een neutron heeft namelijk geen lading, maar wel massa. Het aantal protonen verandert niet door een neutron toe te voegen, dus  ${}^{236}_{92}\text{U}$  is nog steeds een uraniumisotoop. Samenvattend: massagetal verandert wel (+1), atoomnummer verandert niet.
- ${}^{235}_{92}\text{U}$  begint met een massagetal van 235, en heeft  $(235 - 92 = )143$  neutronen. Dit is de beginhoeveelheid.  
  
 ${}^{141}_{56}\text{Ba}$  heeft een massagetal van 141, en beschikt over  $(141 - 56 = ) 85$  neutronen.  
 ${}^{92}_{36}\text{Kr}$  heeft een massagetal van 92, en beschikt over  $(92 - 36 = ) 56$  neutronen.  
Gezamenlijk  $(85 + 56 = 141)$  is dit de eindhoeveelheid.

In de beginsituatie zijn er 143 neutronen in  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . In de eindsituatie zijn er 141 neutronen verspreid over 2 atomen. Dit betekent dat er  $(143 - 141 = ) 2$  neutronen vrijgekomen zijn.