



College voor Examen

**Werkversie 2**  
**syllabus scheikunde vwo**  
**bij het examenprogramma van**  
**Nieuwe scheikunde**

**Geldig voor de examens 2011 en daarna**

**Bewerkt door Emiel de Kleijn**  
**Wijzigingen/toevoegingen t.o.v. de versie van 25 september 2009**  
**voor het vwo-examen 2010 zijn in rood aangegeven**

**15 juli 2010**

**Verantwoording:**

© 2010 College voor Examens vwo, havo, vmbo, Utrecht.

Alle rechten voorbehouden. Alles uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

# Inhoud

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Voorwoord</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>1 Inleiding en verantwoording</b> .....  | <b>4</b>  |
| Een nieuw scheikundeprogramma.....  | 4         |
| De plaats van het vak scheikunde in de tweede fase.....   | 4         |
| De wisselwerking tussen contexten en concepten: verantwoording van de stuurgroep nieuwe<br>scheikunde .....                   | 5         |
| De totstandkoming van de werkversie .....   | 6         |
| De status van de werkversie .....   | 7         |
| <b>2 Het examenprogramma</b> .....  | <b>8</b>  |
| De domeinen .....   | 8         |
| De verdeling CE/SE .....  | 10        |
| <b>3 Specificatie van de subdomeinen</b> .....  | <b>11</b> |
| Toelichting op de specificatie .....  | 11        |
| Specificatie .....  | 11        |
| Domein A Vaardigheden.....  | 11        |
| Domein B Analysemethoden en -technieken .....   | 15        |
| Domein C Structuren en reacties.....  | 16        |
| Domein D Synthesen.....   | 20        |
| Domein E Chemie van het leven .....   | 21        |
| Domein F Materiaalinnovatie .....   | 22        |
| Domein G Duurzame ontwikkeling .....  | 23        |
| <b>4 Vakoverstijgende kennis</b> .....  | <b>25</b> |
| Verwachte voorkennis uit andere bètavakken .....  | 25        |
| Overlap met andere bètavakken.....  | 25        |
| <b>Bijlage 1 Het examenprogramma vwo</b> .....  | <b>26</b> |
| <b>Bijlage 2 Toelichting op de wisselwerking tussen contexten en concepten door de stuurgroep<br/>nieuwe scheikunde</b> ..... | <b>30</b> |
| <b>Bijlage 3 Toelichting op de specificatie</b> .....   | <b>33</b> |
| Structuurformules .....   | 33        |
| Reactievergelijkingen .....   | 33        |
| Aanrekenen van reken- en significantiefouten.....   | 34        |
| Halfreacties van redoxreacties.....   | 35        |
| Handelingswerkwoorden.....  | 35        |

## Voorwoord

De stuurgroep nieuwe scheikunde heeft een voorstel voor een vernieuwd examenprogramma scheikunde geformuleerd en een deel daarvan aangewezen voor de toetsing in het centraal examen (CE). Het betreft een programma dat mogelijk in 2013 landelijk wordt ingevoerd in leerjaar 4. Hiertoe levert de stuurgroep nieuwe scheikunde eind 2010 een advies op aan de minister van OCW, die op basis daarvan een beslissing zal nemen over invoering van dit vernieuwde programma.

In januari 2007 heeft de CEVO een breed samengestelde syllabuscommissie scheikunde ingesteld met de opdracht de globale subdomeinen voor het CE-deel nader te specificeren en voorbeelden van toetsvragen toe te voegen waarmee het karakter van de CE-bevraging bij het nieuwe examenprogramma wordt geïllustreerd.

Bij de eerste examendoorgangen is het echter noodzakelijk gebleken om diverse onderdelen uit de werkversie syllabus uit te sluiten voor examinering. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Aangezien er niet eerder dan voor het examen van 2014 een nieuwe syllabus zal verschijnen, is er voor gekozen om tot die tijd te werken met een tijdelijke 'werkversie 2' van eerdergenoemde syllabus. Hierbij is het niet meer nodig om nog aanvullende uitsluitingen vast te stellen.

In deze werkversie zullen geen nieuwe voorbeeldexamenopgaven worden opgenomen. De reeds afgenomen experimentele examens kunnen als voorbeeld dienen. Hierin is een ontwikkeling ingezet, die zal worden voortgezet in de komende jaren tot aan landelijke invoering.

# 1 Inleiding en verantwoording

## Een nieuw scheikundeprogramma

In 2002 heeft een door OC&W ingestelde verkenningcommissie o.l.v. prof. G. van Koten de problematiek in het scheikundeonderwijs in kaart gebracht.

Deze verkenningcommissie constateert in de blauwdruk 'Bouwen aan Scheikunde' o.a.

- een kloof tussen het beeld dat de schoolscheikunde presenteert van de moderne chemie en de huidige stand van het vakgebied in wetenschap en bedrijfsleven;
- een kloof tussen scheikunde in de onderbouw en de tweede fase;
- exameneisen voor scheikunde die een knellend keurslijf vormen;
- onvoldoende aandacht voor practica en eigen onderzoek;
- een programma dat buitenschoolse activiteiten onmogelijk maakt.

De commissie concludeert dat er een brede consensus bestaat over de noodzaak tot herziening van het scheikundeprogramma op havo en vwo.

In 2002 stelt OC&W vervolgens een brede vernieuwingscommissie o.l.v. prof. G. van Koten in, die in het visiedocument "Chemie tussen context en concept, ontwerpen voor vernieuwing" de kaders uitzet voor het ontwikkelproces van de vakinhoudelijke en didactische vernieuwing.

De vernieuwingscommissie stelt drie grote veranderingen voor:

1. een nieuw examenprogramma op hoofdlijnen, gebaseerd op de twee centrale concepten van de scheikunde: het zogenoemde micro-macro concept en het molecuulconcept;
2. scheikundeonderwijs in een wisselwerking tussen contexten en concepten in een doorlopende leerlijn in de onder- en bovenbouw;
3. een scheikundeprogramma dat zo is ontworpen dat het zich kan blijven vernieuwen in aansluiting op de ontwikkeling van het vak in wetenschap en bedrijf.

Vanaf 2004 is onder verantwoordelijkheid van de stuurgroep nieuwe scheikunde o.l.v. prof. Van Koten in een interactief proces gelijktijdig een groot aantal lesmodulen en een nieuw examenprogramma ontwikkeld. In de lesmodulen is de context-en-conceptbenadering in een aantal varianten uitgewerkt en in de schoolpraktijk getest. In een aantal modulen is tevens ervaring opgedaan met onderwijs in de nieuwe scheikundige vakinhoud.

Bij het ontwikkelen en testen van lesmodulen zijn vanaf 2004 ruim honderd scholen als ontwikkel- en volgscholen en een aantal lerarenopleiders en vakdidactici als coach betrokken.

## De plaats van het vak scheikunde in de tweede fase

### *Positie in de tweede fase*

Vanaf 2007 is scheikunde een verplicht vak voor de profielen Natuur&Gezondheid en Natuur&Techniek en kan het vak door leerlingen van de profielen Cultuur&Maatschappij en Economie&Maatschappij als keuzevak worden gekozen. De examenstof scheikunde en de centrale examens zijn gelijk voor alle leerlingen die het vak scheikunde volgen.

### *Omvang programma's*

Voor scheikunde in vwo is 440 sluis beschikbaar. Dit geldt ook voor de programma's nieuwe scheikunde.

### *Globaal omschreven subdomeinen*

Vanaf 2007 is het wettelijk vastgestelde examenprogramma voor alle vakken in de tweede fase vastgelegd in een globale formulering van domeinen met een beperkt aantal subdomeinen. De stuurgroep nieuwe scheikunde heeft eind 2006 de voorlopige werkversie van het globale examenprogramma nieuwe scheikunde bij OC&W opgeleverd. In juli 2007 is deze werkversie door OC&W vastgesteld voor de scholen die deelnemen aan het examenexperiment scheikunde.

### *Verdeling centraal examen - schoolexamen*

Vanaf 2007 is ca. 60% van de studielast voor het vakinhoudelijke programma aangewezen voor het centraal examen. Het overige deel wordt in ieder geval in het schoolexamen geëxamineerd. Examinering van domein A vindt plaats in het centraal examen én in het schoolexamen, steeds in combinatie met de vakinhoudelijke subdomeinen.

De syllabuscommissie heeft als uitgangspunt gehanteerd dat het gedeelte van het examenprogramma voor het centraal examen bij nieuwe scheikunde overeen moet komen met ca. 60% van de vakspecifieke subdomeinen. De vakspecifieke subdomeinen worden in samenhang met het domein Vaardigheden getoetst.

#### *Regelgeving voor het schoolexamen*

De regelgeving voor het schoolexamen is vanaf 2007 sterk beperkt. Het schoolexamen heeft in ieder geval betrekking op:

- ten minste de domeinen en subdomeinen waarop het centraal examen geen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: een of meer domeinen of subdomeinen waarop het centraal examen betrekking heeft;
- indien het bevoegd gezag daarvoor kiest: andere vakonderdelen, die per kandidaat kunnen verschillen.

SLO heeft een handreiking ontwikkeld met een niet-bindende toelichting op de subdomeinen voor het schoolexamen en suggesties voor het onderwijs en de examinering in het schoolexamen van het gehele programma nieuwe scheikunde.

#### *Weging eindcijfer schoolexamen en centraal examen*

De regeling voor de weging van het behaalde cijfer in het schoolexamen en het centraal examen (50%-50%) voor het eindcijfer blijft gehandhaafd.

## **De wisselwerking tussen contexten en concepten: verantwoording van de stuurgroep nieuwe scheikunde**

#### *Uitgangspunten*

De bètaovernieuwingscommissies (biologie, natuurkunde, scheikunde, wiskunde en NLT) hebben in onderling overleg als gemeenschappelijk uitgangspunt gekozen uit te gaan van de context-concept benadering. De pilots moeten uitwijzen op welke wijze deze benadering het onderwijs stuurt en hoe dit het karakter en de inhoud van de centrale examens beïnvloedt.

In de globale examenprogramma's is de context-conceptbenadering niet zichtbaar. Een examenprogramma is immers een opsomming van kennis en vaardigheden die leerlingen na hun onderwijs tot een zeker niveau hebben verworven. De specificatie van het programma voor het centraal examen geeft zo eenduidig mogelijk aan welke kennis en vaardigheden dat zijn.

De stuurgroep nieuwe scheikunde gaat uit van een examenprogramma op basis van twee centrale concepten met de bijbehorende vakbegrippen. Deze kunnen in wisselende contexten in onderwijs en examinering aan bod komen. In de globale omschrijving van de subdomeinen en de eindtermen in de specificatie zijn geen contexten opgenomen. Daarbij hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- een examenprogramma met contexten raakt door nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied mogelijk snel gedateerd;
- de aan te leren centrale concepten en vakbegrippen zijn representatief voor het gehele vakgebied scheikunde en niet alleen voor één specifieke context;
- leerlingen moeten de centrale concepten en vakbegrippen wendbaar toe kunnen passen, ook in nieuwe of onbekende contexten in het centrale examen;
- het specificeren van contexten in het examenprogramma beknot docenten en leerlingen in het onderwijs en toetsontwikkelaars in het construeren van toetsen.

Omdat de grote vragen van het vakgebied scheikunde in de 21<sup>e</sup> eeuw ook het uitgangspunt vormen voor het examenprogramma nieuwe scheikunde zijn in het examenprogramma wel een aantal themavelden te onderscheiden. Deze zijn te beschouwen als belangrijke sectoren waarin de chemische kennis en vaardigheden nu en in de toekomst worden toegepast. Daardoor wordt de keuze van contexten enigszins afgebakend. Het betreft de domeinen Synthesen, Chemie van het leven, Materialen en Duurzame Ontwikkeling.

De beweegredenen van de stuurgroep nieuwe scheikunde voor onderwijs en toetsing in een wisselwerking tussen contexten en concepten zijn opgenomen in bijlage 2.

In de globale formulering van de subdomeinen van het examenprogramma heeft de stuurgroep ervoor

gekozen om het woord 'concept' of 'context' niet op te nemen. Bij een aantal subdomeinen is wel aangeduid binnen welk soort contexten leerlingen de concepten en vakbegrippen moeten kunnen hanteren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in o.a.:

- maatschappelijke contexten (omvatten ook sociale, economische en ethische contexten);
- experimentele contexten;
- beroepsgerichte contexten;
- theoretische contexten

De subdomeinen en ook de eindtermen zijn zodanig geformuleerd dat de wisselwerking tussen contexten en concepten in onderwijs en toetsing maximaal kan worden ondersteund.

## De totstandkoming van de werkversie

Deze werkversie syllabus is een specificatie van de werkversie examenprogramma nieuwe scheikunde die in september 2006 door de stuurgroep nieuwe scheikunde bij OC&W is opgeleverd. Bij het opstellen van de specificatie is gebruik gemaakt van de toelichting op het globale examenprogramma, die door de stuurgroep nieuwe scheikunde is opgesteld.

Op verzoek van de stuurgroep nieuwe scheikunde heeft de syllabuscommissie eerst een voorstel gedaan voor de aanwijzing van dat deel van het examenprogramma dat centraal zal worden geëxamineerd (60% van de studielast). Hierbij is de studielast voor het domein Vaardigheden niet opgenomen. De syllabuscommissie heeft daarbij als uitgangspunten gehanteerd:

- van elk domein komen een of meerdere subdomeinen in het programma voor het centraal examen;
- subdomeinen met nieuwe vakinhoud komen deels in het programma voor het centraal examen.

Het voorstel voor de toedeling aan het centraal examen is door de stuurgroep nieuwe scheikunde overgenomen.

Vervolgens heeft de syllabuscommissie achtereenvolgens de subdomeinen voor het centraal examen havo en vwo gespecificeerd. Tussentijds is steeds teruggekoppeld naar de stuurgroep nieuwe scheikunde.

Van het domein vaardigheden is alleen het subdomein A3 (Vakspecifieke vaardigheden) voorzien van een specificatie. Uit de evaluatie van de pilot zal moeten blijken of een verdere specificatie van de overige twee subdomeinen (Algemene vaardigheden en Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden) voor het centraal examen noodzakelijk is. Uit de evaluatie van het examenexperiment zal ook moeten blijken of het gewenst is om in domein A subdomeinen alleen aan te wijzen voor het schoolexamen.

De vakoverstijgende noodzakelijke kennis van rekenen en wiskunde is in hoofdstuk 4 van deze syllabus opgenomen. Uit de pilot zal moeten blijken of er ook behoefte is aan een beschrijving van de vakoverstijgende noodzakelijke kennis van natuurkunde.

In deze werkversie is de zogenoemde communale kennis opgenomen in het subdomein Vaktaal onder Vakspecifieke vaardigheden.

Het aantal eindtermen in de werkversie nieuwe scheikunde voor havo is iets groter dan in het examenprogramma dat vanaf 2007 geldt. Voor vwo is het aantal eindtermen in de werkversie nieuwe scheikunde juist beduidend minder. In de telling van het aantal eindtermen in het programma dat vanaf 2007 geldt, zijn de termen uit de communale kennis meegeteld en in de werkversie nieuwe scheikunde de eindtermen uit het subdomein Vakspecifieke vaardigheden.

Bij havo heeft de syllabuscommissie in de beschrijving van de eindtermen meer dan bij vwo trachten af te bakenen tot welke diepgang leerlingen deze begrippen moeten beheersen. Dat heeft ertoe geleid dat een aantal meer overkoepelende eindtermen zijn opgesplitst in aparte termen.

Uit evaluatie van de examenpilot én het huidige programma zal moeten blijken of de studielastindicatie van het programma voor het centraal examen moet worden bijgesteld.

Tevens zal de evaluatie van het examenexperiment verder moeten onderbouwen, dat de toedeling van subdomeinen voor het centraal examen inderdaad overeenkomt met 60% van de studielast.

Na afstemming met de werkversies syllabi nieuwe biologie en nieuwe natuurkunde heeft de syllabuscommissie scheikunde geconcludeerd dat geen sprake is van ongewenste overlap tussen de syllabi. Ook hiervoor moet in de praktijk van de examenpilots blijken of verdere afstemming en samenhang nader gestalte kan of moet worden gegeven.

## **De status van de werkversie**

Deze werkversie beschrijft de specificatie van het programma voor het centraal examen van de scholen die hebben deelgenomen aan het examenexperiment. Tot landelijke invoering kunnen zij de examens volgens het 'experimentele' examenprogramma blijven afnemen. Tot nader bericht geldt daarvoor deze 'werkversie 2' van de syllabus.

Op basis van de evaluatie van het examenexperiment zal de stuurgroep nieuwe scheikunde het voorstel voor het definitieve globale examenprogramma en de verdeling voor het centraal en schoolexamen presenteren aan OC&W. Hierbij wordt zo spoedig mogelijk een 'definitieve' versie van de syllabus vastgesteld door het CvE, zodat de 'pilotscholen' zo snel mogelijk examens af kunnen nemen volgens dit 'definitieve' programma.

## 2 Het examenprogramma

### De domeinen

Het examenprogramma voor vwo omvat zeven domeinen, die elk zijn onderverdeeld in een aantal subdomeinen:

- A Vaardigheden
- B Analysemethoden en -technieken
- C Structuren en reacties
- D Synthesen
- E Chemie van het leven
- F Materiaalinnovatie
- G Duurzame ontwikkeling

Domein A *Vaardigheden* geeft een beschrijving van de vaardigheden die kunnen worden gezien als kenmerken van kwalitatief goed vakonderwijs, waarvan de inhoud in de overige domeinen is aangegeven.

Het subdomein *Algemene vaardigheden* beschrijft vaardigheden die leerlingen in alle vakken in de tweede fase verder ontwikkelen zoals informatievaardigheden, algemene communicatievaardigheden, reflectievaardigheden en oriëntatie op vervolgstudie en beroep. Afstemming van deze vaardigheden dient met name in de tweede fase breed plaats te vinden in het programma voor het schoolexamen.

Waar van toepassing maken deze vaardigheden ook deel uit van het centraal examen.

Het subdomein *Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden* omvat vaardigheden die gemeenschappelijk zijn voor de profielvakken biologie, natuurkunde, scheikunde, wiskunde en NLT. Dat geldt voor o.a. onderzoeks- en ontwerpvaardigheden, modelvorming, reken- en wiskundige vaardigheden. Hiertoe behoren ook vaardigheden gericht op kennisvorming, toepassing van kennis en reflectie op de invloed van natuurwetenschap en techniek. Afstemming van deze vaardigheden dient met name profielbreed plaats te vinden in het programma voor het schoolexamen. Dit subdomein maakt deel uit van het centraal examen m.u.v. die onderdelen die zich niet lenen voor centrale examinering en de voormalige ANW-subdomeinen die in het examenexperiment zijn uitgesloten van het centraal examen.

Het subdomein *Vakspecifieke vaardigheden* geeft een vakspecifieke uitwerking van de chemische vakvaardigheden die leerlingen gedurende hun gehele vwo loopbaan ontwikkelen. Daartoe behoren de vaktaal en vaardigheden gericht op risico inventarisatie en veilig omgaan met stoffen o.a. bij practicum. Afstemming van deze vaardigheden dient sectiebreed plaats te vinden, in het bijzonder met betrekking tot de aansluiting tussen onder- en bovenbouw. Dit subdomein maakt deel uit van het centraal examen m.u.v. die onderdelen die zich niet lenen voor centrale examinering.

Domein B *Analysemethoden- en technieken* geeft een uitwerking van chemische vakmethoden en -technieken voor toepassing en ontwikkeling van chemiekennis. Leerlingen doen in eigen experimenteel onderzoek ervaring op met standaardbepalingen o.a. voor kwalitatief en/of kwantitatief onderzoek van stoffen en vergelijken deze met methoden en technieken in de beroepspraktijk. Ook toepassing van computermodellen maakt daar deel van uit.

Het subdomein *Onderzoek* gaat in op het voorbereiden van experimenteel onderzoek en het verwerken en interpreteren van verkregen onderzoeksgegevens en maakt deel uit van het programma voor het centraal examen.

Domein C *Structuren en reacties* is een uitwerking van de twee centrale concepten van de chemie. Dit domein beschrijft de vakkennis en vakinzichten die de basis vormen voor de maatschappelijke, wetenschappelijke en eigen experimentele toepassingen.

Het subdomein *Microstructuren* is een uitwerking van het primaire centrale concept dat materie is opgebouwd uit moleculen of andere deeltjes zoals atomen of ionen.

Het subdomein *Relatie structuur en eigenschappen* is een uitwerking van het secundaire centrale concept, het micro-macro concept dat verband legt tussen de moleculaire en de macroscopische eigenschappen van stoffen en materialen.

Het subdomein *Bindingen* gaat in op de verschillende typen binding die worden gevormd of verbroken bij chemische processen.

Het subdomein *Typen reacties* omvat een aantal kenmerkende typen reacties en de weergave daarvan in vaktaal.

Het subdomein *Reactiesnelheid en evenwichten* gaat verder in op snelheid waarmee chemische reacties plaatsvinden en het beïnvloeden van chemische evenwichten.

In Domein D *Synthesen* ligt de nadruk op de industriële productie van stoffen. In dit perspectief beschrijft domein D een verdere toepassing en uitwerking van domein B en C.  
Het subdomein *Scheidings- en zuiveringsmethoden* gaat in op het verband tussen de eigenschappen en structuren van stoffen en het aanwenden van scheidings- en zuiveringstechnologie.  
Het subdomein *Procestechnologie* beschrijft het opstellen en interpreteren van processchema's.  
In het subdomein *Processen optimaliseren* gaat het om rendementsberekeningen en het beargumenteerd beïnvloeden van het rendement van industriële processen.

Domein E *Chemie van het leven* beschrijft de toepassing van chemische methoden en technieken gericht op monitoring van de lucht-, bodem- en waterkwaliteit, risicopreventie en industriële productie m.b.v. biotechnologie. Dit domein vormt een verdere toepassing en uitwerking van domein B en C.  
In subdomein *Chemische processen in het lichaam* ligt de nadruk op stofwisselingsprocessen en het transport van stoffen in levende organismen.

Domein F *Materiaalinnovatie* gaat in op de strategieën voor het toepassen en ontwikkelen van (innovatieve) materialen. Daarbij houdt de uitwerking steeds verband met domein C.  
Het subdomein *Moleculaire basis van innovatieve materialen* gaat over het verklaren van kenmerken en functies van materialen met kennis op microniveau.

Domein G *Duurzame ontwikkeling* geeft een uitwerking van de beschrijving en beïnvloeding van chemische processen in het perspectief van duurzame ontwikkeling. Dit domein sluit aan bij de domeinen C en D.  
Het subdomein *Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen* vormt een uitwerking van de productie en neveneffecten van energie uit koolstofhoudende bronnen.  
In het subdomein *Energie uit koolstofvrije bronnen* komen energieproductie door middel van chemische processen uit koolstofvrije energiebronnen aan bod en de daarbij optredende neveneffecten.

Zie bijlage 1 voor het globale examenprogramma.

## De verdeling CE/SE

De toedeling aan CE en SE is af te lezen uit de onderstaande tabel.

|   | In CE | Moet in SE | Mag in SE |
|---|-------|------------|-----------|
| <b>A Vaardigheden</b>   |       |            |           |
| A1 Algemene vaardigheden  | X     | X          |           |
| A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden | X     | X          |           |
| A3 Vakspecifieke vaardigheden                                     | X     | X          |           |
| <b>B Analysemethoden en -technieken</b>                           |       |            |           |
| B1 Kwalitatieve analyse   |       | X          |           |
| B2 Kwantitatieve analyse  |       | X          |           |
| B3 Analysemethoden en –technieken in ontwikkeling                 |       | X          |           |
| B4 Molecular modelling  |       | X          |           |
| B5 Onderzoek  | X     |            | X         |
| <b>C Structuren en reacties</b>                                   |       |            |           |
| C1 Reactiesnelheid onderzoeken                                    |       | X          |           |
| C2 Structuuronderzoek   |       | X          |           |
| C3 Microstructuren  | X     |            |           |
| C4 Relatie structuren en eigenschappen                            | X     |            | X         |
| C5 Bindingen  | X     |            | X         |
| C6 Typen reacties   | X     |            | X         |
| C7 Reactiesnelheid en evenwichten                                 | X     |            | X         |
| <b>D Synthesen</b>  |       |            |           |
| D1 Industriële chemische processen                                |       | X          |           |
| D2 Stoffen scheiden en zuiveren                                   |       | X          |           |
| D3 Synthese op laboratoriumschaal                                 |       | X          |           |
| D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie                           | X     |            | X         |
| D5 Procestechnologie  | X     |            | X         |
| D6 Processen optimaliseren  | X     |            | X         |
| <b>E Chemie van het leven</b>                                     |       |            |           |
| E1 Kwaliteitscontrole   |       | X          |           |
| E2 Risicoanalyse  |       | X          |           |
| E3 Biotechnologie   |       | X          |           |
| E4 Chemische processen in het lichaam                             | X     |            | X         |
| <b>F Materiaalinnovatie</b>                                       |       |            |           |
| F1 Materiaalanalyse   |       | X          |           |
| F2 Ontwerpstrategie   |       | X          |           |
| F3 Industriële spin off   |       | X          |           |
| F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen                   | X     |            | X         |
| <b>G Duurzame ontwikkeling</b>                                    |       |            |           |
| G1 Duurzaamheidsanalyse   |       | X          |           |
| G2 Integraal ketenbeheer  |       | X          |           |
| G3 Duurzaam ondernemen  |       | X          | X         |
| G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen      | X     |            | X         |
| G5 Energie uit koolstofvrije bronnen                              | X     |            | X         |

## 3 Specificatie van de subdomeinen

### Toelichting op de specificatie

De syllabuscommissie heeft per eindterm zo duidelijk mogelijk trachten weer te geven:

- wat de leerling bij deze eindterm moet kennen (de chemische begrippen);
- wat de leerling met deze eindterm moet kunnen (de handelingswerkwoorden bijvoorbeeld aangeven, uitleggen, toelichten, berekenen enz);
- in welk perspectief de leerling de begrippen en handelingen moet kunnen toepassen (experimenteel onderzoek, industriële productie, chemie van het leven, ontwikkeling van materialen, duurzame ontwikkeling).

Met deze mate van specificatie hoopt de syllabuscommissie:

1. te voorkomen dat in het examenexperiment onduidelijkheid bestaat over de interpretatie en reikwijdte van een eindterm;
2. houvast te geven aan scholen en docenten die een eigen leerlijn en onderwijsprogramma ontwikkelen;
3. mogelijkheden voor aansluiting met de profielvakken natuurkunde of biologie voor niet-scheikundigen zichtbaar te maken;
4. kansen voor samenhang met biologie (profiel N&G), natuurkunde (profiel N&T) en NLT (beide profielen) zichtbaar te maken;
5. inzichtelijk te maken in hoeverre het havo en vwo programma overeenkomen en verschillen;
6. duidelijk te maken wat de verschillen zijn tussen het bestaande scheikunde programma en nieuwe scheikunde. Dit wordt in de handreiking schoolexamen nieuwe scheikunde verder uitgewerkt.

Bij het opstellen van de specificatie nieuwe scheikunde is waar mogelijk aangesloten bij de specificatie van het bestaande scheikundeprogramma. Bij enkele eindtermen volgt in bijlage 3 een toelichting.

Aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke werkversie syllabus zijn geel gemarkeerd. Daarnaast is een verwijderd onderdeel doorgehaald en een toegevoegd onderdeel onderstreept.

Aanpassingen ten opzichte van de werkversie syllabus nieuwe scheikunde voor het vwo-examen 2010 versie 25 september 2009 zijn in rood aangegeven.

## Specificatie

### Domein A Vaardigheden

#### Subdomein A1 Algemene vaardigheden

##### A1.1 Informatievaardigheden

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

##### A1.2 Communiceren

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

##### A1.3 Reflecteren op leren

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

##### A1.4 Studie en beroep

De kandidaat kan toepassingen en effecten van vakkennis en vaardigheden in verschillende studie- en beroepssituaties herkennen en benoemen en een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en belangstelling.

#### Subdomein A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden

##### A2.1 Onderzoek

De kandidaat kan een vraagstelling in een geselecteerde context analyseren, gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken.

## **A2.2 Ontwerpen**

De kandidaat kan een ontwerp op basis van een gesteld probleem voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen/theorie gebruiken.

## **A2.3 Modelvorming**

De kandidaat kan een realistische contextsituatie analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen.

## **A2.4 Redeneren**

De kandidaat kan met gegevens van wiskundige en natuurwetenschappelijke aard consistente redeneringen opzetten van zowel inductief als deductief karakter.

## **A2.5 Waarderen en oordelen**

De kandidaat kan een beargumenteerd oordeel over een situatie in de natuur of een technische toepassing geven, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten.

## **A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden**

De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij vakspecifieke probleemsituaties.

## **Subdomein A3 Vakvaardigheden**

De kandidaat kan adequaat communiceren in de chemische vaktaal en vakterminologie en veilig werken bij experimenten en toepassingen van de chemie op basis van een risico inventarisatie.

### **A3.1 Risico inventarisatie en veilig werken**

De kandidaat kan een risico inventarisatie opstellen, experimenten veilig uitvoeren met gebruik van stoffen, instrumenten en organismen en de risico-inventarisatie evalueren.

#### *Specificatie*

De kandidaat kan

- 1 een risico inventarisatie van een experiment of toepassing van een chemisch proces opstellen en evalueren.
- 2 relevante informatie over het risico van stoffen selecteren met behulp van tabellen:
  - gevaarsymbolen;
  - R- en S-zinnen;
  - chemiekaarten.
- 3 berekeningen uitvoeren aan toelaatbare concentraties van stoffen:
  - ADI-waarde;
  - MAC-waarde.
- 4 begrippen gebruiken die met toxiciteit samenhangen.
- 5 veilig, zinvol en doelmatig werken met stoffen, instrumenten, apparaten en organismen zonder schade te berokkenen aan mensen, dieren en milieu.
- 6 richtlijnen voor het verwerken van afval van chemische experimenten toepassen.

### **A3.2 Vaktaal**

De kandidaat kan de specifieke vaktaal en vakterminologie interpreteren en produceren, waaronder formuletaal, conventies en notaties.

#### *Specificatie*

De kandidaat kan

- 1 het symbool geven van de volgende elementen als de naam is gegeven en omgekeerd:
  - waterstof, helium, lithium, koolstof, stikstof, zuurstof, fluor, neon, natrium, magnesium, aluminium, silicium, fosfor, zwavel, chloor, kalium, calcium, chroom, mangaan, ijzer, nikkel, koper, zink, broom, zilver, cadmium, tin, jood, barium, platina, goud, lood, uranium, plutonium.
- 2 aangeven of het desbetreffende element een metaal is of een niet-metaal:

- waterstof, lithium, koolstof, stikstof, zuurstof, fluor, natrium, magnesium, aluminium, silicium, fosfor, zwavel, chloor, kalium, calcium, chroom, mangaan, ijzer, nikkel, koper, zink, broom, zilver, cadmium, tin, jood, barium, platina, goud, lood, uranium, plutonium.
- 3 de formules geven van de volgende stoffen als de naam is gegeven en omgekeerd:
- ammoniak, azijnzuur, benzeen, broom, chloor, ethanol, fluor, glucose, glycerol, jood, koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, sacharose, stikstofdioxide, stikstofmono-oxide, ozon, stikstof, water, waterstof, waterstofperoxide, zuurstof, zwaveldioxide, zwaveltrioxide.
- 4 namen en formules geven en interpreteren van zouten die zijn samengesteld uit de volgende ionen:
- $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{4+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ;
  - $\text{Br}^-$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ;
  - de notatie (I), (II), (III), enzovoort bij metaalionen.
- 5 de namen van de volgende zuren geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
- HCl;
  - $\text{H}_2\text{S}$ ;
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
  - $\text{HNO}_3$ ;
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  / ' $\text{H}_2\text{CO}_3$ ';
  - $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$  / ' $\text{H}_2\text{SO}_3$ ';
  - $\text{H}_3\text{PO}_4$ ;
  - HCOOH;
  - $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- 6 de namen van de volgende basen geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
- $\text{NH}_3$ ;
  - $\text{OH}^-$ ;
  - $\text{CO}_3^{2-}$ ;
  - $\text{O}^{2-}$ ;
  - $\text{PO}_4^{3-}$ ;
  - $\text{S}^{2-}$ ;
  - $\text{SO}_3^{2-}$ .
- 7 de namen van de volgende amfolyten geven als de formule is gegeven en omgekeerd:
- $\text{HCO}_3^-$ ;
  - $\text{HPO}_4^{2-}$ ;
  - $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ;
  - $\text{HS}^-$ .
- 8 aangeven dat stoffen naast systematische namen ook triviale namen kunnen hebben.
- 9 de aanduidingen mono, di, tri, tetra en poly bij koolstofverbindingen hanteren; **in ieder geval bij:**
- sachariden;
  - peptiden.
- 10 de volgende toestandsaanduidingen gebruiken:
- (s);
  - (l);
  - (g);
  - (aq).
- 11 faseovergangen weergeven met behulp van toestandsaanduidingen.
- 12 de volgende aanduidingen voor soorten mengsels hanteren:
- oplossing: onverzadigd, verzadigd;
  - suspensie;
  - emulsie;
  - aerosol;
  - rook;
  - schuim;
  - legering, alliage.
- 13 de volgende begrippen hanteren:
- gemiddelde atoommassa;
  - gemiddelde molecuulmassa;

- ionmassa;
  - chemische hoeveelheid stof: eenheid mol;
  - molaire massa;
  - molair volume van een gas;
  - volumepercentage in mengsels;
  - massapercentage in mengsels en verbindingen;
  - ppm, ppb;
  - concentratie;
  - concentratie en molariteit in mol L<sup>-1</sup>;
  - ~~verdunningsfactor~~;
  - pH en pOH;
  - molverhouding bij reacties;
  - massaverhouding bij reacties;
  - overmaat;
  - ondermaat.
- 14 enkele behoudsprincipes formuleren:
- energiebehoud;
  - elementbehoud;
  - elementkringloop;
  - stofkringloop.
- 15 een chemisch proces weergeven met een reactievergelijking met toestandsaanduidingen
- 16 homogene en heterogene mengsels herkennen
- 17 voorwaarden noemen voor het ontstaan van brand en toelichten dat het blussen of het voorkomen van brand berust op beïnvloeding van deze voorwaarden:
- aanwezigheid van brandstof en zuurstof;
  - ontbrandingstemperatuur.

## Domein B Analysemethoden en -technieken

### Subdomein B5 Onderzoek

De kandidaat kan voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen en resultaten van bepalingen van kwalitatieve en kwantitatieve analyse verwerken en interpreteren.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen.
- 2 van een aantal stoffen aangeven hoe zij kunnen worden aangetoond:
  - jood, koolstofdioxide, onverzadigde koolstofverbindingen, water, waterstof, zetmeel, zuurstof, zwaveldioxide.
- 3 met gebruik van een pH-meter en/of zuur-base indicatoren aantonen of een oplossing zuur, neutraal of basisch is.
- 4 uit gegevens over de kleuren van zuur-base indicatoren afleiden tussen welke grenzen de pH van een oplossing ligt.
- 5 met behulp van gegevens uit tabellen de aanwezigheid van bepaalde ionsoorten aantonen:
  - neerslagreacties;
  - kleuren van oplossingen;
  - ~~vlamkleuringen~~.
- 6 met behulp van chromatografie de aanwezigheid van bepaalde stoffen aantonen **aan de hand van de retentietijd**.
- 7 aangeven dat in spectrogrammen van stoffen kenmerkende patronen kunnen voorkomen aan de hand waarvan die stoffen kunnen worden herkend:
  - absorptiespectra: visueel, **UV en IR**;
  - **massaspectra**.
- 8 met behulp van tabelgegevens uit de pH de molariteit van oplossingen van zuren en basen berekenen en omgekeerd, indien nodig gebruik makend van de betrekking  $pH + pOH = pK_w$ :
  - sterke zuren;
  - **zwakke zuren: éénwaardig**;
  - sterke basen;
  - **zwakke basen: éénwaardig**;

• buffers

- 9 uitleggen wat het effect is op de pH wanneer een oplossing wordt verdund:
  - zure oplossingen;
  - basische oplossingen;
  - bufferoplossingen.
- 10 uit meetresultaten van kwantitatieve bepalingen de hoeveelheid van een stof in een oplossing of mengsel berekenen **of een berekening kunnen toelichten/uitleggen**
  - chromatografie: **piekoppervlakte**;
  - colorimetrie: ijklijn;
  - **massaspectrometrie: piekhoogte**;
  - ~~polarimetrie: optische activiteit~~
  - gravimetrie;<sup>1</sup>
  - titratie

## Domein C Structuren en reacties

### Subdomein C3 Microstructuren

De kandidaat kan de samenstelling van atomen, ionen en moleculen beschrijven en in gegeven voorbeelden van de bouwstenen van stoffen kenmerkende aspecten herkennen.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 aangeven hoe de lading **en massa** van een deeltje samenhangt met de bouw van het desbetreffende deeltje:
  - protonen;
  - neutronen;
  - elektronen;
  - atomen, isotopen;
  - ionen: enkelvoudig en samengesteld;
  - **radicalen: reactieve deeltjes met een ongepaard elektron**;
  - moleculen.
- 2 aangeven wat wordt bedoeld met de verschillende typen kristalrooster:
  - ~~atoomrooster~~
  - ~~molecuulrooster~~
  - ~~ionrooster~~
  - ~~metaalrooster~~
- 3 uit een structuurformule de molecuulformule afleiden.
- 4 aangeven wat wordt verstaan onder structuurisomeren.
- 5 de ruimtelijke structuur van moleculen, of delen daarvan herkennen:
  - tetraëder, bindingshoeken ongeveer 109°;
  - plat vlak, bindingshoeken ongeveer 120°;
  - lineair, bindingshoek 180°.
- 6 aangeven in welke gevallen de draaibaarheid van een binding tussen koolstofatomen beperkt is:
  - cis-trans-isomerie.
- 7 in moleculen van **verzadigde en onverzadigde** koolstofverbindingen kenmerkende structuren herkennen:
  - vertakte en onvertakte koolstofketens;
  - cyclische structuren;
  - asymmetrisch koolstofatoom, spiegelbeeldisomerie;
  - enkele binding;
  - dubbele binding;
  - drievoudige binding;
  - fenylgroep;
  - OH groep: primaire, secundaire en tertiaire alcoholen;
  - COOH groep: carbonzuren;
  - NH<sub>2</sub> groep;

---

<sup>1</sup> Het woord gravimetrie hoeft niet gekend te worden, maar de vaardigheid om te rekenen aan neerslagreacties dient wel beheerst te worden.

- esterbinding;
  - etherbinding;
  - C=O groep, aldehyden en ketonen;
  - amidebinding en peptidebinding.
- 8 van bepaalde koolstofverbindingen, waarvan de moleculen maximaal 6 koolstofatomen in de hoofdketen hebben, de structuurformule geven als de systematische naam volgens IUPAC gegeven is:
- alkanen;
  - alkenen;
  - alkynen;
  - cycloalkanen;
  - benzeen;
  - halogeenalkanen;
  - alkanolen;
  - alkoxyalkanen;
  - alkanalen;
  - alkanonen;
  - alkaanzuren;
  - alkylalkanoaten;
  - alkaanaminen;
  - methylgroep;
  - ethylgroep;
  - fenylgroep;
  - hydroxygroep;
  - alkoxygroep;
  - aminogroep.

#### **Subdomein C4 Relatie structuur en eigenschappen**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van structuren kenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.

##### *Specificatie*

De kandidaat kan

- 1 uit de gegeven formule van een stof afleiden tot welke soort stoffen de desbetreffende stof behoort:
  - metalen;
  - zouten;
  - moleculaire stoffen.
- 2 aangeven of een bepaalde stof is opgebouwd uit ionen, atomen of moleculen.
- 3 aangeven welke principes ten grondslag liggen aan de plaatsing en ordening van elementen in het periodiek systeem:
  - kernlading/atomnummer;
  - eigenschappen binnen een groep.
- 4 van de volgende soorten elementen aangeven waar ze zich in het periodiek systeem bevinden:
  - metalen, niet-metalen;
  - edelgasen, halogenen.
- 5 van de elementen uit de groepen 1, 2, 16 en 17 aangeven hoe de ionlading samenhangt met de plaatsing in het periodiek systeem.
- 6 verband leggen tussen de aanwezige soorten deeltjes en het al dan niet geleiden van elektrische stroom door de desbetreffende stof:
  - metalen in vaste en vloeibare toestand;
  - zouten in vaste en vloeibare toestand;
  - moleculaire stoffen in vaste en vloeibare toestand;
  - oplossingen van zouten en moleculaire stoffen;
  - oplossingen van zuren en basen.
- 7 het type binding tussen de elementaire bouwstenen van een stof in verband brengen met de hoogte van het kook- en smeltpunt:
  - ionbinding;
  - vanderwaalsbinding of molecuulbinding;
  - dipool-dipoolbinding;

- atoombinding of covalente binding;
  - waterstofbrug.
- 8 uitleggen waarom ionen en bepaalde moleculen watermoleculen kunnen binden en dat dit proces omkeerbaar is:
- dipoolmolecuul;
  - waterstofbruggen;
  - hydratatie;
  - zouthydraten, de notatie  $\cdot nH_2O$ .
- 9 uitleggen welke moleculaire stoffen, gezien de structuur van de moleculen en het aanwezige bindingstype, in het algemeen goed mengen respectievelijk oplossen en welke niet, gebruik makend van de begrippen:
- apolair/polair;
  - hydrofoob/hydrofiel;
  - waterstofbruggen.
- 10 aangeven wat wordt verstaan onder:
- een zuur: sterk en zwak;
  - een base: sterk en zwak;
  - een amfolyt;
  - een reductor;
  - een oxidator.
- 11 aangeven welke soorten deeltjes kenmerkend zijn voor de volgende soorten oplossingen:
- zure oplossingen;
  - basische oplossingen.
- 12 verband leggen tussen de volgende structurelementen en/of karakteristieke groepen en reacties:
- dubbele binding: additiereacties, ook polymerisatiereacties;
  - COOH groep als zuur;
  - $NH_2$  groep als base;
  - OH groepen: ethervorming, ook bij polyethers;
  - OH groep en COOH groep: vorming esterbinding, ook polyesters;
  - $NH_2$  groep en COOH groep: vorming amidebinding en peptidebinding, ook polyamiden en polypeptiden;
  - esterbinding: hydrolyse en verzeping;
  - peptidebinding: hydrolyse
  - etherbinding: hydrolyse bij sachariden.

### Subdomein C5 Bindingen

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemische processen aangeven welke bindingen worden verbroken en gevormd.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 aangeven welke bindingstypen aanwezig zijn bij metalen, zouten en moleculaire stoffen:
  - metaalbinding;
  - ionbinding;
  - atoombinding of covalente binding: gemeenschappelijk elektronenpaar;
  - enkelvoudige en meervoudige bindingen;
  - polaire atoombinding: verschil in elektronegativiteit;
  - vanderwaalsbinding of molecuulbinding;
  - dipool-dipoolbinding;
  - waterstofbrug: N-H en O-H.
- 2 aangeven dat het netto energie-effect van een proces het verschil is tussen de energie die vrijkomt bij het vormen van bindingen en de energie die nodig is voor het verbreken van bindingen:
  - exotherm;
  - endotherm
  - energiediagram.
- 3 aangeven welk type binding wordt verbroken en gevormd bij de volgende processen:
  - fase-overgangen;
  - oplossen en indampen;

- chemische reacties.
- 4 de werking van zeep en detergenten verklaren:
- emulgator;
  - micel;
  - oppervlaktespanning.
- 5 chemische processen, oplossen en indampen weergeven met behulp van formules en reactievergelijkingen met toestandsaanduidingen:
- beginstoffen;
  - reactieproducten;
  - halfreacties en totale reactievergelijking;
  - kloppend maken: atoombalans, ladingsbalans.
- 6 aangeven dat reacties vaak in een aantal stappen verlopen:
- reactiemechanisme;
  - snelheidsbepalende stap;
  - katalysator;
  - activeringsenergie.
- 7 reacties van koolstofverbindingen in vergelijkingen met structuurformules weergeven.

### Subdomein C6 Typen reacties

De kandidaat kan van een aantal typen reacties algemene kenmerken weergeven en hiervoor reactievergelijkingen opstellen.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 aangeven wat de kenmerken zijn van de volgende typen reacties:
  - neerslagreactie;
  - zuur-base reactie;
  - redox reactie;
  - elektrolyse;
  - verbrandingsreactie: volledige verbranding en onvolledige verbranding;
  - additiereactie;
  - substitutiereactie;
  - condensatiereactie;
  - hydrolyse;
  - polymerisatie;
  - thermolyse.
- 2 uitleggen welk deeltje bij een zuur-base reactie het zuur is en welk deeltje de base en in de reactievergelijking aangeven:
  - de protonoverdracht;
  - de base en het geconjugeerde zuur;
  - het zuur en de geconjugeerde base.
- 3 uitleggen welk deeltje bij een redoxreactie de oxidator is en welk deeltje de reductor en in de reactievergelijking de elektronenoverdracht aangeven.

### Subdomein C7 Reactiesnelheid en evenwichten

De kandidaat kan verklaren hoe de reactiesnelheid en de ligging van het evenwicht kunnen worden beïnvloed.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 met behulp van het 'botsende-deeltjes-model' uitleggen welke invloed concentratie, verdelingsgraad en temperatuur op de snelheid van een reactie hebben.
- 2 aangeven wat in de scheikunde wordt verstaan onder:
  - dynamisch evenwicht;
  - homogeen evenwicht;
  - heterogeen evenwicht;
  - verdelingsevenwicht;
  - aflopende reactie.

- 3 uitleggen dat een aflopende reactie ontstaat wanneer aan een evenwichtsreactie één van de deelnemende stoffen of één van de deelnemende soorten deeltjes wordt onttrokken.
- 4 voor een gegeven evenwichtsreactie de evenwichtsvoorwaarde geven:
  - concentratiebreuk;
  - evenwichtsconstante;
  - $K_z$ ,  $K_b$ ,  $K_w$ .
- 5 uitleggen met behulp van de evenwichtsvoorwaarde of de evenwichtssituatie kan worden beïnvloed door:
  - de concentratie van één of meer bij het evenwicht betrokken stoffen;
  - het volume van het evenwichtssysteem;
  - de temperatuur van het evenwichtssysteem;
  - de aanwezigheid van een katalysator;
  - de verdelingsgraad van de bij het evenwicht betrokken stoffen.
- 6 van een aantal factoren aangeven of deze de waarde van de evenwichtsconstante beïnvloeden:
  - temperatuur;
  - concentratie;
  - katalysator;
  - verdelingsgraad.
- 7 de invloed van een katalysator op een chemisch proces aangeven toelichten:
  - reactiesnelheid;
  - insteltijd van het evenwicht;
  - ligging van het evenwicht.
- 8 in een gegeven voorbeeld de reactiesnelheid berekenen in een gegeven eenheid.

## Domein D Synthesen

### Subdomein D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemisch-industriële processen op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren en verklaren waarom in het betreffende proces deze technologie wordt toegepast.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 een aantal scheidings- en zuiveringstechnieken noemen en toelichten voor welk type mengsel de desbetreffende techniek kan worden toegepast:
  - extraheren/extractie;
  - adsorberen/adsorptie;
  - destilleren: de begrippen destillaat en residu;
  - filtreren: de begrippen filtraat en residu;
  - centrifugeren;
  - bezinken;
  - indampen;
  - chromatografie: papier-, dunnelaag- en gaschromatografie.
- 2 aangeven op welke principes de in D4.1 genoemde scheidings- en zuiveringstechnieken berusten.

### Subdomein D5 Procestechnologie

De kandidaat kan processchema's als weergave van een industrieel chemisch proces opstellen en interpreteren.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 aangeven wat de kenmerken zijn van een continu proces en van een batchproces.
- 2 de voor- en nadelen van een continu- en een batchproces tegen elkaar afwegen.
- 3 een blokschema interpreteren van een beschreven industrieel proces.
- 4 een beschreven industrieel proces in een blokschema weergeven.

## Subdomein D6 Processen optimaliseren

De kandidaat kan aan de hand van processchema's en informatie op microniveau over een chemisch industrieel proces rendementsberekeningen uitvoeren en mogelijkheden aangeven voor het optimaliseren van het proces.

### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 uitleggen waardoor in een chemisch proces meestal mengsels ontstaan:
  - evenwichtsreactie;
  - overmaat;
  - volgreacties;
  - nevenreacties en bijproducten.
- 2 uitleggen in welke **stoichiometrische theoretische** verhouding beginstoffen moeten worden gekozen voor de bereiding van een bepaald product.
- 3 het rendement van een proces berekenen als fractie of percentage van de theoretische opbrengst, op basis van volledige omzetting.
- 4 mogelijkheden aangeven om van een gegeven chemisch productieproces het rendement te optimaliseren:
  - reactiesnelheid;
  - katalyse, biokatalyse;
  - scheidings- en zuiveringsmethode;
  - tegengaan van neven- en volgreacties;
- 5 voor- en nadelen van **gegeven beschreven** productieprocessen tegen elkaar afwegen:
  - gebruik oplosmiddelen;
  - atomefficiëntie;
  - neven- en volgreacties;
  - energie-effect;
  - toxiciteit.

## Domein E Chemie van het leven

### Subdomein E4 Chemische processen in het lichaam

De kandidaat kan van chemische processen in levende organismen de reacties op moleculair niveau weergeven en met moleculaire kennis het transport van stoffen in het lichaam weergeven.

### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 aangeven wat de functie van een enzym is:
  - biokatalyse;
  - specifieke werking.
- 2 aangeven dat de pH van invloed is op stofwisselingsprocessen:
  - bufferwerking.
- 3 aangeven dat de spijsvertering begint met de enzymatische hydrolyse van:
  - eiwitten;
  - koolhydraten;
  - vetten.
- 4 de specifieke werking van enzymen toelichten aan de hand van de ruimtelijke structuur en de functionele groepen.
- 5 uitleggen dat monosachariden ontstaan uit hydrolyse van polysachariden:
  - zetmeel en glycogeen: glucose
  - cellulose.
- 6 aangeven dat eiwitten polymeren zijn waaruit bij hydrolyse aminozuren ontstaan:
  - essentiële aminozuren.
- 7 aangeven dat in eiwitmoleculen het aantal, de soort en de volgorde van de aminozuureenheden karakteristiek is:
  - primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur.
- 8 het denatureren van eiwitten verklaren:
  - verhitten;

- toevoegen van zuren of basen.
- 9 aangeven dat vetten esters zijn waaruit bij hydrolyse glycerol en vetzuren ontstaan:
- essentiële vetzuren;
  - verzadigde vetzuren;
  - onverzadigde vetzuren: omega-3, omega-6.

10 met behulp van gegeven structuren van nucleïnebasen de koppeling daartussen verklaren:

- A – T;
- C – G;
- A – U;

11 aangeven dat DNA uit een dubbele helix bestaat en RNA uit een enkele helix.

12 de biosynthese van eiwitten beschrijven:

- gen;
- transcriptie;
- translatie;
- triplet, codon.

13 het transport van stoffen in het lichaam toelichten:

- zuurstof en koolstofdioxide;
- diffusie;
- osmose;
- semipermeabel membraan;

14 de toedieningsvorm van medicijnen in verband brengen met de stofwisseling:

- werkzame stof;
- vulstof;
- verschillende toedieningsvormen;
- modelbenadering;

## Domein F Materiaalinnovatie

### Subdomein F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen

De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van kenmerken en functies van innovatieve materialen voor maatschappelijke en industriële doeleinden.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- verband leggen tussen elektrische eigenschappen van materialen en de microstructuur:
  - geleiders: beweeglijke elektronen en/of ionen;
  - geleidende polymeren.
- verband leggen tussen de microstructuur en het gedrag van stoffen bij temperatuurverandering:
  - thermoplast;
  - thermoharder;
  - brandbaarheid.
- methoden voor het conserveren van materialen in verband brengen met de **microstructuur eigenschappen** van deze materialen:
  - verven;
  - coaten;
  - impregneren;
  - verchromen;
  - verzinken/galvaniseren;
  - verzilveren.
- de bouw en werking beschrijven van een elektrolyseopstelling, gebruik makend van de begrippen:
  - reductor, oxidator;
  - halfreacties en totale reactievergelijking;
  - elektrolyt: oplossing en gesmolten;
  - elektroden: aantastbaar en onaantastbaar;
  - anode, kathode;
  - zoutbrug, membraan;
  - richting van de verplaatsing van elektronen en ionen;
  - elektrodepotentiaal.

- 5 aangeven wat wordt verstaan onder corrosie.
- 6 **de werking van** methoden verklaren om corrosie te bestrijden:
  - oppervlaktebehandelingen;
  - opofferingsmetaal;
  - kathodische bescherming.

## Domein G Duurzame ontwikkeling

### Subdomein G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen

De kandidaat kan de innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende energiebronnen op moleculair en chemisch-technologisch niveau beschrijven, het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht-, bodem- en waterkwaliteit toelichten en hieraan berekeningen uitvoeren.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 beschrijven hoe brandstoffen, asfalt en grondstoffen voor de chemische industrie uit aardolie worden geproduceerd:
  - gefractioneerde destillatie;
  - kraken.
- 2 innovatieve processen **beschrijven** voor de winning van brandstof **uit diep gelegen steenkoolvelden beschrijven en grondstoffen voor de chemische industrie uit steenkool**.
- 3 op grond van de beschrijving van verschillende technieken voor de energieproductie uit biomassa overwegingen aangeven voor het al of niet toepassen van deze technieken
  - vergisting van biomassa: bioethanol, biogas;
  - thermische conversie van biomassa: pyrolyse, vergassing, verbranding.
- 4 ongewenste neveneffecten van het gebruik van koolstofhoudende brandstoffen in verband brengen met de kwaliteit van lucht, water en bodem:
  - ontstaan van CO<sub>2</sub>: versterkt broeikas effect;
  - ontstaan van NO<sub>x</sub>: smogvorming, zure depositie;
  - ~~• ontstaan van SO<sub>2</sub>: smogvorming, zure depositie;~~
  - **ontstaan van CO, roet, onverbrande koolwaterstoffen, fijnstof;**
  - afname van de voorraad natuurlijke hulpbronnen.
- 5 berekeningen uitvoeren aan het rendement van innovatieve brandstoffen en fossiele brandstoffen.
- 6 het energie-effect van de productie en verbranding van verschillende koolstofhoudende brandstoffen berekenen **met behulp van de wet van Hess**:<sup>2</sup>
  - vormingswarmte;
  - verbrandingswarmte.
- 7 voor- en nadelen van de productie en het gebruik van innovatieve brandstoffen en fossiele brandstoffen tegen elkaar afwegen:
  - restproducten;
  - milieueffect.

### Subdomein G5 Energie uit koolstofvrije bronnen

De kandidaat kan de energieproductie uit koolstofvrije energiebronnen op moleculair en chemisch-technologisch niveau beschrijven, het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht -en waterkwaliteit toelichten.

#### Specificatie

De kandidaat kan

- 1 de schematische opbouw en de werking van een elektrochemische cel beschrijven, gebruik makend van de begrippen:
  - reductor, oxidator;
  - halfreacties en totale reactievergelijking;
  - elektrolyt-oplossing;
  - positieve elektrode, negatieve elektrode;
  - zoutbrug, membraan.

---

<sup>2</sup> De naam “wet van Hess” hoeft niet expliciet bekend te zijn, maar een kandidaat moet wel kunnen rekenen met de verschillende soorten energie zoals vormings- en verbrandingswarmte, maar niet met bindingsenergie.

- 2 de werking beschrijven van accu's en brandstofcellen.
- 3 uit de beschrijving van een elektrochemische cel **argumenten** afleiden **waarom-ef** deze al dan niet oplaadbaar **zal zijn is-**.
- 4 neveneffecten aangeven van de productie en het gebruik van energie uit koolstofvrije bronnen:
  - effect op de voorraad natuurlijke hulpbronnen;
  - hergebruik van grondstoffen;
  - zware metalen.

## 4 Vakoverstijgende kennis

### Verwachte voorkennis uit andere bètavakken

#### Rekenen en wiskunde

De kandidaat kan

1. een grafische rekenmachine gebruiken;
2. grafieken en diagrammen aflezen en interpreteren;
3. rekenen met evenredigheden, recht evenredig en omgekeerd;
4. rekenen met procenten;
5. een gewogen gemiddelde berekenen;
6. worteltrekken en machtsverheffen;
7. berekeningen maken met logaritmen met het grondtal 10;
8. omwerken van eenvoudige wiskundige betrekkingen;
9. oplossen van een lineaire en eenvoudige tweedegraadsvergelijking;
10. met behulp van tabellen afgeleide eenheden herleiden tot SI eenheden en omgekeerd;
11. uitkomsten schatten en beoordelen;
12. uitkomsten van berekeningen weergeven in een aanvaardbaar aantal significante cijfers:
  - een uitkomst mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de gegevens verantwoord is;
13. rekenen met getallen in de wetenschappelijke notatie;
14. de wetenschappelijke notatie voor eenheden toepassen.

#### Overlap met andere bètavakken

Omdat veel ontwikkelingen van de moderne natuurwetenschap zich vooral aan de grensvlakken van de disciplines afspelen, valt niet te vermijden dat bepaalde eindtermen zowel in het natuurkunde- als in het scheikundeprogramma zijn opgenomen. Uit de evaluatie van het examenexperiment zal moeten blijken of deze inhoudelijke overlap ongewenst is voor leerlingen met het NT profiel, dan wel gewenst is voor leerlingen uit het NG profiel die geen natuurkunde hebben gekozen. Een soortgelijke afweging kan eveneens optreden bij inhoudelijke overlap tussen biologie en scheikunde.

Bij een aantal subdomeinen met vernieuwende vakinhoud kan mogelijk ook overlap optreden tussen NLT en scheikunde. Voor zover dit het programma voor het schoolexamen betreft, kan het een aangrijpingspunt zijn voor vakoverstijgende onderwijsactiviteiten. Deze kunnen worden afgesloten met een passende bijbehorende toetsvorm, waarin voor NLT de nadruk kan liggen op de interdisciplinaire aspecten en voor scheikunde de nadruk op de disciplinaire verdieping.

## Bijlage 1 Het examenprogramma vwo

Hieronder staan het examenprogramma met subdomeinen in globale formulering weergegeven. Het domein Vaardigheden is grotendeels gelijklopend voor de vernieuwde programma's van de vakken biologie, natuurkunde, NLT, scheikunde en wiskunde.

Subdomeinen die zijn aangewezen voor het schoolexamen zijn cursief aangegeven.

### Domein A Vaardigheden

#### Subdomein A1 Algemene vaardigheden

##### A1.1 Informatievaardigheden

De kandidaat kan doelgericht informatie zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken.

##### A1.2 Communiceren

De kandidaat kan adequaat schriftelijk, mondeling en digitaal in het publieke domein communiceren over onderwerpen uit het desbetreffende vakgebied.

##### A1.3 Reflecteren op leren

De kandidaat kan bij het verwerven van vakkennis en vakvaardigheden reflecteren op eigen belangstelling, motivatie en leerproces.

##### A1.4 Studie en beroep

De kandidaat kan toepassingen en effecten van vakkennis en vaardigheden in verschillende studie- en beroepssituaties herkennen en benoemen en een verband leggen tussen de praktijk van deze studies en beroepen en de eigen kennis, vaardigheden en belangstelling.

#### Subdomein A2 Natuurwetenschappelijke, technische en wiskundige vaardigheden

##### A2.1 Onderzoeken

De kandidaat kan een vraagstelling in een geselecteerde context analyseren gebruik makend van relevante begrippen en theorie, vertalen in een vakspecifiek onderzoek, dat onderzoek uitvoeren, en uit de onderzoeksresultaten conclusies trekken.

##### A2.2 Ontwerpen

De kandidaat kan een ontwerp op basis van een gesteld probleem voorbereiden, uitvoeren, testen en evalueren en daarbij relevante begrippen/theorie gebruiken.

##### A2.3 Modelvorming

De kandidaat kan een realistische contextsituatie analyseren, inperken tot een hanteerbaar probleem, vertalen naar een model, modeluitkomsten genereren en interpreteren en het model toetsen en beoordelen.

##### Eindterm A2.4 Redeneren

De kandidaat kan met gegevens van wiskundige en natuurwetenschappelijke aard consistente redeneringen opzetten van zowel inductief als deductief karakter.

##### A2.5 Waarderen en oordelen

De kandidaat kan een beargumenteerd oordeel over een situatie in de natuur of een technische toepassing geven, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten en persoonlijke uitgangspunten.

##### A2.6 Rekenkundige en wiskundige vaardigheden

De kandidaat kan een aantal voor het vak relevante rekenkundige en wiskundige vaardigheden correct en geroutineerd toepassen bij vakspecifieke probleemsituaties.

#### Subdomein A3 Vakspecifieke vaardigheden

De kandidaat kan adequaat communiceren in de chemische vaktaal en vakterminologie en veilig werken bij experimenten en toepassingen van de chemie op basis van een risico inventarisatie.

### **A3.1 Risico inventarisatie en veilig werken**

De kandidaat kan een risico inventarisatie opstellen, experimenten veilig uitvoeren met gebruik van stoffen, instrumenten en organismen en de risico-inventarisatie evalueren.

### **A3.2 Vaktaal**

De kandidaat kan de specifieke vaktaal en vakterminologie interpreteren en produceren, waaronder formuletaal, conventies en notaties.

## **Domein B Analysemethoden en technieken**

### **Subdomein B1 Kwalitatieve analyse**

*De kandidaat kan enkele kwalitatieve chemische en of instrumentele analysemethoden in eigen experimenteel onderzoek toepassen.*

### **Subdomein B2 Kwantitatieve analyse**

*De kandidaat kan enkele kwantitatieve chemische en of instrumentele analysemethoden in eigen experimenteel onderzoek toepassen en conclusies trekken uit resultaten van analyses uit de beroepspraktijk.*

### **Subdomein B3 Analysemethoden en – technieken in ontwikkeling**

*De kandidaat kan de toepassing van analysemethoden en –technieken in eigen experimenteel onderzoek vergelijken met de huidige beroepspraktijk en toelichten op welke wijze deze zich in de afgelopen decennia hebben ontwikkeld.*

### **Subdomein B4 Molecular modelling**

*De kandidaat kan aan de hand van voorbeelden toelichten welke bijdrage molecular modelling en data-mining leveren aan de ontwikkeling van chemische kennis bij wetenschappelijk onderzoek, productinnovatie of nieuwe maatschappelijke toepassingen.*

### **Subdomein B5 Onderzoek**

De kandidaat kan voor eenvoudige probleemstellingen een werkplan opstellen en resultaten van bepalingen voor kwalitatieve en kwantitatieve analyse verwerken en interpreteren.

## **Domein C Structuren en reacties**

### **Subdomein C1 Reactiesnelheid onderzoeken**

*De kandidaat kan in eigen experimenteel onderzoek de invloed van bepaalde factoren op de reactiesnelheid bepalen en de resultaten verklaren met behulp van het 'botsende deeltjes' model.*

### **Subdomein C2 Structuuronderzoek**

*De kandidaat kan aan de hand van een recente casus de bijdrage van technologie toelichten aan wetenschappelijk onderzoek van structuren van stoffen en materialen.*

### **Subdomein C3 Microstructuren**

De kandidaat kan de samenstelling van atomen, ionen en moleculen beschrijven en in gegeven voorbeelden van de bouwstenen van stoffen kenmerkende aspecten herkennen.

### **Subdomein C4 Relatie structuur en eigenschappen**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van structuren kenmerken herkennen en beredeneren welke eigenschappen daarmee samenhangen.

### **Subdomein C5 Bindingen**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemische processen aangeven welke bindingen worden verbroken en gevormd.

### **Subdomein C6 Typen reacties**

De kandidaat kan van een aantal typen reacties algemene kenmerken weergeven en hiervoor reactievergelijkingen opstellen.

### **Subdomein C7 Reactiesnelheid en evenwichten**

De kandidaat kan verklaren hoe de reactiesnelheid en de ligging van het evenwicht kunnen worden beïnvloed.

## **Domein D Synthesen**

### **Subdomein D1 Industriële chemische processen**

*De kandidaat kan de industriële productie van enkele maatschappelijk of economisch relevante stoffen weergeven op chemisch-technologisch en moleculair niveau..*

### **Subdomein D2 Stoffen scheiden en zuiveren**

*De kandidaat kan enkele veelvoorkomende scheidings- en zuiveringstechnieken op laboratoriumschaal toepassen en voorstellen doen voor het opschalen van deze technieken naar gebruik bij industriële processen..*

### **Subdomein D3 Synthese op laboratoriumschaal**

*De kandidaat kan na literatuuronderzoek een synthese op laboratoriumschaal uitvoeren, passende scheidingstechnieken toepassen en de gehele synthese evalueren.*

### **Subdomein D4 Scheidings- en zuiveringstechnologie**

De kandidaat kan in gegeven voorbeelden van chemisch-industriële processen op microniveau en chemisch-technologisch niveau beredeneren en verklaren waarom in het betreffende proces deze technologie wordt toegepast.

### **Subdomein D5 Procestechnologie**

De kandidaat kan processchema's als weergave van een industrieel proces opstellen en interpreteren.

### **Subdomein D6 Processen optimaliseren**

De kandidaat kan aan de hand van processchema's en informatie op microniveau over een chemisch-industrieel proces rendementsberekeningen uitvoeren en mogelijkheden aangeven voor het optimaliseren van het proces.

## **Domein E Chemie van het leven**

### **Subdomein E1 Kwaliteitscontrole**

*De kandidaat kan methoden beschrijven voor onderzoek naar de kwaliteit van voedsel, water, lucht en bodem en onderzoeksresultaten verwerken en kritisch evalueren..*

### **Subdomein E2 Risico analyse**

*De kandidaat kan risico van stoffen en reacties voor de lucht-, bodem- en waterkwaliteit analyseren, zowel in eigen onderzoek als bij industriële processen, en beredeneren welke maatregelen moeten worden getroffen bij het gebruik van deze stoffen.*

### **Subdomein E3 Biotechnologie**

*De kandidaat kan de rol van biotechnologie bij de ontwikkeling en industriële productie van nieuwe stoffen beschrijven en hierop reflecteren vanuit maatschappelijk en ethisch perspectief.*

### **Subdomein E4 Chemische processen in het lichaam**

De kandidaat kan van chemische processen in levende organismen de reacties op moleculair niveau weergeven en met moleculaire kennis het transport van stoffen in het lichaam weergeven.

## **Domein F Materiaalinnovatie**

### **Subdomein F1 Materiaalanalyse**

*De kandidaat kan het innovatieve materialen voor maatschappelijke doeleinden door eigen onderzoek verband leggen tussen de functies van het materiaal, materiaaleigenschappen en toegepaste moleculaire kennis.*

### **Subdomein F2 Ontwerpstrategie**

*De kandidaat kan aan de hand van voorbeelden de ontwerpstrategie van innovatieve materialen voor maatschappelijke toepassingen toelichten en analyseren welke bijdrage fysisch-chemisch onderzoek hieraan levert.*

### **Subdomein F3 Industriële spin off**

*De kandidaat kan aan de hand van voorbeelden toelichten hoe voor innovatieve processen en materialen uit de chemische industrie nieuwe toepassingen en markten worden ontwikkeld.*

### **Subdomein F4 Moleculaire basis van innovatieve materialen**

De kandidaat kan kennis op microniveau toepassen voor het verklaren van kenmerken en functies van innovatieve materialen voor maatschappelijke en industriële doeleinden.

## **Domein G Duurzame ontwikkeling**

### **Subdomein G1 Duurzaamheidsanalyse**

*De kandidaat kan een duurzaamheids analyse opstellen van een industrieel chemisch productieproces in economische, ecologisch en sociaal perspectief en mogelijke verbeterpunten aangeven in het belang van lokale en mondiale duurzame ontwikkeling.*

### **Subdomein G2 Integraal ketenbeheer**

*De kandidaat kan van enkele processen uit de chemische industrie toelichten op welke wijze integraal beheer van de gehele keten van ontwerp, productontwikkeling, grootschalige productie, consumentengebruik en afvalverwijdering bijdraagt aan het verminderen van het milieueffect van deze processen.*

### **Subdomein G3 Duurzaam ondernemen**

*De kandidaat kan aan de hand van een voorbeeld uit de Nederlandse industrie, waarin stoffen worden verwerkt, analyseren hoe dit bedrijf duurzame ontwikkeling in lokaal en mondiaal perspectief in het bedrijfsbeleid realiseert.*

### **Subdomein G4 Innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende bronnen**

De kandidaat kan de innovatieve energieproductie uit koolstofhoudende energiebronnen op moleculair en chemische-technologisch niveau beschrijven, het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht-, bodem- en waterkwaliteit toelichten en hieraan berekeningen uitvoeren.

### **Subdomein G4 Energie uit koolstofvrije energiebronnen**

De kandidaat kan de energieproductie uit koolstofvrije energiebronnen op moleculair en chemisch-technologisch niveau beschrijven, het effect ervan op de voorraad natuurlijke hulpbronnen, lucht- en waterkwaliteit toelichten.

## Bijlage 2 Toelichting op de wisselwerking tussen contexten en concepten door de stuurgroep nieuwe scheikunde

De belangrijkste didactische verandering bij nieuwe scheikunde is dat leerlingen scheikunde leren vanuit een wisselwerking tussen contexten en concepten. Uit analyse van de ontwikkelde modules voor het derde leerjaar nieuwe scheikunde en modules van 'Chemie im Kontext', die als inspiratiebron hebben gediend, blijkt dat docenten behoefte hebben aan een uitwerking van de wisselwerking tussen contexten en concepten in een aantal varianten. Dit mag worden gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor gevarieerd onderwijs, dat aan kan sluiten bij de onderwijskundige visie van de school, bij de docenten en de leerlingen.

### *Concepten*

Natuurwetenschappelijke en wiskundige concepten zijn mentale beelden die verwijzen naar belangrijke ideeën in de natuurwetenschappen en wiskunde. Concepten staan niet alleen, maar zijn deel van een netwerk van onderlinge verbanden en daarmee samenhangende kennis. Bij die kennis gaat het in de scheikunde zowel om kennis van procedures en verschijnselen die horen bij het vakdomein als om abstracte en formele kennis die in één of meer vakbegrippen kan worden uitgedrukt.

Voor het structureren van de vakinhoud stelde de vernieuwingscommissie scheikunde (Commissie van Koten) in 2003 de twee centrale concepten voor, namelijk het 'molecuulconcept' en het 'micro-macro-concept'. Deze twee concepten worden uitgewerkt met behulp van voor het vak kenmerkende begrippen. Deze vakbegrippen zijn niet nieuw, de meeste begrippen komen ook voor in het huidige examenprogramma. Maar in de structuur en uitwerking van het huidige examenprogramma blijft de voor de chemie kenmerkende koppeling met de centrale concepten impliciet, evenals de relatie tussen de vakbegrippen onderling.

De Commissie van Koten heeft als fundament voor ontwikkeling en vernieuwing en als vertrekpunt voor discussie met het veld gekozen voor slechts twee centrale concepten:

- het molecuulconcept: materie is opgebouwd uit moleculen of andere deeltjes zoals atomen, ionen;
- het micro-macro-concept: het verband tussen de moleculaire en de macroscopische eigenschappen.

Volgens de commissie sluiten deze het beste aan bij de essentie van wat scheikunde is, namelijk het leggen van verbanden tussen enerzijds de eigenschappen van stoffen en de processen in de macroscopische wereld en anderzijds de samenstelling, structuur en reactiviteit op moleculair niveau. Het molecuulconcept is het primaire centrale concept van de scheikunde. Bij het molecuulconcept horen begrippen als:

- atomen als bouwstenen van moleculen;
- verschillende typen binding tussen moleculen, respectievelijk atomen, respectievelijk ionen;
- de structuur en flexibiliteit van moleculen;
- het maken en breken van bindingen;
- het ontwerpen van moleculen.

Het micro-macro-concept is het secundaire centrale concept van de scheikunde. Bij het micro-macro-concept horen begrippen als:

- het verband tussen de moleculaire samenstelling, structuur en eigenschappen of functies;
- het verband tussen sterkte van bindingen in en tussen moleculen en stabiliteit;
- het verband tussen structuur, reactiviteit, reactiesnelheid, katalyse en processen die daaruit voortvloeien.

### *Contexten*

Contexten zijn te beschouwen als situaties, voorbeelden uit de realiteit, die niet op zich staan, maar exemplarisch en/of representatief zijn voor een aantal doelstellingen van het onderwijs. Daarbij kan in de scheikunde onderscheid worden gemaakt tussen:

1. situaties uit de dagelijkse praktijk van werkers in het vakgebied, die verklaard worden met behulp van natuurwetenschap en technologie (beroepsgerichte en experimentele contexten)
2. maatschappelijke situaties of probleemstellingen waarin beslissingen worden genomen gebaseerd op kennis en inzicht uit de chemie (maatschappelijke contexten, te onderscheiden in economische, ethische en leefwereldcontexten)

3. situaties of probleemstellingen waarin leerlingen zich door historische reflectie vakmethoden voor kennisontwikkeling eigen maken (experimentele en theoretische contexten)
4. situaties, vraagstellingen of probleemstellingen waarin het gaat om het uitbreiden van natuurwetenschappelijke vakkennis en vakinzichten (theoretische en experimentele contexten)
5. een probleem, dat kan worden aangepakt met een technisch ontwerp waarin chemische kennis en chemisch inzicht worden toegepast voor het selecteren en verwerken van stoffen en materialen (experimentele, maatschappelijke en beroepsgerichte contexten)

#### *Rollen en activiteiten*

Uit de doelstellingen van nieuwe scheikunde zijn een aantal rollen en activiteiten af te leiden, waarin leerlingen in contexten de achterliggende concepten en vakbegrippen herkennen en herleiden of toepassen. Deze rollen en activiteiten kunnen verband houden met de toekomstige maatschappelijke rol van de leerling als burger en/of vooruitblikken naar beroepen en rollen in het toekomstige beroepsveld.

Deze benadering geeft leerlingen een extra motief om kennis te verwerven bij de aanpak van de probleemstelling, die het onderwijs structureert. Denk daarbij bijvoorbeeld aan het beoordelen van de kwaliteit van een product, het produceren van een stof, het ontwerpen van een materiaal, het modelleren van een productieproces of het ontwikkelen van nieuwe kennis door het doen van onderzoek.

Leerlingen verwerven, verbreden of verdiepen zowel hun vakkennis en vakinzicht als hun repertoire aan vakmethoden voor kennisontwikkeling door middel van deze rollen en activiteiten.

Rollen en activiteiten bakenen ook de maatschappelijke situaties af, waarin leerlingen met gebruik van *vakkennis en vakinzicht* en hun repertoire aan *vakmethoden voor kennisontwikkeling* kunnen *communiceren of reflecteren/oordelen over chemie*. De rollen en activiteiten geven bovendien richting aan variatie in didactische uitwerking van het examenprogramma. Zie figuur 1 *Verband tussen activiteiten en competentievelden bij nieuwe scheikunde*.

Een aantal van dergelijke activiteiten zijn herkenbaar in de globale beschrijving van de subdomeinen opgenomen en in de specificatie in eindtermen verder uitgewerkt. De genoemde activiteiten zijn overigens niet nieuw en grotendeels ook opgenomen als vaardigheden in het examenprogramma 2007.

#### *Competentievelden*

Voor Europese afstemming van het onderwijs in hbo en wo zijn in totaal vijf velden van competenties aangeduid, die zijn vastgelegd in de zogenoemde 'Dublin descriptors', te weten:

1. Kennis en inzicht (knowledge and understanding)
2. Toepassen kennis en inzicht (applying knowledge and understanding)
3. Oordeelsvorming (making judgements)
4. Communicatie (communication)
5. Leervaardigheden (learning skills)

Deze beschrijven het minimale beheersingsniveau van de competenties waarover een afgestudeerde in het hbo of wo in de bachelor- of masterfase moet beschikken. Alle hbo- en wo-opleidingen in Europa beschrijven hun opleidingen op basis van deze descriptors. Pas afgestudeerde docenten hebben de afgelopen jaren in hun docentenopleidingen al ervaring opgedaan met deze beschrijving.

Zowel in mbo, hbo als wo is of wordt het onderwijs en de toetsing gebaseerd op competentieontwikkeling. Daarbij gaat het niet alleen om het toetsen van de ontwikkelde vakkennis en het ontwikkelde vakinzicht. Bij competentieontwikkeling gaat het juist om het kunnen toepassen van vakkennis, vakinzicht en vakmethoden voor kennisontwikkeling binnen specifieke situaties.

Leraren in opleiding en studenten van hbo en mbo opleidingen zijn al vertrouwd met competentieontwikkeling als rode draad door hun beroepsonderwijs. Als scholen en docenten ook binnen havo en vwo ervoor kiezen deze competentievelden te gebruiken, kan de aansluiting tussen voortgezet onderwijs en het vervolgonderwijs beter verlopen.

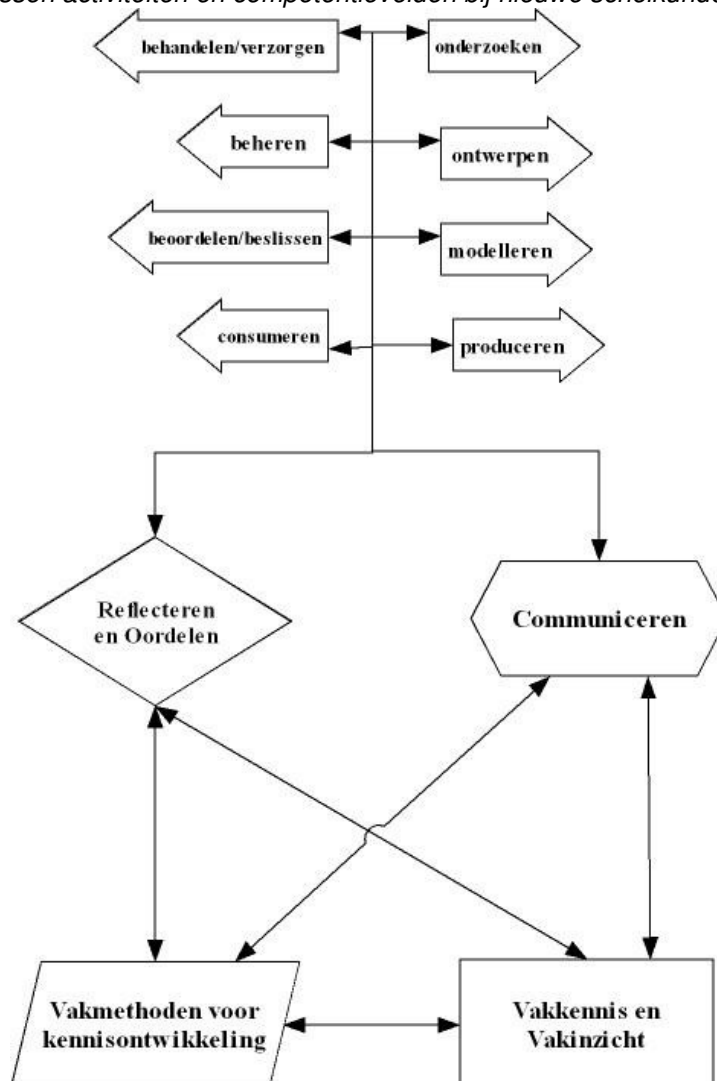
In de module 'Ontwerp van een leerlijn en toetslijn nieuwe scheikunde leerjaar 3 havo en vwo' van het docentenhandboek Nieuwe Scheikunde is door de stuurgroep nieuwe scheikunde i.s.m. een werkgroep van de Werkgroep Chemie Didactici Nederland een instrument ontwikkeld voor het ontwerpen van een onderwijslijn en toetslijn in het voortgezet onderwijs. Hierin is uitgegaan van een indeling in vier competentievelden. Het competentieveld Leervaardigheden is daarin niet meegenomen. Bij elk competentieveld zijn vijf beheersingsniveaus geformuleerd.

De vier competentievelden vormen een belangrijke leidraad bij het toelichten van de globale subdomeinen van het examenprogramma nieuwe scheikunde voor het schoolexamen. Dit omdat ze een kader vormen voor het afbakenen van de doeleinden waarvoor en situaties waarin leerlingen de in het examenprogramma beschreven chemische kennis en vaardigheden zouden moeten kunnen hanteren. Ook de geformuleerde vijf beheersingsniveaus van de vier competentievelden kunnen een leidraad vormen bij het verder uitwerken van voorbeeldvragen voor het centraal examen waarin leerlingen hun vakkennis en vakinzicht toepassen voor het oplossen van probleemstellingen in nieuwe contexten.

De competentievelden *Vakkennis en vakinzicht* en *Vakmethoden voor kennisontwikkeling* bepalen de chemische inhoud van het examenprogramma. De competentievelden *Communiceren* en *Reflecteren/oordelen* geven aan voor welke doeleinden leerlingen de vakkennis en vakmethoden kunnen toepassen.

De module 'Ontwerp van een leerlijn en toetslijn nieuwe scheikunde Leerjaar 3 havo en vwo' is eind 2006 verschenen en te downloaden via [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl). Hierin zijn de vier competentievelden en de beheersingsniveaus verder gespecificeerd.

Figuur 1 Verband tussen activiteiten en competentievelden bij nieuwe scheikunde

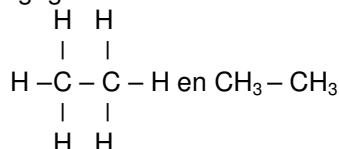


## Bijlage 3 Toelichting op de specificatie

### Structuurformules

Toelichting bij de specificatie van eindterm 8 van subdomein C3 en eindterm 7 van subdomein C5. Wanneer in het centraal examen structuurformules van organische stoffen worden gevraagd, gelden daarbij onderstaande regels.

- Bindingen tussen C atomen en H atomen mogen zowel met als zonder bindingsstreepjes worden weergegeven. De structuurformule van ethaan mag dus worden weergegeven met



De notatie  $\begin{array}{c} | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \end{array}$  wordt eveneens goed gerekend.

- De binding tussen het O atoom en het H atoom in de hydroxylgroep hoeft niet met een bindingsstreepje te worden weergegeven.

- De carboxylgroep moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$   
De notatie  $-\text{COOH}$  wordt niet goed gerekend.

- De bindingen tussen het N atoom en de H atomen in de aminogroep hoeven niet met bindingsstreepjes te worden weergegeven.

- De esterbinding moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$

- De peptidebinding moet in structuur worden weergegeven, bijvoorbeeld met  $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$

De notatie  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{NH}- \end{array}$  wordt ook goed gerekend.

*In een enkel geval kan het voorkomen dat in BINAS of het schoolboek een andere schrijfwijze van de structuurformules wordt gehanteerd. Bij de beoordeling van de schrijfwijze in de centrale examens wordt uitgegaan van bovenstaande regels.*

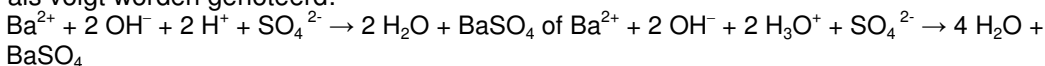
### Reactievergelijkingen

Toelichting bij de specificatie van eindterm 15 van A3.2, eindterm 5 van subdomein C5, eindtermen 2 en 3 van subdomein C6, eindterm 4 van subdomein F4 en eindterm 1 van subdomein G5.

Wanneer een reactievergelijking wordt gevraagd, mogen daarin geen tribune-ionen voorkomen en moeten de coëfficiënten zo klein mogelijke gehele getallen zijn.

- De vergelijking van de reactie die optreedt wanneer een natriumcarbonaatoplossing en een calciumchloride-oplossing worden samengevoegd, dient als volgt te worden genoteerd:  
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$ .
- De vergelijking van de reactie die optreedt wanneer een calciumhydroxide-oplossing en een waterstofchloride-oplossing worden samengevoegd, dient als volgt te worden genoteerd:  
 $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  of  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ .
- In het geval dat twee reacties optreden bij het samenvoegen van oplossingen, mag dat in één reactievergelijking worden weergegeven, maar ook in twee; de reacties die optreden bij het

samenvoegen van een bariumhydroxide-oplossing en een zwavelzuuroplossing kunnen dus als volgt worden genoteerd:



of als



of als



- Wanneer wordt gevraagd de totaalvergelijking van een redoxreactie af te leiden uit vergelijkingen van halfreacties dienen in voorkomende gevallen  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  en  $\text{H}_2\text{O}$  die in de totale reactievergelijking zowel links als rechts van de pijl voorkomen tegen elkaar te worden weggestreept.

### Aanrekenen van reken- en significantiefouten

Toelichting op de specificatie van eindterm 3 van A 3.1, eindtermen 8 en 9 van subdomein B5, eindterm 8 van subdomein C7, eindterm 3 van subdomein D6 en eindtermen 5 en 6 van subdomein G4.

Ten aanzien van reken- en significantiefouten gelden onderstaande regels.

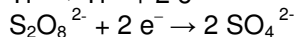
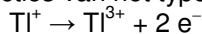
- Als in een berekening één of meer rekenfouten zijn gemaakt, wordt per vraag één scorepunt afgetrokken.
- Een afwijking in de uitkomst van een berekening door acceptabel tussentijds afronden wordt de kandidaat niet aangerekend.
- Als in de uitkomst van een berekening geen eenheid is vermeld of als de vermelde eenheid fout is, wordt één scorepunt afgetrokken, tenzij gezien de vraagstelling het weergeven van de eenheid overbodig is; in een dergelijk geval staat in het antwoordmodel de eenheid tussen haakjes.
- De uitkomst van een berekening mag één significant cijfer meer of minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is, tenzij in de vraag is vermeld hoeveel significante cijfers de uitkomst dient te bevatten.
- Bij een berekening waarin een pH moet worden omgerekend naar een  $[\text{H}^+]$  (of  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ), mag de uitkomst twee significante cijfers meer of één significant cijfer minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is; bij een berekening waarin een  $[\text{H}^+]$  (of  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ) moet worden omgerekend naar een pH mag de uitkomst één decimaal meer of twee decimalen minder bevatten dan op grond van de nauwkeurigheid van de vermelde gegevens verantwoord is:  
wanneer bijvoorbeeld uit het gegeven  $\text{pH} = 4,5$  een  $[\text{H}^+] = 3,16 \cdot 10^{-5}$  wordt berekend of uit het gegeven  $[\text{H}^+] = 3,16 \cdot 10^{-5}$  een  $\text{pH} = 4,5$  wordt berekend, wordt geen puntenaftrek toegepast.
- Als in het antwoord op een vraag meer van de bovenbeschreven fouten (rekenfouten, fout in de eenheid van de uitkomst en fout in de nauwkeurigheid van de uitkomst) zijn gemaakt, wordt in totaal per vraag maximaal één scorepunt afgetrokken van het aantal dat volgens het antwoordmodel zou moeten worden toegekend.

## Halfreacties van redoxreacties

Toelichting op de specificatie van eindterm 5 van subdomein C5, eindterm 4 van subdomein F4 en eindterm 1 van subdomein G5.

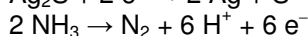
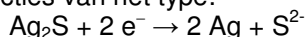
Eindexamenkandidaten moeten in sommige gevallen zelf vergelijkingen van halfreacties kunnen opstellen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten halfreacties.

Halfreacties van het type:



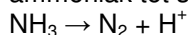
Vragen waarin vergelijkingen van dit soort halfreacties moeten worden opgesteld, kunnen zonder meer worden gesteld.

Halfreacties van het type:



Vragen waarin vergelijkingen van dit soort halfreacties moeten worden opgesteld, gaan vergezeld van extra informatie, bijvoorbeeld:

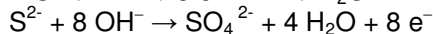
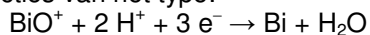
„Hieronder staat de onvolledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ammoniak tot stikstof:



In deze vergelijking moeten onder andere nog coëfficiënten worden geplaatst.

# Geef de volledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van ammoniak tot stikstof.”

Halfreacties van het type:



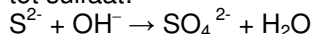
Vragen waarin vergelijkingen van dit soort halfreacties moeten worden opgesteld, gaan eveneens vergezeld van extra informatie, bijvoorbeeld:

„In de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van  $\text{BiO}^+$  tot Bi komen, behalve  $\text{BiO}^+$  en Bi en elektronen, ook  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{H}^+$  voor.

# Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van  $\text{BiO}^+$  tot Bi.”

of

„Hieronder staat de onvolledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van sulfide tot sulfaat:



In deze vergelijking moeten onder andere nog coëfficiënten worden geplaatst.

# Geef de volledige vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van sulfide tot sulfaat.”

## Handelingswerkwoorden

In de centrale examens wordt gebruik gemaakt van handelingswerkwoorden als "bereken", "verklaar", "toon aan", etc. Gebleken is, dat deze termen in de praktijk niet geheel duidelijk zijn. Daarom wordt de betekenis van deze termen, zoals de laatste jaren in het centraal examen gebruikelijk was, nader gespecificeerd.

De onduidelijkheden ontstaan vooral bij vragen waar de kandidaat niet kan volstaan met een eindantwoord of uitkomst om de maximumscore toegekend te krijgen. Bij dergelijke vraagstellingen blijkt gewoonlijk uit het antwoordmodel of, en zo ja hoeveel, punten toegekend dienen te worden als de kandidaat volstaat met een op zich juist eindantwoord, dan wel enkele nodige tussenstappen overslaat of gebrekkig uitvoert.

*Noem, geef (aan), wat, welke, wanneer, hoeveel*

De kandidaat kan volstaan met een eindantwoord, tenzij vermeld staat 'licht toe'. Dan dient de kandidaat aan te geven hoe hij aan het antwoord gekomen is.

*Verklaar, beredeneer, leg uit*

De kandidaat dient een redenering of argumentatie te geven, die mogelijk uit enkele afzonderlijke denkstappen bestaat. Gewoonlijk worden die in het antwoordmodel genoemd.

*Bereken, laat door middel van een berekening zien*

Uit een te geven uitwerking moet duidelijk blijken met welke waarden een kandidaat de berekening heeft uitgevoerd, welke stappen zijn gezet en welke formules of principes zijn toegepast.

*Toon aan, leid af*

De kandidaat moet indien mogelijk mede op basis van verstrekte gegevens het antwoord afleiden. Hij moet aangeven hoe de afleiding heeft plaatsgevonden.